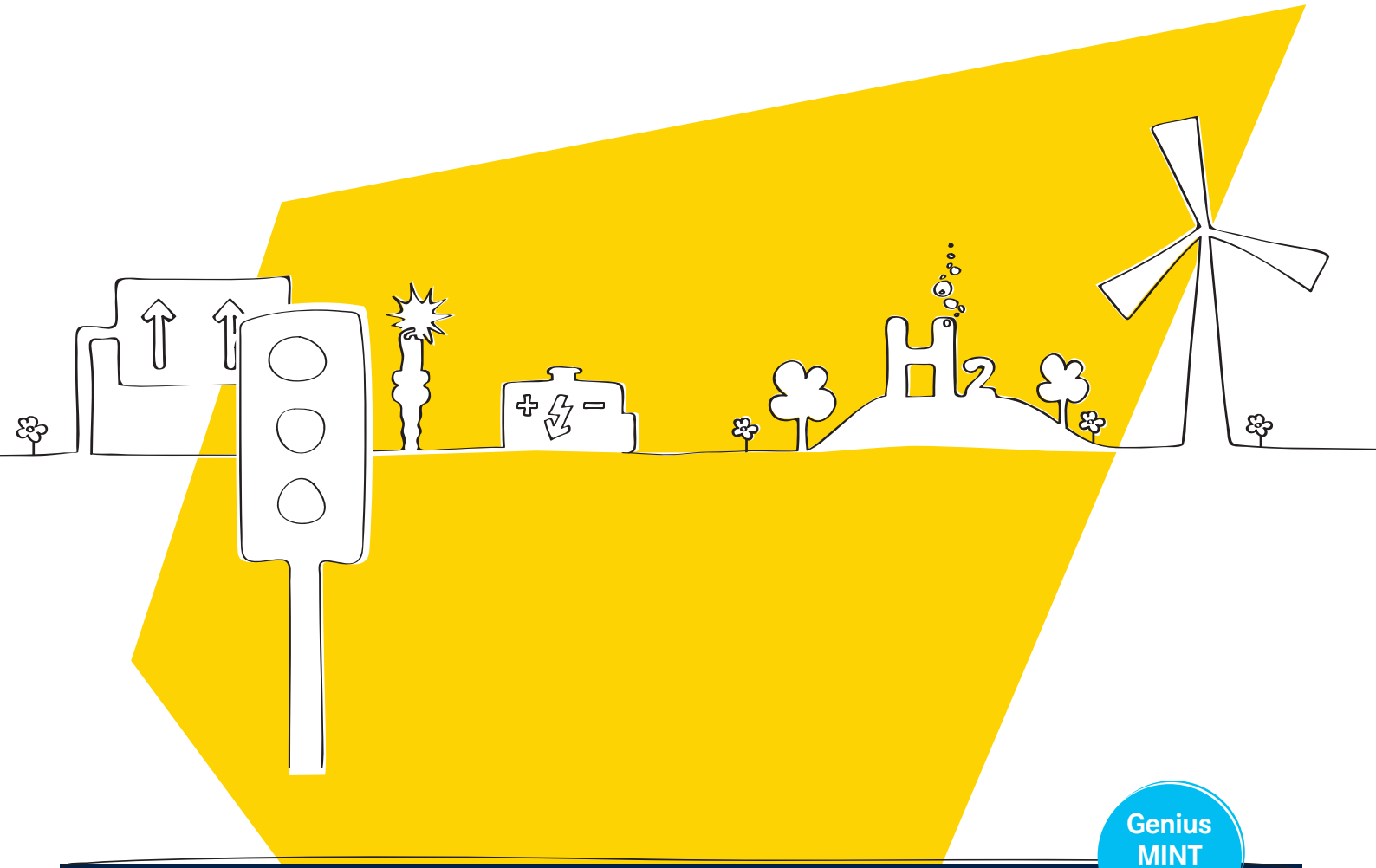
genius
Die junge WissensCommunity von Mercedes-Benz



Genius MINT Modul

Mobilität der Zukunft

BRENNSTOFFZELLEN

Vorschläge für einen praxisnahen Unterricht in der Sekundarstufe I
4 Arbeitsblätter und Lehrerinformationen mit vertiefenden Texten und Differenzierungsangeboten

Art.Nr. LMBRESEK

Im November 2014

Vorwort

Liebe Lehrerinnen und Lehrer,

wir freuen uns, Ihnen ein weiteres Genius-MINT-Modul vorzustellen!

Die Idee unserer Module unter dem zentralen Thema „Mobilität der Zukunft“ ist, Ihnen Themenblöcke für zwei bis drei Doppelstunden anzubieten. Diese sind in sich abgeschlossen und beinhalten Hintergrundinformationen zur Unterrichtsvorbereitung sowie Aufgaben und Lösungen zum jeweiligen Thema.

Das vorliegende Genius-MINT-Modul „Brennstoffzellen“ befasst sich mit Aufbau und Funktion dieser gar nicht so neuen Technologie und bringt Beispiele für den Praxiseinsatz. Die Verknüpfung zum Technik- bzw. naturwissenschaftlichen Unterricht wird hergestellt durch Versuche zur Elektrolyse und zur Stromgewinnung.

Die Lehrerinformationen bieten Ihnen neben vertiefenden Texten und Hinweisen zur Differenzierung auch Impulse für einen flexiblen Einsatz der Themen im Unterricht. Den gesamten Aufbau des Moduls verdeutlicht das Inhaltsverzeichnis auf der folgenden Seite.

Seit 2010 machen wir uns stark für technische Bildung und fördern das Interesse von Jungen und Mädchen an technischen Themen. Im fachlichen Austausch von Ingenieurinnen und Ingenieuren mit Lehrkräften und in Zusammenarbeit mit Klett MINT erarbeiten wir Arbeitshefte für die Grundschule und die Sekundarstufe I.
Diese und weitere spannende Informationen für Sie und Ihre Schülerinnen und Schüler hält die Website www.genius-community.com bereit.
Wir hoffen, dass wir Ihnen viele neue Ideen und Impulse bieten und wünschen Ihnen viel Freude damit im Unterricht.

Team Genius | Team Klett MINT

1. Auflage

Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Nutzung in anderen als den gesetzlich Fällen bedarf der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlages. Hinweis § 52 a UrhG: Weder das Werk noch seine Teile dürfen ohne eine solche Einwilligung eingescannt und in ein Netzwerk eingestellt werden. Dies gilt auch für Intranets von Schulen und sonstigen Bildungseinrichtungen. Fotomechanische oder andere Wiedergabeverfahren nur mit Genehmigung des Verlages.

