

Brennstoffzellen – „Saubere“ Energie für Auto, Handy und Co?

1. Thematischer Hintergrund

Laptops oder Handys, die von winzigen Brennstoffzellen gespeist werden, Kleinkraftwerke auf H₂-Basis, die Wohnhäuser mit Strom und Wärme versorgen, und nicht zuletzt die umweltfreundlichen „Wasserstoffautos“ – Forscher entwickeln zurzeit immer neue Ideen, wie Brennstoffzellen in Zukunft das alltägliche Leben der Menschen erleichtern können.

Das starke Interesse der Wissenschaftler an dieser neuen Technik zur Energieerzeugung hat einen einfachen Hintergrund: Brennstoffzellen, die mit Wasserstoff betrieben werden, produzieren keine Treibhausgase wie Kohlendioxid, das maßgeblich zum Klimawandel beiträgt.

Trotz aller Forschungserfolge in den letzten Jahren sind die meisten der unzähligen Brennstoffzellen-Prototypen von der Serienreife noch immer weit entfernt. Es fehlt einerseits an den technischen Möglichkeiten, Wasserstoff umweltfreundlich herzustellen, andererseits sind viele Anlagen zurzeit einfach zu teuer oder sie arbeiten nicht zuverlässig genug.

Mithilfe von besseren Werkstoffen wollen Wissenschaftler nun einen neuen Entwicklungsschub bei Brennstoffzellen auslösen. Und auch die Nanochemie oder das Ausweichen auf Methanol als „Treibstoff“ könnten dabei helfen, die Effektivität dieser Technologie weiter zu steigern und sie zu einer echten Alternative zu fossilen Brennstoffen wie Kohle, Gas oder Erdöl zu machen.

2. Thema der Stunde

Brennstoffzellen – „Saubere“ Energie für Auto, Handy und Co?

3. Lernziele

Die Schüler sollen...

- Brennstoffzellen als alternative Energiequellen für Fahrzeuge oder Mobilfunkgeräte entdecken,
- die Umweltfreundlichkeit von Brennstoffzellen realistisch einschätzen können,
- das Funktionsprinzip einer Brennstoffzelle erarbeiten und erklären können,
- erkennen, welche Probleme Forscher auf dem Weg von der Idee über den Prototypen bis zum serienreifen Produkt überwinden müssen,
- ihre Kompetenz im Bereich der selbstständigen Informationserarbeitung und -auswertung verbessern.

4. Didaktisch-methodische Entscheidungen zur Unterrichtsstunde

Die vorgelegte Schulstunde ist Teil einer Unterrichtsreihe im Fach Chemie mit dem Titel „Chemie in Anwendung und Gesellschaft“. Vor der geplanten Unterrichtsstunde sollten die Schüler in einer Einführungseinheit zunächst einen Überblick über den derzeitigen Stand der Energieversorgung in Deutschland und weltweit (Dominanz der fossilen Brennstoffe, Anteil der erneuerbaren Energien, Reichweiten der verschiedenen Energierohstoffe etc.) erhalten. Dabei müssen auch die sich aus der starken Nutzung von Kohle, Gas und Erdöl ergebenden Umwelt- und Klimafolgen zumindest ansatzweise diskutiert werden.

Brennstoffzellen – „Saubere“ Energie für Auto, Handy und Co?

Im Anschluss an die Schulstunde „Brennstoffzellen – „Saubere“ Energie für Auto, Handy und Co?“ könnte der Unterricht mit Themen wie „Nanochemie verbessert Brennstoffzellen“ oder „Brennstoffzellen als Kleinkraftwerke für Wohnhäuser“ fortgesetzt werden. Danach geht es mit der ausführlichen Besprechung von anderen Alternativen zu fossilen Brennstoffen wie Solarenergie oder Biomasse weiter.

