# Inhalt


| | Seite |
|---|---|
| Vorwort | 5 |
| **Kapitel I: Energie, Arbeit und Wirkungsgrad – Physikalische Grundlagen** | **6 - 11** |
| 1. Was ist Energie? | 6 |
| 2. Kraft, Arbeit, Energie, Leistung, Wirkungsgrad – Symbole, Formeln und Einheiten | 11 |
| **Kapitel II: Fossile Energiequellen** | **12 - 18** |
| 1. Energiequellen | 12 |
| 2. Nutzung fossiler Brennstoffe und Umwelt | 14 |
| 3. Das Kohlekraftwerk – Klassiker und Umweltsünder | 15 |
| **Kapitel III: Energiewende – Umschalten auf Zukunft** | **19 - 20** |
| 1. Erneuerbare Energien – Definition und Überblick | 19 |
| 2. Das Motto der Bundesregierung – Beschlüsse zur Realisierung der Klimawende | 20 |
| **Kapitel IV: Die Kraft des Wassers** | **21 - 26** |
| 1. Wasserkraftwerke an Land | 21 |
| 2. Gezeitenkraftwerke, Wellen- und Meeresströmungskraftwerke | 25 |
| **Kapitel V: Windkraftanlagen** | **27 - 34** |
| 1. Zur Geschichte der Nutzung von Windkraft | 27 |
| 2. Funktionsprinzip und Technik von Windkraftanlagen | 29 |
| 3. Offshore-Windparks – Mehr Energie vom Meer | 31 |
| 4. Pro und Contra Windkraftanlagen | 33 |
| **Kapitel VI: Solarkraft** | **35 - 41** |
| 1. Allgemeines zur Nutzung der Solarenergie | 35 |
| 2. Solarthermie – Sonnenkollektoren | 36 |
| 3. Solarwärmekraftwerke | 40 |
| **Kapitel VII: Photovoltaik** | **42 - 49** |
| 1. Die Physik der Fotozelle | 42 |
| 2. Von der Fotozelle zum Solarmodul | 45 |
| 3. Photovoltaikversorgung eines Wohnhauses | 46 |
| 4. Photovoltaik-Freiflächenanlagen | 47 |
| 5. Photovoltaik in Zahlen | 49 |


VORSCHAU

Lernwerkstatt Erneuerbare Energien – Bestell-Nr. P12 765
Lernen mit Erfolg VERLAG

netzwerk lernen
zur Vollversion

# Inhalt


| | Seite |
|---|---|
| **Kapitel VIII: Bioenergie** | **50 - 55** |
| 1. Was ist Bioenergie? | 50 |
| 2. Das Verfahren zur Gewinnung von Bioenergie | 51 |
| 3. Biokraftstoffe | 53 |
| 4. Bioenergie – Für und Wider | 55 |
| **Kapitel IX: Wärme aus dem Inneren der Erde – Ein Blick zur Geothermie** | **56 - 61** |
| 1. Was ist Geothermie? | 56 |
| 2. Zur oberflächennahen Geothermie | 57 |
| 3. Energie aus der Tiefe der Erde | 59 |
| 4. Kleiner Geothermie-Test | 60 |
| 5. Geothermie konkret | 61 |
| **Kapitel X: Erneuerbare Energien – Entwicklung in Zahlen** | **62** |
| Anteile der Energieträger an der Bruttostromversorgung Deutschlands 2011 und 2021 | 62 |
| Bruttostromerzeugung aus erneuerbaren Energien im Jahr 2021 | 63 |
| **Kapitel XI: Die Brennstoffzelle** | **64 - 82** |
| 1. Utopisches und Historisches | 64 |
| 2. Physikalische und chemische Grundlagen | 68 |
| 3. Aufbau und Funktion einer Wasserstoff-Brennstoffzelle | 73 |
| 4. Der Wirkungsgrad von Brennstoffzellen | 75 |
| 5. Die Zukunft von Wasserstoff und erneuerbaren Energien | 76 |
| **Kapitel XII: Multiple-Choice-Energie-Test** | **77** |
| Lösungen | **83 - 107** |


VORSCHAU

Lernwerkstatt Erneuerbare Energien – Bestell-Nr. P12 765
Lernen mit Erfolg VERLAG

netzwerk lernen
zur Vollversion

# Vorwort

Liebe Kolleginnen und Kollegen!

