

**Pädagogisches Zentrum  
Rheinland-Pfalz  
Bad Kreuznach**



**PZ-Information 16/2002  
Sekundarstufe I**

**Mathematik-Naturwissenschaften**

## **Energie**

**Handreichung für das Wahlpflichtfach  
Mathematik-Naturwissenschaften der  
Realschule und für den fachübergreifenden  
projektorientierten Unterricht**



# Inhaltsverzeichnis

	Seite	
<b>1</b>	<b><u>Didaktische und methodische Vorbemerkungen</u></b>	<b>1</b>
1.1	<u>Allgemeine Zielsetzungen des Unterrichts im Wahlpflichtfach Mathematik-Naturwissenschaften</u>	1
1.2	<u>Das Thema „Energie“ im Unterricht</u>	2
1.2.1	Auszug aus dem Lehrplan	2
1.2.2	Lehrplankoordination in den naturwissenschaftlichen Fächern	4
1.2.3	Mathematische Aspekte	4
1.2.4	Experimente und Unterrichtsgänge	5
<b>2</b>	<b><u>Der Unterricht</u></b>	<b>7</b>
2.1	<u>Einführung in die Thematik</u>	7
2.2	<u>Energie und Energieträger</u>	7
2.2.1	Energieträger und Energiequellen – Begriffsklärungen	7
2.2.2	Physikalische Grundbegriffe	15
2.2.3	Speicherung und Transport von Energie	22
2.2.4	Fossile Energieträger	29
2.2.4.1	Erneuerbare Energiequellen	33
2.2.4.2	Handelsformen von Energieträgern	46
2.3	<u>Energieumwandlung</u>	50
2.3.1	Die Sonne - unsere Energiequelle	50
2.3.2	Bau einfacher, phantasievoller Energiewandler	54
2.3.2.1	Wir basteln ein Dampfschiff und erproben seine Funktionsweise	54
2.3.2.2	Wir bauen eine einfache Dampfturbine	55
2.3.3	Bau und Funktionsweise einfacher, regenerativer Energiewandler	56
2.3.3.1	Bau und Erprobung eines einfachen Sonnenkollektors	56
2.3.3.2	Anleitung zum Bau eines einfachen Windrades	61
2.3.4	Energieumwandlung in Natur und Technik - Von der Primärenergie zur Nutzenergie	64
2.3.4.1	Energieumwandlung in Wasserkraftwerken	66
2.3.4.2	Energieumwandlung in Kohlekraftwerken	68
2.3.4.3	Von der Primär- zur Nutzenergie	70
2.3.4.4	Energieumwandlung bei Pflanzen	71
2.3.4.5	Energieumwandlung bei Menschen	74
2.3.4.6	Energieumwandlung bei chemischen Reaktionen	76
2.3.5	Energieinhalt von Energieträgern	77
2.3.6	Der Wirkungsgrad von Energieumwandlungen	84

2.4	<u>Verbrennung</u>	88
2.4.1	Bei der Verbrennung entstehen luftbelastende Stoffe	88
2.4.2	Mögliche Folgen der Emission luftbelastender Stoffe	93
2.5	<u>Energieströme</u>	95
2.5.1	Einheiten des Energiestromes	95
2.5.2	Energieflüsse in der Schule	97
2.5.3	Energieflüsse und Verbrauchssektoren in Deutschland	101
2.5.4	Lokale und globale Energieströme (Golfstrom)	103
2.5.5	Die Warmwasserheizung - Energietransport im Kreislaufsystem	106
2.5.6	Energiefluss in der Natur	108
<b>3</b>	<b><u>Literatur- und Internethinweise</u></b>	<b>111</b>

# 1 Didaktische und methodische Vorbemerkungen

## 1.1 Allgemeine Zielsetzungen des Unterrichts im Wahlpflichtfach Mathematik-Naturwissenschaften

**„Der Unterricht im Fach Mathematik-Naturwissenschaften der Klassenstufen 7 und 8 soll vor allem an grundlegende mathematisch-naturwissenschaftliche Erkenntnis- und Darstellungsmethoden heranführen, mit deren Hilfe naturwissenschaftlich fassbare Phänomene erkannt, beschrieben, gedeutet, miteinander verknüpft und in einen gesellschaftlichen Zusammenhang gestellt werden können.“<sup>1</sup> (Lehrplan S. 5)**

Die für das Wahlpflichtfach Mathematik-Naturwissenschaften vorgesehenen Themenbereiche werden durch die Erkenntnis- und Arbeitsmethoden aller Naturwissenschaften und der Mathematik erschlossen. Sie sind nicht einer naturwissenschaftlichen Disziplin zugeordnet, sondern bewusst interdisziplinär angelegt, wobei allerdings Schwerpunkte in das eine oder andere naturwissenschaftliche Fach gelegt werden. Der Mathematik kommt die Aufgabe zu, mit ihren Auswertungs- und Darstellungsmethoden die Grundlagen zu Theorie- und Modellbildungsprozessen zu schaffen. In einigen Themenbereichen kommen noch geografische Aspekte hinzu. Durch den interdisziplinären Ansatz sollen monokausale Denkmuster vermieden und ganzheitliche Lernprozesse gefördert werden.

Darüber hinaus werden naturwissenschaftliche Erkenntnisse und ihre Anwendungsmöglichkeiten auch unter gesellschaftlichen und ethischen Gesichtspunkten betrachtet und analysiert. So wird anhand konkreter Beispiele aufgezeigt, dass die Pluralität von Werten, Normen und Weltanschauungen unterschiedliche Interpretationen naturwissenschaftlicher Informationen (Daten) zulässt und somit zu unterschiedlichem sittlichen oder politischen Handeln führen kann.

Das Wahlpflichtfach Mathematik-Naturwissenschaften setzt sich somit auch das Ziel, Wahrnehmungs- und Handlungskompetenzen zu fördern, die auf die persönliche, berufliche und gesellschaftliche Lebensgestaltung wirken.

Das bedeutet, dass die Inhalte der im Lehrplan beschriebenen Themenbereiche unter den genannten Gesichtspunkten bearbeitet werden sollen und somit der Weg bereits ein wichtiger Teil des Ziels ist.

---

<sup>1</sup>Lehrplan Wahlpflichtfach Mathematik-Naturwissenschaften (Klassen 7 und 8) Realschule, Mainz 1999, S. 5

## 1.2 Das Thema „Energie“ im Unterricht

### 1.2.1 Auszug aus dem Lehrplan

Die Energie ist eine Größe, die Auswirkungen auf alle Bereiche des gesellschaftlichen Lebens hat. Sie ist zunächst der Anschauung nicht zugänglich. Ihre Eigenschaften können vielmehr durch ständiges Umgehen mit ihr unter möglichst vielen Aspekten erfahren und nach und nach immer vollständiger verstanden werden. In diesem Themenbereich wird aus Gründen der Anschaulichkeit der Mengencharakter der Größe Energie betont: Beim Zusammenfügen von Systemen verhält sie sich additiv, sie lässt sich speichern, sie bildet Ströme und man kann eine Dichte bilden.

Sachkompetenz	Methoden- und Sozialkompetenz	Hinweise
Energie und Energieträger Energie, Energieträger, Speicherung und Transport von Energie	Vorgänge beobachten und beschreiben, die unter Einsatz von Energie ablaufen. Informationen über die eingesetzten Energieträger und -speicher beschaffen und bewerten	
Handelsformen von Energie	Handelsformen von Energieträgern und -speichern und deren Preis erkunden und dokumentieren. Informationen über regenerative Energiequellen beschaffen, eine Kosten-Nutzen-Analyse durchführen, die Ergebnisse dokumentieren und bewerten	Vergleiche mit Nachbarstaaten  Projektvorschlag: Teilnahme an internationalen Projekten, z. B. am Schulprojekt „Science across Europe“, Teilprojekt „Renewable Energy in Europe“
<b>Energieumwandlung</b>		
Umwandlung von Energie	Vorgänge beobachten, untersuchen und beschreiben, bei denen Energie gewandelt wird. Modellversuche planen und durchführen, die Ergebnisse dokumentieren	Projektvorschläge: a) Bau einfacher (phantasievoller) Energiewandler b) Erkundung und Bau regenerativer Energieumwandler
Energieeinheiten, Energieinhalt von Energieträgern.	Informationen über den Energieinhalt von Energieträgern beschaffen. In Versuchen den Energieinhalt bestimmen	
Entwertung (Umsatz von Energie).	Informationen über den Energieumsatz von Menschen und Tieren, Geräten und Anlagen beschaffen. Im Versuch den Energieumsatz bestimmen	
Wirkungsgrad von Energieumwandlungen	In Versuchen Nutz- und Verlustenergie messen. Aus den Messergebnissen und den beschafften Informationen den Wirkungsgrad berechnen und die Ergebnisse bewerten	Projektvorschläge: Modelle - Dampfkraftwerk - Solarthermieanlage - Photovoltaikanlage - Windkraftanlage - Biogasanlage (Erkundungsgänge, Experten in der Schule) - Energieumwandlungstechniken

<p><b>Verbrennung</b></p> <p>Sauerstoffverbrauch und Entstehung von Kohlenstoffdioxid und Wasser bei der Verbrennung Entstehung von Schadstoffen bei ungünstiger Prozessführung</p>	<p>Versuche zur vollständigen und unvollständigen Verbrennung qualitativ durchführen Die Umweltbelastung durch Abgase qualitativ beschreiben und bewerten sowie mit der Belastung durch regenerative Anlagen (z. B. bei der Herstellung) vergleichen. Kontroverse Positionen diskutieren</p>	<p>z. B. Motoren, Heiz- und Kraftwerksysteme, Solarthermieanlagen, Photovoltaikanlagen, Windkraftanlagen, Geothermieanlagen (Experten in der Schule)</p> <p>CO<sub>2</sub>-Produktion des Menschen (Haushalt, Industrie, Verkehr, Atmung) Aktuelle Daten und Informationen aus Datennetzen nutzen. Informationen zum Solar-Wasserstoff-Projekt (Neunburg vorm Wald, Bayernwerk) beschaffen Projektvorschlag: Mitarbeit an einem Klima- und Umweltprojekt (z. B. des Deutschen Klimarechenzentrums)</p>
<p><b>Energieströme</b></p> <p>Energieumwandlungsprozesse</p>	<p>Die Zeiten für den Ablauf von Prozessen messen und die Energieströme (Leistungen) berechnen</p>	
<p>Einheiten des Energiestroms (der Leistung)</p>	<p>Informationen über Energieumwandlungsprozesse beschaffen, die Energieströme berechnen und darstellen Die Solarkonstante im Versuch bestimmen</p>	<p>Projektvorschläge: - Energieflüsse in der Schule und im Haushalt erkunden, erfassen, messen und darstellen, Einsparpotentiale ermitteln und dokumentieren - Energieflüsse und Verbrauchssektoren in Deutschland analysieren Computersimulationen (z. B. Wasserkochen, Wärmedämmung)</p>
<p>Energietransport und Energieumwandlungen in Kreislaufrisystemen Quelle-Kanal-Empfänger-Modell (Wandlermodell)</p>	<p>Informationen über lokale und globale Energieströme beschaffen, analysieren und bewerten Energietransport- und -wandlungsketten im Versuch simulieren. Reale Ketten beschreiben, modellhaft darstellen und bewerten</p>	<p>Aktuelle Daten und Informationen aus Datennetzen nutzen  Blutkreislauf, Warmwasserheizung, Nahrungskreislauf, elektrischer Stromkreis</p>
<p>Energietransport in Kreisläufen</p>	<p>Die Kreisläufe der Energieträger modellhaft darstellen und erkennen, dass der Energieträger in einigen Kreislaufrisystemen unverändert bleibt</p>	

## 1.2.2 Lehrplankoordination in den naturwissenschaftlichen Fächern

### Physik:

Vorwissen aus der Klassenstufe 7: Einen Schwerpunkt der Klassenstufe bildet die Unterrichtseinheit „Mechanische Grundbegriffe: Kraft, Arbeit, Energie und Leistung“. Der Begriff Energie wird als Fähigkeit eines Körpers, Arbeit zu verrichten, eingeführt. Diese Fähigkeit gehobener Körper, gespannter Federn oder bewegter Körper wird in Versuchen demonstriert. Die Schülerinnen und Schüler lernen folgende Energieformen kennen: Lage- oder Höhenenergie, Bewegungsenergie, Spannenergie, Wärmeenergie.

Besonders deutlich wird der Unterschied zwischen den physikalischen Größen Arbeit und Energie herausgearbeitet: Arbeit ist ein Vorgang, Energie charakterisiert den Zustand eines Körpers, die Fähigkeit, Arbeit zu verrichten. Gleichzeitig wird aber der enge Zusammenhang zwischen beiden Größen betont: Um einem Körper Energie zu verleihen, muss Arbeit verrichtet werden, ein Körper, der Energie besitzt, kann Arbeit verrichten.

Beide Größen werden in gleichen Einheiten gemessen.

In Versuchen zum Maxwellschen Rad, am Feder- bzw. Fadenpendel oder mit der Ramme erkennen die Schülerinnen und Schüler, dass die Formen der mechanischen Energie ineinander umwandelbar sind. Sie werden in diesem Zusammenhang auch auf die Wärmeenergie hingewiesen.

Von den Energieumwandlungen ausgehend wird der Satz von der Erhaltung der Energie erarbeitet (Energie kann weder geschaffen noch vernichtet werden). Hier werden hauptsächlich mechanische Energieformen und die durch Reibung entstehende Wärmeenergie betrachtet.

## 1.2.3 Mathematische Aspekte

### Für die Thematik relevante Vorkenntnisse:

Die Mathematik hat im Unterricht des Wahlpflichtfachs dienende Funktion. Dort, wo es um Quantifizierung und funktionale Abhängigkeiten geht, müssen mathematische Kenntnisse und Fertigkeiten eingesetzt werden. Da das Thema „Energie“ zu den schwierigeren Themen des Lehrplans gehört, empfiehlt es sich, es in der 8. Klassenstufe zu behandeln. Dadurch können auch mathematische Fähigkeiten, die in der 7. Klassenstufe erlernt worden sind, angewandt werden. Das sind unter anderem die für das Thema relevanten Unterrichtsstoffe:

#### → Vorwissen:

Auf welche mathematischen Fähigkeiten und Fertigkeiten kann man im Wahlpflichtfach zurückgreifen?

- **Bruchrechnen:** Das Rechnen mit gemeinen Brüchen und mit Dezimalbrüchen ist Thema der Orientierungsstufe.
- **Umgang mit Größen:** Der Umgang mit den geläufigen Längen, Flächen- und Volumen- und Zeitmaßen wird bereits in Grundschule und Orientierungsstufe geübt.
- **Prozentrechnung:** Die Grundaufgaben der Prozentrechnung werden im 7. Schuljahr eingeführt, die grafische Veranschaulichung (leider) erst im 8. Schuljahr.



Letzteres bedeutet, dass mit der Fachlehrerin bzw. dem Fachlehrer für Mathematik Absprachen getroffen werden müssen.

- **Zuordnungen zwischen Größenbereichen:** In der Orientierungsstufe wurden die Grundkenntnisse zur Darstellung von Tabellen und Diagrammen vermittelt. Im 7. Schuljahr lernen die Kinder proportionale und antiproportionale Zuordnung von Größen und deren Darstellung im Koordinatensystem kennen.
- **Beschreibende Statistik:** Im 8. Schuljahr geht es um die Erhebung und Aufbereitung statistischer Daten, um statistische Kennwerte (Stichprobe, arithmetisches Mittel, Zentralwert) und um die Auswertung und Beurteilung statistischer Daten. Evtl. müssen die Schülerinnen und Schüler in die Mittelwertberechnung eingeführt werden. Auch hier ist eine Absprache mit den Mathematiklehrerinnen und -lehrern unumgänglich.

#### 1.2.4 Experimente und Unterrichtsgänge

Die Handlungsorientierung ist im Unterricht des Wahlpflichtfaches Mathematik-Naturwissenschaften eines der wichtigsten Prinzipien. Durch einfache Versuche, den Selbstbau von Geräten und durch die originale Begegnung vor Ort erfassen die Schülerinnen und Schüler einerseits die Thematik intensiv (langfristiger Lernerfolg), andererseits werden sie zum umweltverantwortlichen Handeln angeregt.

Der Fachlehrerin bzw. dem Fachlehrer bleibt es überlassen, für welche und wie viele Experimente er sich im Einzelnen entscheidet.

Bei der experimentellen Arbeit geht es vor allem um:

- Eigenständiges Arbeiten der Schülerinnen und Schüler mit möglichst einfachen Geräten und Versuchsaufbauten
- Einüben von Experimentiertechniken
- Vertraut machen mit verschiedenen Untersuchungsmethoden
- Auswertung und kritische Diskussion von Versuchsergebnissen

Im Themenbereich „Energie“ kommt das „klassische“ naturwissenschaftliche Experiment zur systematisch-empirischen Beantwortung einer Fragestellung (Hypothesenbildung, Planung, Durchführung und Auswertung eines Experiments) kaum zum Zuge. Vielmehr geht es hier um angeleitetes, dann aber möglichst selbstständiges Untersuchen von natürlichen Vorgängen.

