

## Energie - Warum ist das Thema wichtig?

Der Begriff „Energie“ begegnet uns im Alltag in vielen unterschiedlichen Situationen. Wir werden aufgefordert, keine Energie zu verschwenden; in der Werbung hört man oft davon, dass uns etwas Energie (zurück)gibt. Aber was ist Energie eigentlich genau? Viele Kinder haben dazu Vorstellungen, die teilweise durchaus stimmig sind, in anderen Teilen aber sehr widersprüchlich und unrealistisch. Manche Kinder zeigen auch Berührungsängste bei diesem Thema. Das ist eigentlich auch nicht überraschend, denn Energie ist ein abstrakter Begriff, Energie kann man nicht sehen. Man erkennt sie nur an ihren Wirkungen wie Licht, Bewegung oder Wärme. Gleichzeitig ist Energie aber unabdingbare Voraussetzung für jegliches Tun und an jeder unserer Handlungen im Alltag beteiligt. Wir wollen Energie für Kinder „begreifbar“ machen, indem sie sich in Phänomen orientierten und alltagsnahen Experimenten mit den grundlegenden Konzepten der Energie auseinandersetzen und diese dabei erkennen können, aber auch sich selbst darin wiederfinden.

Es reicht jedoch nicht aus, sich nur auf die naturwissenschaftlich-technischen Grundlagen zu beschränken. Unser Handeln lässt sich aus vielen verschiedenen Perspektiven betrachten. Neben den ökologischen und ökonomischen Herausforderungen sind soziale Aspekte wie Chancengerechtigkeit oder die Frage nach Lebensqualität von entscheidender Bedeutung. Erst wenn diese Aspekte in gleicher Weise berücksichtigt werden, ist eine umfassende Bewertung möglich, und erst dann kann im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung gehandelt werden.

Mit diesem Angebot wollen wir Schülerinnen und Schülern ab Klasse 4 ermöglichen, ein grundlegendes Wissen über das Konzept Energie sowie wesentliche Aspekte der Bewertungskompetenz zu entwickeln. Die beiden Ansätze der Vermittlung eines naturwissenschaftlichen Grundverständnisses und einer handlungsorientierten Umweltbildung werden miteinander verzahnt. Das Verständnis der SchülerInnen für einen nachhaltigen Umgang mit Energie soll so über angeleitetes Handeln hinaus gefördert werden. Dies ist gerade im heutigen Zeitalter der Energiewende wichtig, da jeder Einzelne so früh wie möglich erkennen muss: Mein Verhalten hat Konsequenzen – für mich, für mein Umfeld und für andere. Auch ich trage mit meinem Handeln dazu bei, wie die Welt sich entwickelt.

Das Angebot gliedert sich in mehrere Teile, die sowohl als Abfolge als auch unabhängig voneinander durchgeführt werden können. Jedes Teilmodul ist so konzipiert, dass es an einem Vormittag im Labor durchgeführt werden kann:

### Modul 1: Grundlagen des Energiekonzepts

- a. Energieformen und ihre Umwandlung
- b. Energie sinnvoll nutzen: Energieeffizienz

### Modul 2: Chemische Energieträger

- a. Nutzung und Vergleich
- b. Kohlenstoffdioxid

### Modul 3: Energie aktuell

- a. Erneuerbare Energien
- b. Energiespeicherung

## Modul 1: Grundlagen des Energiekonzepts

### a. Energieformen und ihre Umwandlung

#### Themen und Experimente:

Energieformen	1: Wenn Mühlen sich drehen...	Energieformen praktisch kennenlernen
Umwandlungen	2: Was passiert, wenn man Energie nutzt?	Alltagsbeispiele für Umwandlungen verschiedener Energieformen finden und ausführen
Wärmeenergie nutzen	3: Der Dampfkreislauf	Bewegung durch Wasserdampf

#### Information zu den Versuchen

##### 1. Wenn Mühlen sich drehen...

In dieser Versuchsreihe lernen die SchülerInnen zunächst mithilfe einiger Mühlenmodelle spielerisch verschiedene Energieformen kennen und machen gleichzeitig die Erfahrung, dass diese ineinander umgewandelt werden.

Dabei stellen sie fest, dass man Energie nicht direkt sehen oder wahrnehmen kann, sondern sie sich nur an ihren Wirkungen erfassen lässt. Sie zeigt sich in verschiedenen Phänomenen wie Bewegung, Licht, Wärme, elektrischer Strom, wenn eine Energieform in eine andere umgewandelt wird.

Windfahrrad: Bewegungsenergie – Lageenergie

Lichtmühle: Lichtenergie – Bewegungsenergie

Windrad: Bewegungsenergie – elektrische Energie

#### Erläuterungen zu den Beobachtungen:

##### Windfahrrad: Bewegungsenergie – Lageenergie

Wenn sich die Windmühle dreht, wird der am Faden befestigte Nagel nach oben gehoben, die Bewegungsenergie wird in Lageenergie umgewandelt. Erfährt die Windmühle keinen Antrieb mehr, sinkt der Nagel aufgrund der Schwerkraft ab. Die Lageenergie wird in Bewegungsenergie umgewandelt, die Mühle dreht sich zurück.

##### Lichtmühle: Lichtenergie – Bewegungsenergie

In einer Licht- oder auch Sonnenmühle befindet sich ein bewegliches Flügelrad, das mit mehreren einseitig geschwärzten Plättchen versehen ist, die Rückseite ist idealerweise verspiegelt.

Wird die Lichtmühle beleuchtet, reflektieren die silberfarbenden Flügel die Lichtstrahlen, während die schwarzen Flügel die Energie aufnehmen und sich dadurch erwärmen. Es kommt zu einem Temperaturunterschied zwischen den silbernen und den schwarzen Flügelseiten, und die Luft wirbelt an dem wärmeren schwarzen Flügelpaar stärker. Daher dreht sich das Rädchen mit einer von der Stärke der Strahlung abhängigen Geschwindigkeit, wobei die nicht geschwärzten Flächen vorangehen.

## Windrad: Bewegungsenergie – elektrische Energie

Das Windrad wird normalerweise durch Wind angetrieben. Aufgrund des Getriebes besitzt es einen gewissen Anlaufwiderstand, sodass Pusten nicht ausreicht und im Experiment ein Föhn benutzt werden muss. Im Propellergehäuse steckt ein Generator, der die Bewegungsenergie wie bei den Windkraftanlagen in elektrische Energie umwandelt. Die LED beginnt zu leuchten. So erkennen die SchülerInnen, dass Strom produziert wird. Je stärker sich das Rad dreht, desto mehr Strom wird produziert und desto heller leuchtet die LED.

Da LEDs gerichtet sind, müssen sie in der richtigen Richtung an die Kabel des Propellers angeschlossen werden. Kabel und Beine der LED sind farblich markiert, es wird immer rot an rot und schwarz an schwarz angeschlossen.

## 2. Was passiert, wenn man Energie nutzt?

Bei dieser Aufgabenstellung handelt es sich um forschendes Experimentieren. Dabei werden die SchülerInnen durch die zur Verfügung gestellten Materialien teilweise geführt, können aber auch eigene Lösungsvorschläge erarbeiten.

Zur Einführung hören die SchülerInnen eine kurze Geschichte, wie sie sich auch in ihrem Alltag abspielen könnte, um die Rolle der Energie zu ergründen. Anschließend erkunden sie einfache Alltagsvorgänge, die sie selbst auswählen, unter der Fragestellung „Was passiert, wenn man Energie nutzt? Welche Energieformen und -umwandlungen treten dabei auf?“. Beispiele für Bewegungs-, Licht-, elektrische und chemische Energie sollen im Labor erarbeitet werden. Aufgabe ist, eine vorgegebene Energieform in eine andere frei wählbare Energieform umzuwandeln. Die notwendigen Materialien und Geräte, die sie zum Teil auch im ersten Experiment verwendet haben bzw. die im Rahmen der Einführung präsentiert wurden, stehen parat oder werden von den Betreuern zur Verfügung gestellt, ggf. wird improvisiert. Für jede Energieform gibt es verschiedene Beispiele. Die Erfahrung zeigt, dass seitens der Kinder noch viel mehr Ideen kommen!

## Beispiele für im Labor umsetzbare Umwandlungen:

### 1. Bewegungsenergie

- laufende Kinder → Wärme
- springende Kinder → Lageenergie
- Handkurbel → elektr. E., Wärme
- Windrad A → Lageenergie
- Windrad C → elektrische Energie

### 2. Elektrische Energie

- Lampe → Licht, Wärme
- Magnetrührer → Wärme, Bewegung
- Batterie → div. Geräte (Taschenlampe, Radio..)

### 3. Lichtenergie

- Lampe → Wärme
- Lampe → elektrische Energie (Solarpanel)
- Windrad B → Bewegung

### 4. Chemische Energie

- Kerze → Licht und Wärme

Nahrung → Bewegung und Wärme

Kartoffelbatterie → elektrische Energie

### 5. Lageenergie

Flummi → Bewegung → Lageenergie → ...

Wasserrad → Bewegung

Jojo → Bewegung

uvm.