Licht, Wärme und Antriebskraft sowohl für Maschinen als auch zur Fortbewegung zu erzeugen, ist ein grundlegendes Bedürfnis der Menschheit, welches mit dem Streben nach technischer Vervollkommnung und Mobilität ständig wächst. Für das moderne Leben wird zunehmend Energie benötigt; konventionelle Energiequellen reichen nicht aus. Die Energie von Wind, Sonne, des Meeres und anderen – an menschlicher Lebenszeit gemessen – unerschöpflichen bzw. sich schnell regenerierenden Energiequellen muss daher zunehmend genutzt werden.

Die Umsetzung dieses Zieles stellt eine bedeutsame Herausforderung für die interdisziplinäre Arbeit von Naturwissenschaftlern, Technikern und Ökonomen dar.

Die Suche nach Energiequellen ist nicht nur eine Erfindung der Neuzeit.

So schrieb bereits 1875 Jules Verne in seinem Buch „Die geheimnisvolle Insel“ über die Brennstoffzelle: „Das Wasser ist die Kohle der Zukunft. 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.“

Fossile Energieträger durch erneuerbare Energien zu ersetzen, ist weiterhin eine dringend zu realisierende Notwendigkeit unserer Zeit, um die globale Erwärmung und den daraus resultierenden Klimawandel aufzuhalten sowie andere natur- und gesundheitsschädigende Auswirkungen durch hohe $CO_2$-Emission und den Ausstoß anderer Schadstoffe zu verringern.

Der Erwerb von Wissen über erneuerbare Energien, besonders auch im Zusammenhang mit der Problematik Energie- und Klimawende, muss deshalb auch ein Schwerpunkt von Bildung und Erziehung in der Schule sein – nicht nur freitags.

Das vorliegende Material kann einen Beitrag dazu leisten und ist zum Einsatz als Ergänzung zum naturwissenschaftlichen Unterricht, in Vertretungsstunden und zur Freiarbeit gedacht.

Außer der Vermittlung von Faktenwissen und entsprechenden Aufgaben zur Übung sollen hier folgende Leitideen angeregt werden:

- Energieerzeugung und Energieerhaltungssatz
- Suche und Erfindungen zur Energiegewinnung historisch einordnen
- Erneuerbare Energien heute und morgen – Die Weisheiten der Vergangenheit nutzen
- Anregen der Schüler zur Kreativität
  (utopische Fantasien hervorlocken, Märchen einbinden wie zum Beispiel bei der Einführung der Nutzung von Bioenergie: „Rumpelstilzchen konnte Stroh zu Gold spinnen, aber das ist schon sehr, sehr lange her ... Heute …“)
- Einbindung der Schüler in kontroverse Diskussionen wie beispielsweise „Für und wider Windkraft “, „Tank-oder-Teller-Debatte“ und die Bedeutung des „Schwarzen Peters Kohle“ als Energieträger in Krisenzeiten

Viel Erfolg bei der Arbeit mit diesem Material wünschen das Team des Kohl-Verlags sowie die Autorin

Barbara Theuer

*Aufgrund der besseren Lesbarkeit wird im Folgenden die männliche Form Schüler bzw. Lehrer verwendet. Gemeint sind damit jedoch sowohl die weiblichen, als auch die männ*

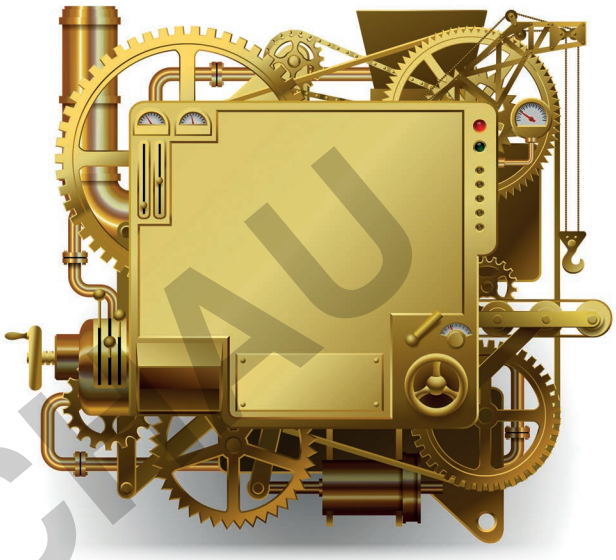
VORSCHAU



netzwerk lernen
zur Vollversion

## 1. Was ist Energie? (Blatt 1)

**Aufgabe 1:** **Der Traum vom Perpetuum mobile**
Licht, Wärme und Antriebskraft für Maschinen und zur Fortbewegung zu erzeugen, ist ein grundlegendes Bedürfnis der Menschheit.
*Beschreibe die Vision von einem Perpetuum mobile.*