Bei „Modellexperimenten“ (Heizung, Speicherkraftwerk, Sonnenkollektor) muss besonders darauf geachtet werden, dass die Schülerin oder der Schüler das Modell nicht vorbehaltlos mit den Naturgegebenheiten gleichsetzt. Die Verallgemeinerung am eingesetzten „Modellexperiment“ erfordert eine Konfrontierung der Versuchsergebnisse mit dem natürlichen Objekt. Den Schülerinnen und Schülern dieser Altersstufe fällt es z. T. noch sehr schwer, von der konkreten Versuchsanordnung zu abstrahieren. Diese Tatsache deutet darauf hin, dass die Gefahr besteht, dass die Schülerin oder der Schüler das Experiment mit der Natur vorbehaltlos gleichsetzt und sich dadurch fehlerhafte Vorstellungen aneignet.

Selbstverständlich ist jeder Versuch vor seiner „unterrichtlichen Verwendung“ von der Lehrerin oder dem Lehrer selbst zu erproben. Dabei ist ein mehrmaliges Durchführen eines Experimentes erforderlich, um mit großer Sicherheit alle wesentlichen technischen Besonderheiten zu erfassen, die für den Versuchsablauf entscheidend sind.

### **Außerschulische Lernorte**

„Die Unterrichtsgegenstände sollen möglichst unmittelbar von den Schülerinnen und Schülern erfahren werden. Eine originale Begegnung mit den Phänomenen in der Umwelt der Jugendlichen steht im Vordergrund und erfordert oftmals eine Verlagerung des Lernortes aus der Schule.“<sup>2</sup>

Exkursionen sind daher wichtiger Bestandteil des Unterrichts. Die Organisation des Unterrichts in Doppelstunden und ein schulnaher Untersuchungsort sind Voraussetzung. Günstig kann die Festlegung des Wahlpflichtunterrichts in den letzten beiden Unterrichtsstunden am Vormittag sein, weil dann die Möglichkeit besteht, auch einmal über die Mittagszeit hinaus den Unterricht zu verlängern.

Der Unterrichtsgang muss gut vorbereitet werden, soll die zur Verfügung stehende Zeit effektiv genutzt werden. Die Lehrerin oder der Lehrer muss (mindestens) eine Vorexkursion machen, um sich vor Ort darüber Klarheit zu verschaffen, welche Arbeitsaufgaben für den geplanten Unterricht in Frage kommen. Er muss entscheiden, welche Inhalte bereits in der Schule vorher besprochen und welche nach der praktischen Arbeit im Gelände in der Schule vertiefend behandelt werden müssen.

Auch die zeitlichen Probleme, die immer wieder Schwierigkeiten bereiten (z. B. Weg zum Untersuchungsort), können so im Vorfeld eingeschätzt und bei der Planung berücksichtigt werden.

In Abhängigkeit vom Schulstandort und den Angeboten der regionalen Energieversorger bestehen vielfältige, kostenlose oder zumindest kostengünstige Möglichkeiten, außerschulische Lernorte oder Experten in den Unterricht einzubeziehen, z. B. Laufkraftwasserwerke, Windkraftanlagen, Biogasanlagen, Photovoltaikanlagen oder ein Wärmekraftwerk.

Folgende Aspekte sollten bei der Vorbereitung berücksichtigt werden:

- Eine zumindest mittelfristige Planung: Bei starker Nachfrage - vor allem der kostenlosen Angebote - sind Anmeldungen z. T. mehrere Monate vor dem geplanten Unterrichtsgang erforderlich.
- Eine umfassende Absprache mit Kollegen: Durch Unterrichtsgänge im Wahlpflichtfach ist in der Regel der reguläre Unterrichtsablauf in mehreren Klassen empfindlich gestört.
- Ein intensives Vorgespräch mit den außerschulischen Partnern: Ist der außerschulische Lernort für die Altersstufe geeignet? Ist der außerschulische Partner als Experte in der Lage, seine Erläuterungen klassenstufengemäß anzubieten?

---

<sup>2</sup>Lehrplan Wahlpflichtfach Mathematik-Naturwissenschaften (Klassen 7 und 8) Realschule, Mainz 1999, S. 7

## **2 Der Unterricht**

### **2.1 Einführung in die Thematik**

Der Energiebegriff ist innerhalb des naturwissenschaftlichen Unterrichts von großer Bedeutung. Aufbauend auf den Vorkenntnissen des Physikunterrichts der Klassenstufe 7 verfolgt die Unterrichtseinheit „Energie und Energieträger“ deshalb das Ziel, das Verständnis des Energiebegriffes zu festigen und zu vertiefen. Wenn die Schülerinnen und Schüler somit einen weiteren Schritt unternehmen, den Energiebegriff im naturwissenschaftlichen Sinne zu verstehen, werden sie zunehmend in die Lage versetzt, sich an Alltagsdiskussionen zum Thema zu beteiligen und Aussagen und Entscheidungen kritisch zu bewerten.

Der Energiebegriff spielte in den Anfängen der Menschheit vor allem im Hinblick auf eine gesicherte, heute immer stärker unter dem Gesichtspunkt einer umweltverträglichen Energieversorgung eine bedeutende Rolle.

Über lange Zeiträume war der Mensch alleine auf die Muskelkraft angewiesen um zu überleben. Erst mit der Nutzbarmachung des Feuers (um 300.000 v. Chr.) wird er unabhängiger von den unmittelbaren Umweltgegebenheiten. Er kann sich wärmen, die Ernährung vielfältiger gestalten, in der Bronze- und Eisenzeit neue Stoffe und damit Gegenstände gewinnen und nutzen. Die Menschen nutzen also zunächst die Energie, um ihr Überleben zu sichern.

Als Quelle mechanischer Energie wird erst Jahrhunderte später die Muskelkraft der Menschen oder die seiner Tiere ergänzt durch Wind und Wasser (Segelschiffe, Mühlen). Eine grundlegende Umwälzung bahnt sich im 18. Jahrhundert durch die Erfindung der Dampfmaschine an. Sie vergrößert die Unabhängigkeit von der Umwelt, da man bei der Erzeugung mechanischer Energie nicht mehr an Wasser und Wind gebunden ist, Brennstoffe sind nun transportabel. Der Mensch setzt die Energie immer stärker ein, um sich von körperlicher Arbeit zu entlasten und den Wohlstand zu vergrößern.

Mittlerweile sind die Menschen, sowohl in den Industrie- als auch in den Entwicklungsländern, ohne eine sichere und ausreichende Energieversorgung nicht mehr existenzfähig. Die Herstellung und Nutzung von Gütern, das Dienstleistungsangebot und die Befriedigung immer höherer Komfortbedürfnisse bedingen einen immer höheren Energiebedarf.

Diese Entwicklung hat aber auch negative Folgen. Die Energienutzung zeigt Auswirkungen auf die Umwelt, z. B. durch den Ausstoß Luft belastender Stoffe. Eine wichtige Aufgabe besteht demzufolge heute darin, die vorhandenen Energieträger so einzusetzen, dass nicht nur die Zweckerfüllung und die Wirtschaftlichkeit, sondern auch die Umweltverträglichkeit gewährleistet werden.

### **2.2 Energie und Energieträger**

#### **2.2.1 Energieträger und Energiequellen - Begriffsklärungen**

##### **Lerninhalte**

- Die Nutzung der Energie sicherte früher das Überleben des Menschen.
- Der Mensch nutzt heute die Energie, um sich von körperlicher Arbeit zu entlasten und um seinen Wohlstand zu vergrößern.

- Ohne sichere und ausreichende Energieversorgung sind die Menschen heute nicht mehr existenzfähig.
- Die Energienutzung belastet zunehmend die Umwelt.
- Die Schülerinnen und Schüler beobachten und beschreiben Vorgänge, die unter Einsatz von Energie ablaufen.

### **Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung**

Als Einstieg in die Unterrichtseinheit bieten sich Materialien an, die die Bedeutung des Energieeinsatzes für die Entwicklung der menschlichen Gesellschaft verdeutlichen (M1, M2).

Die Analyse des ausgewählten Materials kann in die Frage münden, welche Bedeutung die Nutzung von Energieträgern heutzutage für jede einzelne Schülerin und jeden einzelnen Schüler hat. Die Schülerinnen und Schüler reflektieren in dieser Unterrichtsphase ihr eigenes Verhalten und erstellen nach der Vorlage (M3) eine Liste der Gegenstände, mit denen sie im Tagesverlauf Energie umsetzen. Sie überlegen weiter, welchen Nutzen ihnen der Einsatz der Energie bringt bzw. welche Energieträger ihnen überhaupt erst den Einsatz dieser Geräte ermöglichen. Die Tabelle wird auf Folie oder an der Tafel vorgegeben und in Kleingruppen ergänzt.

Vermutlich werden die Schülerinnen und Schüler überrascht sein, dass sie häufiger Energieträger nutzen als sie vermuteten. Folgende Überlegungen können im Unterrichtsgespräch vertieft werden:

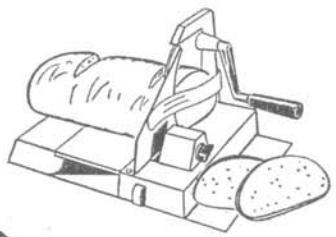
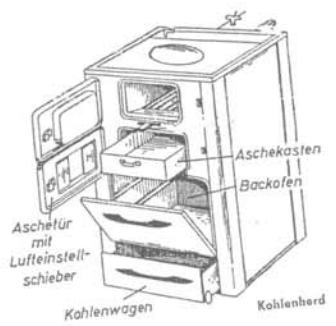
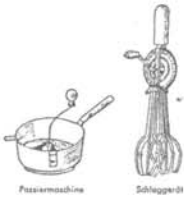
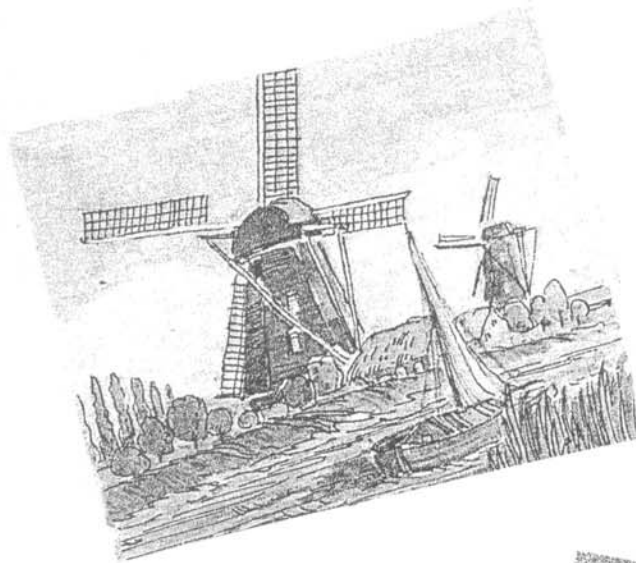
- Welche Gegenstände werden täglich, einmal in der Woche, nur einmal im Monat oder seltener gebraucht?
- Welche Gegenstände sind dringend erforderlich (Herd ...), lediglich wünschenswert (Radio ...) oder sogar überflüssig (Speiseeiszubereiter ...)?

Als vertiefende Hausaufgabe bietet es sich an, dass die Schülerinnen und Schüler Verwandte, Bekannte oder Nachbarn befragen, welche Geräte in ihren Haushalten zum Einsatz kommen, die auf den Einsatz von Energieträgern angewiesen sind (M4). Die Liste kann von den Schülerinnen und Schülern beliebig erweitert werden.

Bei der anschließenden Auswertung der Fragebogen können die Schülerinnen und Schüler den Computerraum nutzen. Die Einzelwerte können z. B. tabellarisch erfasst (Anwendungsprogramm Excel) und in Diagrammen umgesetzt werden (Beispiel M5). Interessant erweist sich in diesem Zusammenhang auch ein Vergleich der Befragungsgebiete der Schülerinnen und Schüler (städtischer oder eher ländlicher Raum).

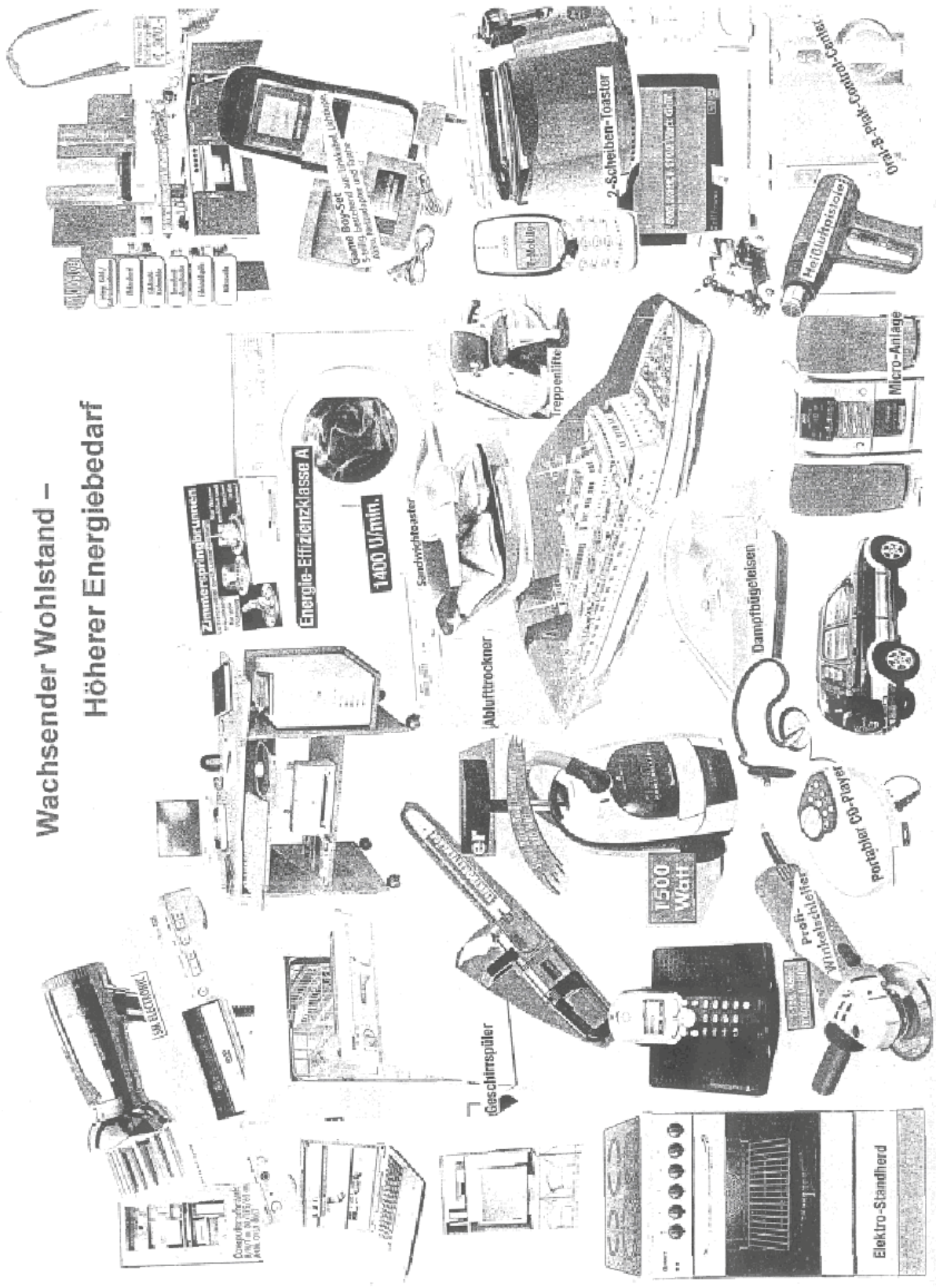
Die Einstiegsphase bietet dem unterrichtenden Kollegen eine Chance, die Lernvoraussetzungen abzuklären und zu sichern. Bei der Arbeit mit den ausgewählten Materialien und während des Unterrichtsgesprächs zeigen die Schülerinnen und Schüler, inwieweit es ihnen möglich ist, auf Vorkenntnisse aus dem Physikunterricht des 7. Schuljahres zurückzugreifen bzw. wo es fachliche Lücken gibt. Unter Berücksichtigung der gemachten Erfahrungen kann dann der Kollege entscheiden, ob er zur Wiederholung, Sicherung oder Festigung grundlegender Begriffe eine Auswahl der angebotenen Materialien einsetzt.

M1: Energie früher und heute



M2: Werbematerialien für elektrische Geräte, Maschinen ...

Wachsender Wohlstand –  
Höherer Energiebedarf



### M3: Ergänze die Tabelle!

Trage in der linken Spalte möglichst viele Geräte/Gegenstände/... ein, die du im Tagesverlauf nutzt und in denen Energie umgesetzt wird. Ergänze in der mittleren Spalte, welchen Nutzen dir diese Geräte bringen und in der rechten Spalte, wodurch die erforderliche Energie zur Verfügung gestellt wird.