Am Ende der Unterrichtsreihe sollten die Schüler aber in jedem Fall – beispielsweise im Rahmen einer Abschlussdiskussion - noch einmal zusammenfassend die Möglichkeiten und Grenzen der vorgestellten alternativen Energiequellen analysieren und bewerten. Ziel ist es, zu einer realistischen Einschätzung der Bedeutung von Brennstoffzellen, Solarenergie und Biokraftstoffen für die Energieversorgung - heute und in Zukunft - zu kommen.

Anknüpfen an die Lebenswelt der Schüler:

Fast alle Schüler besitzen heutzutage ein Handy und/oder einen tragbaren Computer. Mit der Meldung „Akku fast leer – bitte laden“ – die fast immer im unpassendsten Moment erscheint – hat daher beinahe jeder seine eigenen Erfahrungen gesammelt.

Der vorgesehene Unterrichtseinstieg zum Thema Brennstoffzellen, der dieses Problem anspricht und mögliche Lösungsmöglichkeiten vorstellt, schafft einen konkreten Bezug zur Lebenswelt der Schüler und sorgt so für großes Interesse und eine (hoffentlich) hohe Motivation. Er kann zudem zeigen, dass Forschung kein Selbstzweck ist, sondern auch einen konkreten Anwendungsbezug hat und das Leben der Menschen erleichtern kann.

Selbsttätige Aneignung von Wissen:

Im Rahmen der anschließenden Erarbeitungsphase I steht die selbstständige Informationsaneignung im Mittelpunkt des Unterrichts. Die Schüler sollen dabei nicht nur Text- und Bildmaterialien auswerten und zusammenfassen, sie müssen die erarbeiteten Ergebnisse auch auf ein komplexes Schema (Grafik: Funktionsprinzip einer Brennstoffzelle) übertragen.

Ziel dieser Vorgehensweise ist es, die zum Teil doch sehr abstrakten und „trockenen“ Informationen zu veranschaulichen und dabei zu einer nachvollziehbaren bildlichen Vorstellung über die Vorgänge in einer Brennstoffzelle zu kommen.

Als Vorbild und kleine Hilfe für die Schüler sind einige der gesuchten Begriffe bereits in das Lösungsschema des Arbeitsblattes 1 eingetragen. Je nach Leistungsstand des Kurses kann diese Arbeitserleichterung bei Bedarf noch weiter verstärkt werden oder aber - bei besonders leistungsstarken Schülern - eventuell auch ganz wegfallen.

Um die selbsttätige Aneignung von Wissen zu forcieren, erledigen die Schüler die Aufgaben in Kleingruppen (drei bis vier Kursteilnehmer). In der Diskussion mit den anderen Teammitgliedern sollen dabei mögliche Unklarheiten und Verständnisschwierigkeiten von Einzelnen besprochen und beseitigt werden.

Der Lehrer zieht sich in dieser Phase weitgehend aus dem Unterrichtsgeschehen zurück und bietet sich nur bei schwerwiegenden Problemen als Ansprechpartner an. Um eine effektive Arbeit in den Gruppen sicher zu stellen, sollte er aber vorab auf eine ausgewogene Zusammenstellung der Teams achten.

Blick hinter die „Kulissen“ der Forschung:

Da die Möglichkeiten des unmittelbaren Lernens beim Thema Brennstoffzellen eingeschränkt sind, sollen die Schüler im zweiten Teil des geplanten Unterrichts

Brennstoffzellen – „Saubere“ Energie für Auto, Handy und Co?

zumindest anhand eines Arbeitsblattes einen Blick in die spannende Welt der Brennstoffzellenforscher werfen.

Anhand eines exemplarischen Beispiels (Neue Membranen für bessere Brennstoffzellen) können sie nachvollziehen, wie noch vorhandene Mängel der modernen Brennstoffzellen beseitigt werden, um zu einem verbesserten Produkt zu gelangen. Sie werden aber auch dafür sensibilisiert, dass noch viel, insbesondere Grundlagenforschung notwendig ist, bis Brennstoffzellen zu einer wirklichen technischen Lösung im Alltag werden können.

5. Anbindung an die Richtlinien/Zielgruppe

Zielgruppe für die geplante Unterrichtsstunde ist in erster Linie die Sekundarstufe II an Gymnasien und Gesamtschulen.