**Aufgabe 2:** *Welche Aussagen zum physikalischen Energiebegriff sind zutreffend? Kreuze die passenden Antworten an. Es sind Mehrfachantworten möglich.*

- ☐ A Energie ist göttlichen Ursprungs.
- ☐ B Energie ist ein Maß für die Kraft, die ein Körper auf einen anderen Körper ausüben kann.
- ☐ C Energie ist unter anderem ein Maß für das Vermögen eines Körpers, Arbeit im physikalischen Sinn zu verrichten.
- ☐ D Energie wird in Joule (1 J) gemessen.
- ☐ E Früher war als Maßeinheit für die Energie “1 PS“ gebräuchlich.
- ☐ F Energie kann man mit moderner Technik erzeugen.
- ☐ G Energie kann in einem abgeschlossenen System weder erzeugt werden noch verloren gehen.
- ☐ H Die Nutzbarmachung erneuerbarer Energiequellen widerlegt den Energieerhaltungssatz.
- ☐ I Energie tritt in verschiedenen Formen auf, die ineinander umgewandelt werden können.
- ☐ J Mit einem Perpetuum mobile kann Energie erzeugt werden.
- ☐ K Modernste Kraftwerke erzeugen Energie mit einem Wirkungsgrad $\eta > 100\ \%$

VORSCHAU

Lernwerkstatt Erneuerbare Energien – Bestell-Nr. P12 765
VERLAG

netzwerk lernen
zur Vollversion

## 1. Was ist Energie? (Blatt 2)

**Was ist Energie?**
**Definition des physikalischen Energiebegriffes und der Energieerhaltungssatz**

Energie ist die Fähigkeit eines Körpers (Systems), Arbeit zu verrichten, Wärme oder Strahlung abzugeben.

Energie kann in verschiedenen Formen vorkommen, zum Beispiel in Form von potenzieller und kinetischer Energie – den Formen der mechanischen Energie, von chemischer Energie, thermischer Energie, elektrischer Energie und Strahlungsenergie.

Energie kann weder erschaffen werden, noch verloren gehen. Energieformen können ineinander umgewandelt werden. Dabei bleibt die Gesamtenergie als Summe aller Energieformen in einem abgeschlossenen System konstant.

**Aufgabe 3:** *Gib Beispiele für Körper an, die Energie in den angegebenen Formen besitzen.*

| | |
|---|---|
| | … besitzt potenzielle Energie |
| | … besitzt kinetische Energie |
| | … besitzt thermische Energie |
| | … besitzt elektrische Energie |
| | … besitzt chemische Energie |
| | … besitzt Strahlungsenergie |

**Aufgabe 4:** *Ergänze passend die fehlenden Begriffe bzw. Symbole für die folgenden Energieumwandlungen. Gib in der letzten Zeile ein selbstgewähltes Beispiel an.*

| Energieform | Energiewandler ➲ | Energieform |
|---|---|---|
| $E_{th}$ | | $E_{kin}$ |
| | Turbine des Wasserkraftwerkes | $E_{kin}$ |
| $E_{kin}$ | | $E_{el}$ |
| $E_{mech}$ | Reibung | |
| | | |