#### „Komfort rund um die Uhr“

Gegenstände	Durch die Nutzung wird ...	Die benötigte Energie liefert ...
Lampe Durchlauferhitzer Heizung Schulbus	Licht gespendet Wasser erwärmt _____ _____ _____	elektrischer Strom elektrischer Strom Erdgas, Heizöl, elektr. Strom Diesel, Erdgas _____ _____

#### M4: Fragebogen zum Einsatz ausgewählter Geräte

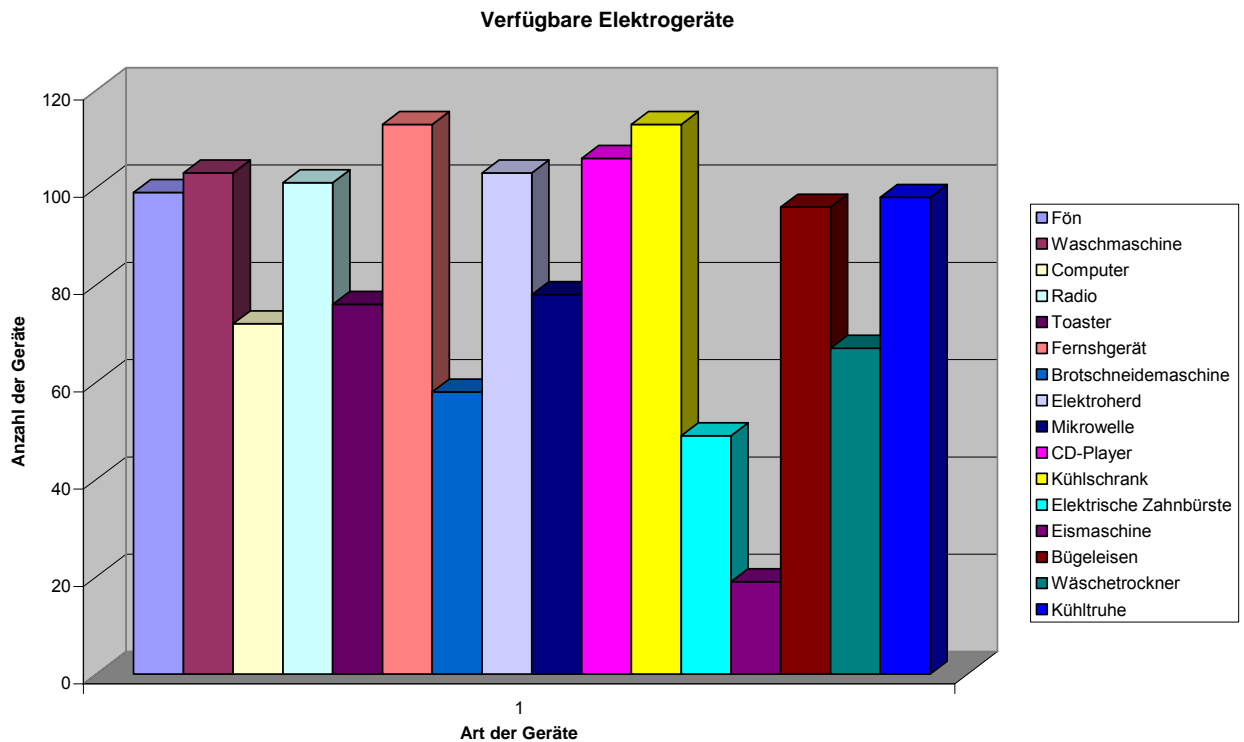
Befragung am _____ in _____ (Datum) (Stadt, Stadtteil, Ort)	
Anzahl der befragten Haushalte: _____ Das Interview führte: _____	
Gerät	Anzahl der Nennungen
Elektro- oder Gasherd	
Elektrische Zahnbürste	
Mikrowelle	
Waschmaschine	
Wäschetrockner	
Fernsehgerät	
Kühlschrank	
Gefriertruhe oder -schrank	
Spülmaschine	
Elektrische Küchenmaschine	
Toaster	
Allesschneider (Brot, Käse, Wurst)	
Elektromesser	
Waffeleisen	
Friteuse	
Grillautomat	
Elektrischer Dosenöffner	
Stereoanlage	
Computer	
Kaffeemaschine	



## M5: Ergebnisse einer Befragung in Koblenz (April 2002), Teil 1

Befragung am 23.4.2002 in Koblenz  
 Befragte Haushalte: 113

Bauteil/Gerät	Anzahl
Fön	99
Waschmaschine	103
Computer	72
Radio	101
Toaster	76
Fernsehgerät	113
Brotschneidemaschine	58
Elektroherd	103
Mikrowelle	78
CD-Player	106
Kühlschrank	113
Elektrische Zahnbürste	49
Eismaschine	19
Bügeleisen	96
Wäschetrockner	67
Kühltruhe	98



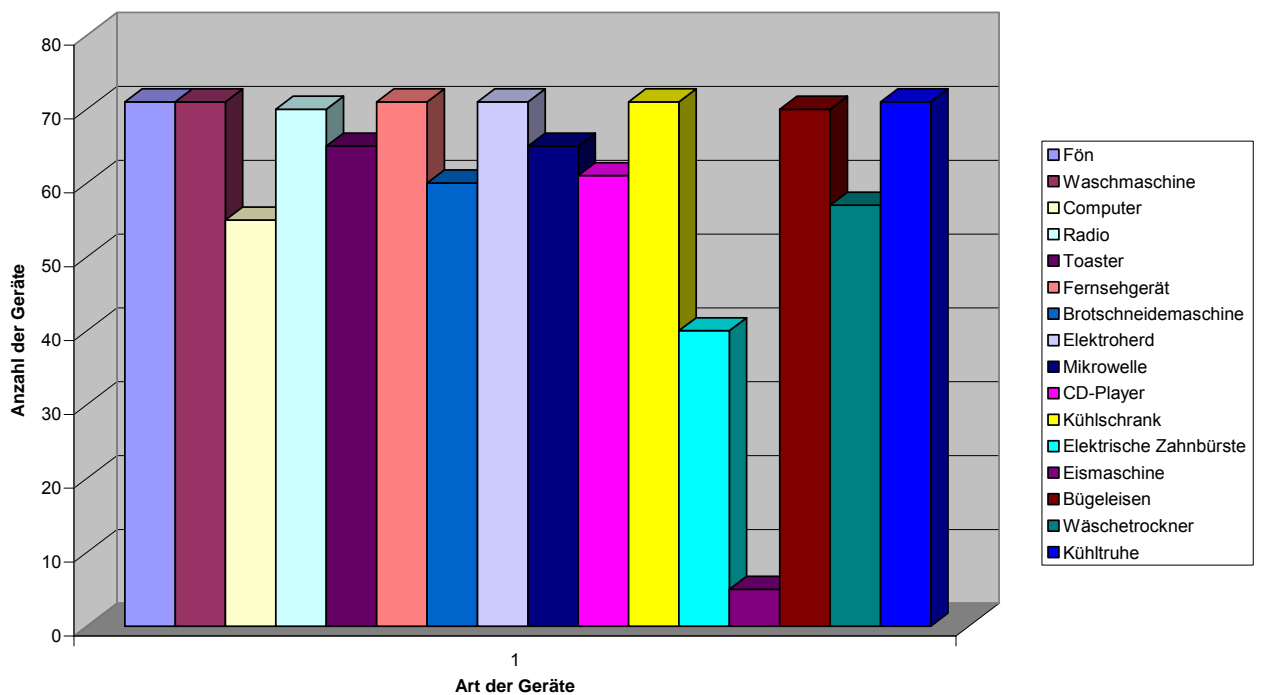
## M6: Ergebnisse einer Befragung in Udenhausen (April 2002), Teil 2

Befragung in Udenhausen

Befragte Haushalte: 71

Bauteil/Gerät	Anzahl
Fön	71
Waschmaschine	71
Computer	55
Radio	70
Toaster	65
Fernsehgerät	71
Brot Schneidemaschine	60
Elektroherd	71
Mikrowelle	65
CD-Player	61
Kühlschrank	71
Elektrische Zahnbürste	40
Eismaschine	5
Bügeleisen	70
Wäschetrockner	57
Kühltruhe	71

Verfügbare Elektrogeräte



## 2.2.2 Physikalische Grundbegriffe

### Lerninhalte

Sicherung und Festigung physikalischer Fachbegriffe

### Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

Aufbauend auf den Grundlagen des Physikunterrichtes der Klassenstufe 7 kann man durch die ausgewählten Materialien das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler sichern bzw. vertiefen. Im Mittelpunkt stehen dabei die Begriffe Lage- bzw. Höhenenergie, Bewegungsenergie und Wärmeenergie. Geeignet sind u. a. Versuche zur Ramme, zur Schwingung am Fadenpendel oder zum Maxwellschen Rad (M1).

Bei der Entscheidung für das Maxwellsche Rad bietet es sich an, dass zum Einstieg eine Schülerin oder ein Schüler die Funktionsweise des Jo-jo demonstriert. Die Mitschülerinnen und -schüler beobachten den Versuch und beschreiben ihn.

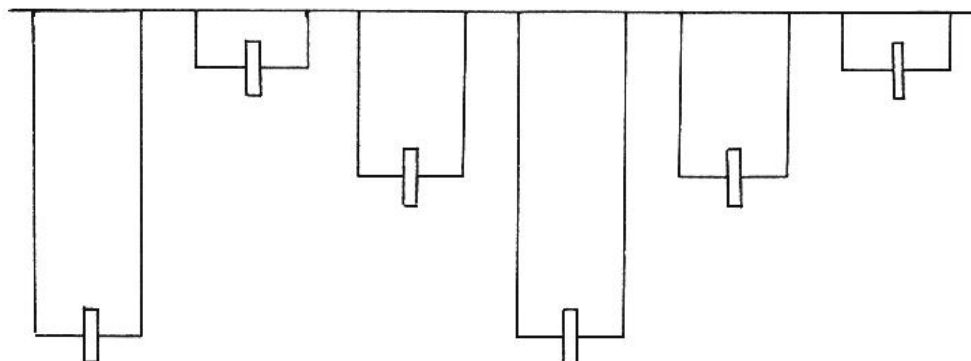
Ein Demonstrationsexperiment zum Maxwellschen Rad schließt sich an. Zwei Lernende stellen den Versuch vor. Die Mitschülerinnen und Mitschüler beobachten und beschreiben die Energieumwandlung. Nach der Ausgabe des Arbeitsblattes wird die Energieumwandlung am Maxwellschen Rad mit Hilfe der vorgegebenen Fachbegriffe schriftlich festgehalten (M2).

### Materialien

#### M1: Energieumwandlung am Maxwellschen Rad (Arbeitsblatt für Schülerinnen und Schüler)

##### Beispiel: Maxwellsches Rad

Fachbegriffe: Hubarbeit - Beschleunigungsarbeit - Reibungsarbeit  
Lageenergie - Bewegungsenergie - Wärmeenergie



## **M2: Lösung**

Beim Aufrollen des Rades wird Hubarbeit verrichtet. ⇨

Sie wird als Lageenergie gespeichert. ⇨

Auf Grund der Erdanziehungskraft wird Beschleunigungsarbeit verrichtet, gleichzeitig wird Reibungsarbeit verrichtet, ⇨

Dadurch wird die Lageenergie in Wärme- und Bewegungsenergie umgewandelt. ⇨

Am Rad wird Hubarbeit verrichtet, gleichzeitig wird Reibungsarbeit verrichtet. ⇨

Die Bewegungsenergie wird in Lageenergie und Wärmeenergie umgewandelt. ⇨

Auf Grund der Erdanziehungskraft ....

Der Vorgang läuft so lange weiter, bis die ursprünglich vorhandene Lageenergie in Wärmeenergie umgewandelt worden ist.

## Energieträger und Energieformen

### Lerninhalte

- Einfache Versuche durchführen
- Den Energiebegriff anhand beobachtbarer Wirkungen sichern oder vertiefen
- Vorgänge beobachten und beschreiben, die unter Einsatz von Energie ablaufen
- Ausgewählten Beispielen die entsprechenden Energieformen zuordnen

### Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

Die Schülerinnen und Schüler werden in Kleingruppen eingeteilt. Sie erhalten die benötigten Materialien und die Anleitung zur Versuchsdurchführung (M1 - M4). Nach der Versuchsdurchführung halten sie ihre Beobachtung auf dem Arbeitsblatt fest. Im Unterrichtsgespräch stellen die jeweiligen Gruppen ihre Versuche vor. Gemeinsam wird dann die Übersicht (M5) erstellt. Als Alternative oder als ergänzende Sicherung kann man die Übersicht (M6) einsetzen. Die Bilder werden vorgegeben. Die Schülerinnen und Schüler ergänzen die Tabelle in Einzel-, Partner- oder Gruppenarbeit (M7).

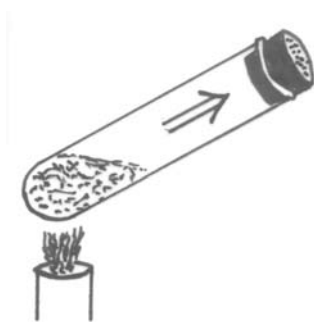
### Materialien

#### M1 Gas bzw. eine Kerze erwärmt Wasser

### Versuch

#### Benötigte Materialien:

Dickwandiges Reagenzglas, Wasser, Gummistopfen, Glycerin, Gasbrenner oder Kerze



#### Versuchsdurchführung:

Fülle das Reagenzglas etwa 1 cm hoch mit Wasser, bestreiche den Gummistopfen mit Glycerin und verschließe damit das Reagenzglas nicht zu fest. Erhitze das Wasser bis zum Sieden.

Beachte: Halte das Reagenzglas beim Erwärmen so, dass es nicht auf die Mitschülerinnen und Mitschüler zeigt.

**Beobachtung:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## **M2: Erwärmtes Wasser schmilzt Eiswürfel**

### **Benötigte Materialien:**

Wasser, Gasbrenner, Kerze, 2 Bechergläser, Dreifuß, Drahtnetz, Eiswürfel, Streichholz

Lege das Drahtnetz auf den Dreifuß und stelle den Gasbrenner unter das Drahtnetz. Fülle ein Becherglas zur Hälfte mit Wasser und stelle es auf das Drahtnetz. Erwärme das Wasser mit dem Gasbrenner. Fülle in der Zwischenzeit einige Eiswürfel in das zweite Becherglas. Gieße das heiße Wasser über die Eiswürfel.

Lege das Drahtnetz auf den Dreifuß und stelle die Kerze unter das Drahtnetz. Fülle einige Eiswürfel in ein Becherglas und stelle es auf das Drahtnetz. Zünde die Kerze an.

Beobachtung: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## **M3: Eine Glühlampe, die man mit einer Batterie verbindet, leuchtet auf**

### **Benötigte Materialien:**

Batterie, Kabel, Schalter, Glühlampe

Baue einen einfachen Stromkreis auf aus Batterie, Schalter und Glühlampe. Fertige eine Schaltskizze an. Schließe den Schalter.

Beobachtung: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## **M4: Mit einem Magneten kann man magnetisierbare Kleinteile auflesen**

### **Versuch**

### **Benötigte Materialien:**

Magnet, Büroklammern, kleine Nägel, Schrauben, sonstige Kleinteile

Verteile die Büroklammern, Nägel, Schrauben ... auf dem Tisch. Bewege den Magneten einige Zentimeter über die Gegenstände hinweg.

Beobachtung: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

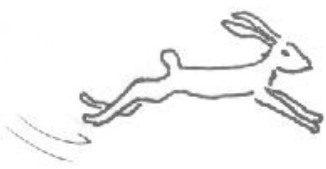
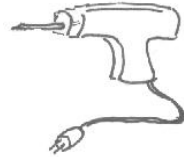
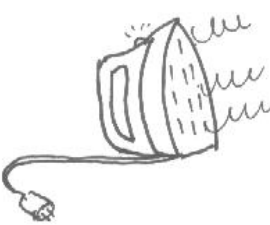





## M5: Energieträger im Alltag

<b>Einsatz von Energie</b>	<b>Energieträger</b>	<b>Energieform</b>
Kerze oder Gasbrenner erwärmt Wasser im Reagenzglas	Kerzenwachs oder Erdgas	Chemische Energie
Erwärmtes Wasser schmilzt Eiswürfel	Warmes Wasser	Wärmeenergie
Batterie betreibt Glühlampe	Strom	Elektrische Energie
Magnet sammelt Büroklammern und Nägel auf	Magnetfeld	Magnetische Energie

## M6: Energie im Alltag


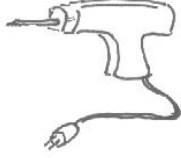






### Aufgabe:

Die Bilder zeigen ausgewählte Beispiele für den alltäglichen Energieeinsatz. Ergänze jeweils, in welchem Träger bzw. in welcher Form die Energie zur Verfügung steht.

 <p>Energieträger: .....</p> <p>Energieform: .....</p>	 <p>Energieträger: .....</p> <p>Energieform: .....</p>
 <p>Energieträger: .....</p> <p>Energieform: .....</p>	 <p>Energieträger: .....</p> <p>Energieform: .....</p>
 <p>Energieträger: .....</p> <p>Energieform: .....</p>	 <p>Energieträger: .....</p> <p>Energieform: .....</p>
 <p>Energieträger: .....</p> <p>Energieform: .....</p>	 <p>Energieträger: .....</p> <p>Energieform: .....</p>



## M7: Lösung

 <p>Energieträger: Flüchtendes Tier Energieform: Bewegungsenergie</p>	 <p>Energieträger: Elektrischer Strom Energieform: Elektrische Energie</p>
 <p>Energieträger: Elektrischer Strom Energieform: Elektrische Energie</p>	 <p>Energieträger: Holz Energieform: Chemische Energie</p>
 <p>Energieträger: Kerzenwachs Energieform: Chemische Energie</p>	 <p>Energieträger: Elektrischer Strom Energieform: Elektrische Energie</p>
 <p>Energieträger: Braun- oder Steinkohle Energieform: Chemische Energie</p>	 <p>Energieträger: Benzin oder Diesel Energieform: Chemische Energie</p>

Die Bilder stellen einen Umladeprozess dar. In der Lösung angegeben ist jeweils der Ausgangsträger.