### 3. Der Dampfkreisel

In den vorherigen Versuchsreihen haben die SchülerInnen erfahren können, dass bei jeder Energieumwandlung auch Wärmeenergie entsteht und dass Energie in dieser Form nicht so einfach weiter umgewandelt werden kann, weil sie sich oft in der Umgebung verteilt. In diesem Experiment erfahren sie, wie Wärmeenergie zielgerichtet genutzt werden kann und zwar in Form von Wasserdampf. Dass in Wasserdampf viel Energie steckt, lässt sich mit einem Dampfkreisel zeigen. Nach dem gleichen Prinzip kann man auch Dampfboote bauen, diese können dann ein kleines Rennen fahren. Mit dem Kreisel wird die Umwandlungskette Chemische Energie – Wärmeenergie – Bewegungsenergie, die Grundlage der Arbeitsweise von klassischen Kraftwerken ist, spielerisch umgesetzt. Die im Kerzenwachs gespeicherte Energie wird bei der Verbrennung in Wärmeenergie umgewandelt. Die Kupferspirale und das darin enthaltene Wasser werden damit erhitzt, so dass das Wasser verdampft. Der Wasserdampf benötigt viel mehr Raum und strömt daher unter Wasser aus den Rohrenden aus und erzeugt so einen Rückstoß. Da die beiden Rohrenden in die entgegengesetzte Richtung zeigen, beginnt der Kreisel zu rotieren. Stehen die beiden Enden des Kupferrohrs in die gleiche Richtung, bewegt sich das Gerät vorwärts.

Dass durch eine Drehbewegung Bewegungsenergie in elektrische Energie umgewandelt werden kann, haben die SchülerInnen bereits in der ersten Versuchsreihe erarbeitet. Mithilfe eines Handgenerators kann dies ansonsten an dieser Stelle einfach gezeigt werden. Mit dieser Umwandlungskette wird die prinzipielle Arbeitsweise eines heutigen Dampfkraftwerks demonstriert. So lässt sich erfassen, wie in einem Kraftwerk aus Kohle oder Gas Strom erzeugt wird.

### Erkenntnisgewinn

Die Kinder lernen in diesem Teilmodul die vier Subkonzepte des Energiebegriffs kennen, nämlich Energieform, Energieumwandlung, Energieträger und Energieerhaltung. Damit erfahren sie erste, ganz grundlegende Erkenntnisse zum Begriff Energie, die im naturwissenschaftlichen Anschlussunterricht vertieft werden.

Ziel des Moduls ist es auch, den Kindern zu verdeutlichen, dass Energie bei jedem Vorgang eine Rolle spielt und dass auch bei jeder ihrer eigenen alltäglichen Handlungen Energieumwandlungen ablaufen. Durch die Erkenntnis, dass Energie etwas ganz Grundsätzliches ist und auch in ihrem Alltag ständig und überall eine Rolle spielt, soll der doch sehr abstrakte Begriff Energie für sie anschaulich und lebensnah werden. Eventuell zu Beginn bestehende Berührungängste zum Thema aufgrund des doch so abstrakten Begriffs Energie können sich so auflösen und die Bereitschaft erhöhen, sich mit dem Thema auch im eigenen Lebensumfeld näher zu beschäftigen. Alltagsbegriffe mit Bezug zu Energie werden unter Berücksichtigung der Subkonzepte untersucht.

Die gewonnenen Erkenntnisse werden in Form von Merksätzen für die Kinder zusammengefasst.

## Modul 1: Grundlagen des Energiekonzepts

### b. Energie sinnvoll nutzen: Energieeffizienz

#### Themen und Experimente:

Gezielte Nutzung von Energie	1: Energiesparen mit Köpfchen	Vergleiche von Energienutzung im Alltag: Leuchtmittel / Kochen
Wärmedämmung	2: Wenn Wärme wandert 3: Wärmedämmung – wozu?	Wege der Wärmeübertragung Dämmstoffe im Vergleich

#### Informationen zu den Versuchen

##### 1. Energiesparen mit Köpfchen (Beispiele für Energieausnutzung im Alltag)

Der Begriff „Energiesparen“ ist jedem bekannt. In der Schule und sicher auch zuhause werden die Kinder zum Energiesparen angehalten. In manchen Schulen laufen Projekte oder AGs zu diesem Thema, die Kinder werden z. B. zu „Energiefüchsen“ ausgebildet. Dabei geht es um Verhaltensweisen wie Licht bewusst zu nutzen – es auszuschalten, wenn es nicht mehr gebraucht wird – oder richtiges Lüften – kurz durchlüften statt dauerhaft das Fenster zu kippen, damit der Raum nicht auskühlt und dann wieder aufgeheizt werden muss. Energiesparen ist aber viel mehr! Es geht nicht nur darum, Energie so selten wie möglich einzusetzen, sondern auch, die Energie möglichst gezielt einzusetzen. Das bedeutet, von der eingesetzten Energie soll ein möglichst großer Anteil tatsächlich genutzt werden. Dazu muss man sich bewusst machen, was mit der eingesetzten Energie passiert, welche Wege sie nimmt.

In einfachen Experimenten verfolgen die Kinder die Energieumwandlungen quantitativ. Zwei typische Beispiele von Energieeinsatz im Alltag sind Licht und Kochen. Der Begriff „Energiesparlampe“ beinhaltet bereits, dass diese Leuchte weniger Energie benötigt. Aber warum ist das so? Der Vergleich von drei unterschiedlichen Leuchtentypen, nämlich klassischer Glühlampe, Halogenlampe und LED-Lampe, zeigt den entscheidenden Unterschied auf. Mittels Spannungsmessung an einem Solarpaneel wird geprüft, wie viel Licht die Leuchten geben. Die Leuchtstärke ist in etwa gleich. Große Unterschiede ergeben sich aber, wenn man misst, wie viel Wärme die Leuchten abgeben. Wärmeabgabe bedeutet ungenutzte Energie: Es muss mehr Energie eingesetzt werden, um die gleiche Leuchtstärke zu erreichen.

Auch beim Kochen kann man den Energieeinsatz minimieren. Zwar wissen viele Kinder bereits, dass Topf und Herdplatte zusammenpassen müssen und dass ein Deckel aufgelegt werden soll. In dem Experiment untersuchen die Kinder aber, wie groß der Einfluss der Topfgröße und eines Deckels ist. Bedeckt das Gefäß die gesamte Heizfläche und ist ein Deckel aufgelegt, wird das Wasser viel schneller heiß – teilweise in der Hälfte der Zeit. Es muss also nur halb so viel Energie eingesetzt werden, um das Ziel - heißes Wasser – zu erreichen, weil die von der Platte abgegebene Wärmeenergie beinahe vollständig in das Gefäß übertragen wird. Gleichzeitig verhindert der Deckel Wärmeverluste aus dem Gefäß.

##### 2. Wenn Wärme wandert

Um das Thema Wärmedämmung bearbeiten zu können, müssen sich die Kinder zunächst mit Wärmeübertragung auseinandersetzen. Wärmeübertragung ist der Transport von Energie infolge eines Temperaturunterschiedes über Systemgrenzen hinweg. Wärmeübertragung erfolgt in Richtung der Orte mit tieferen Temperaturen. Die Thermoskanne, ein Alltagsgegenstand, wird zum Einstieg genutzt. Wie funktioniert diese? Die Kinder wissen, dass diese Kaltes kalt und Heißes heiß hält, haben normalerweise aber keine Idee, wie dies gelingt. Vielleicht ist ein Dämmstoff enthalten?

In den einzelnen Abschnitten des Versuchs beobachten die Kinder jedes Mal, dass sich das heißere Medium abkühlt und das kältere erwärmt, unabhängig von der Anordnung. Wasser als

Medium überträgt die Wärme jedoch wesentlich schneller als Luft. Das heiße Wasser im inneren Becherglas gibt Wärmeenergie an das Glas ab, dieses wiederum an das umgebende Wasser bzw. die Luft. Dabei treten zwei Mechanismen der Wärmeübertragung auf: Wärmeströmung, die mit Teilchenbewegung verknüpft ist, und Wärmeleitung ohne Stofftransport. Im Wasser und in der Luft verteilt sich Wärme sowohl durch Wärmeströmung, Konvektion genannt, als auch durch Wärmeleitung. In einer sehr dünnen Grenzschicht direkt am Glas dominiert dagegen die Wärmeleitung.

Gase sind deutlich schlechtere Wärmeleiter als Flüssigkeiten. Die Wärmeenergie wird dabei von einem Teilchen höherer Energie auf ein Teilchen geringerer Energie übertragen. Sind weniger Teilchen vorhanden, treffen diese auch seltener aufeinander und können seltener Energie übertragen. Wenn man diesen Gedanken fortführt, gelangt man zu der Erkenntnis, dass keine Wärmeübertragung erfolgen kann, wenn keine Teilchen vorhanden sind. Ein Vakuum ist also ein idealer Wärmeisolator. Das ist eine Antwort auf die Einstiegsfrage: In der Zwischenwand einer Thermoskanne befindet sich eine luftleere Schicht, ein Vakuum. So kann die Wärmeübertragung minimiert werden. Aber wie die Erfahrung zeigt, ist der Tee auch in der besten Thermoskanne irgendwann kalt.