Auf verschiedenen Seiten dieses Moduls befinden sich Verweise (Links) auf Internet-Adressen. Haftungshinweis: Trotz sorgfältiger inhaltlicher Kontrolle wird die Haftung für die Inhalte der externen Seiten ausgeschlossen. Für den Inhalt dieser externen Seiten sind ausschließlich die Betreiber verantwortlich. Sollten Sie daher auf kostenpflichtige, illegale oder anstößige Inhalte treffen, so bedauern wir dies ausdrücklich und bitten Sie, uns umgehend per E-Mail (p.woehner@klett.de) davon in Kenntnis zu setzen, damit beim Nachdruck der Nachweis gelöscht wird.

Eine Zusammenarbeit der Genius-Initiative der Mercedes-Benz Group AG und der Klett MINT GmbH.

Autoren: Dr. Tilmann Berger, Sindelfingen; Helmut Graf, Wörth; Harald Hölz, Schorndorf; Dr. Stefan Kruse, Weingarten; Hanne Lier, Stuttgart; Josef Maier, Stuttgart; Markus Röscheisen, Esslingen; Volker Rust, Karlsruhe; Dieter Schaich, Kirchheim unter Teck
Redaktion: Medienwerk Hanne Lier, Stuttgart
Umschlag und CI: Schwarz Gruppe Grafikdesign, Stuttgart
Gestaltung und Satz Inhalt: Gabriele Kiesewetter, JUNG MEDIENPARTNER, Limburg
Illustrationen: Alexander Schmitt, as-illustration, Rimpar
Bildbearbeitung: Till Traub, Bildwerkstatt, Leonberg
Bildquellennachweis: 8 Wikipedia, 13 Mercedes-Benz Group AG

Das Modul „Brennstoffzellen“ ist ein in sich abgeschlossener Themenblock aus den Unterrichtsmaterialien „Antriebstechnik – Klassen 8 bis 10 (Gymnasium) sowie „Antriebstechnik – Sekundarstufe I – mit Differenzierungsangeboten“. Wenn Sie mehr Themen daraus behandeln möchten, können Sie die Materialien hier downloaden: http://www.genius-community.com/macht-schule/unterrichtsmaterialien

Inhaltsverzeichnis

I. Lehrerinformationen

mit vertiefenden Texten und Differenzierungsangeboten 5 – 8

- Allgemeine didaktische Informationen
- Informationen zu den einzelnen Arbeitsblättern
- Leitfragen, Link-Liste, Literaturhinweise
- Technische Hintergrundinformationen

II. Arbeitsblätter 9 – 14

1 Brennstoffzelle – Einführung
2 Versuche zur Energiewandlung
3 Aufbau und Funktion von Brennstoffzellen
4 Brennstoffzellen im Energiekreislauf

Lehrerinformationen

Allgemeine didaktische Informationen

Die Brennstoffzelle ist ein sehr effizienter Energiewandler. Sie wandelt den „Kraftstoff“ Wasserstoff mithilfe von Luft (Sauerstoff) direkt in elektrischen Strom um, mit dem dann ein Elektromotor betrieben werden kann. Als „Abgas“ entsteht reiner Wasserdampf. Vorausgesetzt es gelingt, die benötigten Mengen Wasserstoff emissionsfrei herzustellen, steht ein „Kraftstoff“ zur Verfügung, der umweltfreundlich ist und immer wieder verwendet werden kann.

Die Wasserstoffgewinnung (Elektrolyse) ist sehr energieaufwendig. Was aber kaum bekannt ist: Bereits heute steht mehr „technischer Wasserstoff“ zur Verfügung, als verbraucht wird. Wasserstoff entsteht in der chemischen Industrie als Abfallprodukt. Allein im Industriepark Höchst bei Frankfurt fallen pro Jahr 30 bis 50 Millionen Kubikmeter Wasserstoff an. Der heute weltweit als industrielles Nebenprodukt erzeugte Wasserstoff reicht aus, um 750.000 Fahrzeuge zu versorgen. (Quelle: http://next.mercedes-benz.com/brennstoffzelle/2; Erscheinungsdatum 27. Oktober 2010)

Dieses MINT-Modul bietet Material und Tipps für eine anwendungsbezogene Einführung in die Brennstoffzellentechnologie. Die Arbeitsblätter können sowohl in einer alleinstehenden Einheit eingesetzt werden als auch als Einstieg in eine umfangreichere Unterrichtsreihe dienen.

Auch fachübergreifende Aspekte können – je nach Schulsituation – herausgearbeitet werden, z. B.:

- Längere Texte lesen, erfassen, bearbeiten (Deutsch)
- Summenformeln und Reaktionsgleichungen aufstellen (Chemie)
- Diagramme lesen, bearbeiten, Werte aus Kurven übertragen (Mathematik)
- Erzeugung elektrischen Stromes (Technik, Physik)
- Energiekreislauf (Technik, Physik)

Informationen zu den einzelnen Arbeitsblättern

Arbeitsblatt 1

Das Arbeitsblatt „Brennstoffzelle – Einführung“ führt über einen historischen Einstieg in die Technik ein und fragt dann chemisches Vorwissen ab.

Praxistipp:
Vorgesehen ist die Bearbeitung in Partnerarbeit, aber Sie können die Sozialform selbstverständlich ändern (Gruppenarbeit oder stille Arbeit/Hausarbeit). Je nach chemischem Vorwissen sollen die Schülerinnen und Schüler (SuS) Aufgabe 3b lösen (mit korrekter Summenformel oder Reaktionsgleichung).

Arbeitsblatt 2

Das Arbeitsblatt „Versuche zur Energiewandlung“ beinhaltet praktische Versuche zur Elektrolyse sowie zur Stromgewinnung (Umkehrung der Elektrolyse).

Praxistipp:
Je nach Klassengröße, Jahrgangsstufe und Ausstattung des Klassenraumes müssen Sie die Versuche ggf. selbst aufbauen und vorführen!
Das galvanische Element dient als Grundlage für das Wissen, wie chemische Energie in elektrische Energie umgewandelt werden kann. Es empfiehlt sich ein einfaches Experiment mit einer galvanischen Zelle, wenn eine Wiederholung/Auffrischung des Stoffes nötig erscheint.

Das Arbeitsblatt thematisiert die Elektrolyse des Wassers, um zu der Überlegung zu kommen, dass die Umkehrung der Elektrolyse analog dem galvanischen Element elektrische Energie „liefern“ kann. Damit diese Vorgänge für die Schulpraxis quantifizierbar sind, wird die Solarzelle als einzige regenerative Energiequelle herangezogen und deshalb auch betrachtet.