## 2.2.3 Speicherung und Transport von Energie

### Lerninhalte

- Energie kann in verschiedenen Formen gespeichert werden.
- Die Speicherung von Energie ist dann sehr wichtig, wenn diese nur unter bestimmten Bedingungen/zu bestimmten Zeiten erzeugt werden kann, aber an anderen Orten und zu anderen Zeiten genutzt werden soll.
- Ohne Energietransport ist die Energieversorgung nicht zu gewährleisten, da die Standorte der Energieerzeugung und des Energieumsatzes oft weit auseinander liegen.
- Energie kann nicht alleine transportiert werden, sie benötigt immer einen Träger.
- Industriestaaten, die arm an Energieträgern sind, müssen diese importieren.
- Für die verschiedenen Energieträger bieten sich unterschiedliche Transportsysteme an.

### Vorüberlegungen

Als natürliche Energiequelle versorgt uns die Sonne ständig mit Licht und Wärme. Riesige Mengen stehen uns zur Verfügung. Dennoch gibt es Probleme, wenn die Energie nicht an den Orten oder zu den Zeiten zur Verfügung steht, wo bzw. wann sie gebraucht wird. Dies gilt insbesondere für die erneuerbaren Energien, deren Verfügbarkeit von Zeit und Ort stark abhängt: Die Nutzung der Sonnenenergie ist in der Nähe des Äquators begünstigt, die Nutzung der Windenergie ist in den Küstengebieten und windarmen Höhenlagen der Mittelgebirge sinnvoll, während die Nutzung der Wasserkraft in bergigen Regionen möglich ist. Ungünstig ist, dass diese Energien nur abhängig von den Witterungsbedingungen bezüglich Sonneneinstrahlung, Wind und Niederschlag überhaupt verfügbar sind. Aus diesem Grunde muss man sie speichern und/oder transportieren können.

Eine solche Speicherung ist zum Beispiel erforderlich, wenn Energie nur während einer begrenzten Zeit erzeugt werden kann, aber über längere Zeiträume genutzt werden soll. So muss z. B. die mit Solarzellen am Tage erzeugte Energie zwischengespeichert werden, damit sie während der Nacht als elektrische Energie für Beleuchtungszwecke zur Verfügung steht. Ein batteriebetriebener Elektronenblitz für Fotokameras speichert die erforderliche Energie für den nur wenige Tausendstel Sekunden dauernden Blitz. Jugendliche oder Techniker speichern elektrische Energie in Akkus, um z. B. in der freien Natur, wo sie die elektrische Energie nicht aus der Steckdose beziehen können, ihren Walkman, ihren CD-Player oder ihr Notebook zu nutzen.

Neben der Speicherung von Energie kommt auch ihrem Transport eine große Bedeutung zu. Riesige Mengen Steinkohle, Erdöl und Erdgas werden ständig von Schiffen, durch Pipelines oder von Tankern transportiert, weil diese Energieträger nicht mehr in ausreichender Menge dort vorhanden sind, wo sie gebraucht werden (Deutschland, Japan, andere Industriestaaten ...).

Zu beachten ist, dass der Energietransport selbst Energie benötigt oder nicht erwünschte Umwandlungen zur Folge hat. Er muss somit möglichst wirtschaftlich gestaltet werden. Außerdem sind Sicherheitsaspekte zu berücksichtigen (Unfälle mit Tankschiffen, Bersten von Pipelines). Die Nebenwirkungen des Erdgastransportes über undichte Pipelines tragen zum anthropogenen Treibhauseffekt bei (Methan, Hauptbestandteil des Erdgases, trägt bei gleicher freigesetzter Menge 25-mal so stark zum Treibhauseffekt bei wie das Kohlenstoffdioxid).

## **Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung**

Die Bedeutung einer gesicherten Energieversorgung ist den Schülerinnen und Schülern bereits bewusst. Als Einstieg in die Thematik bietet sich ein einfacher Versuch an (M1), der veranschaulicht, dass es Energieformen gibt, die sich gut, andere, die sich weniger gut speichern lassen. Die Folgen im Umgang mit den entsprechenden Energieformen werden im anschließenden Unterrichtsgespräch thematisiert.

Als Einstieg in die Unterrichtssequenz „Energietransport“ bietet sich ein aktueller Zeitungsartikel an, in dem thematisiert wird, dass in Deutschland die Lagerstätten bedeutender Energierohstoffe zur Neige gehen, bzw. es sich aus wirtschaftlichen Gründen nicht mehr lohnt, diese Rohstoffe abzubauen (M2). Da die Energieversorgung in Deutschland gewährleistet sein muss, überprüfen die Schülerinnen und Schüler, welche Energieträger noch in begrenztem Rahmen zu finden sind (M3) bzw. welche Staaten bzw. Regionen uns mit Energieträgern versorgen (M4, M5). Interessant erscheint auch ein Vergleich der unterschiedlichen Energieversorgung ausgewählter europäischer Staaten (M6). Dabei ist vor allem zu hinterfragen, warum die einzelnen europäischen Staaten auf bestimmte Energieträger setzen. Interessante und vor allem aktuelle Informationen bietet das Internet (M7).

## **M1: Arbeitsblatt für die Schülerinnen und Schüler**

Versuche zur Speicherung von Lage- bzw. Wärmeenergie

### **Benötigte Materialien:**

Holzklötze, Wägestück (z. B. 1 kg), Maßstab, Becherglas, Wasser, Thermometer, Gasbrenner oder Tauchsieder, Dreibein, Keramikdrahtnetz, Uhr

### **Versuch 1:**

#### **Versuchsskizze:**

#### **Versuchsbeschreibung:**

Staple die Holzklötze auf dem Tisch.  
Hebe das Wägestück vom Tisch auf den oberen Holzklötz.

Berechne die verrichtete Hubarbeit bzw. die im Wägestück gespeicherte Lageenergie. Führe Versuch 2 durch. Wie groß ist anschließend die Lageenergie des Wägestücks?

### **Versuch 2:**

#### **Versuchsskizze:**

#### **Versuchsbeschreibung:**

Lege das Keramikdrahtnetz auf das Dreibein.  
Fülle 200 ml Wasser in ein Becherglas und stelle das Glas auf das Drahtnetz.  
Bestimme die Wassertemperatur (T1) und notiere sie.  
Erwärme das Wasser drei Minuten lang mit einem Gasbrenner/Tauchsieder.  
Bestimme nach dem Erwärmen erneut die Wassertemperatur (T2) und notiere sie.  
Bestimme nach zehn Minuten erneut die Wassertemperatur (T3).

- Fertige eine Versuchsskizze zu beiden Versuchen an.
- Berechne nach der Formel  $W_Q = m \cdot c (T_2 - T_1)$  die zugeführte und nun im Wasser gespeicherte Wärmeenergie.
- Hinweis:  $c$  bezeichnet die spezifische Wärmekapazität. Sie beträgt für Wasser  $4,18 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$ , d. h., wenn man die Energie von  $4,18 \text{ kJ}$  zuführt, kann man  $1 \text{ kg}$  Wasser um  $1 \text{ K}$  (Kelvin) erwärmen,  $m$  bezeichnet die Masse des Wassers,  $T$  die Wassertemperatur.
- Berechne die nach zehn Minuten noch im Wasser gespeicherte Wärmeenergie nach der Formel  $W_Q = m \cdot c (T_3 - T_1)$ .
- Vergleiche den „Energiespeicher“ Wägestück mit dem „Energiespeicher“ erwärmtes Wasser.

**M2:** Aktueller Zeitungsartikel zur Situation im deutschen Steinkohlebergbau oder ein aktueller Artikel, der die Armut an Energierohstoffen in Deutschland thematisiert.

## Arbeitsblatt für die Schülerinnen und Schüler

### M3: Mit Tankern und durch Pipelines kommt Erdöl nach Deutschland

Aufgabe: Ergänze den folgenden Lückentext. Informationen findest du im Atlas auf der Karte „Deutschland - Energiewirtschaft“.

In Deutschland werden jedes Jahr über 100 Millionen t Erdöl verbraucht. Deutschland besitzt aber nur geringe eigene Vorkommen, z. B. bei ..... im Emsland, in Schleswig-Holstein bei ....., zwischen den Flüssen Elbe und ..... und am Rhein bei ..... Deutschland muss viel Erdöl importieren. Über die folgenden Pipelines strömt u. a. Erdöl nach Deutschland:

AWP: ..... SEPL: .....

RRP: ..... NOW: .....

CEL: ..... TAL: .....

Wofür stehen diese Abkürzungen? Ergänze die vollständige Bezeichnung.

Raffinerien sind Fabrikanlagen, in denen Naturstoffe gereinigt oder veredelt werden. In Erdölraffinerien wird aus rohem Erdöl Benzin, Dieselöl, Schmieröl hergestellt. Wo findest du Raffineriestandorte (Städte, Regionen)? Was fällt dir an der Lage der Standorte auf?

### M4: Deutschland wird mit Energie versorgt

Informiere dich, aus welchen Ländern und auf welchen Wegen Erdöl, Steinkohle und Braunkohle in die Bundesrepublik Deutschland gelangen. Informationen findest du im Atlas auf der Karte „Deutschland - Wirtschaftsstruktur - Rohstoffabhängigkeit“.

Lege in deinem Heft eine Tabelle nach folgender Vorlage an und ergänze sie. Welche Transportmöglichkeiten (Bahn, Pipeline, Schiff bzw. Tanker) bieten sich an? Begründe jeweils kurz!

Rohstoff	Lieferant/Staat	Transportmöglichkeit ....
Steinkohle, Braunkohle		
Erdöl		

## Arbeitsblatt für die Schülerinnen und Schüler

### M5: Erdöl und Erdgas aus der Nordsee

Notiere Staaten, die Erdöl oder Erdgas bzw. Erdöl und Erdgas aus der Nordsee fördern. Fertige dazu in deinem Heft eine Tabelle nach folgendem Muster an. Informiere dich im Atlas auf der Karte „Europa - Nordsee - Erdöl und Erdgas“.

Erdöl fördert ...	Erdgas fördert ...

### M6: Die Energiesituation in ausgewählten europäischen Staaten

Ergänze in deinem Heft: Welche Primärenergieträger spielen in folgenden Staaten die bedeutendste Rolle? Informationen findest du im Atlas auf der Seite .....

Staat	Primärenergieträger
Schweiz, Österreich	
Norwegen, Schweden	
England	
Polen	

Versuche zu begründen, warum in den aufgeführten Staaten gerade diese Primärenergieträger genutzt werden.

### M7: Deutschland wird mit Energie versorgt - Das Internet als Informationsquelle

Aktuelle Informationen zur Energieversorgung Deutschlands findest du im Internet. Gib dazu z. B. die Begriffe „Erdgasimport“, „Erdgaslagerstätten“, „Erdölimport“, „Erdöllagerstätten“ in einer Suchmaschine ein, um die aktuellen Informationen zu nutzen.

Bearbeite dann die folgenden Aufgaben:

In welchen deutschen Regionen findet man

- a) Steinkohle      b) Braunkohle      c) Erdöl      d) Erdgas

Aus welchen Staaten importiert Deutschland

- a) Steinkohle      b) Braunkohle      c) Erdöl      d) Erdgas

## Lösungen zu den Arbeitsblättern:

### zu M3: Mit Tankern und durch Pipelines kommt Erdöl nach Deutschland

In Deutschland werden jedes Jahr über 100 Millionen t Erdöl verbraucht. Deutschland besitzt aber nur geringe eigene Vorkommen, z. B. bei Lingen im Emsland, in Schleswig-Holstein bei Kiel, zwischen den Flüssen Elbe und Weser und am Rhein bei Landau. Deutschland muss viel Erdöl importieren.

Über die folgenden Pipelines strömt Erdöl nach Deutschland:

AWP: Adria-Wien-Pipeline	SEPL: Südeuropäische Pipeline
RRP: Rotterdam-Rhein-Pipeline	NOW: Nord-West-Ölleitung
CEL: Central-European-Pipeline	TAL: Transalpine Ölleitung

### zu M4: Deutschland wird mit Energie versorgt

Aus welchen Ländern und auf welchen Wegen gelangen Erdöl, Steinkohle und Braunkohle in die Bundesrepublik Deutschland?

Rohstoff	Lieferant	Transportmöglichkeit ....
Steinkohle, Braunkohle	Osteuropa	Bahn
	Vereinigte Staaten	Schiff
	Australien	Schiff
	Rep. Südafrika	Schiff
Erdöl	Venezuela	Tanker
	Algerien, Libyen	Tanker, Pipeline
	Nigeria	Tanker
	Syrien, Iran, Saudi-Arabien	Pipeline

### zu M5: Erdöl und Erdgas aus der Nordsee

Erdöl fördert ...	Erdgas fördert ...
Norwegen	Niederlande
Großbritannien	

### zu M6: Die Energiesituation in ausgewählten europäischen Staaten

Staat	Primärenergieträger
Schweiz, Österreich, Norwegen, Schweden	Wasserkraft
England, Polen	Steinkohle

### zu M7: Offene Lösung



## 2.2.4 Fossile Energieträger

### Lerninhalte

- Kohle-, Erdöl- und Erdgaslagerstätten sind natürliche Energiespeicher.
- Fossile Energieträger entstehen während langer Zeiträume unter bestimmten klimatischen Bedingungen.
- Da die Lagerstätten fossiler Energieträger in absehbarer Zeit erschöpft sind, muss man nach wirtschaftlich sinnvollen Alternativen suchen.

### Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

Mit Hilfe des Informationstextes (M1) sollen die Schülerinnen und Schüler die Entstehung der Kohle nachvollziehen. Dazu stellen sie aus den vorgegebenen Bild- und Textvorlagen (M2) ein sinnvolles Material zusammen. Leistungsstärkere Schülerinnen und Schüler können auch versuchen, selbst einen Kommentar zu den Bildvorlagen zu schreiben, ohne dass ihnen die Textbausteine vorgegeben werden. Anschließend vergleichen sie die Entstehung von Erdöl und Erdgas mit der Kohle.

Ziel der Erarbeitung ist es, dass die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass diese fossilen Energieträger nur unter ganz bestimmten klimatischen Verhältnissen während langer Zeiträume entstehen. Wenn die derzeit bekannten Lagerstätten erschöpft sind, bedeutet dies, dass man wirtschaftliche Alternativen (siehe Kapitel 2.2.4.2) anbieten muss.

### M1: Die Kohle – Pflanzen- und Tierreste aus der Konserve

An besonders heißen Sommertagen werden viele Menschen bedauern, dass sie die Sommerhitze nicht einfach speichern und für kalte Wintertage aufheben können. Uns Menschen fällt es bis auf den heutigen Tag schwer, geeignete, wirtschaftlich sinnvolle Energiespeicher zu schaffen. So dauerte es viele Millionen Jahre, bis die Sonnenenergie in einer Form gespeichert wurde, die wir heute noch nutzen.

Vor etwa 300 Millionen Jahren waren große Teile der Kontinente mit großen Sumpfwäldern bedeckt. Bei feuchtwarmem Klima wuchsen bis zu 30 m hohe Bäume, Farne und Schachtelhalme. In langsam absinkenden Gebieten bildeten sich riesige Sümpfe. In ihnen versanken abgestorbene Pflanzen im moorigen Untergrund, gleichzeitig wuchsen neue Pflanzen. Hunderttausende von Jahren wiederholten sich diese Vorgänge. Wenn sich der Untergrund absenkte, wurde er durch das Meer überflutet. Immer größere Pflanzenmassen wurden dabei unter dicken Schichten von Sand und Ton luftdicht begraben, wo sie aus Mangel an Sauerstoff nicht verwesen konnten. In flachen Senken entwickelten sich so im Laufe der Zeit riesige Torflager. Durch den Druck der Ablagerungen wurden die Torfmassen zusammengepresst. Durch die dabei entstehende Hitze kam es zum sogenannten Prozess der Inkohlung, aus den verschütteten Pflanzenresten entwickelte sich die Kohle.

Braunkohle und vor allem Torf sind erst einige tausend Jahre alt, die Reife ist also noch nicht abgeschlossen. Der Kohlenstoffanteil ist niedriger als bei der Steinkohle. Braunkohle brennt nur mäßig und erzeugt viel weniger Wärme als Steinkohle. Torf ist ein schlechter Brennstoff.

## Arbeitsblatt für die Schülerinnen und Schüler

### M2: Die Entstehung der Kohle

In den folgenden Bildern und Textbausteinen wird erläutert, wie die Kohle entstanden ist.

1. Male die Bild-Vorlagen farbig aus. Beachte! Einige Farben sind durch die Legende vorgegeben.
2. Ordne die Vorlagen in der richtigen Reihenfolge.
3. Ordne den Bildvorlagen die entsprechenden Textbausteine zu.
4. Klebe die Vorlagen in der richtigen Reihenfolge in dein Heft ein.



Ton

(orange)



Sand

(gelb)



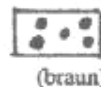
Untergrund

(weiß)



aus abgestorbenen  
Pflanzen wird Torf

(rot)



aus Torf wird  
Braunkohle

(braun)



aus Braunkohle  
wird Steinkohle

(schwarz)

### Textbausteine:

Als der Untergrund sich wieder hob, wuchsen neue Wälder. Immer wieder starben Bäume und Pflanzen, sanken zu Boden, neue Torfschichten bildeten sich.