### 3. Wärmedämmung – wozu?

Bei Wärmedämmung denken viele zunächst nur daran, dass etwas Warmes warm bleiben soll. Genauso wichtig ist aber das Gegenteil. Zwar setzen Privathaushalte zwei Drittel der von ihnen verbrauchten Gesamtenergie zum Heizen ein, überwiegend in der Form von Erdgas und Mineralöl. Berücksichtigt man aber, dass Klimaanlage in der Regel mit Strom betrieben werden, muss man bei der Berechnung des Energieverbrauchs eigentlich von der ursprünglichen Energiequelle, z. B. Gas oder Kohle in Kraftwerken, ausgehen und die Wirkungsgrade der Umwandlungsschritte vom Energieträger bis zur Klimaanlage mit berücksichtigen. Unter diesem Aspekt verschlingen sowohl das Heizen als auch das Kühlen von Gebäuden viel Energie. Daher ist es sinnvoll, Maßnahmen zu ergreifen, die das Aufheizen von Gebäuden im Sommer und das Auskühlen im Winter verhindern bzw. erschweren. Inwieweit der Einsatz von Dämmmaterialien den Temperatureausgleich zwischen Raumtemperatur und Außenluft verringern kann, wird experimentell untersucht. Dabei werden nicht nur ein gedämmter und ungedämmter Zustand gegenübergestellt, sondern auch der Einsatz unterschiedlicher Materialien miteinander verglichen. Dabei lässt sich feststellen, dass sich die getesteten Materialien in ihrer Wirkung nur wenig unterscheiden. Der Einsatz von Dämmung im Vergleich zum ungedämmten Zustand wirkt sich dagegen gravierend aus.

Dass Kühlhalten und Warmhalten letztendlich die gleichen Aufgaben sind, wird ganz nebenbei ebenfalls deutlich. Entscheidend ist allein, dass die Übertragung von Wärme soweit wie möglich verhindert wird. Die Richtung der Übertragung ist immer gleich: Von warm zum kalt, also von energiereich zu energiearm.

### Erkenntnisgewinn

Im Alltag hört man immer wieder Begriffe wie Energiegewinnung, Energieverbrauch oder Energiesparen. Diese stehen im Widerspruch zum naturwissenschaftlichen Prinzip der Energieerhaltung. Der fachliche Hintergrund dieser Begriffe wird an alltäglichen Beispielen für Energieumwandlungen erarbeitet.

Unter Energiegewinnung verstehen wir, dass vorhandene Energie in eine für uns nutzbare Form umgewandelt wird, beispielsweise die Energie des Sonnenlichts in einer Photovoltaikanlage in elektrische Energie. Energieverbrauch dagegen heißt, dass Energie in eine für uns nicht mehr nutzbare Energie umgewandelt wird, sie ist entwertet. Die Energie ist immer noch da, aber in einer Form, die nicht weiter umgewandelt werden kann, beispielsweise die Wärme einer Lampe bzw. Abwärme überhaupt. Und Energiesparen heißt nicht, Energie

irgendwo zu horten wie das Geld im Sparschwein, sondern sie möglichst sinnvoll und ergiebig zu nutzen, unnötige Umwandlungen zu vermeiden.

Genauso entscheidend ist es, Energie zielgerichtet zu verwenden. Dabei ist die Verbesserung der Energieeffizienz ein wichtiger Faktor. Die eingesetzte Energie soll zu einem möglichst hohen Anteil in die benötigte Form umgewandelt und so optimal ausgenutzt werden. Dies lässt sich erreichen, indem effektive Wege zur Umwandlung gewählt werden, bei denen möglichst wenig nutzlose Wärmeenergie entsteht, oder indem die entstehende Wärme genutzt wird. Grundsätzlich gilt, dass die Zahl der Umwandschritte möglichst gering sein soll.

## Modul 2: Chemische Energieträger

### a. Nutzung und Vergleich

#### Themen und Experimente:

Chemische Energieträger	1: Was brennt bei einer Kerze?	Untersuchung der Bestandteile einer Kerze und der Kerzenflamme
Nutzung von Energieträgern	2: Chemische Energieträger – Was passiert bei der Nutzung?	CO <sub>2</sub> -Nachweis, Identifizierung der Verbrennungsprodukte einer Kerze, Untersuchung von Atemluft
Vergleich von Energieträgern	3: Kann man messen, wie viel Energie in einem Energieträger steckt? 4: Chemische Energieträger – Wie viel Energie steckt drin?	Entwicklung und Test eines einfachen Kalorimeters Verschiedene Energieträger im Vergleich

#### Informationen zu den Versuchen

##### 1. Welcher Teil der Kerze brennt?

Wenn man Kinder fragt, was bei einer Kerze verbrennt, so antworten sie meist spontan „Der Docht.“. Schließlich ist an einer brennenden Kerze deutlich zu erkennen, dass sich die Flamme oben am Docht befindet, und dieser wird während des Brennens auch immer kürzer. Erst durch genauere Überlegungen bzw. die bewusste Beobachtung, dass die Kerze bei längerer Brenndauer kleiner wird, erkennen sie, dass auch das Wachs etwas damit zu tun hat.

In diesem Versuch untersuchen die Kinder die einzelnen Bestandteile einer Kerze, nämlich festes Wachs, den Docht mit und ohne Wachs. Dabei erkennen sie, dass Wachs erst einmal nicht brennt, der Docht allein aber auch nicht. Die beiden Zonen einer Kerzenflamme, die blaue und die gelbe Zone, werden identifiziert und untersucht. In der blauen Zone entwickelt sich weißer Rauch, dieser brennt, der schwarze Rauch in der gelben Zone jedoch nicht. Motorisch geschickte Kinder können den weißen Rauch an einer kalten Glasscheibe, z. B. einem Uhrglas, niederschlagen lassen und später untersuchen. Der Rückstand, der nach dem Verdunsten des gleichzeitig kondensierten Wassers bleibt, riecht deutlich nach Wachs. Es handelt sich beim weißen Rauch also um Wachsdampf und dieser kann brennen.

Die Kinder erkennen, dass es das Wachs ist, das bei der Kerze brennt. Der Docht wird nur benötigt, um Wachsdampf zu erzeugen. Die Funktion des Dochts kann mit einem Faden, der ins Wasser gehalten wird, demonstriert werden. Das Wachs verbrennt, dabei entstehen Licht und Wärme. Licht- und Wärmeenergie können nur aus einer anderen Energieform entstehen, also muss in dem Wachs Energie gespeichert gewesen sein, die chemische Energie. Der Begriff „chemischer Energieträger“ wird damit eingeführt: Energieträger sind Stoffe, in denen viel Energie gespeichert ist und die für Energieumwandlungsprozesse nutzbar sind.

##### 2. Chemische Energieträger – Was passiert bei ihrer Nutzung?

Zur Einführung werden Beispiele für chemische Energieträger wie Holz, Kohle, Öl, Benzin usw. gesammelt. Die in ihnen gespeicherte Energie wird genutzt, indem man den Stoff verbrennt. Dabei wird die chemische Energie hauptsächlich in Wärmeenergie umgewandelt, die auf andere Stoffe, meist Wasser oder Luft, übertragen wird. Was passiert dabei mit dem Energieträger? Er ist verbrannt, nur ein Häufchen Asche bleibt zurück, wenn überhaupt etwas zurück bleibt.



Ecke verkohlt werden, bevor es zu brennen beginnt. Allerdings beginnt es bereits dabei zu schmelzen, was die Massebestimmung nach dem Verbrennen schwierig macht. Andere Lebensmittel wie Chips, Kekse usw. enthalten zu viel Wasser, um fortdauernd zu brennen.

Da immer Ungenauigkeiten bei der Messung auftreten, empfiehlt es sich, bei der Auswertung nicht auf den Absolutwert des Energiegehalts der einzelnen Energieträger einzugehen, sondern eine Abfolge zu erstellen. Informationen zur Entstehung bzw. Gewinnung der einzelnen Energieträger sollten dabei ebenfalls thematisiert werden, um einen umfassenden Vergleich und eine Bewertung zu ermöglichen. Auch das Thema Generationengerechtigkeit spielt hier mit hinein. Die Kinder lernen, dass verschiedene Perspektiven berücksichtigt werden müssen, um eine Sache vollständig bewerten zu können.

### **Erkenntnisgewinn**

Die Kinder sollen erfahren, dass in chemischen Energieträgern Energie gespeichert ist, die bei ihrer Nutzung freigesetzt, d. h. in eine andere Form umgewandelt wird. Dabei entstehen Kohlenstoffdioxid und Wasser. Die Analogie von Brennstoffen wie Holz oder Kohle zu Lebensmitteln wird verdeutlicht. Dies kann man zum Anlass nehmen, die Konkurrenz von Tisch und Tank zu thematisieren, also Produkte als Brennstoff zu verwenden, die gleichzeitig auch als Nahrungsmittel dienen können. Beispiele hierfür sind Pflanzenöle wie Rapsöl, aus denen Biodiesel gewonnen wird, oder Getreide, das zur Produktion von Bioethanol genutzt wird. Dazu werden verschiedene Energieträger hinsichtlich ihrer Eigenschaften und ihrer Herkunft verglichen. Hierdurch lässt sich verdeutlichen, wie sich das eigene Handeln – z. B. bei der Auswahl des Kraftstoffs - auf das Leben anderer Menschen auswirkt.