VORSCHAU

Lernwerkstatt Erneuerbare Energien – Bestell-Nr. P12 765

netzwerk lernen
zur Vollversion

## 5. Geothermie konkret

**Geothermie in Deutschland**

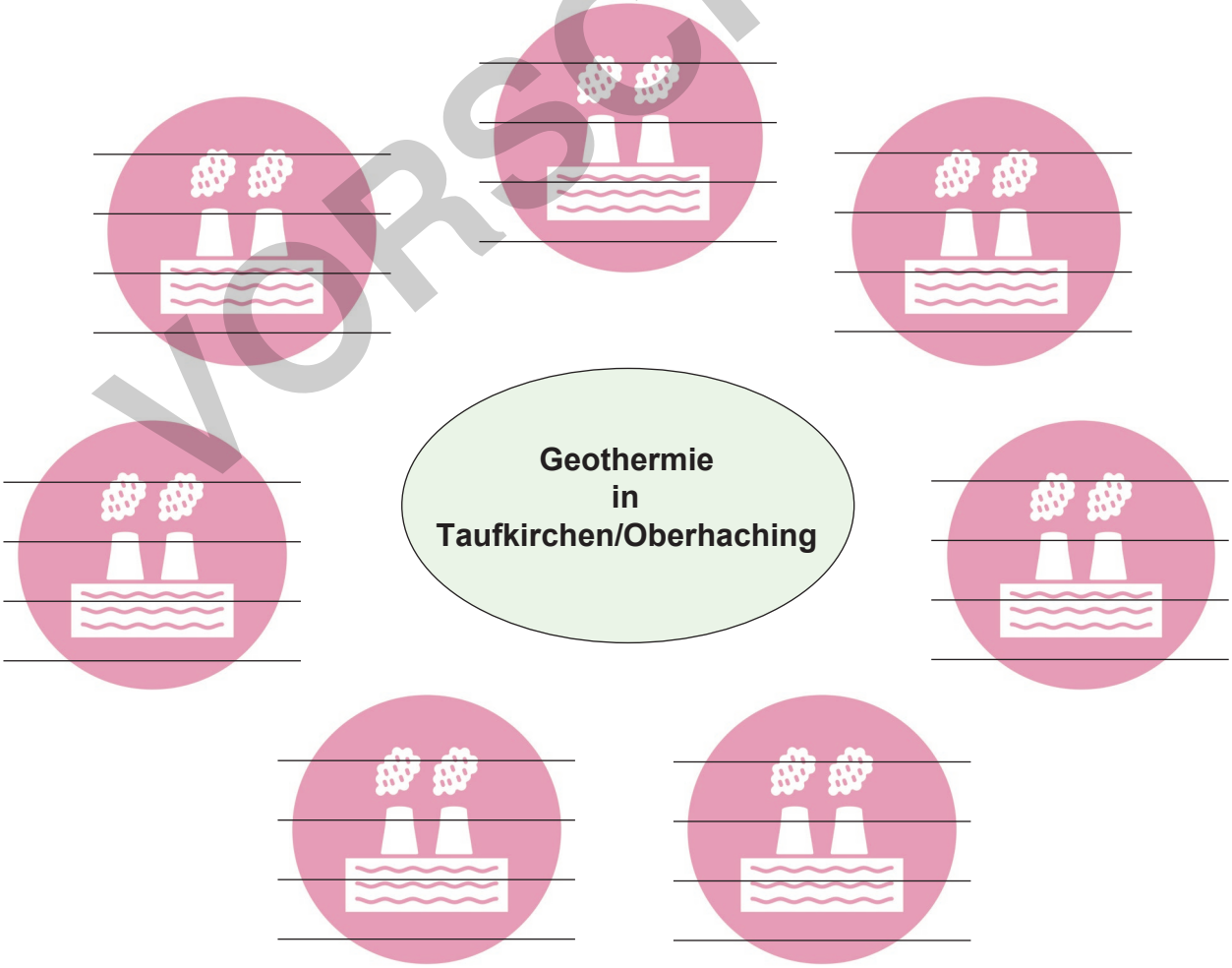
Anzahl der Anlagen in Betrieb (Stand 2022): 42

- Heizwerke: 30
- Kraftwerke: 3
- Heizkraftwerke (Wärme + Strom): 9
- installierte Wärmeleistung: 349,71 MW
- installierte elektrische Leistung: 47 MW
- Durchschnittliche Teufe*: ca. 2500 m

* Teufe ist die bergmännische Bezeichnung für die Tiefe. Die Teufe ($h_T$) gibt an, wie tief ein Punkt unter Tage unter der Tagesoberfläche (der Erdoberfläche im Umkreis der Grube) liegt.