Bei der Durchführung der Versuche lernen die Schülerinnen und Schüler die grundsätzliche Umkehrung der Elektrolyse kennen. Die Arbeitsplätze für die Experimente lassen sich schnell einrichten. Man benötigt eine Gleichspannungs-

© Als Kopiervorlage freigegeben. Genius – Die junge WissensCommunity von Mercedes-Benz, Stuttgart 2014

quelle, Metall-Topfkratzer, Multimeter und Kabel. Als Verbraucher bietet sich ein Solarmotor an, da dieser durch die Low-Cost-Zelle bis zu zwei Minuten läuft. Auch eine einfache Glühlampe kann verwendet werden. Das Gefäß für das Wasser oder die Kaliumlauge muss so groß sein, dass die Metallschwämme nicht aneinander liegen. Gegebenenfalls können die Schwämme auch halbiert werden. Sie müssen nicht unbedingt ganz untergetaucht werden. Wenn keine Metallschwämme in den Technikräumen vorhanden sind, lässt sich Metallwolle oder ein gut ausgewaschener Metallspülschwamm verwenden. Die Experimentanordnungen können einige Tage stehen bleiben.

Achtung:
Auch beim Arbeiten mit 0,1-molarer Kaliumlauge sind die Sicherheitsbestimmungen einzuhalten! Die Verwendung der Lauge führt zu deutlich besseren Ergebnissen (höheren Strömen) als die Verwendung von einfachem Wasser.

Praxistipp zur Binnendifferenzierung:
Das Genius-Heft „Antriebstechnik … Klassen 8 bis 10“ (ISBN 978-3-942406-01-7) enthält ein ausführliches, 4-seitiges Arbeitsblatt zum Thema „Funktionsprinzip einer Brennstoffzelle in Versuchen (AB 19, Seiten 61-64)

Arbeitsblatt 3

Das Arbeitsblatt „Aufbau und Funktion von Brennstoffzellen“ vermittelt in methodisch abwechslungsreicher Weise grundlegendes Wissen über Brennstoffzellen.

Praxistipp:
Aufgabe 1 kann je nach Vorwissen der Schülerinnen und Schüler in Einzel- oder Partnerarbeit selbstständig gelöst werden oder Sie legen eine Folie mit der Abbildung einer Brennstoffzelle auf den Projektor/Beamer und besprechen den Aufbau im Plenum.

Voraussetzungen für die Durchführung des Versuches in Aufgabe 2:

- Die Schülerinnen und Schüler müssen wissen, wie Volt- und Amperemeter in die Schaltung eingebaut und bedient werden.
- Die Unterschiede von Reihen- und Parallelschaltung müssen bekannt sein.
- Es muss darauf geachtet werden, dass die Sicherungen in den Messgeräten funktionieren und das Gerät in der Reihenfolge von hohem Strom auf niedrigen Strom eingestellt wird. Bei falschem Anschluss können die Messgeräte zerstört werden.

Aufgabe 3 dient der Festigung und Vertiefung.

Arbeitsblatt 4

Das Arbeitsblatt „Brennstoffzellen im Energiekreislauf“ stellt einen zukünftigen umweltfreundlichen und im Prinzip emissionsfreien Energiekreislauf dar. Die Begriffe „Energiewandler“, „Energiespeicher“ und „Energieträger“ werden anhand des Schaubildes zum Energiekreislauf unterschieden.

Praxistipp:
Sie können die einzelnen Teile des Schaubildes auf Moderatorenkarten schreiben und das Schaubild von den Schülerinnen und Schülern an der Wandtafel entwickeln lassen.

Zur Abrundung wird mit Aufgabe 2 eine Praxisanwendung der Brennstoffzelle vorgestellt.

Leitfragen

- Auf welchem Vorgang beruht die Aufspaltung von Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff?
- Was versteht man unter Elektrolyse?
- Wie lautet die Reaktionsgleichung für die Elektrolyse von Wasser?
- Wie ist eine Brennstoffzelle aufgebaut?
- Wie funktioniert eine Brennstoffzelle?
- Was versteht man unter Energiewandler, Energiespeicher, Energieträger?
- Welchen Aufbau könnte ein umweltfreundlicher Energiekreislauf haben?
- Aus welchen Bauteilen besteht der Antrieb eines Fahrzeugs mit Brennstoffzellen?

© Als Kopiervorlage freigegeben. Genius – Die junge WissensCommunity von Mercedes-Benz, Stuttgart 2014

Link-Liste und Literaturhinweise

Brennstoffzellen:
http://de.wikipedia.org/wiki/Brennstoffzelle
http://www.hzg.de/campus_career/quantensprung/angebot/brennstoffzelle/index.php.de
http://www.planet-schule.de/sf/multimedia/simulationen/energieeffizienz/mme/mmewin.html
http://www.heliocentris.com/de/academia-angebot/information/die-technik-erklaert/brennstoffzelle.html

Wasserstoff:
http://de.wikipedia.org/wiki/Wasserstoff
http://de.wikipedia.org/wiki/Wasserstoffantrieb
http://www.chemie.de/lexikon/Wasserstoff.html
http://www.hydox.de/wasserstoff.htm
http://www.green-motors.de/alternative-antriebe/wasserstoffantrieb
http://www.hycar.de

(Links aufgerufen am 04.11.2014)

Technische Hintergrundinformationen

Der Einsatz von Brennstoffzellen. Brennstoffzellen wurden zuerst produktiv eingesetzt in der amerikanischen Raumfahrttechnik in den 1960er Jahren. Sie waren in den Apollo-Missionen zum Mond meist zuverlässige Energielieferanten.

Am 11. April 1970 kam es jedoch zu einem folgenschweren Zwischenfall: Nachdem die Rakete der Apollo-13-Mission nach problemlosem Start das All erreicht hatte, explodierte eine der Brennstoffzellen und brachte die Sauerstofftanks ebenfalls zur Explosion. Dadurch hatte das Servicemodul der Raumfähre keinen Strom mehr. Die drei Männer der Mannschaft mussten daher im Mondlandemodul ohne Heizung bei -200 °C Umgebungstemperatur knapp sechs Tage lang ausharren! Das Lebenserhaltungssystem des Mondlandemoduls war nicht dafür ausgelegt, drei Personen über einen so langen Zeitraum am Leben zu erhalten. Bei diesem Zwischenfall fiel der berühmte Satz “Houston, we've had a problem here“ („Houston, wir hatten hier ein Problem“). Die geplante Mondlandung musste aufgegeben werden und die Mission wurde abgebrochen.