## Modul 2: Chemische Energieträger

### b. Kohlenstoffdioxid

#### Themen und Experimente:

Kohlenstoffdioxid in der Luft	AB1: Atmen Pflanzen auch? AB2: Was macht Kohlenstoffdioxid in der Luft?	Sauerstoffnachweis bei Pflanzen Temperaturvergleich bei Lichteinwirkung auf Luft und eine CO <sub>2</sub> -Atmosphäre
Kohlenstoffdioxid im Wasser	AB3: Kohlenstoffdioxid und Wasser AB4: Wie kommt das Kohlenstoffdioxid ins Wasser? AB5: Wie wirkt Kohlenstoffdioxid im Wasser?	Löslichkeit von CO <sub>2</sub> in Abhängigkeit von der Wassertemperatur Übergang von CO <sub>2</sub> aus der Luft ins Wasser Säurewirkung durch CO <sub>2</sub> , Auflösung von Kalk mit Säure

#### Informationen zu den Versuchen

##### 1. Atmen Pflanzen auch?

Manche Kinder wissen bereits, dass Pflanzen Sauerstoff produzieren und teilweise auch, dass diese dazu Kohlenstoffdioxid benötigen. Der experimentelle Sauerstoff-Nachweis mit Indigocarmin ist jedoch nicht einfach durchzuführen, da bei ungeschickter Ausführung die Gefahr besteht, dass während der Durchführung Luftsauerstoff in die Probenlösung gelangt. Dieses Experiment eignet sich daher eher für ältere Schüler und Schülerinnen oder für Kinder, die bereits experimentelle Erfahrung haben. Die Produktion einer für einen Nachweis ausreichenden Sauerstoffmenge erfordert ca. zehn Minuten, dann ist um die Blätter herum bereits eine Blaufärbung zu beobachten. Meist lässt sich im Versuchsverlauf auch beobachten, dass sich im CO<sub>2</sub>-angereichertem Wasser feine Gasbläschen bilden. In abgekochtem – also Kohlenstoffdioxid-freiem Wasser – ist dagegen keinerlei Gasentwicklung zu beobachten.

Alternativ kann die Sauerstoffproduktion bei der Fotosynthese mit einem Versuch nach Joseph Priestley demonstriert werden: Unter einer Glashaube befindet sich eine grüne Pflanze, unter einer zweiten Glashaube dagegen nicht. Werden nun unter beide Glashauben brennende Kerzen geschoben, erlischt die unter der zweiten Haube schnell. Diese Beobachtung können viele Kinder auch vorhersagen. Die Kerze, die zusammen mit der grünen Pflanze unter einer Haube steht, brennt dagegen länger. Dass eine Flamme Sauerstoff zum Brennen benötigt, wissen die Kinder vom Verbrennungsdreieck aus dem Sachunterricht. Sie können sich daher anhand ihrer Beobachtungen den Vorgang der Fotosynthese erklären.

*Anmerkung: Ursprünglich hatte Priestley dieses Experiment mit Mäusen anstelle der Kerzen durchgeführt. Die eine Maus wurde dabei dann ohnmächtig. Diese Erläuterung führt bei den Kindern meist zu heftiger Diskussion. Daran lässt sich ein kleiner Exkurs zu Tierversuchen in der Forschung anknüpfen.*

##### 2. Was macht Kohlenstoffdioxid in der Luft?

Bei der Nutzung von chemischen Energieträgern wie Öl, Kohle oder Holz wird Kohlenstoffdioxid in die Umgebung freigesetzt. Die Wirkung von Kohlenstoffdioxid in der Atmosphäre kann in einem einfachen Experiment aufgezeigt werden. Die Temperaturentwicklung in normaler Umgebungsluft im Vergleich zu Kohlenstoffdioxid bei der Bestrahlung mit Rotlicht wird gemessen. Der Temperaturanstieg in der Kohlenstoffdioxidatmosphäre ist viel höher. Voraussetzung ist, dass die Kolben, in denen die Temperatur gemessen wird, in genau

gleichem Abstand von der Lampe stehen und auch die Thermometer in den Kolben in gleicher Entfernung und in gleicher Höhe positioniert sind.

Eine Ursache des Treibhauseffekts kann so beschrieben werden: Der ständig steigende CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Atmosphäre von ca. 280 ppm in der vorindustriellen Zeit auf heute ca. 400 ppm trägt zu einer Erwärmung der Atmosphäre bei. Allerdings ist Kohlenstoffdioxid nicht der alleinige Verursacher. Methan trägt 25-mal so stark zum Treibhauseffekt bei wie Kohlenstoffdioxid (Quelle: Umweltbundesamt).

### 3. Kohlenstoffdioxid und Wasser

Wie viel Kohlenstoffdioxid in Wasser löslich ist, lässt sich in einem einfachen Versuch visualisieren. Mit einer handelsüblichen Brausetablette wird in einer definierten Wassermenge Kohlenstoffdioxid freigesetzt. Das frei werdende Gas, das aus dem Wasser ausperlt, wird in einem Messzylinder aufgefangen. Dies wird anschließend mit einer zweiten Tablette wiederholt. Das Gasvolumen, das aus der zweiten Brausetablette freigesetzt wird, ist i.d.R. fast doppelt so groß wie das aus der ersten Tablette. Daraus folgt, dass sich ein großer Teil des aus der ersten Tablette freigesetzten Kohlenstoffdioxids im Wasser gelöst hat.

Der Einfluss der Wassertemperatur auf diesen Prozess wird im zweiten Durchgang untersucht. Je wärmer das Wasser ist, desto weniger Kohlenstoffdioxid löst sich. Auf unsere Erde übertragen bedeutet dies, dass eine Erwärmung der Ozeane zur Folge hat, dass weniger Kohlenstoffdioxid aufgenommen werden kann und damit eine wichtige Kohlenstoffdioxidsenke weniger wirksam wird.

Dieses Experiment ist zwar grundsätzlich gut von jüngeren Schülern durchführbar. Bei der Auswertung benötigen diese jedoch Unterstützung, weil der auf den Kopf gestellte Messzylinder viele Kinder bei der Zuordnung der Gasvolumina verwirrt.

### 4. Wie kommt Kohlenstoffdioxid ins Wasser?

Kohlenstoffdioxid ist relativ gut wasserlöslich. Es geht aus der Luft ins Wasser über, und zwar umso mehr, je höher der Partialdruck ist. Dieser Vorgang lässt sich experimentell nachvollziehen. Aus einer mit einer Brausetablette hergestellten Kohlenstoffdioxidatmosphäre geht das Kohlenstoffdioxid ganz von allein in eine Kalkwasserlösung über, was sich an der rasch entstehenden weißen Trübung erkennen lässt.

Überträgt man diese experimentelle Beobachtung auf unsere Erde, lässt sich nachvollziehen, wie Kohlenstoffdioxid in die Ozeane gelangt. Durch Oberflächenbewegung wie Wellen und Meeresströmungen, aber auch aufgrund von Dichteschwankungen durch unterschiedliche Temperaturen oder Salzgehalte verteilt sich das Kohlenstoffdioxid und gelangt auch in tiefere Wasserschichten.

### 5. Wie wirkt Kohlenstoffdioxid im Wasser?

Bevor das eigentliche Experiment durchgeführt werden kann, müssen die Kinder zunächst einen pH-Indikator und die Säurewirkung kennenlernen. Dazu testen sie unterschiedliche Säuren wie Essig und Zitronensaft, die sie aus dem Alltag kennen, im Vergleich zu Wasser mit einem pH-Indikator. Die Reaktion von Kohlenstoffdioxid in Wasser wird mit den dabei gemachten Beobachtungen bei Essig und Zitronensaft verglichen. Dass diese beiden Stoffe sauer sind, wissen die Kinder aus eigener Erfahrung. So können sie auch ohne chemischen Hintergrund erkennen, dass Kohlenstoffdioxid in Wasser wie eine Säure wirkt. Die Wirkung von Säure auf Muscheln und auch Eierschalen wird anschließend untersucht. Mithilfe des Kohlenstoffdioxidnachweises mit Kalkwasser kann die zersetzende Wirkung von Säure auf kalkhaltige Produkte beobachtet werden.

## Erkenntnisgewinn

Ziel dieser Sequenz ist es nicht, mit den SchülerInnen die fachlichen Zusammenhänge vollständig zu erarbeiten, das lassen die Vielschichtigkeit dieses Themas und das Alter der Kinder nicht zu. Es geht vielmehr darum, ein erstes Denken in Systemen und den zahlreichen nicht direkt sichtbaren und teilweise gegensätzlichen Auswirkungen anzuregen. Neben dem fachlichen Erkenntnisgewinn wird besonderer Wert darauf gelegt, Ansätze für die Ausbildung einer Bewertungskompetenz zu fördern. An mehreren Stellen ergeben sich Gelegenheiten, die Erkenntnisse aus verschiedenen Blickwinkeln zu betrachten. Dabei machen die Kinder die Erfahrung, dass eine aus einer Perspektive positive Wirkung aus einer anderen Perspektive negativ sein kann.

Mit den Kindern kann bereits an verschiedenen Punkten der Versuchsreihe zum Kohlenstoffdioxid diskutiert werden, ob ein hoher Kohlenstoffdioxidanteil in der Luft gut oder schlecht ist. Mit dem Wissen, dass Pflanzen Kohlenstoffdioxid zum Wachsen brauchen, könnte argumentiert werden, dass die Pflanzenwelt davon profitiert und damit dann auch mehr Sauerstoff produziert wird. Diese Einschätzung kann dann Schritt für Schritt nach jedem Experiment unter Berücksichtigung der dort gewonnenen Erkenntnisse überprüft werden. So lernen die Kinder, dass unterschiedliche Aspekte berücksichtigt und gegeneinander abgewogen werden müssen. Die Bewertungskompetenz der Kinder wird dadurch geschult.

Nach der Erkenntnis, dass sich Kohlenstoffdioxid gut in Wasser löst, kann wieder die Frage nach den Folgen aufgeworfen werden. Ist ein steigender Kohlenstoffdioxidgehalt im Wasser gut oder schlecht? Auch hier kann einleitend argumentiert werden, dass dann Wasserpflanzen besser wachsen und mehr Sauerstoff produzieren, was für Fische wiederum positiv ist. Im Zuge der durchgeführten Experimente gewinnen die Kinder neue Erkenntnisse, die die Einschätzung dieses Aspekts beeinflussen.