(aus: https://www.geothermie.de/geothermie/geothermie-in-zahlen.html und https://de.wikipedia.org/wiki/Teufe)

**Aufgabe:** *Erstelle einen Steckbrief für die Energiegewinnung mittels Geothermie in Taufkirchen/Oberhaching (Bayern).*




VORSCHAU

Lernwerkstatt Erneuerbare Energien – Bestell-Nr. P12 765
VERLAG

netzwerk lernen
zur Vollversion

## Anteile der Energieträger an der Bruttostromversorgung Deutschlands 2011 und 2021

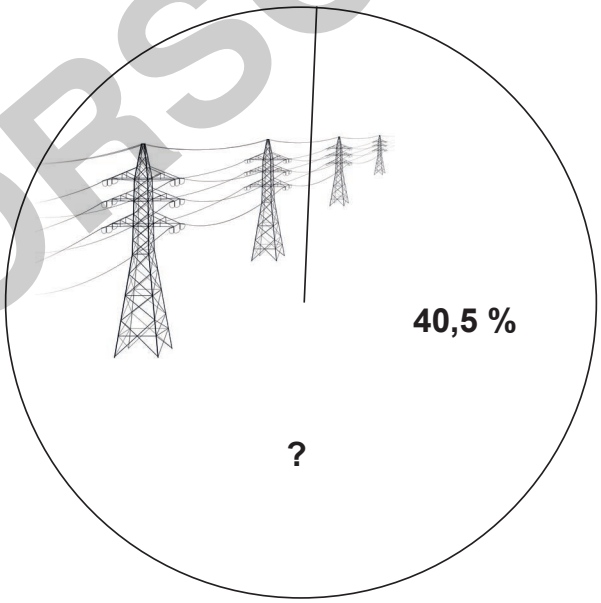
| Energieträger | 2011 | 2021 |
|---|---|---|
| Braunkohle | 24,5 % | 18,5 % |
| Steinkohle | 18,3 % | 9,3 % |
| Kernenergie | 17,6 % | 11,8 % |
| Erdgas | 14,0 % | 15,2 % |
| Mineralölprodukte | 1,2 % | 0,8 % |
| Windenergie onshore | 8,1 % | 15,9 % |
| Windenergie offshore | 0,1 % | 4,2 % |

| Energieträger | 2011 | 2021 |
|---|---|---|
| Wasserkraft | 2,9 % | 3,3 % |
| Biomasse | 5,2 % | 7,7 % |
| Photovoltaik | 3,2 % | 8,4 % |
| Hausmüll (nur biogen) | 0,8 % | 1,0 % |
| übrige Energieträger | 4,2 % | 3,8 % |
| Summe | 100 % | 100 % |
| regenerativer Anteil | 20,2 % | 40,5 % |

(Werte entnommen aus: https://de.wikipedia.org/wiki/Elektrische_Energieerzeugung#cite_note-strommix21-10)

**Aufgabe 1**: *Vergleiche die Anteile regenerativer Energien an der Bruttostromversorgung in Deutschland in den Jahren 2011 und 2021.*

**Aufgabe 2**: *Ergänze unten das Kreisdiagramm zur Veranschaulichung des regenerativen Anteils an der Bruttostromversorgung in Deutschland 2021. Berechne dazu den Zentriwinkel des Kreissektors, welcher dem regenerativen Anteil entspricht.*




**Aufgabe 3**: *Beschreibe die Entwicklung der Anteile der Energieträger in Deutschland seit dem Jahr 2011 bis zum Jahr 2021 in Worten.*

**Aufgabe 4**: *Welche Bedeutung hat der „Schwarze Peter“ Kohle als Energieträger in Krisenzeiten? Gib ein aktuelles Beispiel an.*

VORSCHAU

Lernwerkstatt Erneuerbare Energien – Bestell-Nr. P12 765
VERLAG

netzwerk lernen
zur Vollversion

## 1. Utopisches und Historisches (Blatt 1)

**“Das Wasser ist die Kohle der Zukunft“ – Jules Vernes Utopie**

Auszug aus dem 1875 von Jules Verne veröffentlichen Buch “Die geheimnisvolle Insel“:

… Während des Monats Juli machte sich die Kälte recht empfindlich fühlbar, doch brauchte man ja weder Holz noch Kohlen zu schonen. Im großen Saale hatte Cyrus Smith auch einen zweiten Ofen aufgestellt, denn in diesem Raume pflegte man die langen Abende zu verbringen. Unter Geplauder bei der Arbeit und Lectüre, wenn die Hände ruhten, verfloß die Zeit nutzbringend für Jedermann.