Zeitbedarf: 90 Minuten

Sind im Stundenplan nur Einzelstunden vorgesehen, kann der Unterricht nach der ersten Erarbeitungsphase und dem anschließenden Zusammentragen der Ergebnisse sinnvoll beendet werden.

Da das auszuwertende Material relativ umfangreich ist, sollte der Lehrer aber – je nach Leistungsstand des Kurses – gegebenenfalls die Anzahl der Aufgaben auf dem Arbeitsblatt 1 reduzieren, um einem möglichen Zeitmangel am Ende der Stunde vorzubeugen.

Innerhalb des Unterrichts nicht berücksichtigte Arbeitsaufträge (beispielsweise unter Punkt 3. Halten Sie die Formulierung „saubere Energiequelle“ in Verbindung mit Brennstoffzellen für gerechtfertigt?) könnten dann von den Kursteilnehmern als Hausaufgabe erledigt werden.

In der nächsten Stunde wird der Unterricht dann – nach der Besprechung der selbstständigen Erarbeitung zu Hause - mit der zweiten Problemfindungsphase und dem Arbeitsblatt 2 fortgesetzt.

Lehrplankonformität:

Die Lehrpläne der Bundesländer für das Fach Chemie bieten konkrete Anknüpfungspunkte für den Einsatz der Unterrichtsstunde in der Sekundarstufe II:

Beispiel Nordrhein-Westfalen:

Laut Lehrplan NRW sollen die Schüler in der Jahrgangsstufe 12 ihre Kenntnisse in Chemie so erweitern und vertiefen, dass sie auch komplexere chemische Vorgänge in der Umwelt und in der Technik verstehen und die Bedeutung der Chemie für die Gesellschaft und für die Bewältigung der aktuellen und zukünftigen Herausforderungen erfassen.

Im Themenfeld „Gewinnung, Speicherung und Nutzung elektrischer Energie in der Chemie“ wird eine Unterrichtsreihe „Von der Wasserelektrolyse über die Knallgasreaktion zur Brennstoffzelle“ vorgeschlagen, in die sich der vorliegende Stundenentwurf gut einbinden lässt.

Beispiel Sachsen:

Die sächsischen Richtlinien formulieren für die Jahrgangsstufen 11/12 in Chemie als ein Ziel, die „Entwicklung der Fähigkeit, am gesellschaftlichen Diskurs über Naturwissenschaft und Technik teilzunehmen. Den Schülern soll bewusst werden, dass die Erkenntnisse der Chemie im Zusammenwirken mit den anderen Naturwissenschaften dazu beitragen können, Prozesse der Natur und der Technik zu beherrschen und diese ökonomisch und ökologisch zum Wohle der Menschen zu nutzen.“

Brennstoffzellen – „Saubere“ Energie für Auto, Handy und Co?

Einsetzbar wäre das Thema im Wahlpflichtbereich 3 „Technische Elektrolysen“. Das Wissen über elektrochemische Vorgänge ließe sich auf ein technisch bedeutendes Elektrolyseverfahren wie die Brennstoffzellen anwenden.

Beispiel Bayern:

Im bayerischen Lehrplan ist in der Jahrgangsstufe 13 als zentraler Aspekt die Einführung in die Elektrochemie genannt. Bei der Beschäftigung mit der elektrochemischen Stromerzeugung soll dem Schüler die große Bedeutung der Redoxvorgänge für die Herstellung ortsunabhängiger Spannungsquellen bewusst werden. „Am Beispiel der Brennstoffzelle erfahren sie die Möglichkeiten und Grenzen der angewandten Chemie für die Lösung technologischer und umweltrelevanter Fragen.“

Beispiel Hessen:

Laut den Hessischen Richtlinien ist in der Jahrgangsstufe 11.1 die schulische Auseinandersetzung mit dem Thema „Redoxreaktionen“ vorgesehen. Redoxreaktionen besitzen vor allem wegen der Bezüge zu Technik, Alltag, Wirtschaft und Gesellschaft oder Umwelt eine besondere Bedeutung und lassen sich daher gut in „schülernahe Zusammenhänge“ stellen. Die Schüler sollen sich mit elektrochemischen Spannungsquellen und dabei auch mit Brennstoffzellen befassen. Damit rücken gleichzeitig Nutzenergiegewinnung / -speicherung und Energiebetrachtungen in den Fokus der Auseinandersetzung.