Im Anschluss an dieses Modul sollte eine Diskussion über die steigende Konzentration von Kohlenstoffdioxid in der Atmosphäre erfolgen. Die Konzentration des Kohlenstoffdioxids in der Atmosphäre ist seit den letzten 100 Jahren etwa um ein Drittel gestiegen (von unter 300 ppm auf jetzt etwa 400 ppm, ein entsprechendes Diagramm findet sich im Anhang zu Modul 2). In dieser Zeit fand die industrielle Revolution statt, die mit der massiven Nutzung von fossilen Energieträgern wie Kohle und Erdöl einherging. Auch hier spielt die Generationengerechtigkeit eine Rolle. In diesem Zusammenhang wird dann auch die Energiewende, also die Verringerung des Einsatzes fossiler Energieträger durch Umstellung auf regenerative Energien wie Solar- und Windenergie angesprochen. Damit kann der Übergang zu dem Modul ‚Energie aktuell‘ geschaffen werden.

## Modul 3: Energie aktuell

### a. Erneuerbare Energien

#### Themen und Experimente:

Energie der Sonne	1: Wärme von der Sonne 2: Strom aus Sonnenlicht 2a: Die Grätzelzelle	Solarthermie, Fingerwärmer Fotovoltaik Bau einer Farbstoffsolarzelle
Windkraftwerke	3: Energie aus Wind 4: Aufwindkraftwerk	Windentstehung Bau und Betrieb
Wasserkraftwerke	5: Ein kleines Wasserkraftwerk	Wasserräder im Vergleich
Energie in Biomasse	6: Was machen Pflanzen mit dem Sonnenlicht?	Pflanzenwachstum, Zuckernachweis in Blättern

#### Informationen zu den Versuchen

##### 1. Wärme von der Sonne

Diese Experimentiereinheit beschäftigt sich mit der Umwandlung von Sonnenlicht in Wärme, der sogenannten Solarthermie (solar = die Sonne betreffend, Thermie = die Temperatur betreffend). Dazu können die SchülerInnen verschiedene Experimente durchführen. Sie messen die Wärmewirkung von Licht auf verschiedenen Untergründen und erforschen so, wie man effektiv mit Sonnenenergie warmes Wasser erzeugen kann. Dazu werden mit Wasser gefüllte Bechergläser mit schwarzer bzw. weißer Hülle ins Licht gestellt, die Temperatur des Wassers wird beobachtet. Das Wasser im schwarzen Glas erwärmt sich stärker als das im weißen, also sollten Wärmekollektoren schwarz ausgekleidet werden. Den zugrunde liegenden Effekt, dass Schwarz die Wärmestrahlung aufnimmt, während Weiß sie reflektiert, haben die Kinder bereits am eigenen Leibe gespürt, wenn sie im Sommer ein schwarzes Shirt an hatten.

Außerdem basteln die SchülerInnen einen Solarfingerhut. Ein von innen mit Alufolie ausgekleideter Trichter wird von unten über den Finger gezogen und der Finger dann in die Sonne oder vor eine Lampe gehalten. Dieser Finger wird spürbar schneller wärmer als ein Finger ohne Fingerwärmer. Dieser Fingerwärmer stellt ein Modell eines Solarkochers dar: Wenn im Zentrum von zur Sonne ausgerichteten Spiegeln ein Topf Kartoffel gestellt wird, können diese allein mit Sonnenenergie gar gekocht werden. Solarkocher können in Entwicklungsländern in entsprechender Lage Benzinkocher oder Holzfeuer ersetzen. Insbesondere der Verzicht auf Holzfeuer schont die oftmals in diesen Regionen sehr karge Vegetation spürbar.

##### 2. Strom aus Sonnenlicht

Diese Experimentiereinheit beschäftigt sich mit der Umwandlung von Sonnenlicht in elektrische Energie mittels Solarzellen, der sogenannten Photovoltaik (Phos = das Licht, Volt = Einheit der elektrischen Spannung nach Alessandro Volta, dem Erfinder der Batterie). Die SchülerInnen führen verschiedene Experimente durch, in denen sie mithilfe eines Solarpaneels Lichtenergie in elektrische Energie umwandeln. Dabei untersuchen sie den Zusammenhang zwischen der Menge des einfallenden Lichts und der daraus entstehenden elektrischen Energie ebenso wie den Einfluss des Einfallwinkels des Lichts. Dies lässt sich anhand der Drehgeschwindigkeit eines Propellers einfach verfolgen. Anhand ihrer Beobachtungen erarbeiten sie, wie eine Solaranlage auf einem Hausdach platziert sein muss, damit sich möglichst viel elektrische Energie erzeugen lässt.

Die optimale Dachneigung beträgt immer  $90^\circ$  zum aktuellen Sonnenstand, um eine maximale Energieausbeute aus dem Sonnenlicht zu erhalten. Die Sonne verändert jedoch im Tagesverlauf ihren Stand, der Einfallswinkel des Sonnenlichts auf die Solarzellen verändert sich demzufolge ebenfalls ständig. Üblicherweise werden Solarzellen so ausgerichtet, dass die Mittagssonne möglichst senkrecht auftrifft. Der optimale Aufstellwinkel für feststehende Module beträgt in Deutschland ca.  $30^\circ$  -  $35^\circ$ . Der Stand der Sonne ändert sich aber auch im Jahresverlauf, im Sommer steht sie mittags höher über dem Horizont als im Winter. Das bedeutet, dass ein geringerer Neigungswinkel im Sommer und ein höherer Neigungswinkel im Winter Ertragsvorteile haben. In großen Solarparks können auch bewegliche Solarmodule installiert sein, die sich entsprechend dem Einfallswinkel ausrichten lassen.

*Für besonders interessierte Kinder kann ein kleiner Exkurs zur Sonne durchgeführt werden.*

*Wo hat die Sonne ihre Energie her?*

*Die Sonne ist viel, viel größer als die Erde. Wenn die Sonne ein großer Gymnastikball wäre, (etwa 1 m Durchmesser), dann wäre die Erde etwa so groß wie eine Kirsche. Die Sonne besteht komplett aus unvorstellbar heißem, glühendem Gas. Sie ist also ein Gasballon, aber ohne Hülle darum. Im Inneren ist sie mehrere Millionen Grad Celsius heiß, an der Oberfläche immerhin noch fast 6000 Grad. In einer halben Stunde bringt die Sonne mehr Energie zur Erde, als alle Menschen zusammen in einem ganzen Jahr verbrauchen könnten.*

*Das Gas, aus der die Sonne überwiegend besteht, heißt Wasserstoff. Wenn zwei bestimmte Wasserstoffteilchen miteinander verschmelzen, entsteht ein neues Element, nämlich Helium. Helium ist auch ein Gas. Das passiert aber nicht so einfach, dafür braucht es sehr heiße Temperaturen und hohen Druck. Aber beides ist in der Sonne vorhanden.*

*Wenn zwei Teilchen zum einem neuen Teilchen miteinander verschmelzen, nennt man das Kernfusion. Dabei wird ungeheuer viel Energie frei. Die dabei freiwerdende Energie gelangt als Sonnenstrahlung ins Weltall und damit zu uns. Wissenschaftler versuchen schon lange, das, was im Innern der Sonne passiert, auf der Erde nachzubauen. Das ist sehr schwierig, weil die Bedingungen in der Sonne nachgeahmt werden müssen.*

## **2a. Die Grätzelzelle**

Die überwiegende Mehrheit der kommerziell erhältlichen Solarzellen besteht aus Silizium, andere Halbleitermaterialien sind deutlich teurer. Eine interessante und im Labor auch für SchülerInnen gut nachbaubare Solarzelle stellt die Grätzelzelle dar. Sie ist aufgrund seiner Komplexität aber eher für ältere oder naturwissenschaftlich besonders interessierte SchülerInnen geeignet. Die Solarzelle ist nach ihrem Erfinder Michael Grätzel benannt. Es handelt sich um eine elektrochemische Farbstoff-Solarzelle, in der zur Absorption von Licht nicht ein Halbleitermaterial verwendet wird, sondern organische Farbstoffe, die aus Pflanzen gewonnen werden können.

In der Einheit zur Grätzelzelle lernen die SchülerInnen zunächst, dass Rotkohlsaft seine Farbe ändern kann, je nachdem, ob die Lösung eher sauer oder eher alkalisch ist. Die im Rotkohlsaft enthaltenen Farbstoffe, die Anthocyane, reagieren mit den im Wasser enthaltenen Ionen und weisen je nach pH-Wert unterschiedlichen Farben auf. Im Sauren wird Rotkohlsaft rot, im Neutralen bis leicht Basischen ist er blaulila, im stark Basischen sogar grün bis gelb. Daher spricht man auch von Rotkohl, wenn bei der Zubereitung durch die Zugabe von Äpfeln – die Säure enthalten - eine rötliche Färbung auftritt. In anderen Gegenden, wo der Kohl ohne Äpfel zubereitet wird, spricht man von Blaukraut.

Bei der Elektrolyse von Rotkohlsaft wird eigentlich eine Wasserelektrolyse durchgeführt. Werden in Rotkohlsaft getauchte Elektrodenunter Spannung gesetzt, erhält man in der Lösung rund um die Elektroden unterschiedlich gefärbte Bereiche. Das bedeutet, die im Wasser vorliegenden Ionen reagieren an den beiden Polen. Dabei werden auf der Kathodenseite Protonen zu Wasserstoff reduziert, dieser Bereich ist daher leicht sauer, der Saft färbt sich rot.