Den Colonisten gewährte es eine wahrhafte Freude, wenn sie in dem durch Kerzen wohlerleuchteten und mittels Kohle angenehm durchwärmten Saale, nach einer stärkenden Mahlzeit, den duftenden Hollunderkaffee in der Tasse, aus den Pfeifen wohlriechende Wölkchen blasend, den Sturm draußen toben hörten! Sie hätten sich vollkommen wohl befunden, wenn es jemals bei Dem der Fall sein könnte, der fern von Seinesgleichen und ohne jede Verbindung mit der anderen Welt ist! Immer wieder sprachen die Ansiedler von ihrer Heimat, von den Freunden, die sie verlassen, von der Macht und Größe der amerikanischen Republik, deren Einfluß immer im Zunehmen sein mußte, und Cyrus Smith, der sich vielfach mit den Angelegenheiten der Union beschäftigt hatte, gewährte durch seine Berichte, Bemerkungen und Prophezeiungen seinen Zuhörern die anregendste Unterhaltung.

Eines Tages fühlte sich Gedeon Spilett dadurch zu den Worten veranlaßt: »Doch sagen Sie mir, lieber Cyrus, läuft diese ganze industrielle und commerzielle Bewegung, deren zunehmendes Wachsthum Sie für gesichert halten, nicht früher oder später Gefahr, vollständig aufgehalten zu werden?

– Aufgehalten? Und wodurch?
– Durch den Mangel an Kohle, welche man mit Recht das köstlichste Mineral nennen könnte.
– O gewiß, das köstlichste, antwortete der Ingenieur, auch scheint es die Natur durch Erschaffung des Diamantes, der ja nur aus krystallisirter Kohle besteht, noch besonders haben bestätigen zu wollen.
– Sie wollen damit doch nicht sagen, Herr Cyrus, meldete sich Pencroff, daß man unter den Dampfkesseln an Stelle der Steinkohle einst Diamanten verbrennen werde?
– Nein, mein Freund, erwiderte Cyrus Smith.
– Doch bleib‘ ich bei meiner Ansicht, fuhr Gedeon Spilett fort. Sie widersprechen gewiß nicht, daß die Kohle eines Tages aufgezehrt sein wird?
– Heutzutage sind die Vorräthe noch sehr beträchtlich, und 100 000 Arbeiter, die jährlich hundert Millionen metrische Centner davon ausbringen, vermögen sie noch nicht zu erschöpfen!

VORSCHAU

Lernwerkstatt Erneuerbare Energien – Bestell-Nr. P12 765
Lernen mit Erfolg VERLAG

netzwerk lernen
zur Vollversion

## 1. Utopisches und Historisches (Blatt 3)

**Zur Geschichte der Erfindung der Brennstoffzelle**

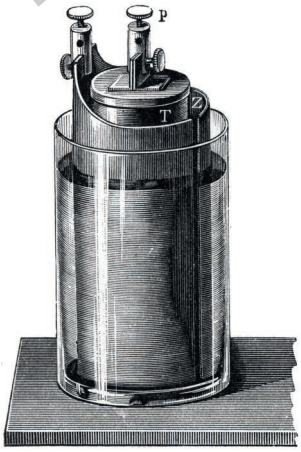
Nachdem Alessandro Volta im Jahr 1800 die nach ihm benannte Volta'sche Säule – eine Kombination von galvanischen Elementen (siehe auch Seite 72) – an der Royal Society in London der Öffentlichkeit vorstellte, begann das allgemeine Interesse an der weiteren Erforschung und technischen Umsetzung dieser galvanischen Stromquelle, was zur Entwicklung der ersten Brennstoffzelle führte.

Die Erfindung der Brennstoffzelle geht auf den deutsch-schweizerischen Physiker und Chemiker Christian Friedrich Schönbein zurück, der 1838 zwei Platindrähte in verdünnter Schwefelsäure jeweils getrennt mit Wasserstoff und Sauerstoff umspülte und als Folge eine elektrische Spannung zwischen den Drähten feststellte.