2010 wurden die ersten serienmäßigen Brennstoffzellenfahrzeuge „F-Cell“ ausgeliefert. Herzstück dieser Elektrofahrzeuge ist eine kompakte und leistungsfähige Brennstoffzelle, die mit gasförmigem Wasserstoff betrieben wird. Dieser ist in drei Tanks mit 700 bar Druck gespeichert. Ein 100 kW starker Elektromotor mit einem Drehmoment von 290 Nm wandelt den erzeugten Strom in mechanische Antriebsenergie. Im Vergleich mit Dieselkraftstoff ergibt sich ein Verbrauch von umgerechnet 3,3 Litern Kraftstoff auf 100 Kilometer.

Herstellung und Speicherung von Wasserstoff. Es gibt zahlreiche Verfahren, Wasserstoff herzustellen. Sie lassen sich drei Hauptmethoden zuordnen:

- Reformierung: Hier wird der Wasserstoff aus der Umsetzung von Wasserdampf mit in der Natur vorkommenden Kohlenwasserstoffen gewonnen. Dies ist heute die gängigste Herstellungsmethode.
- Thermo-, bio- oder fotochemische Prozesse: Bei diesen Prozessen zerfallen Wassermoleküle in Atome.
- Elektrolyse: Wasser wird durch einen elektrolytischen Spaltungsprozess in Sauerstoff und Wasserstoff zerlegt.

In Europa gibt es große Überschussmengen an Wasserstoff, die meist als Nebenprodukt in Rohölraffinerien und in der chemischen Industrie anfallen. Diese Kontingente könnten günstig für erste Anwendungen im Verkehr eingesetzt werden, da sie bisher mangels geeigneter Verwendungsmöglichkeiten vernichtet werden. Mit der derzeitig in Deutschland verfügbaren Menge könnten die ersten Brennstoffzellen-Fahrzeuge betrieben werden. Für eine flächendeckende, langfristige Versorgung muss jedoch die Wasserstoff-Infrastruktur erst entwickelt werden.

Am sinnvollsten erweist sich die Herstellung von Wasserstoff durch Elektrolyse aus regenerativen Energiequellen wie Biomasse oder auch Wind-, Wasser- oder Sonnenkraft. Gerade Solar- und Windenergie bieten ein enormes

© Als Kopiervorlage freigegeben. Genius – Die junge WissensCommunity von Mercedes-Benz, Stuttgart 2014

Potenzial, da durch die Wasserstoff-Erzeugung die Diskontinuität dieser Energien überbrückt werden könnte. Hier ausreichende Kapazitäten aufzubauen, bleibt eine der großen Herausforderungen der Zukunft. Diese Form der Erzeugung ist nicht nur unter Umweltschutzgesichtspunkten von großem Vorteil. Studien zur ganzheitlichen Energiebilanzierung von der Energiequelle bis zum angetriebenen Rad (Well-to-Wheel-Analyse) haben erwiesen, dass ein Brennstoffzellen-Fahrzeug, das mit Wasserstoff aus regenerativen Energiequellen angetrieben wird, eine der besten Energiebilanzen aufweist.

Brennstoffzellen in Fahrzeugen. Die Brennstoffzelle ist ein hocheffizienter Energiewandler. Im Gegensatz zum Verbrennungsmotor, der auf einem thermodynamischen Prinzip basiert, also Wärme in Bewegung umsetzt, wandelt sie den Kraftstoff Wasserstoff direkt in elektrischen Strom um, mit dem dann ein Elektromotor betrieben wird. Brennstoffzellenautos eignen sich dank ihrer größeren Reichweite und ihrer kurzen Betankungszeit auch für Langstrecken, da sie den Fahrstrom mithilfe von Wasserstoff selbst an Bord erzeugen. Dabei fahren sie lokal genauso sauber und ohne schädliche Emissionen wie Fahrzeuge mit batterieelektrischem Antrieb. Brennstoffzellen erzeugen aus der chemischen Reaktion von Wasserstoff und Sauerstoff Strom. Dabei entsteht lediglich reiner Wasserdampf.

Elektrische Energiespeicher. Eine der Voraussetzungen für Elektroantriebssysteme ist ein leistungsfähiger, sicherer und zuverlässiger Energiespeicher. Die Leistungsfähigkeit des gesamten elektrischen Systems im Automobil wird wesentlich durch die Batterie mitbestimmt. Neben spezifischen Leistungsmerkmalen – vor allem der Speicherkapazität – muss die Batterie eine lange Lebensdauer sowie hohe Crash-Sicherheit aufweisen und recyclingfähig sein. Beste Voraussetzungen bieten bislang Lithium-Ionen-Batterien. Ihre Vorteile liegen insbesondere in ihren kompakten Abmessungen, kombiniert mit einer deutlich höheren Leistungsfähigkeit im Vergleich zu herkömmlichen Batterietechnologien. Weitere Fortschritte verspricht die Lithium-Ionen-Flachzelle mit höherer Energiedichte und noch kompakteren Abmessungen.

Eine unter Großserienbedingungen kostengünstige Produktion der Lithium-Ionen-Batterie ist die Voraussetzung für eine breite Anwendung im Automobilbereich. Deshalb wird an der Zellstandardisierung dieser Batterietechnologie gearbeitet. Entwicklungsziel ist eine standardisierte, industrialisierte Produktion von Lithium-Ionen-Batterien sowohl für Hybrid- als auch für Brennstoffzellen- und reine Batteriefahrzeuge.

© Als Kopiervorlage freigegeben. Genius – Die junge WissensCommunity von Mercedes-Benz, Stuttgart 2014

1 Brennstoffzelle – Einführung

„Die Energie von morgen ist Wasser, das durch elektrischen Strom zerlegt worden ist. Die so zerlegten Elemente des Wassers, Wasserstoff und Sauerstoff, werden auf unabsehbare Zeit hinaus die Energieversorgung der Erde sichern."

Info:
Wer hat das gesagt? Und wann? –
Schaut euch das Bild genau an ... so ganz modisch sind Haarschnitt und Bart ja nicht.
Es war der Schriftsteller Jules Verne, der die zitierten Sätze in einem seiner Romane um 1875 geschrieben hat. – Diese Technologie, die auch in der Gegenwart als zukunftsträchtig gilt, ist also schon ziemlich alt; älter als das Automobil.