An der Anodenseite nimmt der Saft an eine grünliche Farbe an. Hier liegt ein basisches Milieu vor, weil Hydroxidionen des Wassers zu Sauerstoff oxidiert werden. Da die Farbstoffmoleküle ebenfalls Ladungen tragen, bewegen sie sich in Richtung der Pole, die Farbe rund um die beiden Pole intensiviert sich. Damit lässt sich zeigen, dass auch die Farbstoffmoleküle in der Lage sind, elektrischen Strom zu leiten.

Anthocyane sind wasserlösliche Pflanzenfarbstoffe, die vielen Pflanzen vorkommen. Rote, violette oder blaue Blüten oder Früchten enthalten meist Anthocyane, so auch Hibiskusblüten. In der Grätzelzelle werden diese Farbstoffe genutzt, um sichtbares Licht zu absorbieren, d.h. aufzunehmen. Dadurch können Halbleiter wie Titandioxid auch im sichtbaren Bereich des Lichts sensibilisiert werden. Grundträger ist ein mit einem elektrisch leitfähigen durchsichtigen Oxid beschichtetem Glas, z. B. ITO-Glas. Darauf befindet sich eine dünne Titandioxidschicht, auf der in einer sehr dünnen Schicht die Farbstoffmoleküle haften. Als Gegenelektrode wird eine mit Bleistift bemalte, also Graphit-beschichtete ITO-Glasplatte verwendet. Zwar lässt mit einer einzigen derartigen Solarzelle nicht viel Strom erzeugen, werden jedoch mehrere Zellen hintereinander geschaltet, ist es möglich, eine Milliampere-Diode zum Leuchten zu bringen.

### 3. Energie aus Wind

In dieser Einheit führen die SchülerInnen verschiedene Experimente zur Nutzung von Windkraft durch. Zunächst erkunden sie in einem einfachen Experiment, dass durch Temperaturunterschiede in der Luft Wind entsteht. Von einer Kerze erwärmte Luft erzeugt eine Auftriebsströmung, die ein Windrad bewegt. Genau so funktionieren die Weihnachtspyramiden, die vielleicht bei dem einen oder anderen zu Hause stehen. Luftbewegungen, also Wind, entstehen durch unterschiedliche Lufttemperaturen, die wiederum durch die Sonneneinstrahlung verursacht werden. Auch die Energie, die im Wind gespeichert ist, speist sich also aus Sonnenenergie. Warme Luft ist leichter als kalte und steigt auf. Dadurch entsteht ein Sog in Richtung der aufsteigenden Luftsäule, seitliche Luftmassen strömen nach. Einige Wetterphänomene wie der ständige Wind am Meer oder im Gebirge lassen sich so erklären. Dass genau dort häufiger Windkraftanlagen zu finden sind, ist also kein Zufall.

### 4. Aufwindkraftwerk

Anschließend bauen die SchülerInnen ein Aufwindkraftwerk und untersuchen, wie es funktioniert und wie man seine Leistung verbessern kann. Das Prinzip ist das gleiche wie beim Kerzenversuch: Erwärmte Luft steigt auf, von unten strömt kühlere Luft nach, das Windrad bewegt sich. Die Drehbewegung wird in einer Turbine in elektrische Energie umgewandelt. Dieser Schritt lässt sich mit einem Handgenerator nachvollziehen.

Ein schön anzusehendes Experiment zur Visualisierung der Auftriebsströmung warmer Luft ist die Teebeutelrakete, die sich sehr gut als schneller Vorführversuch eignet. Dazu wird ein aufgefalteter, entleerter Teebeutel aufgestellt und oben angezündet. Der Teebeutel wird von den entstehenden heißen Gasen mit nach oben gezogen und fliegt durch die Luft.

### 5. Ein kleines Wasserkraftwerk

In dieser Einheit bauen die SchülerInnen verschiedene Wasserräder und experimentieren mit ihnen. Einfache Wasserräder kennen sie in der Regel schon und können ihre Funktion meist auch beschreiben. Sie untersuchen den Zusammenhang zwischen Wassermenge und Drehgeschwindigkeit ebenso wie den zwischen Fallhöhe und Drehgeschwindigkeit. Je mehr Wasser fließt, desto schneller dreht sich das Rad, weil eine bestimmte Wassermenge eine bestimmte Menge an Energie enthält, mehr Wasser bedeutet also auch mehr Energie. Das Wasser in der Höhe hat Lageenergie gespeichert. Diese wird beim Gießen in Bewegungsenergie umgewandelt, die auf das Wasserrad übertragen wird. Je tiefer das Wasser fällt, desto mehr Lageenergie wird umgewandelt, das Wasserrad dreht sich schneller. Dieser Prozess wird technisch in Wasserkraftwerken zur Stromerzeugung genutzt. Je nach geografischen Gegebenheiten gibt es verschiedene Varianten. Beispiele hierfür sind

Laufwasserkraftwerke in einem Fluss, Kraftwerke an Talsperren oder Gezeitenkraftwerke an Küsten.

Das Segner'sche Wasserrad ist eine spezielle Variante des klassischen Wasserrads. Auch hier wird die Lageenergie des Wassers in Bewegungsenergie umgewandelt. Aufgrund der besonderen Bauweise wird eine horizontale Drehbewegung erzeugt. Die Kraft des Wasserstrahls erzeugt einen Rückstoß (das Wasser prallt gegen die Luftteilchen), der den Becher rotieren lässt. Die Energie, die in der Drehbewegung steckt, wird als Lageenergie in dem verdrehten Faden gespeichert. Wenn die im Faden gespeicherte Energie größer als die in der Drehbewegung des Bechers steckende Energie wird, dreht sich der Becher rückwärts. Das Rückstoßprinzip lässt sich einfach mit einem aufgeblasenen Luftballon demonstrieren, den man loslässt und der dann durch den Raum rast.

Zum Schluss wird die Frage aufgeworfen, woher die Energie eigentlich stammt, die in dem Wasser als Lageenergie gespeichert ist. Den Wasserkreislauf kennen die SchülerInnen oft bereits aus der Schule und können ihn anhand eines Schemas erläutern. Dabei soll herausgearbeitet werden, dass die Sonne der eigentliche Antrieb dieses Kreislaufs ist. Die Energie, die die Sonneneinstrahlung mit sich bringt, wird im Wasser zunächst als Wärmeenergie gespeichert, das Wasser verdunstet. Beim Aufsteigen des Wassers wird auch noch Energie in Form von Lageenergie gespeichert.

## 6. Was machen Pflanzen mit dem Sonnenlicht?

Woher haben wir Menschen unsere Energie? Wir versorgen uns mit Energie, indem wir essen. In unserer Nahrung ist Energie gespeichert, die der Körper in nutzen kann. Damit wird die Frage aufgeworfen, woher Pflanzen ihre Energie haben, denn die (fr)essen ja nicht so wie Menschen oder Tiere. Der direkte Einfluss des Sonnenlichts auf das Wachstum von Pflanzen lässt sich in einem einfachen Experiment mit Kressesamen sichtbar machen. Kressesamen beginnen zu keimen und entwickeln sich im Licht zu kleinen, aber kräftigen grünen Pflanzen. Werden Kressesamen dagegen im Dunkeln gehalten, keimen sie zu zunächst genauso, weil im Samen Energiereserven enthalten sind. Die weitere Entwicklung verläuft jedoch anders. Es entwickeln sich helle, kümmerliche Pflänzchen, die am Boden liegen und bald eingehen. Es ist klar zu erkennen, dass Pflanzen ohne Licht nicht wachsen. Die Pflanzen verwandeln also Lichtenergie in Biomasse. Idealerweise sollten die SchülerInnen dieses Experiment einige Tage vor der Durchführung der Experimentiereinheit selbst ansetzen und zu Beginn der Versuchsreihe auswerten. Dies kann im Schulunterricht erfolgen, die Ansätze können dann ins Schülerlabor mitgebracht werden. Ist das nicht möglich, können entsprechende Ansätze im Labor parat gehalten werden.

Die Energie des Sonnenlichts wird genutzt, um Zuckerbausteine zu produzieren, wie in einem weiteren Experiment nachgewiesen werden kann. Werden die Blätter einer Pflanze mehrere Stunden beleuchtet, z. B. mit einer Pflanzenlampe, kann Traubenzucker, also Glucose, nachgewiesen werden. In unbeleuchteten Blättern gelingt dies nicht. Zucker ist ein Grundbaustein für viele Zellinhaltsstoffe und ein Nährstoff für uns Menschen.

Pflanzen haben also eine Möglichkeit entwickelt, die Energie des Sonnenlichts in chemische Energie umzuwandeln. Diese steht auch dann zur Verfügung, wenn die Sonne nicht scheint. Damit wird ein Problem aufgezeigt, das die Nutzung nachhaltiger Energien begleitet: Sonne und auch Wind stehen nicht immer zur Verfügung. Es ist also erforderlich, Strategien zur Energiespeicherung zu entwickeln, um eine zuverlässige Versorgung zu gewährleisten, so wie es die Pflanzen getan haben.

## Erkenntnisgewinn

In diesem Modul verschaffen sich die Kinder einen Überblick über unterschiedliche Verfahren zur Nutzung von erneuerbaren Energien. Wie diese Verfahren technisch angewendet werden können, erarbeiten sie ebenfalls in kleinen Experimenten. Die Grundlagen des Energiekonzepts

werden dabei berücksichtigt. Unter diesem Aspekt werden auch die Begriffe Energiegewinnung und Energieverbrauch erarbeitet.