Im Jahr 1839 konnte der britische Jurist und Physikochemiker Robert Grove das von Schönbein entdeckte Phänomen als Umkehrung der Elektrolyse erklären und baute zur praktischen Umsetzung die erste „Gasbatterie", die aus der Kombination von mehreren solchen Zellen bestand.

Robert Grove

Grovesches Element




Die Euphorie über diese Erfindung war groß, hatte man doch eine Vorrichtung zur Umwandlung chemischer Energie in Elektrizität entdeckt.

1875 schrieb Jules Verne in seinem Roman „Die geheimnisvolle Insel":

*„Das Wasser ist die Kohle der Zukunft. 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."*

(Zitat entnommen aus: https://de.wikipedia.org/wiki/Brennstoffzelle)

Obwohl in den folgenden Jahren vereinzelt weitere Experimente zur Verbesserung der galvanischen Gasbatterie durchgeführt wurden, gab es keine Erfolge bei der technischen Umsetzung zur Erzeugung elektrischen Stromes, da durch die Erfindung der Dynamomaschine (heute elektrischer Generator genannt) – unter anderem 1867 durch Werner von Siemens – die weitere Entwicklung der Brennstoffzelle uninteressant wurde.

VORSCHAU

Lernwerkstatt Erneuerbare Energien – Bestell-Nr. P12 765
VERLAG

netzwerk lernen
zur Vollversion

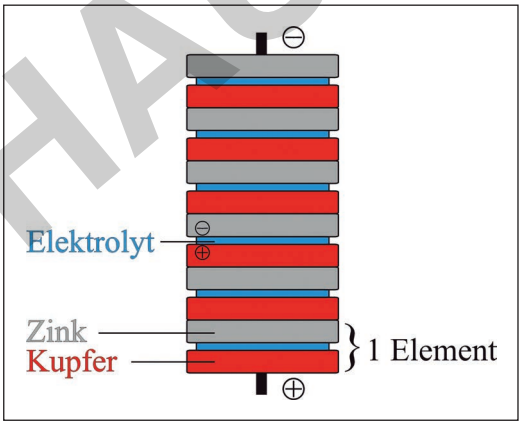
## 1. Utopisches und Historisches (Blatt 4)

**Zur Geschichte der Erfindung der Brennstoffzelle**

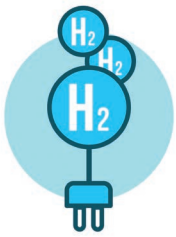
Erst ab 1950 wurde die Weiterentwicklung der Brennstoffzelle wieder vorangetrieben. Brennstoffzellen wurden in U-Booten und in der Raumfahrt eingesetzt, da sowohl beim Militär als besonders auch in der Raumfahrt leistungsfähige, mobile Energiequellen benötigt wurden und in diesen Bereichen die sehr hohen Kosten für die Herstellung keine Rolle spielten.

Heute werden Brennstoffzellen unter anderem zur Hausenergieversorgung (Licht und Wärme), als Notstromaggregate unter anderem in Krankenhäusern, zum Betrieb netzferner Geräte, für den emissionsfreien Betrieb von Gabelstaplern und Hubfahrzeugen in Hallen sowie für die Stromversorgung an Bord von Schiffen und Raumstationen eingesetzt. Der Einsatz von Brennstoffzellen bei Fahrzeugen wird weiterhin getestet und entwickelt.

**Aufgabe 2**: *Beschreibe den grundlegenden Aufbau der **Voltaschen Säule** (siehe Abbildung).*

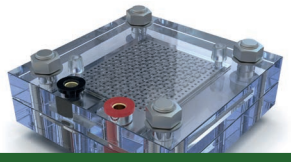



**Aufgabe 3**: *Mit welchen Stoffen umspülte Schönbein 1838 die Elektroden seiner ersten Brennstoffzelle?*




**Aufgabe 4**: *Welche Erfindung machte der weiteren Entwicklung der Brennstoffzelle im 19. Jahrhundert Konkurrenz?*

**Aufgabe 5**: *Gib ein bekanntes Unternehmen in Deutschland an, welches stationäre und mobile Brennstoffzellen herstellt.*



VORSCHAU

Lernwerkstatt Erneuerbare Energien – Bestell-Nr. P12 765
VERLAG

netzwerk lernen
zur Vollversion