1. Lies den folgenden Text aufmerksam durch und markiere die wichtigsten Begriffe farbig.

Im Jahr 1839 entdeckte der Engländer William Grove, dass sich aus Wasserstoff und Sauerstoff in einem galvanischen Element elektrischer Strom gewinnen lässt.
Zunächst zerlegte er Wasserdampf mit der Voltabatterie, einer damals verfügbaren Stromquelle, in die Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff. Dann vereinte er beide Stoffe mithilfe eines Platinkatalysators wieder: In eine Zelle mit verdünnter Schwefelsäure als Elektrolyt tauchte er zwei Glasröhrchen mit Elektroden aus Platin. Eine Elektrode umspülte er mit Wasserstoff, die andere mit Sauerstoff. Der Wasserstoff wird in positive Ionen aufgespalten, die durch die Elektrolytlösung wandern und sich mit dem Sauerstoff im anderen Röhrchen zu Wasser verbinden. Es entsteht eine elektrische Spannung, die sich wie bei einer Batterie abgreifen lässt.
Grove verwendete in seinem Laborexperiment vier in Reihe geschaltete Brennstoffzellen und konnte so einen Elektrolyseur betreiben. An der Brennstoffzelle wurde in verschiedenen Varianten weiter geforscht, doch die Zeit war noch nicht reif für diese Technik. Erst im 20. Jahrhundert kam man wieder auf die „neue" Technik zurück. So wurden Brennstoffzellen in der Raumfahrt eingesetzt und versorgten die Gemini- und Apollo-Raumfähren mit Energie.

2. Wie heißt der Vorgang, der im Text beschrieben wird?

_____

_____

3. Erkläre den beschriebenen Vorgang mit eigenen Worten.

a) Arbeite mit deiner Banknachbarin/deinem Banknachbarn zusammen. Erklärt euch gegenseitig den beschriebenen Vorgang.

_____

_____

b) Vielleicht schafft ihr es, den Vorgang mit einer chemischen Formel zu beschreiben. Nur zu, versucht es.

_____

_____

© Als Kopiervorlage freigegeben. Genius – Die junge WissensCommunity von Mercedes-Benz, Stuttgart 2014

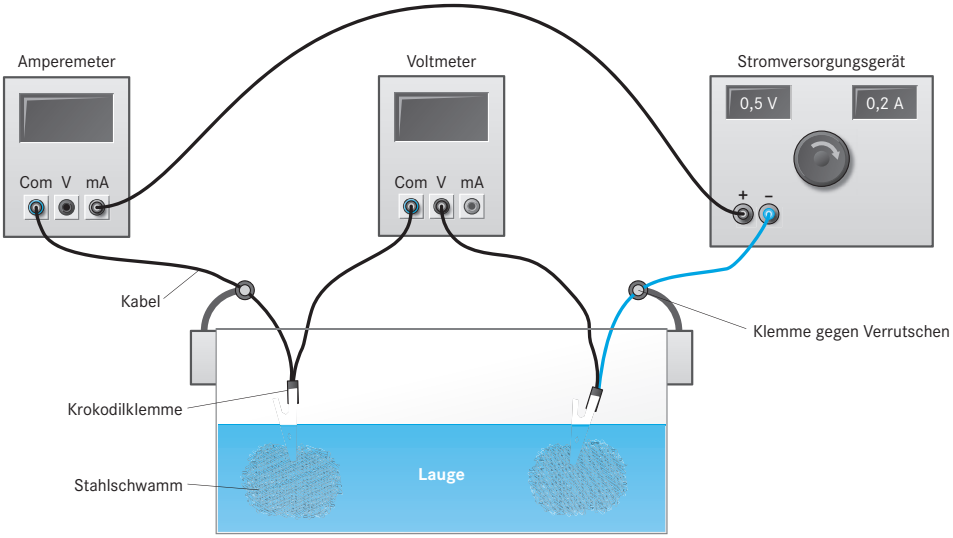
2 Versuche zur Energiewandlung

In den folgenden Experimenten wird gezeigt, wie man aus Wasser Wasserstoff und Sauerstoff herstellen kann, um anschließend aus beiden Produkten elektrische Energie zu gewinnen.

Materialliste:
2 Edelstahlschwämme, Schale (geeignet ist ein Deckel mit Halterung für die Krokodilklemmen), Netzgerät, Krokodilklemmen, Kabel, 2 Multimeter, Motor (Solarmotor), Schutzkleidung, eventuell 0,1-molare Kaliumlauge (VORSICHT Chemikalie), Solarzelle

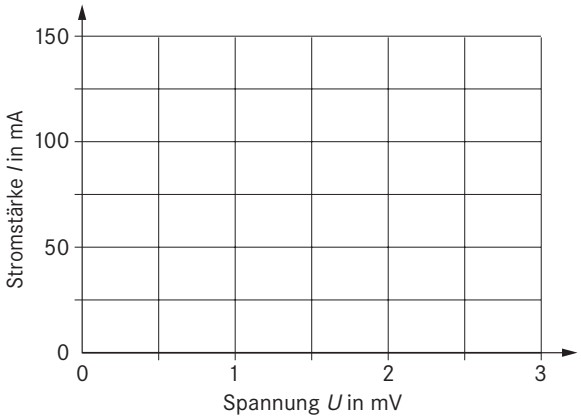
Zur besseren Leitfähigkeit kann man dem Wasser im Experiment Kaliumhydroxid (KOH) zusetzen. Dann musst du jedoch Laborbrille und -mantel tragen und die Sicherheitshinweise der Lehrkraft besonders beachten.

Versuchsaufbau:
Die Edelstahlschwämme befinden sich im Wasser bzw. in der Lauge und sind über Kabel und Krokodilklemmen an eine Spannungsquelle angeschlossen. Die Schwämme dürfen sich nicht berühren!



1. Versuche zur Wasserstoffgewinnung

a) Schalte das Netzgerät ein und erhöhe langsam die Spannung von $U = 0$ V in 0,3-V-Schritten. Warte ca. 20 Sekunden, bis sich die Stromstärke nur noch wenig verändert. Trage zu jeder Spannung die elektrische Stromstärke in die Tabelle ein und werte sie im *U-I*-Diagramm aus.



U in V	0	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3
I in mA											

b) Bestimme die Spannung (Zersetzungsspannung), ab der Wasserstoff und Sauerstoff an den Elektroden entstehen (sichtbar durch Bläschenbildung).