Ausgangspunkt sind die Verfahren zur direkten Nutzung der Sonnenenergie, Solarthermie und Photovoltaik. Der Wasserkreislauf, die Entstehung von Wind und die Grundlagen des Pflanzenwachstums bzw. der Synthese von Zuckerbausteinen werden mit einbezogen. Dabei soll herausgearbeitet werden, dass auch andere erneuerbare Energien wie Wasser- und Windkraft oder die Nutzung von Biomasse ebenfalls aus Sonnenenergie gespeist werden. Zum Abschluss wird der Begriff Energiewende geklärt und das Für und Wider wird diskutiert: Aus welchen Gründen wird sie angestrebt, welche Probleme ergeben sich daraus? Damit wird der Übergang zum Modul Energiespeicherung geschaffen.

## Modul 3: Energie aktuell

### b. Energiespeicherung

#### Themen und Experimente:

Chemische Energieträger	1: Können Pflanzen Energie speichern? 2: Ist Abfall wirklich Abfall? 3: Wie können wir die Energie der Sonne speichern?	Nachweis von Stärke und Ölen als Energiespeicherstoffe Biogas aus Pflanzenresten Wasserelektrolyse, Brennstoffzelle und Power-to-gas-Konzept
Speicherung elektrischer Energie	4: Batterien – Ganz einfach! 5: Wie funktioniert ein Akkumulator?	Aufbau einer Batterie Zink-Iod-Akku
Speicherung von Wärmeenergie	5: Wie lässt sich Wärme speichern?	Natriumacetat als Latentwärmespeicher

#### Informationen zu den Versuchen

##### 1. Können Pflanzen Energie speichern?

Dass die Energie des Sonnenlichts von den Pflanzen nicht nur zum Wachstum genutzt wird, sondern dass sie auch Speicherstoffe aufbauen können, wird in den weiteren Experimenten erarbeitet. Pflanzen haben also eine Möglichkeit entwickelt, Energie zu speichern. Diese steht auch dann zur Verfügung, wenn die Sonne nicht scheint. Außerdem sind genau diese Pflanzenteile wie Kartoffeln, Getreidekörner oder Nüsse Grundlage unserer Nahrung, also unsere Energielieferanten. Je nach Wissensstand der Kinder und der zuvor durchgeführten Experimente bietet sich an dieser Stelle eine Auswahl von unterschiedlichen Experimenten zur Energiespeicherung in Pflanzen an. Am einfachsten, sowohl von der Durchführung als auch für das Verständnis ist der Nachweis von Stärke und Ölen in ausgewählten Pflanzenteilen. Dazu lernen die Kinder zunächst den Stärkenachweis und den Fettnachweis kennen, diese werden dann in den Pflanzenteilen, die gleichzeitig auch Nahrungsmittel sind, durchgeführt. Manche Pflanzen speichern Energie in Form von Stärke, andere in Form von Öl. Beides lässt sich einfach in verschiedenen Pflanzenteilen nachweisen. Hier bietet sich ggf. ein Abstecher zum Thema Ernährung und Energiegehalte von Lebensmitteln an. Der Vergleich der Energiegehalte von Speicherstoffen erfolgt im Modul 2 ‚Chemische Energieträger‘, kann aber ggf. auch an dieser Stelle durchgeführt werden.

Etwas anspruchsvoller ist die Untersuchung von Blättern. Beim Vergleich von beleuchteten und abgedeckten, also lichtlos gehaltenen Blättern kann nachgewiesen werden, dass unter Lichteinfall Stärke in den Blättern gebildet wird. Stärke ist ein Nährstoff für uns Menschen und versorgt uns mit Energie, ist also ein Energiespeicher. Mit diesem Versuch lässt sich explizit der Zusammenhang zwischen (Sonnen-)Licht und der Bildung von Energiespeicherstoffen aufzeigen. Dieser Versuch empfiehlt besonders dann, wenn die SchülerInnen zuvor nicht die Einheit ‚Erneuerbare Energien‘ mit dem Versuch zum Traubenzuckernachweis in beleuchteten Blättern durchgeführt haben.

Dass Stärke tatsächlich viel Energie enthält, lässt sich entweder zur Einführung oder als Abschluss mit der Stärkebombe als Vorführversuch demonstrieren: Mit einem Strohhalm wird etwas Stärke aufgenommen und in eine Flamme geblasen. Es entsteht eine Stichflamme, wenn die fein verteilte Stärke verbrennt.

## 2. Ist Abfall wirklich Abfall?

In der Landwirtschaft gibt es viele pflanzliche (und tierische) Materialien, die nicht direkt genutzt und als Abfall angesehen werden. Diese können die Grundlage für die Herstellung von Biogas bilden. Biogasanlagen sind mittlerweile weit verbreitet. Fast alle Kinder kennen die großen runden, üblicherweise grün abgedeckten Anlagen, die meist am Feldrand oder nahe von Stallgebäuden zu finden sind.

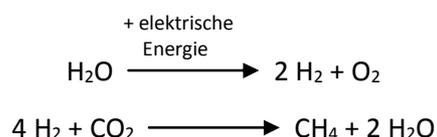
Unter Verwendung von typischen Küchenabfällen wie Kartoffelschalen, Salatblättern und anderem Gemüseabfällen lässt sich die Biogasherstellung im Labor nachstellen. Wichtig ist die Zugabe von etwas Komposterde als Impfgut. Hierin befinden sich unzählige, verschiedene Bakterien, die in gemeinschaftlicher Leistung pflanzliche Makromoleküle in mehreren Stufen abbauen können. Dabei entstehen auch Gase, deswegen darf der Behälter nicht verschlossen werden. Die Gase werden mit einem Luftballon aufgefangen und können am Ende vorsichtig „beschnuppert“ werden. Um Algenbildung zu unterdrücken, soll der Behälter im Dunkeln stehen.

Bei der Methanisierung handelt es sich um einen anaeroben, also sauerstofffreien Prozess. Normalerweise befinden sich in der Komposterde aber überwiegend aerobe, also Sauerstoff nutzende Bakterien. Daher läuft der Abbau in dieser Versuchsanordnung in der Regel nicht bis zum Methan, das entstehende Gas lässt sich also nicht entzünden. Es riecht silageartig säuerlich, manchmal auch faulig oder käsig. Verantwortlich hierfür sind in erster Linie Milchsäure sowie Essigsäure, ggf. auch Buttersäure, die im Abbauprozess gebildet werden. Diese Säuren sind die Vorstufen des Methans. Gleichzeitig entsteht aber grundsätzlich auch Kohlenstoffdioxid, welches im Luftballon aufgefangen wird.

## 3. Wie können wir die Energie der Sonne speichern?

Immer wieder kommt es vor, dass bei langanhaltendem Sonnenschein oder starkem Wind die Einspeisung von Wind- und Solarenergie höher ist als der aktuelle Strombedarf. Dieses Überangebot kann dazu führen, dass die Anlagen heruntergeregelt werden müssen. Es wird also weniger Strom erzeugt als möglich wäre. Mit dem Power-to-Gas-Prozess (zu Deutsch: „Elektrische Energie zu Gas“) kann dieser überschüssige Strom genutzt werden, um mittels Wasserelektrolyse Wasserstoff zu produzieren. Die elektrische Energie wird also in chemische Energie umgewandelt, die dann in einer Brennstoffzelle wieder in elektrische Energie umgewandelt werden kann.

Technisch wird teilweise noch ein Schritt nachgeschaltet, in dem der Wasserstoff zusammen mit Kohlenstoffdioxid zu Methan umgesetzt wird. Das Methan lässt sich in die bestehende Erdgasinfrastruktur inklusive Untertagespeichern einspeisen, was mit Wasserstoff nicht so einfach möglich ist. Dieses System dient als Langfristspeicher, um saisonale Überschüsse an Ökostrom zu nutzen. Das Gas kann anschließend rückverstromt, im Verkehrswesen oder zur Wärmeerzeugung genutzt werden.



Bei dieser Versuchsreihe kommt ein kommerzieller Experimentiersatz mit Solarmodul, Elektrolyseeinheit und Brennstoffzelle zum Einsatz. Die Schritte Photovoltaik, Elektrolyse von Wasser und Rückverstromung des Wasserstoffs in der Brennstoffzelle können einzeln und als Abfolge experimentell nachvollzogen werden. Die SchülerInnen führen zunächst mit in einem Solarmodul erzeugtem Strom eine Wasserelektrolyse durch, bei der deutlich zu erkennen ist, dass die Volumina der gebildeten Gase entsprechend der Summenformel  $\text{H}_2\text{O}$  im Verhältnis 2:1

stehen. Sie lernen dann den Nachweis von Sauerstoff mit der Glimmspanprobe und die Knallgasprobe als Wasserstoffnachweis kennen. Die Knallgasreaktion beweist dabei eindrucksvoll, dass in Wasserstoff sehr viel Energie enthalten ist. Manches Mal wird die Kerzenflamme, die für den Nachweis genutzt wird, von der Druckwelle der Reaktion ausgepustet. Anschließend wird mit frisch gebildetem Wasserstoff in einer Brennstoffzelle Strom erzeugt, mit dem wiederum eine Lampe oder einen Motor betrieben werden kann. Dass nur ein kleiner Teil der anfangs eingesetzten Energie, der Lichtenergie der Lampe, am Ende tatsächlich genutzt werden kann, wird deutlich, wenn das kleine Lämpchen leuchtet.