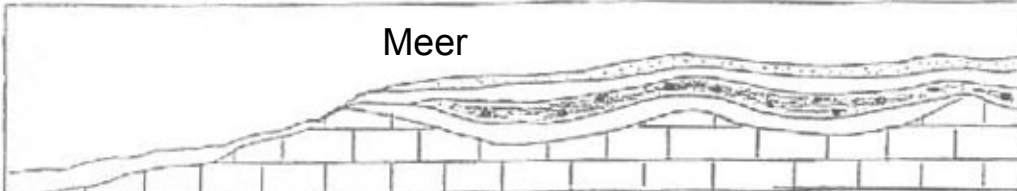
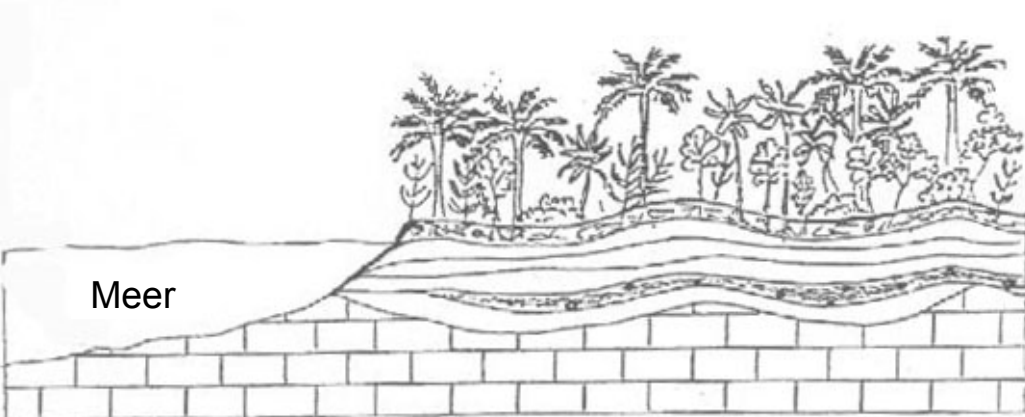
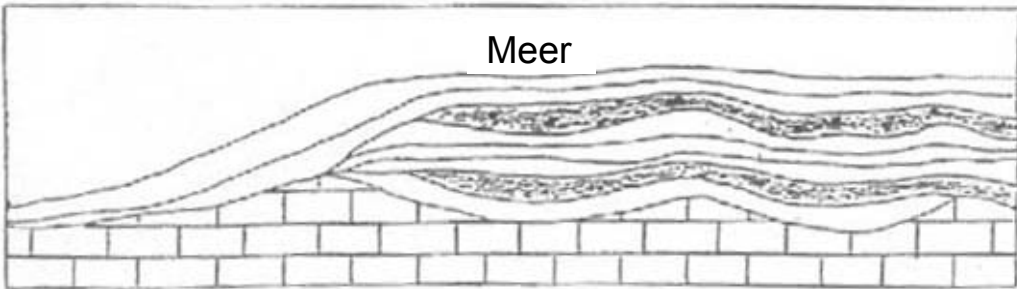
Vor ungefähr 250 Millionen Jahren herrschte bei uns ein feuchtwarmes Klima. Große Teile Deutschlands waren vom Meer überflutet. An den Ufern des Meeres wuchsen Urwälder mit riesigen Bäumen und hohen Farnen. Abgestorbene Bäume und Pflanzen fielen zu Boden. Es bildete sich Torf.

Während einer Zeit von mehreren Millionen Jahren wiederholten sich diese Vorgänge im Ruhrgebiet mehr als 100 mal. Unter dem Druck der Ton- und Sandschichten und des Wassers entstand langsam aus dem Torf die Braunkohle, später entwickelte sich daraus die Steinkohle.

Als der Untergrund sich senkte, wurde das Land überflutet. Die Torfschichten aus den abgestorbenen Baum- und Pflanzenresten wurden von Sand und Ton luftdicht abgedeckt und durch den starken Druck zusammengepresst.

**Arbeitsblatt für die Schülerinnen und Schüler**

Bild-Vorlagen:



## **Arbeitsblatt für die Schülerinnen und Schüler**

### **M3: Erdöl und Erdgas - aus abgestorbenen Lebewesen entwickeln sich Energieträger**

Im Laufe von Millionen Jahren sammelten sich am Grunde von Gewässern mächtige Schichten aus Sand, Schlamm, angeschwemmten Baumstämmen, Tierleichen, Überresten von Wassertieren und -pflanzen und unzähligen tierischen Mikroorganismen an. Die tierischen und pflanzlichen Überreste zerfielen und bildeten im Laufe der Jahrtausende wegen des Sauerstoffmangels einen Faulschlamm am Boden des Gewässers. Durch ständige Überlagerungen neu abgestorbener Materials erhöhte sich im Laufe der Jahrtausende der Druck so stark, dass der Faulschlamm zu Gestein wurde.

Die enthaltenen Lebewesen wurden im Laufe von Jahrmillionen durch Bakterien zersetzt und verwandelt sich in Rohöl. Während einsetzender Gebirgsbildungsphasen wurden die öldurchtränkten porösen Gesteinsschichten aufgefaltet. Dabei sammelte sich das Öl zwischen undurchlässigen Gesteinsschichten, die oft kuppelförmig aufgewölbt waren. Gleichzeitig entwichen die beim Zersetzungsprozess gebildeten leichten Gase nach oben bis sie auf Schichten trafen, die undurchlässig waren. Hier sammelten sie sich als Erdgaslagerstätten.

Diese Erdgaslagerstätte besteht nicht aus einer großen „Gasblase“, sondern das Gas ist in vielen Gesteinsporen, -rissen und -gängen eingelagert, die sich unterhalb der Gas undurchlässigen Schicht befinden.

#### **Aufgaben:**

1. Vergleiche die Entstehung der fossilen Energieträger Kohle und Erdöl bzw. Erdgas. Stelle Unterschiede und Gemeinsamkeiten zusammen.
2. Wann, bzw. unter welchen klimatischen Bedingungen sind diese Energieträger entstanden?
3. Findet man in der Nähe deines Wohnortes Lagerstätten dieser Energieträger?

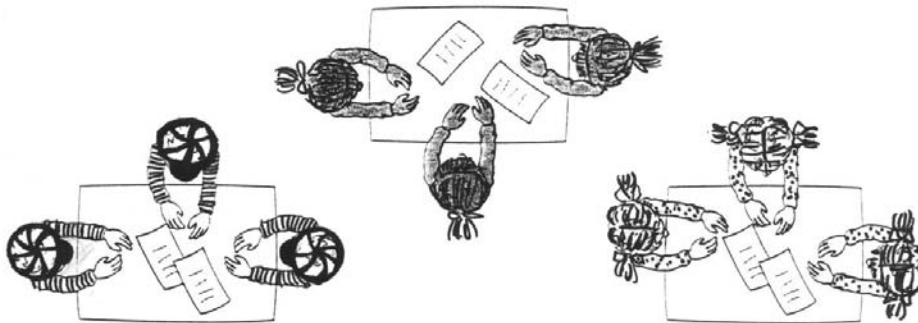
## 2.2.4.1 Erneuerbare Energiequellen

### Lerninhalte

- Materialien zu ausgewählten erneuerbaren Energien sichten, bearbeiten und den Mitschülerinnen und Mitschülern vorstellen
- Das Internet als Informationsquelle nutzen
- Vor- und Nachteile der einzelnen Energieträger zusammenstellen

### Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung:

#### Phase 1:



In Abhängigkeit von der Gruppengröße und der Anzahl der ausgewählten erneuerbaren Energieträger wird die Klasse in Teilgruppen (Informationsgruppen) aufgeteilt. Wenn die Schülerzahl es zulässt dürfen sich nicht zwei Gruppen mit dem gleichen Material beschäftigen. Jeder Gruppe wird ein Thema zugeteilt oder man lässt die Gruppe ein Thema aussuchen. Innerhalb einer vereinbarten Zeit muss jede Gruppe ihren Text lesen, unbekannte Begriffe klären, ergänzende Informationen - u. a. aus Broschüren, Büchern, Internet - einbeziehen und Stichpunkte notieren.

#### Phase 2:

In dieser Phase schickt jede Gruppe einen Fachmann in eine neu zu bildende Expertengruppe. In diesen Gruppen findet sich also jeweils ein Fachmann für die



einzelnen erneuerbaren Energieträger ein. Als Experte sollten sie die anderen Gruppenmitglieder über „ihren“ erneuerbaren Energieträger informieren. Dabei sollten sie bedenken, dass die anderen Gruppenmitglieder in der Regel keine oder nur geringe Vorkenntnisse zu ihrem Spezialgebiet besitzen.

Sie müssen als Experte versuchen, ihre Erklärungen möglichst verständlich zu gestalten. Wenn die Mitschülerinnen und -schüler nicht verstehen, was andere Experten erklären, ist es ihre Pflicht nachzufragen.

### **Phase 3:**



Nach dem Informationsaustausch finden sich die ursprünglichen Infogruppen wieder zusammen. Jeweils ein Mitglied präsentiert nun vor der Klasse erneut die wichtigsten Informationen. Die Präsentation kann mit Hilfe von Tafel, Folie, Plakat, Karteikarten erfolgen.

### **Information für die Schülerinnen und Schüler**

Informiere dich anhand des zur Verfügung gestellten Materials über einen erneuerbaren Energieträger. Kläre unbekannte Begriffe und notiere dir Stichpunkte, die dir helfen, als Experte diesen Energieträger zunächst einer Kleingruppe und anschließend der gesamten Gruppe vorzustellen. Informiere dich über weitere erneuerbare Energieträger.

#### **Phase 1:**

Bilde mit deinen Mitschülerinnen und -schülern die vereinbarte Kleingruppe (Informationsgruppe). Sucht euch dann einen erneuerbaren Energieträger heraus oder lasst euch von der Lehrerin oder dem Lehrer einen zuteilen. Innerhalb der vereinbarten Zeit muss jede Gruppe ihren Text lesen, unbekannte Begriffe klären und Stichpunkte notieren. Ihr dürft weitere, geeignete Materialien in die Ausarbeitung einbeziehen.

#### **Phase 2:**

Jede Gruppe entsendet anschließend jeweils einen Fachmann in die neu zu bildenden **Expertengruppen**. In dieser Gruppe bist du jetzt Fachmann für die von dir bearbeitete erneuerbare Energie. Als Experte solltest du in der Lage sein, die wichtigsten Informationen zu deiner erneuerbaren Energie den anderen Gruppenmitgliedern vorzustellen. Bedenke dabei, dass die anderen Gruppenmitglieder keine oder nur geringe Vorkenntnisse zu deinem Spezialgebiet besitzen. Versuche daher, deine Erklärungen möglichst verständlich zu gestalten. Gehe auf ihre Fragen ein. Wenn du anschließend etwas nicht verstanden hast, was andere Experten zu ihren erneuerbaren Energien erklären, frage nach.

#### **Phase 3:**

Gehe anschließend wieder zurück in die ursprüngliche Informationsgruppe. Verständigt euch innerhalb der Gruppe, wer die ausgewählte erneuerbare Energie vor der ganzen Gruppe präsentiert. Bei der Präsentation kannst du Tafel, OHP, Plakate, Karteikarten nutzen.

## **Arbeitsblatt für die Schülerinnen und Schüler**

### **Windenergie**

#### **Bedeutung der Windenergie im Laufe der Geschichte**

Der Wind ist eine der ältesten vom Menschen genutzten Energiequellen. Im 12. Jahrhundert wurden die ersten Windmühlen in Europa in Betrieb genommen. Ungefähr 9 000 Windmühlen begünstigten im 17. und 18. Jahrhundert die wirtschaftliche Entwicklung in den Niederlanden. Sie wurden vor allem bei der Bodenentwässerung und in Sägewerken eingesetzt. Um 1900 prägten etwa 100 000 Windmühlen das Landschaftsbild der Nordseeküste. In der Mitte des 19. Jahrhunderts waren alleine in Deutschland etwa 20 000 Windmühlen in Betrieb.

Mit der Erfindung der Dampfmaschine, der Nutzung von Erdöl und der zunehmenden Elektrifizierung verlor die Windkraftnutzung stark an Bedeutung.

Erst die starke Erhöhung des Ölpreises und das wachsende Umweltbewusstsein sorgten ab 1975 für ein „Comeback“ der Windenergie. Im Jahre 1998 wurden in Deutschland 6205 Windenergieanlagen betrieben. Mit 2900 MW (Megawatt) installierter Leistung nahm Deutschland 1998 international den ersten Platz ein. Weltweit liefen zur gleichen Zeit Anlagen mit einer Gesamtleistung von knapp 10.000 MW (Megawatt).

#### **Die Sonne als „Motor“ des Windes**

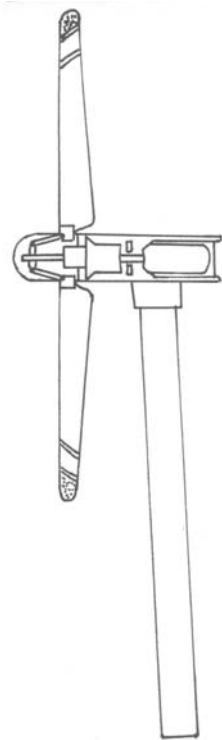
Durch die Sonneneinstrahlung wird die Erdoberfläche - und von dieser ausgehend die bodennahe Luft - unterschiedlich stark erwärmt. Die warme Luft dehnt sich aus, wird leichter, steigt auf. Der Luftdruck am Boden sinkt, hier entsteht ein Tiefdruckgebiet. Dort, wo die in der Höhe abgekühlte Luft wieder absinkt, steigt der Luftdruck am Boden an, ein Hochdruckgebiet entsteht. Als Druckausgleich strömt die Luft aus dem Bereich des hohen Luftdrucks zum Gebiet tiefen Luftdrucks. Diese Luftströmung bezeichnet man als Wind.

Die Windverhältnisse sind abhängig von der geografischen Lage. An der flachen Küste werden z. B. höhere Windgeschwindigkeiten erreicht als im Binnenland, wo es mehr Hindernisse gibt. Durchschnittliche Windgeschwindigkeiten von 5 m/s erlauben einen wirtschaftlichen Betrieb von Windenergieanlagen. Günstige Verhältnisse bieten in Deutschland die Nord- bzw. Ostseeküste oder auch freie Höhenlagen im Mittelgebirge.



## Arbeitsblatt für die Schülerinnen und Schüler

### Die Funktionsweise des Windkrafttrades



In modernen Windkraftträdern wird durch die Drehbewegung der Rotorblätter ein Generator (oder Dynamo) angetrieben. Dieser wandelt die Bewegungsenergie der bewegten Luftmassen (mechanische Energie) in elektrische Energie um. Eine vergleichbare Energieumwandlung kennst du vom Fahrraddynamo.

Windenergieanlagen, die der Stromerzeugung dienen, haben meist 3 Rotorblätter. Die Windkraftträder laufen wirtschaftlich bei Windgeschwindigkeiten zwischen etwa 4 m/s und 25 m/s.

Die benötigte Windgeschwindigkeit findet man vor allem in küstennahen Bereichen und auf unbewaldeten Kuppen oder Bergen des Binnenlandes.

### Ist die Nutzung der Windenergie wirtschaftlich sinnvoll?

Das Stromeinspeisungsgesetz von 1991 garantiert den Anlagenbetreibern die Abnahme der „Windenergie“ bei einer Mindestvergütung. Durch attraktive Preise wollte man den Bau neuer Windanlagen fördern. Der Anteil, den die Windenergie zur deutschen Energieversorgung beiträgt ist 1998 auch gegenüber 1997 stark gestiegen. Ihr Anteil an der gesamten deutschen Energieversorgung ist dennoch sehr bescheiden (etwa 1 %).

Kleinwindanlagen eignen sich besonders für abgelegene Siedlungen und vereinzelte Gehöfte.

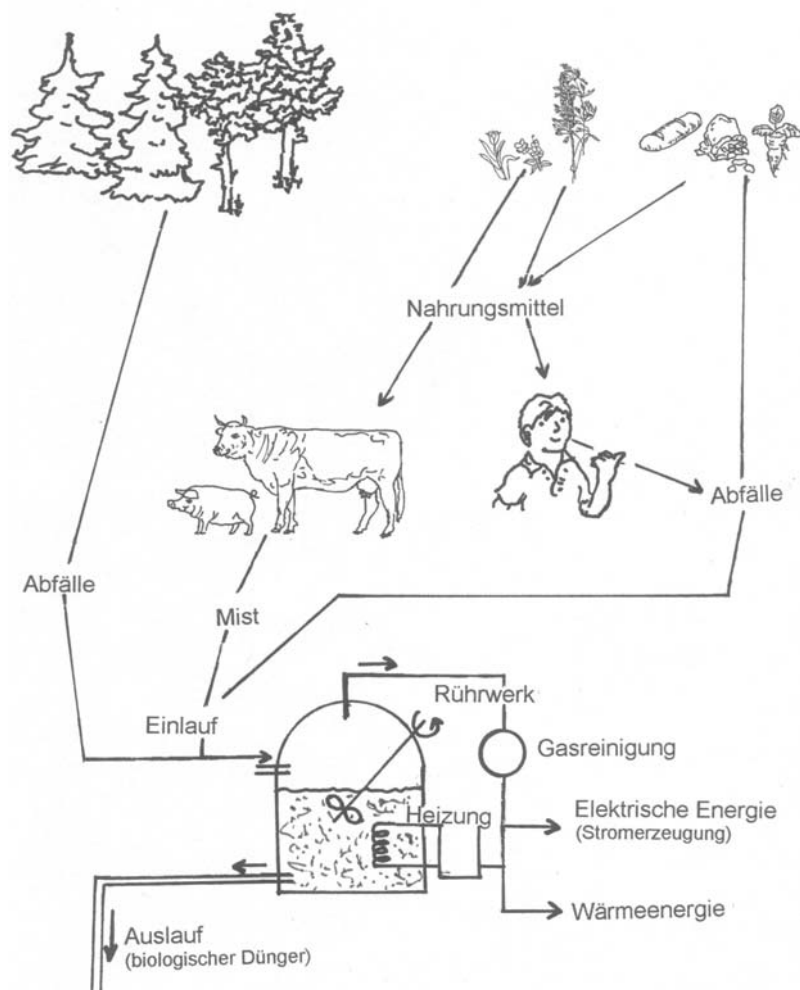
(stark gekürzt und verändert nach „BINE Informationsdienst, bildung & energie 2“, Windenergie)

## Arbeitsblatt für die Schülerinnen und Schüler

### Biomasse

Als Nahrung ist die Biomasse der wichtigste Energielieferant des Menschen. Bis um 1850, ins Zeitalter der Industrialisierung, diente die Biomasse außerdem als Brennstoff, z. B. in Form von Holz, zur Erzeugung von Wärme. Diese Aufgabe hat die Biomasse in den Ländern der Dritten Welt auch bis zum heutigen Tag. In einigen Entwicklungsländern wird noch immer bis zu 90 % der Energie aus Biomasse gewonnen. In Indien gibt es zur Zeit knapp 100.000 Biogasanlagen, in China sogar mehr als 5 Millionen. Dabei nutzt man entweder Abfälle aus der Land- oder Forstwirtschaft, z. B. Mist, Stroh, Holzreste, oder man baut „Energiepflanzen“ an, z. B. Zuckerrohr, die direkt der energetischen Verwertung dienen.