Ungefähre Zersetzungsspannung: ca. _____

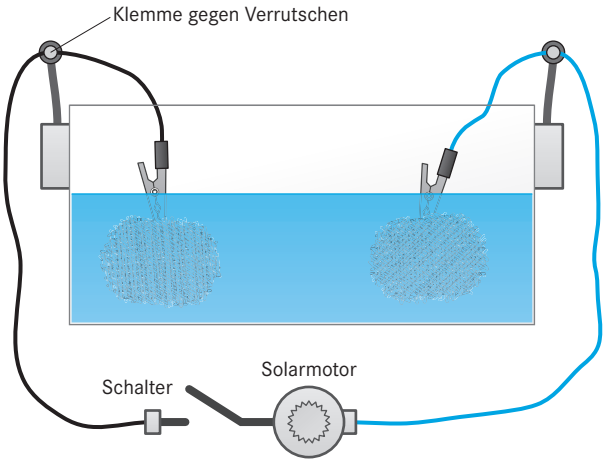
© Als Kopiervorlage freigegeben. Genius – Die junge WissensCommunity von Mercedes-Benz, Stuttgart 2014

2. Versuche zur Stromgewinnung

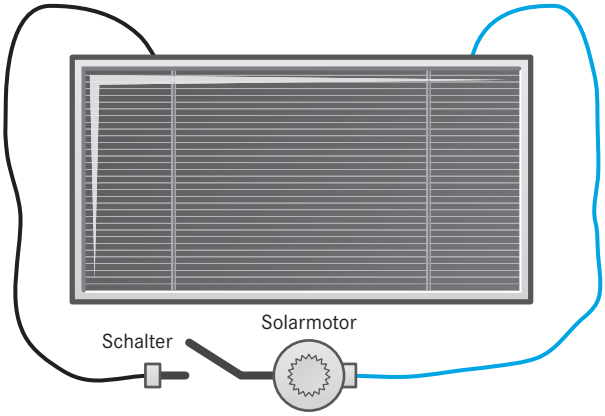
a) Erhöhe die Spannung weiter bis ca. 5 V, damit das Wasser schneller zersetzt wird. Sobald die Schwämme mit den Gasen angereichert sind (nach ca. 30 s), schaltest du das Netzgerät aus (Kabel sofort entfernen). Gib die Spannung an, die sich nach einiger Zeit zwischen den Schwämmen einstellt:

Spannung nach 90 Sekunden: _____

b) Führe die Elektrolyse ein weiteres Mal bei $U = 5$ V durch, bis sich die Schwämme mit Wasserstoff und Sauerstoff voll gesaugt haben. Miss hierbei U, I und die Zeit t. Schalte das Netzgerät aus und schließe an dessen Stelle einen kleinen Elektromotor an. Miss nun, während der Motor läuft, wieder U, I und t und beschreibe dein Ergebnis.



c) Schließe statt des Versuchsaufbaus zur Elektrolyse eine Solarzelle mit 3 V Betriebsspannung an. Schalte den Motor an, miss U, I und die Zeit t und beschreibe dein Ergebnis.



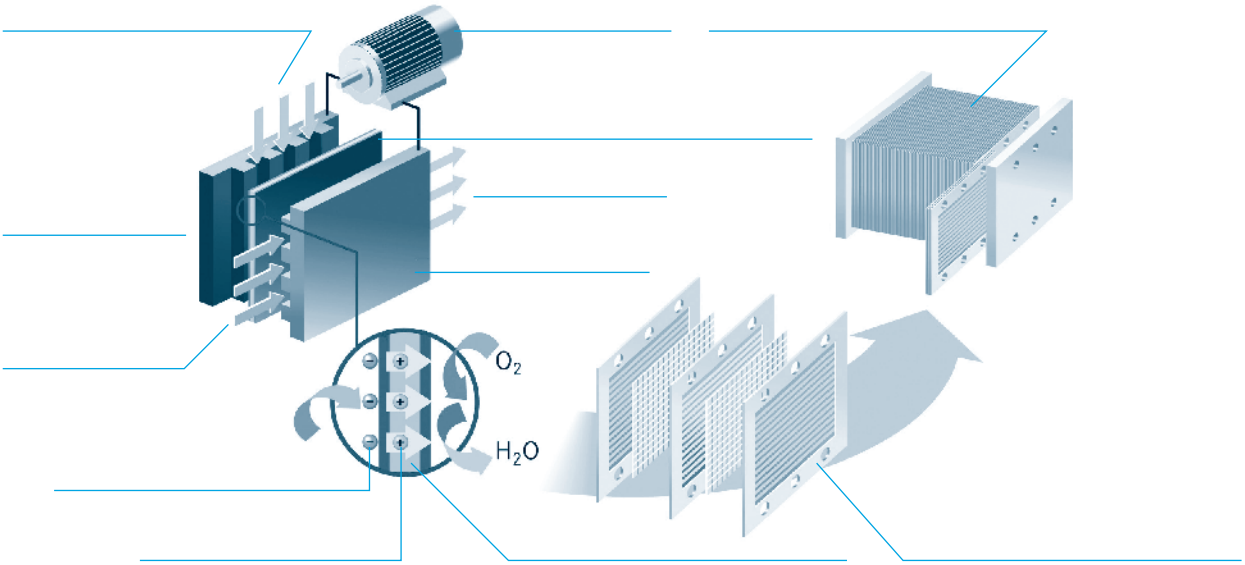
© Als Kopiervorlage freigegeben. Genius – Die junge WissensCommunity von Mercedes-Benz, Stuttgart 2014

3 Aufbau und Funktion von Brennstoffzellen

1. Wie ist eine Brennstoffzelle aufgebaut?

Beschrifte die einzelnen Komponenten der Abbildung mit folgenden Begriffen:

Anode, Brennstoffzellen-Stack (Stapel), einzelne Brennstoffzellen, Elektromotor, H_2, H_2O, Kathode, Membran mit Katalysator (2x), O_2, Protonen, Wasserdampf, Wasserstoffversorgung



2. Versuche zur Brennstoffzelle

Materialliste: 2 Brennstoffzellen, Messgerät (Multimeter), Verbindungskabel, Motor

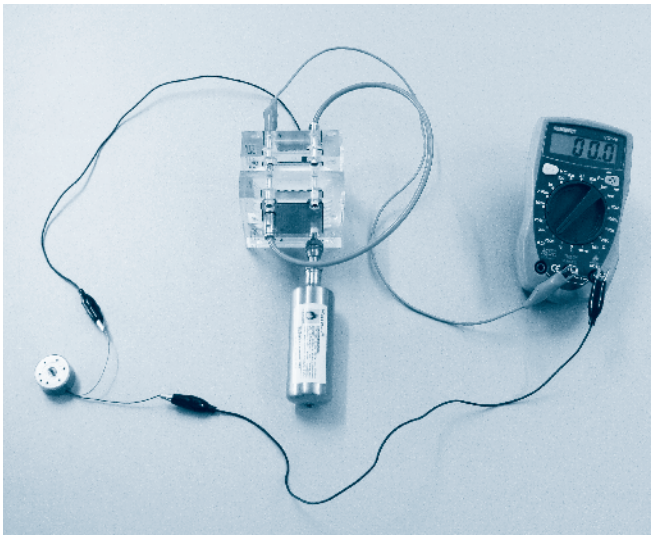
Anleitung: Schließe die beiden Brennstoffzellen in Reihe und verkabele deinen Versuch. Lass deine Schaltung von der Lehrkraft kontrollieren und schließe den Wasserstoff an die Zellen an. Nach kurzer Zeit sollte sich der Motor drehen.