Die typischen technischen Wirkungsgrade der Umwandelungsschritte (Photovoltaik ca. 10 %; Elektrolyse ca. 90 %; Brennstoffzelle ca. 60 %) werden bei der Auswertung berücksichtigt, sodass sich am Ende ein klares Bild bei der Energieausbeute ergibt. Nur bei der Verwendung von Ökostrom ist dies sinnvoll und emissionseinsparend, da sich der Wirkungsgrad natürlich mit jedem Umwandelungsschritt verringert.

#### 4. Batterien – Ganz einfach!

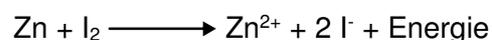
Eine Batterie ist grundsätzlich ganz einfach aufgebaut: Sie benötigt zwei Elektroden aus unterschiedlichen Materialien als Plus- und Minuspol, zwischen denen sich ein elektrischer Leiter befindet, mehr nicht. Dieser simple Aufbau lässt sich mit der Gurkenbatterie aufzeigen. Eine Kupfermünze, etwas Aluminiumfolie und dazwischen eine Gurkenscheibe, fertig ist die Batterie. Mithilfe eines Kopfhörers ist die Spannung als leichtes Rauschen hörbar. Der Ausdruck „Es knistert vor Spannung.“ erhält damit eine ganz neue Bedeutung. Dass die Materialien eine entscheidende Rolle spielen, lässt sich durch die Kombination unterschiedlicher Materialien zeigen. Mit einer Kupfer-Zink-Kombination und einer größeren Reaktionsfläche lässt sich sogar ein Leichtlaufmotor betreiben! Es handelt sich also um eine Materialeigenschaft, wie viel Spannung erzeugt wird. Die beiden Elektroden bzw. Pole reagieren miteinander. Es findet eine Redoxreaktion statt, an einem Pol die Oxidation, am anderen die Reduktion. Elektronen wandern in der Batterie von Minuspol zum Pluspol.

Nimmt man ein Zink- und ein Kupferblech und vergrößert die Reaktionsfläche, indem man mehrere Gurkenschichten nebeneinander zwischen die beiden Pole legt, ist der Stromfluss ausreichend, um damit einem Leichtlaufmotor zu betreiben. Anstelle der Kartoffel kann jedes auch andere Stück Obst oder Gemüse oder auch eine Kochsalzlösung als elektrischer Leiter dienen.

Anhand dieser Beispiele und ggf. einer aufgeschnittenen handelsüblichen Batterie kann der Aufbau schematisch erläutert werden. Für Batterien gilt: Die zugrunde liegende Reaktion läuft nur in eine Richtung ab, dabei wird (elektrische) Energie frei.

#### 5. Wie funktioniert ein Akkumulator?

Die chemische Reaktion in einer Batterie läuft immer in eine bestimmte Richtung. Das ist bei Akkumulatoren grundsätzlich anders: Die Reaktion kann beide Richtungen laufen. In einer Richtung wird dabei Energie frei, der Akku dient als Energiequelle und wird entladen. Führt man dem Akku dagegen Energie zu, läuft die Reaktion rückwärts, der Akku wird wieder aufgeladen. Im Zink-Iod-Akku lassen sich alle beteiligten Reaktionspartner visuell unterscheiden. Iod ist in Lösung braun, Zink ein silber-metallischer Feststoff, Zinkiodid farblos. Dadurch lässt sich die Reaktion direkt beobachten. Gibt man Zinkpulver in Iodlösung, reagieren diese spontan miteinander zu Zinkiodid, dabei wird Energie frei. Makroskopisch nimmt man eine leichte Erwärmung der Lösung wahr, gleichzeitig entfärbt sich die Lösung.



Im entladenen Zustand des Zink-Iod-Akkus enthält dieser farblose, klare Zinkiodid-Lösung. Wird der Akku durch Anlegen einer Spannung (ca. 2 – 3 V) geladen, entsteht an der Anode Iod. Um die Anode herum färbt sich die Lösung zunächst gelb, dann braun. An der Kathode scheidet sich metallisches Zink ab, welches als silbrig-weißer Belag zu erkennen ist. Entfernt man nach einigen Minuten die Spannungsquelle, weist der Akku eine Spannung von ca. 1,5 V auf, die ohne angelegten Verbraucher einige Zeit stabil bleibt. Eine langsame Entfärbung der Lösung ist zu beobachten.

Schaltet man einen Verbraucher zu, fällt die Spannung dagegen relativ schnell ab. Der Vorgang ist reversibel und lässt sich theoretisch unbegrenzt oft wiederholen.



## 5. Wie lässt sich Wärme speichern?

Im Teilmodul zur Energieeffizienz lernen die SchülerInnen das Prinzip der Wärmeübertragung sowie Wärmedämmung kennen. Ausgehend von den bisherigen Erkenntnissen zur Wärmeenergie erscheint es schwierig bis unmöglich, Wärme für einen längeren Zeitraum zu speichern. Dennoch ist dies möglich, sogar relativ einfach. Der „Trick“ dabei ist, dass man die Energie nicht in Form von Wärmeenergie in einem Medium hoher Temperatur speichert, sondern als chemische Energie in sogenannten Latentwärmespeichern. Dies gelingt mit sogenannten Phasenwechselmaterialien (technische Bezeichnung: PCM = phase change materials). Während des Phasenübergangs eines Stoffes, also der Änderung des Aggregatzustands, ändert dieser auch seinen Energiegehalt. Diese Energie kann als Wärme je nach Bedarf phasenverschoben wieder abgegeben werden. Gängige Speichermaterialien sind Salze wie Natriumacetat oder Glaubersalz sowie organische Verbindungen wie Paraffine. Diese verändern unter Aufnahme von Wärmeenergie ihren Aggregatzustand von fest zu flüssig und geben diese Wärmeenergie bei der Kristallisation wieder ab.

Einen solchen Latentwärmespeicher haben die meisten schon einmal in der Hand gehabt. Die gängigen Taschenwärmer enthalten üblicherweise Natriumacetat-Trihydrat. In heißem Wasser löst sich das Salz in seinem Kristallwasser und ist als unterkühlte Lösung bei Raumtemperatur und darunter relativ stabil. Man nennt diesen Zustand metastabil. Durch einen „Knackfrosch“ wird die Kristallisation dann gestartet und verläuft dann sehr schnell, die gespeicherte Wärmeenergie wird auf einen Schlag frei. Dabei können Temperaturen von 50 °C erreicht werden.

Die Schwierigkeit bei diesem Experiment ist, dass sich in der Salzlösung während des Abkühlens keine Kristalle bilden dürfen. Dazu ist es erforderlich, dass zuvor wirklich alle Kristalle restlos aufgelöst werden, es darf keins am Glasrand heften bleiben. Außerdem sollte die Lösung möglichst schnell abgekühlt werden, dadurch wird eher ein metastabiler Zustand erreicht. Erschütterungen müssen vermieden werden. Trotzdem ist es manchmal nicht zu vermeiden, dass eine spontane Kristallisation eintritt, dann muss das Glas erneut erhitzt werden. Wird im zweiten Durchgang die übersättigte Lösung in einer Schale auf ein bis zwei Kristalle gegossen, tritt die Kristallisation so schnell ein, dass sich die Lösung gar nicht mehr in der Schale ausbreiten kann. Die Lösung wird bereits im Gießen fest. Da die entstehenden Gebilde aussehen wie gefrorenes Wasser, nennt man sie auch „heißes Eis“.

## Erkenntnisgewinn

Auch wenn Verfahren zur Energiespeicherung eigentlich unabhängig von der Art der Herkunft der zu speichernden Energie sind, so erhält dieses Thema durch die Energiewende eine ganz neue Aktualität. Ein Schwerpunkt der Energiewende und grundlegende Verfahren zur Stromproduktion sind Photovoltaik- und Windkraftanlagen. Die Stromproduktion unterliegt daher einer gewissen Unstetigkeit, mal wird mehr Strom produziert als gebraucht wird, mal ist der

Bedarf höher als die Produktion. Es ist also notwendig, Strom speichern zu können, um ihn dann nutzen zu können, wenn er benötigt wird.

In diesem Modul werden dazu zwei ganz unterschiedliche Wege aufgezeigt. Akkumulatoren sind klassische Energiespeicher für die unabhängige Stromversorgung und weit verbreitet. Aktuelles Ziel der Entwicklung ist, Akkus mit hoher Kapazität und Leistung kostengünstig bereitzustellen. Das Power-to-Gas-Konzept ist dagegen erst in Zusammenhang mit erneuerbaren Energiequellen aufgekommen.

Als Ersatz für fossile Brennstoffe können Biomasse und daraus hergestellte Stoffe wie z. B. Ethanol, Biodiesel oder Biogas dienen. Zwar entsteht auch bei ihrer Verbrennung Kohlenstoffdioxid, dieses wurde aber zuvor von den Pflanzen aus der Luft gebunden, sodass die Kohlenstoffdioxidbilanz insgesamt neutral ist.

Bei allen Energieumwandlungen entsteht auch Wärmeenergie. Wenn es gelingt, diese zumindest teilweise mit zu nutzen, lassen sich die energetischen Wirkungsgrade der Prozesse verbessern. Dazu sind leistungsfähige Wärmespeicher erforderlich.

Eine wichtige Erkenntnis dieses Moduls soll sein, dass allen diesen Verfahren zur Energiespeicherung chemische Prozesse zugrunde liegen. Ob Pflanzenspeicherstoffe, Biogas, Wasserstoff, Akkumulatoren oder Latentwärmespeicher, immer ist die Energie in Form von chemischer Energie gespeichert.