6. Vorschläge für einen fächerübergreifenden Unterricht

„Erneuerbare Energien – Klimaretter oder teure Prestigeobjekte?“

Unter diesem Leitgedanken könnte ein fächerübergreifender Unterricht stehen, zu dem die vorgelegte Unterrichtsstunde/-reihe gut passen würde.

Die **Chemie** stellt neben den grundlegenden Aspekten zu Brennstoffzellen andere erneuerbare Energien wie Biokraftstoffe/Biomasse vor. Zudem sollten elementare Informationen über fossile Brennstoffe (Entstehung, Erdölverarbeitung etc.) und die Folgen der Energieerzeugung aus Kohle, Öl und Erdgas (Wirkung der Treibhausgase in der Atmosphäre usw.) erarbeitet werden.

Der Fachunterricht **Physik** hat neben Solarenergie, Strom aus Wasserkraft oder Windkraftanlagen vor allem die Kernfusion im Blick. Dabei sollte viel Wert auf die Erarbeitung der zugrunde liegenden Techniken und Wirkungsprinzipien gelegt werden und insbesondere bei der Kernfusion auf die Schwierigkeiten, die der Umsetzung dieser Technik - auch nach 40 Jahren Forschung - nach wie vor entgegenstehen.

Im Fach **Biologie** müssen dagegen insbesondere die ökologischen Probleme, die sich aus der Nutzung von erneuerbaren Energien ergeben (Auswirkungen von Windanlagen auf den Vogelzug oder Folgen von Staudämmen für Flussökosysteme), untersucht werden. Darüber hinaus sind im Rahmen der schulischen Auseinandersetzung auch Strategien zu entwickeln, wie sich diese so gering wie möglich halten lassen. Ergebnis der Arbeit könnten beispielsweise spezielle Öko-Checklisten sein, anhand derer die Umweltverträglichkeit neuer Projekte im Bereich der erneuerbaren Energien überprüft werden kann.

Im **Erdkundeunterricht** nimmt das Thema „Klima“ breiten Raum ein. Dabei sind nicht nur die Ursachen für den anthropogenen Treibhauseffekt beziehungsweise die globale Erwärmung zu erarbeiten, auch Erfolg versprechende Gegenmaßnahmen (Beispiel: Kyoto-Protokoll) werden im Unterricht diskutiert.

Darüber hinaus sollte in Erdkunde oder im Fach **Wirtschaft** aber auch die derzeitige Abhängigkeit der Weltwirtschaft von fossilen Brennstoffen thematisiert

Brennstoffzellen – „Saubere“ Energie für Auto, Handy und Co?

werden. Und es ist kritisch zu hinterfragen, inwieweit beispielsweise die Erdölindustrie überhaupt ein Interesse an der Bereitstellung alternativer Energiekonzepte hat.

Der **Politikunterricht** beschäftigt sich mit Themen wie dem Streit um die Ökosteuer oder den Problemen bei der Durchsetzung einer nationalen oder weltweiten Energiewende. Auch das Erneuerbare-Energien-Gesetz in Deutschland und die Möglichkeiten und Grenzen internationaler Abkommen zum Schutz der Atmosphäre sollten im Unterricht eine wichtige Rolle spielen.

Am Ende des fächerübergreifenden Unterrichts könnten die Schüler dann ihre Vorstellungen von einer umweltfreundlichen Nutzung erneuerbarer Energien anhand eines Planspiels mit einem konkreten Beispiel (z.B. Umstellung der Energieversorgung einer mittleren Stadt auf Ökostrom) präsentieren.