Tipp

Wenn du nicht sicher bist, wie stark du das Ventil des Tanks öffnen musst, halte den Tank in ein Wasserglas. Etwa alle drei Sekunden muss ein kleines Wasserstoffbläschen entstehen.

Achtung

Wasserstoff ist ein gefährliches Gas, das leicht explodieren kann.

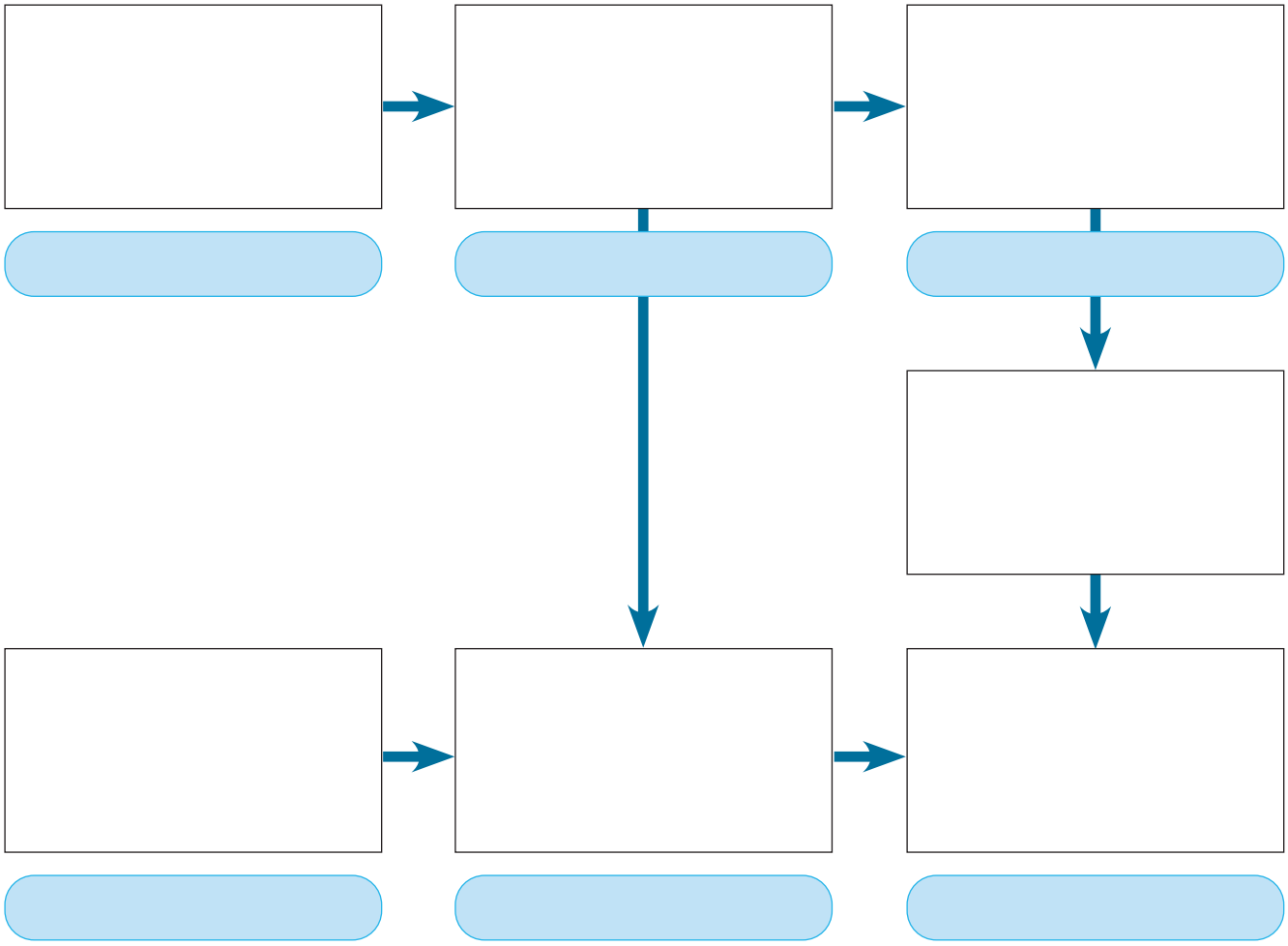


Miss den Strom und die Spannung, die in deiner Schaltung fließen.

Strom: ca. _____ **Spannung: ca.** _____

© Als Kopiervorlage freigegeben. Genius – Die junge WissensCommunity von Mercedes-Benz, Stuttgart 2014

3. Vervollständige das Diagramm „Funktionsweise einer Brennstoffzelle“. Dazu schneide bitte auf einer Kopie dieser Seite die unteren Textbausteine aus und klebe sie in das obere, leere Diagramm in der sinnvollen Reihenfolge ein.



dort verbinden sie sich mit den negativ geladenen Sauerstoffionen zu Wasser

jedes Wasserstoffatom gibt ein Elektron ab; das Elektron wandert über den elektrischen Leiter zur Kathode → ein elektrischer Strom fließt

positiv geladene Wasserstoffionen bleiben übrig

Sauerstoffmoleküle werden an der Kathode in zwei Sauerstoffatome aufgespalten

Wasserstoffmoleküle werden an der mit Katalysatoren beschichteten Anode in zwei Wasserstoffatome aufgespalten

die Wasserstoffionen wandern durch die Elektrolyten auf die Kathodenseite

diese nehmen jeweils zwei Elektronen auf → es entstehen negativ geladene Sauerstoffionen