Die Biogasanlage besteht aus einem Faulbehälter, einem Rührwerk und einem Gasspeicher. Landwirte können in einer solchen Anlage z. B. den Mist und die Jauche ihrer Tiere verwerten. Die chemische Energie des Gases kann man in elektrische Energie oder Wärmeenergie umsetzen. Aus dem Mist einer Kuh (gleichwertig mit dem Mist von fünf Schweinen oder 100 Hühnern) kann man pro Tag zwischen 1 m<sup>3</sup> und 2 m<sup>3</sup> Gas erzeugen. Das entspricht im Jahr der Energie von 300 l Heizöl.



Ein Vorteil der Biogasanlage ist, dass die organischen Reste nach dem Auslauf aus der Anlage als hochwertiger Dünger eingesetzt werden können.

## Arbeitsblatt für die Schülerinnen und Schüler

Biogas bildet sich, wenn sich organische Materialien unter Luftabschluss zersetzen. Bei der Zersetzung sind Bakterien beteiligt. Biogase bilden sich z. B. in Sümpfen oder Mooren, in Misthaufen und Jauchegruben, in Mülldeponien oder in den Faultürmen der Kläranlagen.

Bei den Bioenergieträgern unterscheidet man:

### Rückstände und organische Abfälle

- Rest- und Altholz (Sägespäne, Abbruchholz, Restholz in Form von Hackschnitzeln)
- Stroh (fällt bei der Getreideernte an)
- Rückstände der Lebensmittelindustrie
- organische Hausabfälle

### Energiepflanzen

- Gräser mit hohem Biomasseaufkommen (z. B. Schilfgräser)
- schnellwachsende Baumarten

Ein großer Vorteil besteht darin, dass das Energieangebot der Biomasse gespeichert werden kann. Somit ist eine Anpassung der Energiegewinnung an den zeitlich schwankenden Bedarf ohne größere Probleme möglich. Außerdem wird bei der Verbrennung nur so viel Kohlenstoffdioxid freigesetzt, wie beim Pflanzenwachstum der Atmosphäre entnommen und gebunden wurde.

Für die Stromerzeugung ist es sinnvoll bzw. notwendig, aus festen Bioenergieträgern flüssige oder gasförmige Energieträger herzustellen. Dadurch wird der „Energiegehalt“ der Biomasse erhöht. So gewinnt man z. B. aus Raps oder Sonnenblumen Pflanzenöl. Das Pflanzenöl kann nach der Aufbereitung als Treib- oder Brennstoff verwendet werden.

Gülle wird z. B. durch Gärung in Biogas umgesetzt. Es besteht zu 55-70 % aus Methan, das in Gasbrennern oder Motoren genutzt werden kann.

Zucker-, stärke- und zellulosehaltige Biomasse wird über eine alkoholische Gärung in Ethanol überführt. Dieser Alkohol kann als Brenn- oder Treibstoff in Motoren eingesetzt werden.

(stark gekürzt und verändert nach „BINE Informationsdienst“)

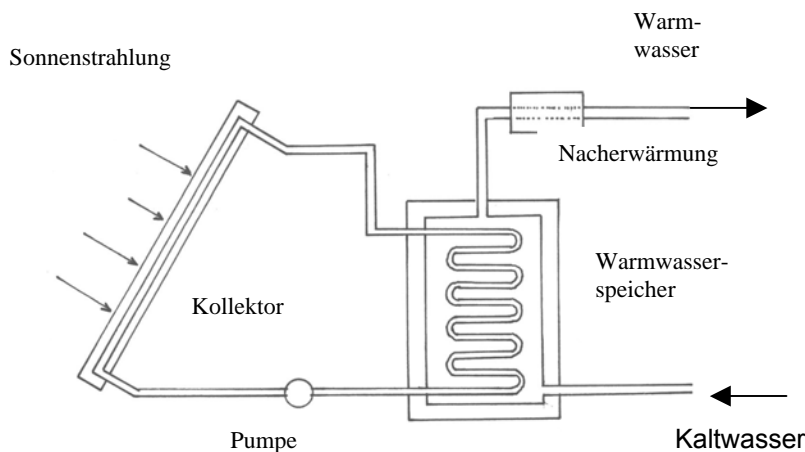
## Arbeitsblatt für die Schülerinnen und Schüler

### Nutzung der Sonnenenergie, Beispiel Sonnenkollektor

Mit dem Sonnenlicht strahlt zur Zeit wesentlich mehr Energie auf die Erdoberfläche als die gesamte Menschheit im Jahr umsetzt. Um den jährlichen Energiebedarf zu decken, reicht theoretisch die in weniger als 30 Minuten die Erde erreichende Sonnenenergie aus. Selbst in Deutschland, einem Land mit großem Energiebedarf und weniger günstigen klimatischen Verhältnissen, liegt die Energiestrahlung der Sonne 80-fach über dem Bedarf an Primärenergie.

Die Energie der Sonnenstrahlung kann außer zur Erwärmung von Wasser (Sonnenkollektor) auch zur Stromerzeugung (Solarzellen) genutzt werden.

### Aufbau und Funktionsweise eines Sonnenkollektors



Vereinfacht kann man sich einen Kollektor als einen Gegenstand vorstellen, den man mit Wasser gefüllt in die Sonne stellt. Die Kollektoren werden möglichst nach Süden ausgerichtet und gegen die Sonne geneigt.

Die Oberfläche des Behälters, der in der Technik z. B. aus Aluminium oder Kupfer besteht, sollte schwarz gefärbt oder mit schwarzem Lack bestrichen sein. Schwarze Materialien sind zur Absorption (absorbieren = aufsaugen, in sich aufnehmen) des Sonnenlichtes am besten geeignet. Zur Nutzung der erzeugten Wärme ist in den Sonnenkollektor ein Röhrensystem eingebaut. In diesem nimmt eine frostsichere Flüssigkeit (z. B. Wasser oder ein Gemisch aus Wasser und Frostschutzmittel), der sogenannte Wärmeträger, die im Kollektor absorbierte Wärme auf. Die so erwärmte Flüssigkeit wird in einen Wärmespeicher weitertransportiert und dort gespeichert bis sie gebraucht wird.

An der der Sonne zugewandten Seite des Kollektors befinden sich eine oder mehrere Glasscheiben, die einen Wärmestau (Treibhauseffekt) bewirken. An der Rückfront und an den Seiten ist der Kollektor gegen Wärmeverluste isoliert. Da Wärmeerzeugung und –verbrauch zeitlich in der Regel nicht zusammenfallen, ist eine Wärmespeicherung wichtig.

Das Warmwasser kann für die Dusche, die Waschmaschine oder zur Unterstützung der Raumheizung genutzt werden. Im Jahresmittel können so 50-80 % des Energieumsatzes für die Warmwasserbereitung eingespart werden.

### **Arbeitsblatt für die Schülerinnen und Schüler**

Die Nutzung hat einen Nachteil: Der Wärmebedarf in Gebäuden ist gerade im Winter besonders groß, wenn das Angebot an Sonnenenergie in der Regel sehr gering ist. Im Sommer reicht die Sonnenwärme aus, im Winter muss das vorgewärmte Wasser zusätzlich erwärmt werden.

(stark gekürzt und verändert nach „BINE Informationsdienst“)

## Arbeitsblatt für die Schülerinnen und Schüler

### Erdwärme

Im Erdinnern sind große Wärmemengen gespeichert. Die Temperatur des Erdinnern nimmt mit der Tiefe zu (siehe Skizze). In der Nähe der Erdoberfläche beträgt die Zunahme der Erdtemperatur in Richtung auf den Erdmittelpunkt etwa  $3\text{ }^{\circ}\text{C}$  auf  $100\text{ m}$ .

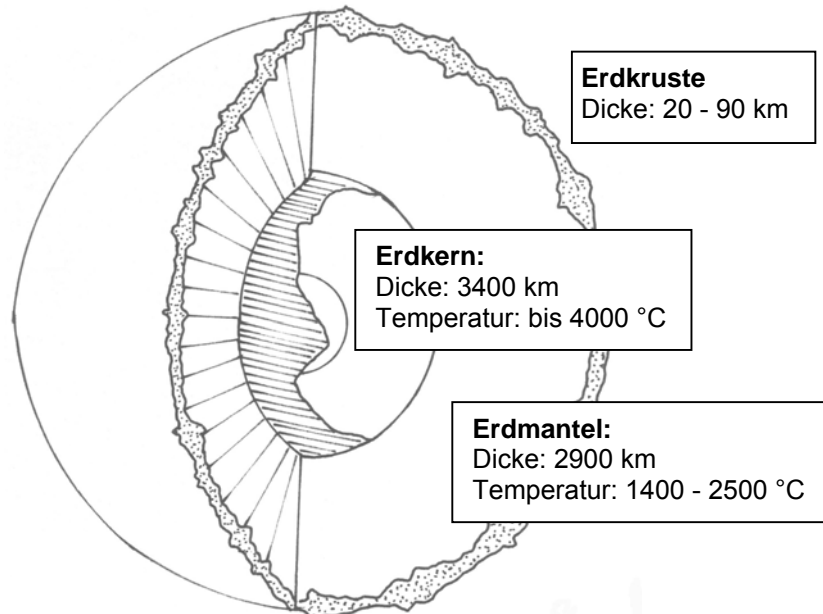


Abb.1: Schalenbau der Erde

Normalerweise herrschen somit erst in einer Tiefe von  $10\text{ km}$  Temperaturen, die man wirtschaftlich nutzen könnte. Bohrungen bis in diese Tiefen sind aber äußerst kompliziert und sehr teuer. Eine Nutzung der Erdwärme in dieser Form ist also wenig sinnvoll.



Abb. 2: Staaten in denen die Erdwärme genutzt werden kann

Es gibt aber Gebiete (schraffiert markierte Staaten in der Karte), in denen die zähflüssige Schmelze aus dem Erdmantel (Magma) bis wenige km unter die Erdoberfläche gelangt.

## Arbeitsblatt für die Schülerinnen und Schüler

Befinden sich dort natürliche Wasservorkommen, so ist die Nutzung der Erdwärme sehr einfach (Abb. 3). Trifft Wasser, das in Rissen oder Spalten in die Tiefe sickert, auf Gestein, das durch das Magma aufgeheizt wird, entsteht Wasserdampf, der z. B. in heißen Quellen oder Geysiren an die Erdoberfläche gelangt.

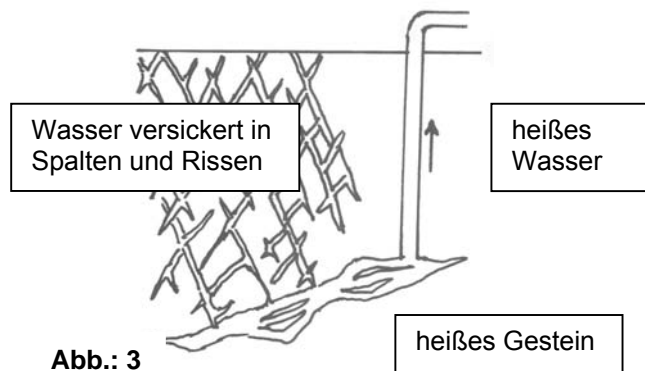


Abb.: 3

In Island z. B. bohrt man diese heißen Quellen an und nutzt den Wasserdampf in einem sogenannten geothermischen Kraftwerk zum Antrieb von Generatoren.<sup>1</sup> Rohre leiten das auf über 200° C aufgeheizte Wasser aus 500 bis 2000 m Tiefe in Anlagen, wo es u. a. von Salzen gereinigt wird. Anschließend erwärmt es Süßwasser auf 90° C, das dann in großen Tanks gespeichert wird. Kraftwerke, die mit dem von der Erdwärme erhitzten Wasser betrieben werden, erzeugen den lebensnotwendigen Strom. Die Nutzung der Erdwärme ist umweltfreundlich. Sie ist auch insofern von Vorteil, da Island weder Kohle- noch Erdölvorkommen besitzt.

Eine wirtschaftliche Erzeugung von elektrischer Energie ist erst bei Temperaturen von mehr als 130° C möglich. Wird diese nicht erreicht, so kann die Erdwärme für Heizzwecke genutzt werden. Ein weit verzweigtes Rohrsystem versorgt u. a. die Hauptstadt Reykjavik mit dieser Erdwärme in Form von Heißwasser. Man nutzt sie zum Heizen, Duschen und in den Gewächshäusern. Durch die Erdwärme werden mehr als 85 % der Haushalte Islands mit Heißwasser versorgt.

Islands Vorräte an Erdwärme sind riesengroß. Wegen der dünnen Besiedlung plant man, elektrische Energie durch ein Unterwasserkabel aufs Festland zu exportieren. Hamburg möchte z. B. ab 2015 in Island erzeugten Strom importieren.

Mit dem sogenannten Hot-Dry-Rock-Verfahren (Abb. 4) lässt sich die Erdwärme auch dort nutzen, wo keine natürlichen Wasservorkommen als Wärmeträger vorhanden sind, sondern nur heißes, trockenes Gestein. Das Gestein wird dann angebohrt, durch starken Druck werden in ihm große Risse erzeugt. Dann presst man kaltes Wasser durch das Bohrloch ein, dieses nimmt in den künstlichen erzeugten Rissen die Gesteinswärme auf und gelangt als Heißwasser oder Dampf durch ein zweites Bohrloch zur Erdoberfläche zurück.

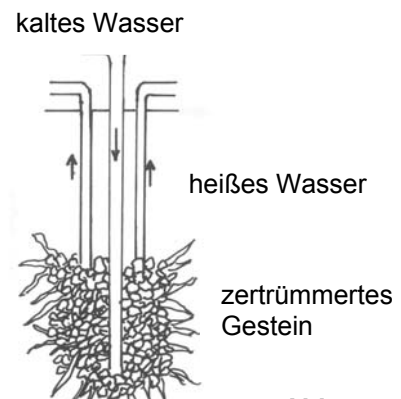


Abb.: 4

geothermisch

geo [griech.] = Erde, thermos [griech.] = Wärme

Hot-Dry-Rock-Verfahren

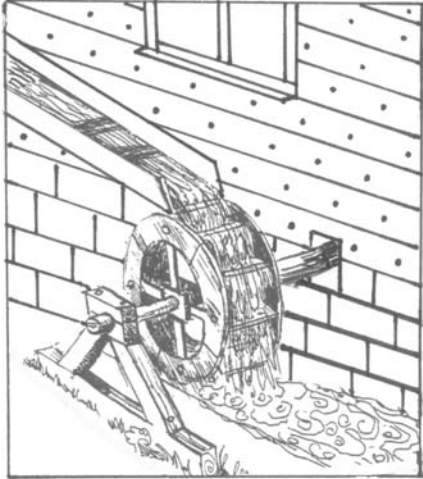
hot = heiß, dry = trocken, Rock = Fels, Gestein

<sup>1</sup> Ende 2007 wurde in Landau/Pfalz das erste industrielle Erdwärmekraftwerk in Deutschland in Betrieb genommen. (Suche im Netz unter „Geothermiekraftwerk Landau“)

## Arbeitsblatt für die Schülerinnen und Schüler

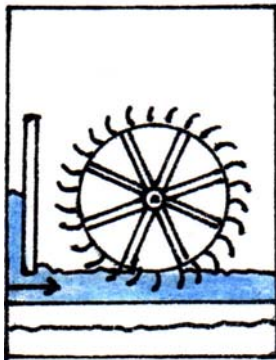
### Wasserkraft

Fließendes Wasser ist eine kostenlose Energiequelle. Schon in frühester Zeit wurden einfache Anlagen genutzt.



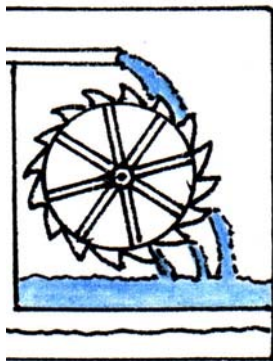
Bereits 300 v.Chr. waren erste wassergetriebene Mühlen im Einsatz, um aus Getreide Mehl herzustellen.