H^+ H^+ H^+ H^+

O^- O^-

H–H H–H

H_2O H_2O

O–O

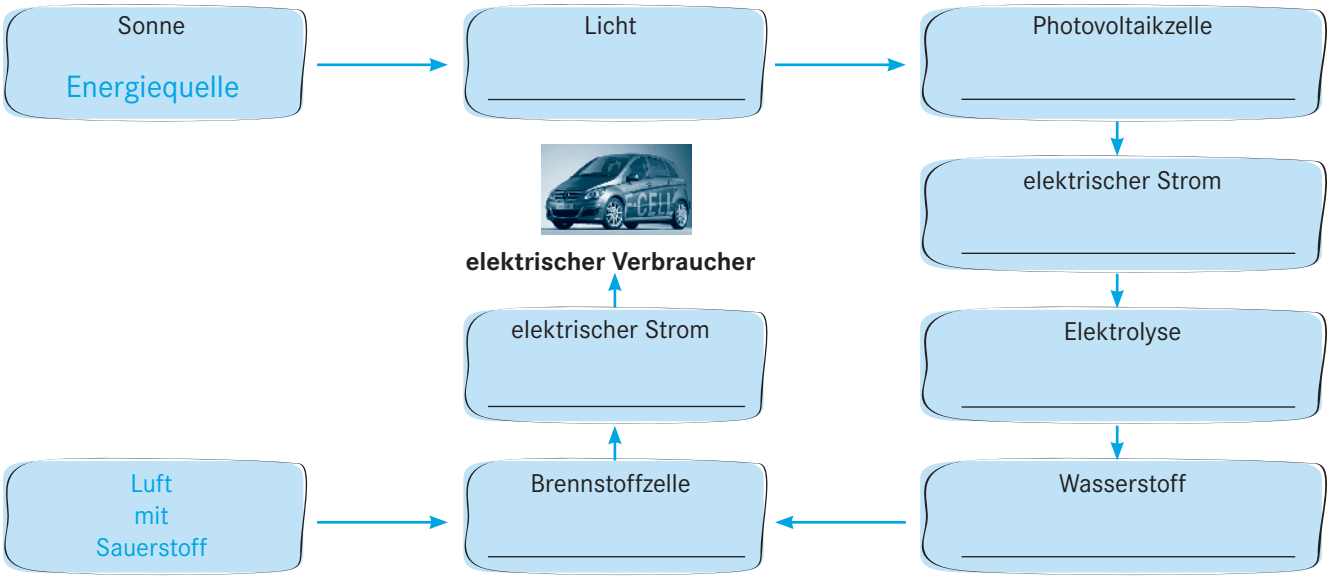
e^- e^- e^- e^-

© Als Kopiervorlage freigegeben. Genius – Die junge WissensCommunity von Mercedes-Benz, Stuttgart 2014

4 Brennstoffzellen im Energiekreislauf

1. Der Energiekreislauf

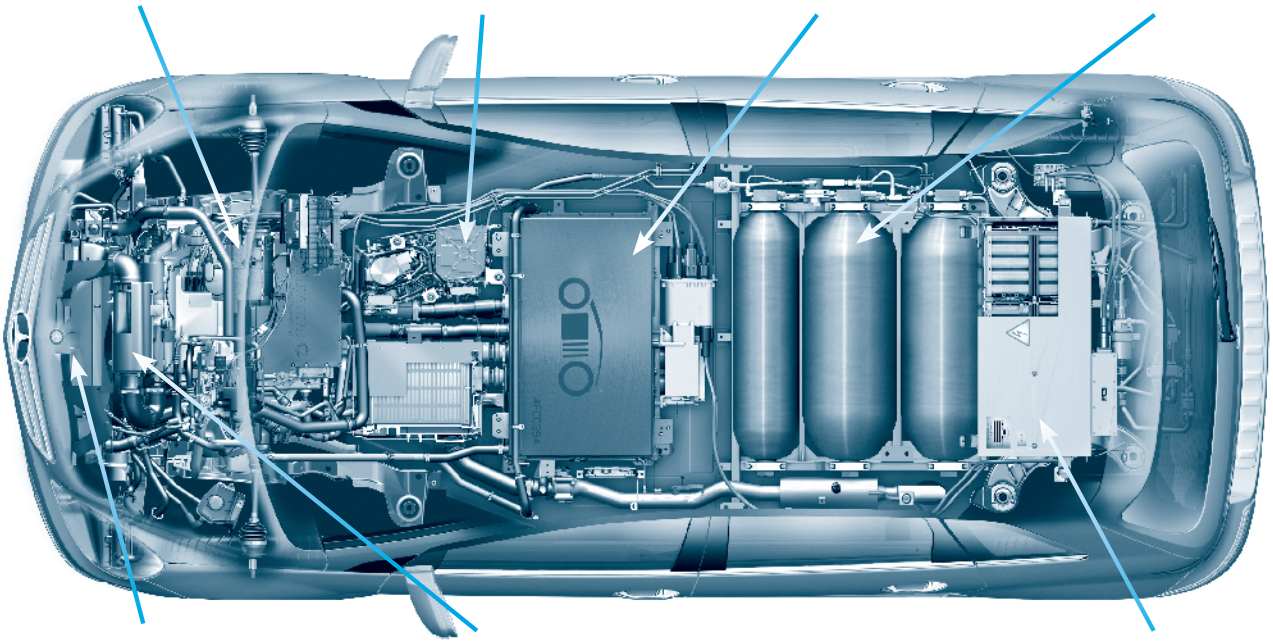
Ergänze das Schaubild um die Begriffe „Energiewandler“, „Energiespeicher“ und „Energieträger“.



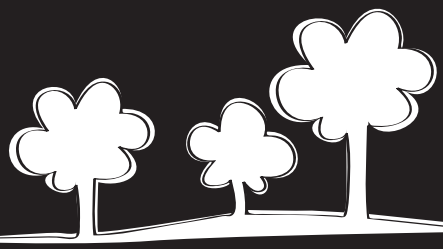
2. Die Abbildung zeigt die Draufsicht auf ein Elektroauto mit Brennstoffzellenantrieb.

Ergänze die Hinweislinien mit folgenden Begriffen:

Batterie (Akku), Brennstoffzellen-Stack (Stapel), Elektromotor mit Getriebe, Kühlmodul, Luftmodul mit Luftfilter und Kompressor, Wasserstoffversorgung, Wasserstofftanks



© Als Kopiervorlage freigegeben. Genius – Die junge WissensCommunity von Mercedes-Benz, Stuttgart 2014



Klett MINT

Mercedes-Benz AG
Stuttgart, Germany
https://group.mercedes-benz.com/de
www.genius-community.com