Heute findet man Wasserräder gelegentlich noch an Bächen und kleinen Flussläufen bei Mühlen und Sägewerken. Dabei kann man zwei verschiedene Modelle unterscheiden:



Unterschlächtiges Wasserrad:

Die Bewegungsenergie des mit großer Geschwindigkeit fließenden Wassers verrichtet Arbeit am Wasserrad. Das Wasserrad dreht sich und bewegt über ein einfaches Getriebe die Mühlensteine. So kann das Getreide mit der Wasserenergie gemahlen werden.



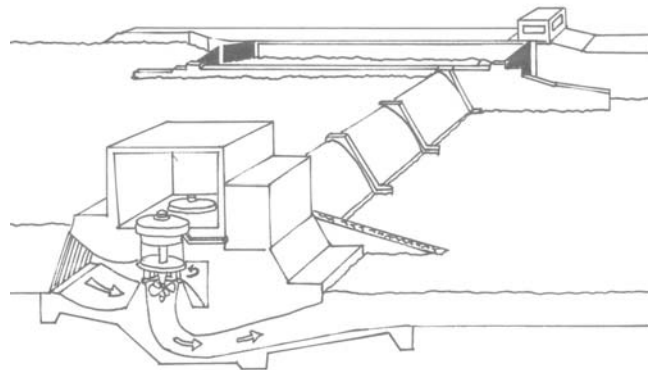
Oberschlächtiges Wasserrad:

Bei diesem Modell wird die Lageenergie des von oben herabstürzenden Wassers genutzt, um das Wasserrad anzutreiben.

An einigen Mittelgebirgsflüssen (z. B. Mosel, Lahn) hat man Laufwasserkraftwerke oder Flusstäue errichtet. Das Wasser wird durch Wehre oder Stufen aufgestaut, die Fallhöhe ist geringer als 20 m. Da man Schleusen bauen muss, um die Schifffahrt aufrecht zu erhalten, eignen sich diese Anlagen bei den großen Flüssen (Rhein, Elbe...) nicht. Sie würden die Schifffahrt zu stark behindern. Durch die Energie des fließenden Wassers werden Turbinen angetrieben (siehe Skizze).

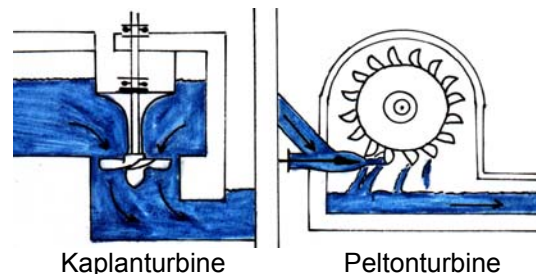


## Arbeitsblatt für die Schülerinnen und Schüler

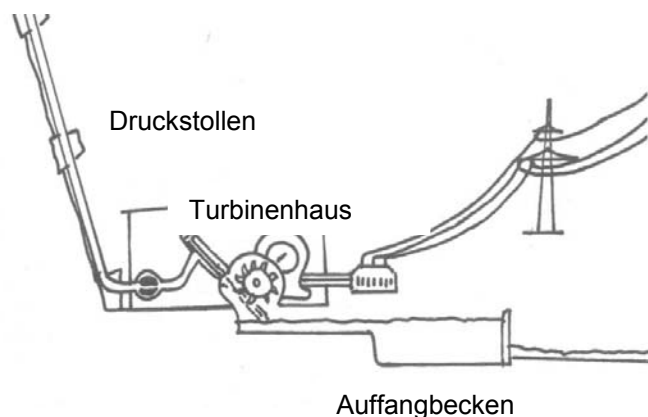


Speicherkraftwerke oder Talsperrenkraftwerke findet man in den niederschlagsreichen höheren Lagen der Mittelgebirge. So gewinnt man z. B. im Sauerland Trinkwasser für das Ruhrgebiet. Gleichzeitig dienen die Talsperren der Energiegewinnung. Hohe Dämme oder eine Staumauer sind nötig, die Fallhöhe liegt zwischen 35 und 300 m.

Die nebenstehenden Abbildungen veranschaulichen noch einmal die Wirkungsweise der eingesetzten Turbinen. In der Skizze oben sind sogenannte Kaplan-turbinen, in der Skizze unten dagegen Freistrah- oder Peltonturbinen eingebaut.



Pumpspeicherwerke findet man vor allem im Hochgebirge. Das Wasser der Speicherbecken wird den Turbinen über Druckstollen zugeführt. In Druckleitungen stürzt das Wasser über beträchtliche Höhenunterschiede herab (beim Walchenseekraftwerk 195 m, beim Kraftwerk Kaprun ca. 800 m).



## **Arbeitsblatt für die Schülerinnen und Schüler**

In Europa ist die wirtschaftlich sinnvolle Nutzung der Wasserenergie weitgehend ausgeschöpft, in der Schweiz, in Österreich, Norwegen und Schweden spielt die Wasserkraft eine bedeutende Rolle. In den Entwicklungsländern bestehen noch beachtliche Erweiterungsmöglichkeiten, in Südamerika werden erst 5 %, in Asien 7 % und in Afrika 1,4 % der möglichen Reserven genutzt.

(stark gekürzt und verändert nach „BINE Informationsdienst“ )

### **2.2.4.2 Handelsformen von Energieträgern**

#### **Lerninhalte**

- Die Zeitung, das Internet oder ortsansässige Energieversorger als Informationsquellen für die Preise ausgewählter Energieträger (Heizöl, Erdgas, Elektrischer Strom)
- Auswahl und Bewertung von statistischen Materialien
- Erste Bewertung der einzelnen Handelsformen

#### **Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung**

Als Einstieg bieten sich Broschüren der regionalen Energieversorger oder eine konkrete Situation aus der Schülerumwelt an (M1). Interessante Aspekte sind dabei u. a. die Preisgestaltung, die Verfügbarkeit der Energieträger und die Umweltverträglichkeit. Entsprechende Informationen werden den Schülerinnen und Schülern in Form von Texten, Tabellen ... zur Verfügung gestellt, bzw. durch eigene Recherchen ergänzt. Die Schülerinnen und Schüler informieren sich durch die unterschiedlichsten Quellen (Zeitung, ortsansässige Energieversorger, Internet ...), bewerten diese, führen eine erste, einfache Kosten-Nutzen-Analyse durch und diskutieren die Vor- und Nachteile der möglichen Energieträger in der Gruppe.

Bei der Internetrecherche können sich die Schülerinnen und Schüler durch die Eingabe ausgewählter Begriffe (Erdölpreis, Erdgaspreis, Heizölpreis ....) in Suchmaschinen oder über die Adressen der ortsansässigen Energieversorger informieren. Da in dieser Unterrichtssequenz der Auswahl und Bearbeitung von aktuellen Statistiken und Schaubildern besondere Bedeutung zukommt, sollte auch auf die Grenzen und Gefahren statistischer Aussagen (Manipulation) eingegangen werden.

Außerdem besteht die Möglichkeit, ausgewähltes Zahlenmaterial (M2) in einer grafischen Darstellung umzusetzen. Hier bietet sich die Möglichkeit der Arbeit im Computerlabor an (Anwendungsprogramm Excel).

## Materialien:

### M1

Der 14-jährige Felix wohnt mit seinen Eltern in einem Altbau. Nach einer kleinen Erbschaft soll sich nun einiges ändern. Modernisierung, Anbau, zweites Bad, neue Heizungsanlage, ... . Doch für welchen Energieträger soll man sich entscheiden? Gas, Heizöl, Strom ...?

Man informiert sich in diesem Zusammenhang bei Verwandten, Bekannten und durch Gespräche mit Fachleuten. Dann setzt man sich zum Gespräch zusammen und berät sich.

### Aufgabe 1:

Erkundige dich ...

- in der Tageszeitung nach dem Preis für 1 l Heizöl;
- beim zuständigen Energieversorger (Adresse und Telefonnummer über die Eltern oder die letzte Abrechnung zu erfragen) nach dem Preis für 1 m<sup>3</sup> Erdgas;
- beim zuständigen Energieversorger nach dem Preis für 1 kWh (Kilowattstunde) elektrische Energie.

Die ausgewählten Energieträger haben folgende Energieinhalte:

Energieträger	1 Liter Heizöl	1 m <sup>3</sup> Erdgas	1 kWh Elektrischer Strom
Energiebetrag (in kJ)	42 000	31 000	3 600

### Aufgabe 2:

Berechne jeweils die Kosten für einen Energiebetrag von 1000 kJ, die beim Einsatz der oben genannten Energieträger anfallen.

### Aufgabe 3:

Für die Heizung und die Warmwasserbereitung eines Einfamilienhauses werden in einem Jahr 5 000 m<sup>3</sup> Erdgas benötigt.

- a) Welche Energie wird in diesem Haus jährlich umgesetzt?
- b) Was kostet die umgesetzte Energie bei den von dir erfragten Preisen?
- c) Welche Energieträger werden in deinem Haushalt eingesetzt?

Außer dem Preis für den Energieträger sind andere Faktoren von Bedeutung, wenn man einen Vergleich anstellt. Befrage deine Eltern, was sie bewogen hat, sich für die im Haushalt eingesetzten Energieträger zu entscheiden.

## M2 Entwicklung der Rohölpreise (1972 – 1999)

Jahr	Preis *)
1972	36
1973	41
1974	112
1975	111
1976	122
1977	122
1978	105
1979	139
1980	228
1981	309

Jahr	Preis *)
1982	308
1983	289
1984	311
1985	311
1986	127
1987	125
1988	103
1989	128
1990	139
1991	126

Jahr	Preis *)
1992	113
1993	104
1994	96
1995	93
1996	116
1997	125
1998	85
1999	120

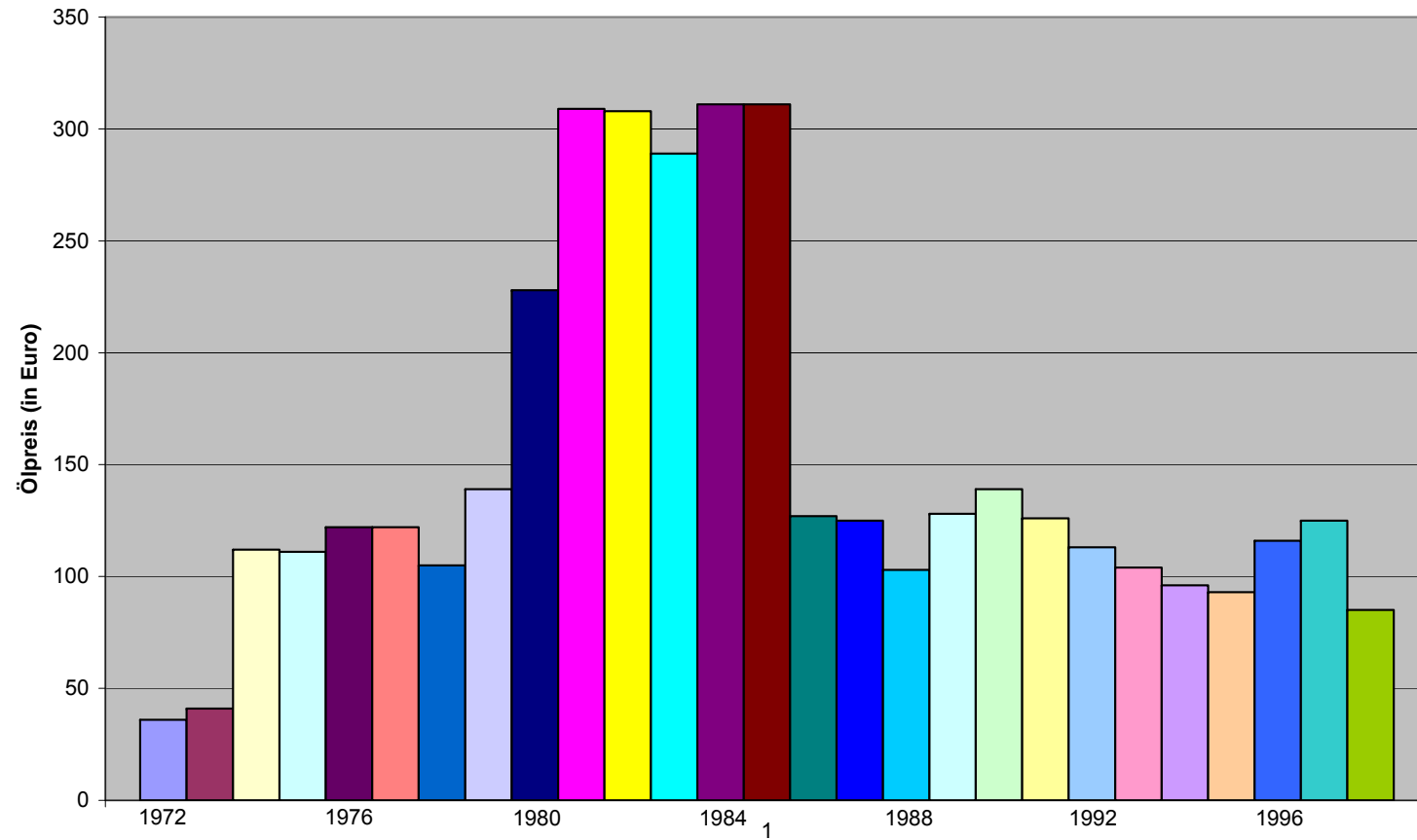
\*) Preis frei deutsche Grenze in Euro je Tonne; Durchschnitt über alle Rohöl-Sorten verändert nach Platts, Bundesamt für Wirtschaft

Unter der Adresse <http://www.tecson.de/poelhist.htm> finden sich Hinweise zur Entwicklung der Erdölpreise/Rohölpreise zwischen 1960 und 2005. Außerdem finden sich Hinweise zu folgenden Themen: Aktuelle Entwicklung der Rohölpreise 2005-2008 und Die aktuellen Heizölpreise in Deutschland.

### Aufgaben:

- Veranschauliche die Entwicklung der Rohölpreise in einem Excel-Diagramm.
- Welche Folgen hat die Veränderung der Rohölpreise für die Verbraucher?
- Informiere dich über den aktuellen Rohölpreis und ergänze die Daten.

### Entwicklung der Rohölpreise



Lösung zu Aufgabe 1: Entwicklung der Rohölpreise

## 2.3 Energieumwandlung

### 2.3.1 Die Sonne - unsere Energiequelle

#### Lerninhalte:

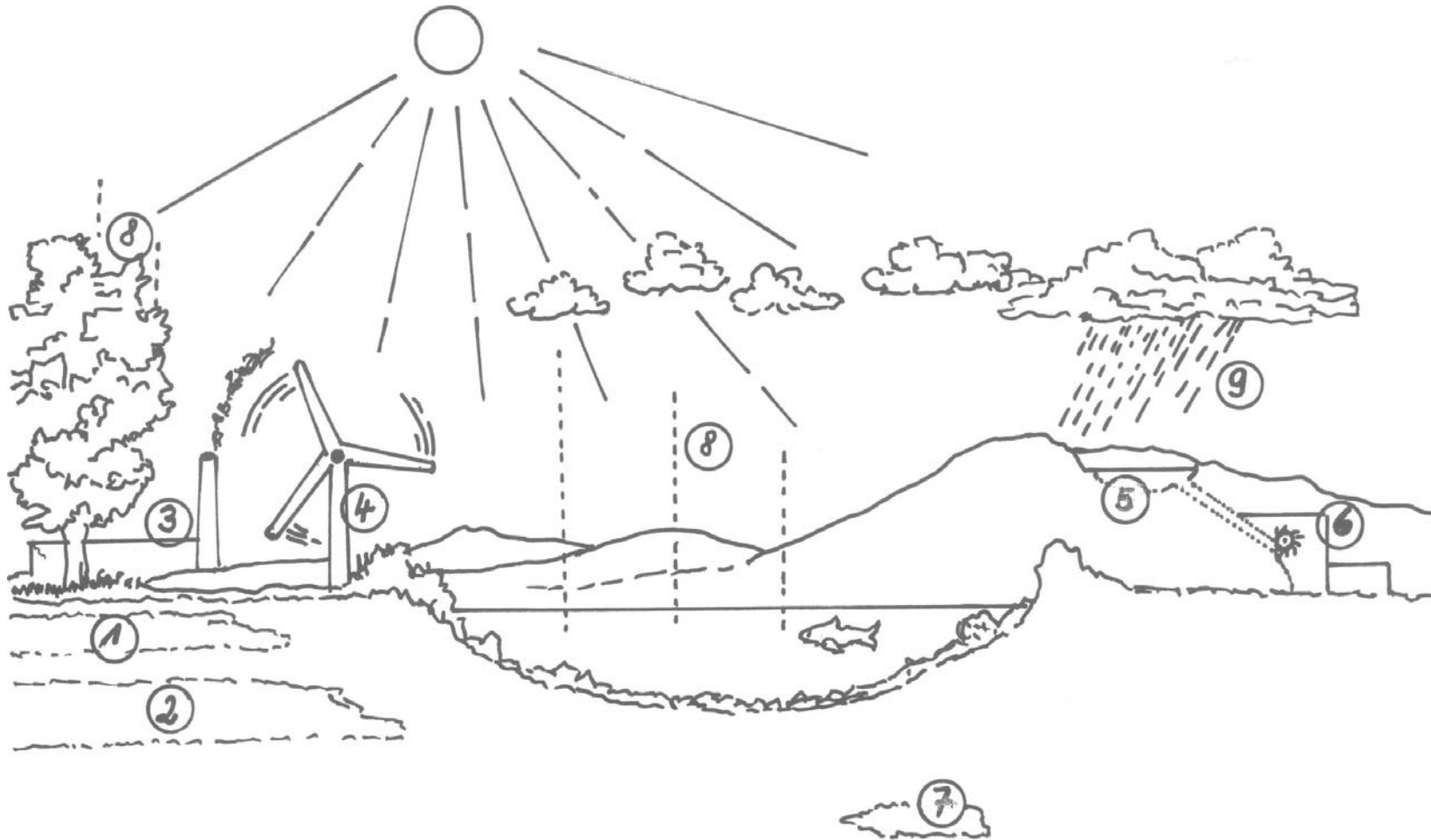
- Die Sonne ist die bedeutendste Energiequelle der Erde.
- Über die Photosynthese wird die Strahlungsenergie der Sonne in den Pflanzen als chemische Energie gespeichert. Diese nutzen wir bei der Verwendung der Energieträger Braunkohle, Steinkohle, Erdöl und Erdgas.
- Der Wasserkreislauf - und damit die Energie des Wassers in Lauf- und Speicherkraftwerken - ist auf die Sonnenstrahlung zurückzuführen.
- Der Wind, den wir beim Betrieb der Windkraftträder nutzen, ist als Ausgleichsbewegung zwischen Gebieten hohen bzw. tiefen Luftdrucks Folge der unterschiedlichen Sonneneinstrahlung.

#### Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung:

Die Folie M1 wird den Schülerinnen und Schülern als stummer Impuls vorgegeben. Im Unterrichtsgespräch beschreiben die Lernenden die Skizze und stellen erste Vermutungen an. Einige Elemente der Skizze sind ihnen u. U. schon vom Wasserkreislauf her bekannt. Weitere Hinweise liefern der Folientitel und die Erläuterungen zu den Folieninhalten (1), (2) und (7), die ohne Hilfe nicht zu erkennen sind. Die Folie kann der Lerngruppe auch als Arbeitsblatt zur Verfügung gestellt werden. In diesem Fall könnten die Schülerinnen und Schüler die Vorlage bunt anmalen. Zur Sicherung des Unterrichtsgesprächs ergänzen die Schülerinnen und Schüler den Lückentext (M2). Als erstes Zwischenergebnis wird dabei erarbeitet, dass fast alle Energie, die wir nutzen, über die Strahlungsenergie der Sonne zu uns auf die Erde kommt und dort in chemische Energie, Lageenergie oder Bewegungsenergie umgewandelt wird.

Materialien:

M1: Folienvorlage/Kopiervorlage: Die Sonne versorgt uns mit Energie



Braunkohleflöz, (2) Steinkohleflöz, (7) Erdgas- oder Erdöllagerstätte

## Arbeitsblatt für die Schülerinnen und Schüler

### Aufgaben:

- 1) Male die Vorlage „Die Sonne versorgt uns mit Energie“ bunt an.
- 2) Ergänze den folgenden Lückentext.

### M 2: Lückentext

Setze die folgenden Lückenwörter an der richtigen Stelle ein:

Braun, Bewegungs-, chemische, chemische, fossilen Energieträger, Erdöl, erwärmt, gas, kondensiert, kühlt, Lage-, regnet, Stauseen, Steinkohle, Sonnenstrahlung, Strahlungsenergie, verdunstet, Verteilung, Wärmekraftwerken, Wasserkraftwerken, Wassermühlen, Wind, Windkrafträdern, Windmühlen

Die Pflanzen speichern die ..... der Sonne als ..... Energie. Unter bestimmten klimatischen Verhältnissen entstehen im Laufe von Millionen Jahren aus abgestorbenen und luftdicht abgedeckten Pflanzen ..... (2) und ..... -kohle (1), Erd..... und ..... (7). Beim Verbrennen dieser ..... in ..... - ..... (3) nutzen wir heute die in ihnen gespeicherte chemische Energie.

Auch die Windkraft ist Folge der ..... . Die geografische Breite und die ..... von Land und Wasser bedingen, dass die Sonneneinstrahlung die Erdoberfläche nicht gleichmäßig ..... . Als Folge der unterschiedlichen Erwärmung bilden sich Hoch- und Tiefdruckgebiete, zwischen denen als Ausgleichsbewegung der Luftmassen der ..... weht. Diese Windenergie wurde früher in ....., heute in ..... (4) genutzt.

Durch die Strahlungsenergie der Sonne ..... (8) Wasser. Feuchte, warme Bodenluft steigt auf, ..... sich in der Höhe ab und ..... . Wolken bilden sich, es ..... (9). Der Niederschlag wird in ..... (5) gespeichert. Die Energie dieses Wassers wurde früher in ....., heute in ..... (6) genutzt.

Zusammenfassend können wir also sagen: Die Strahlungsenergie der Sonne gelangt zur Erde und wird dort in .....Energie, ..... Energie oder ..... Energie umgewandelt.



## **Lösung zu M2:**

Die Pflanzen speichern die Strahlungsenergie der Sonne als chemische Energie. Unter bestimmten klimatischen Verhältnissen entstehen im Laufe von Millionen Jahren aus abgestorbenen und luftdicht abgedeckten Pflanzen Steinkohle (2) und Braunkohle (1), Erdöl und Erdgas (7). Beim Verbrennen dieser fossilen Energieträger in Wärmekraftwerken (3) nutzen wir heute die in ihnen gespeicherte chemische Energie.

Auch die Windkraft ist Folge der Sonnenstrahlung. Die geografische Breite und die Verteilung von Land und Wasser bedingen, dass die Sonneneinstrahlung die Erdoberfläche nicht gleichmäßig erwärmt. Als Folge der unterschiedlichen Erwärmung bilden sich Hoch- und Tiefdruckgebiete, zwischen denen als Ausgleichsbewegung der Luftmassen der Wind weht. Diese Windenergie wurde früher in Windmühlen, heute in Windkraftträdern (4) genutzt.

Durch die Strahlungsenergie der Sonne verdunstet (8) Wasser. Feuchte, warme Bodenluft steigt auf, kühlt sich in der Höhe ab und kondensiert. Wolken bilden sich, es regnet (9). Der Niederschlag wird in Stauseen (5) gespeichert. Die Energie dieses Wassers wurde früher in Wassermühlen, heute in Wasserkraftwerken (6) genutzt.

Zusammenfassend können wir also sagen: Die Strahlungsenergie der Sonne gelangt zur Erde und wird dort in chemische Energie, Bewegungsenergie oder Lageenergie umgewandelt.

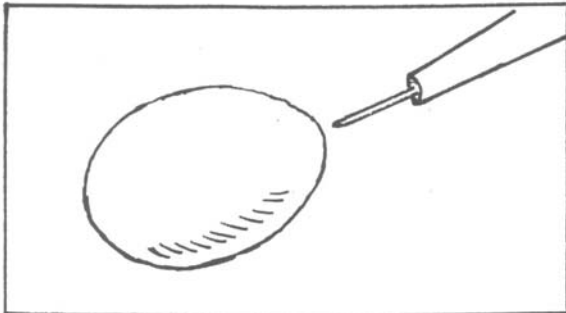
## 2.3.2 Bau einfacher, phantasievoller Energiewandler

### 2.3.2.1 Wir basteln ein Dampfschiff und erproben seine Funktionsweise

#### Benötigte Materialien:

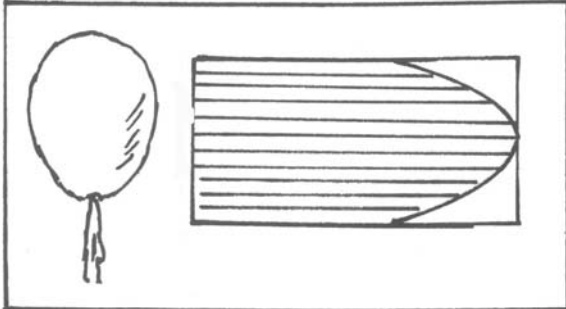
Wasser, (zugeschnittene) weiche Holzbretter, Teelicht, 1 Ei, Stecknadeln

#### Versuchsbeschreibung:

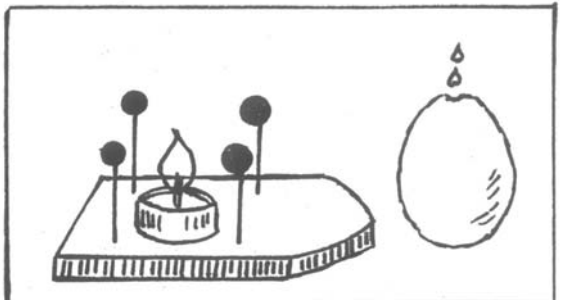


Mit einer Nadel sticht man vorsichtig ein Loch in die Eischale (siehe Skizze) und erweitert die Öffnung vorsichtig mit einer spitzen Schere.

Alternative: Man kann auch zwei Löcher in die Eischale stechen, das Ei ausblasen und anschließend ein Loch wieder gut mit einem Kleber verschließen.

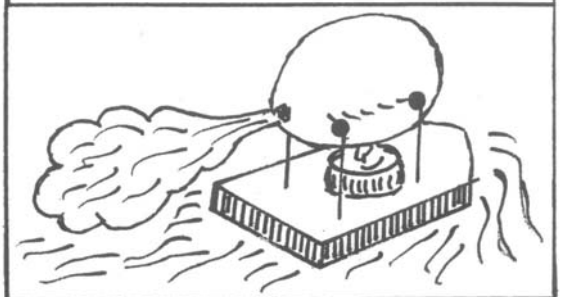


Man schüttelt die Eimasse heraus. Es empfiehlt sich, das Innere anschließend gut auszuspülen, um beim späteren Erwärmen unangenehme Gerüche auszuschließen. Die weichen Holzbretter werden zugeschnitten (siehe Skizze).



In die Mitte des in Bootsförmigkeit zugeschnittenen Holzplättchens stellt man ein Teelicht (oder klebt es dort fest) und steckt vier Stecknadeln um das Teelicht herum ins Holzbrett.

Man füllt das Ei vorsichtig etwa zu einem Drittel mit Wasser und setzt es auf die Stecknadeln. Man kann das Ei zusätzlich mit kleinen Gummis befestigen.



Man zündet das Teelicht an und setzt das Brett in ein größeres, mit Wasser gefülltes Gefäß (Aquarium, große Schüssel, kleine Wanne, Schulteich ...).

#### Beobachtung:

---

---

---

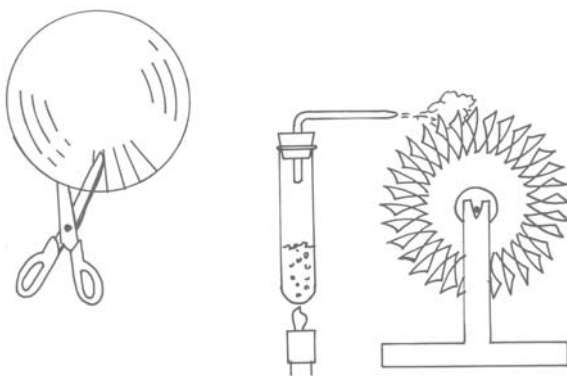
### 2.3.2.2 Wir bauen eine einfache Dampfturbine

#### Benötigte Materialien:

Stativmaterial, Dosendeckel, Flachzange, Stricknadel, Korkscheiben, Holzbrett (10 x 10 cm), Holzständer (aus etwa 5 mm starkem Sperrholz), dickwandige Reagenzgläser, Glasröhrchen, durchbohrte Gummistopfen, Gasbrenner

Unter Umständen empfiehlt es sich, dass die Lehrerin oder der Lehrer die Holzbretter und die Holzständer bereits zuschneidet. Es bietet sich auch an, diese Teile im Werkunterricht bearbeiten zu lassen

#### Vorbereitung:



Schneide den Dosendeckel vom Rand her ein und durchbohre ihn in der Mitte (siehe Abbildung).

Biege mit einer Flachzange die einzelnen Blechstreifen so um, dass ihre äußeren Enden quer zur inneren Scheibe stehen.

Schneide mit einer Laubsäge die Ständer aus (siehe Abbildung).

Stecke die Stricknadel durch die Bohrung im Scheibenmittelpunkt.

Klemme die Scheibe mit zwei Korkscheiben fest.

Lege die Stricknadel in die Kerben des Ständers.

Fülle das Reagenzglas etwa zu einem Drittel mit Wasser und verschließe es gut mit einem durchbohrten Stopfen, durch den du ein Glasröhrchen steckst.

Befestige das Reagenzglas mit Hilfe des Stativmaterials so, dass die Glasspitze auf die gebogenen Blechstreifen zeigt (siehe Skizze).

Erwärme mit dem Teelicht das Wasser bis zum Sieden.

#### Beobachtung:

---

---

---

**Erklärung:** In beiden Versuchen findet eine Energieumwandlung statt.

**Chemische Energie**    ⇒    **Wärmeenergie**    ⇒    **Bewegungsenergie**

## 2.3.3 Bau und Funktionsweise einfacher, regenerativer Energiewandler

### 2.3.3.1 Bau und Erprobung eines einfachen Sonnenkollektors

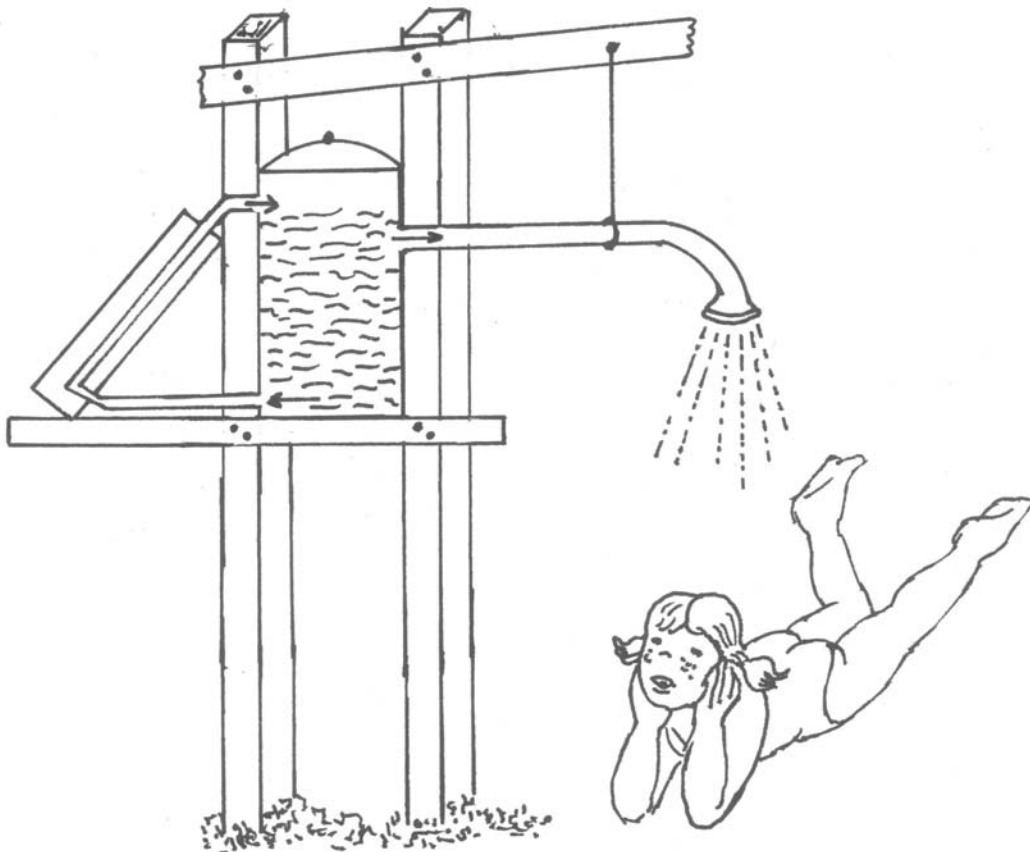
#### Lerninhalte

#### Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

Der Einstieg in die Unterrichtsreihe kann als stummer Impuls über eine Folie erfolgen, die einen einfachen, phantasievollen Energiewandler zeigt (M1). Die Schülerinnen und Schüler benennen die einzelnen Bauteile, beschreiben den Aufbau und werden sich sicher auch zur Funktionsweise und zu Stärken bzw. Schwächen der Anlage äußern. Sie sprechen als Ziel der Anlage an, das Wasser so weit zu erwärmen, dass die „Dusche“ angenehm temperiertes Wasser liefert. Das Unterrichtsgespräch führt zur Idee, selbst eine einfache Anlage zu bauen, die warmes Wasser liefert (M2, M3). Im Vordergrund steht dabei, dass jede Kleingruppe (drei bis vier Schülerinnen und Schüler) mit einfachen Hilfsmitteln ein möglichst einfaches Modell entwickelt. Schritt für Schritt überprüfen die Schülerinnen und Schüler, durch welche baulichen Veränderungen die Effektivität des Modells verbessert werden kann.

#### Materialien

#### M1: Folie oder Kopiervorlage „Phantasievoller Energiewandler“



## Arbeitsblatt für die Schülerinnen und Schüler

### M2: Vorversuch

#### Benötigte Materialien:

Thermometer, Uhr, Stift, Unterlage

#### Vorversuch:

- Markiert auf dem Schulhof eine Stelle im schattigen bzw. von der Sonne beleuchteten Bereich.
- Legt dort ein Thermometer so auf eine Unterlage, dass es mit dem Fühler weder die Unterlage noch den Erdboden berührt.
- Messt (für eine Dauer von 10 Minuten) nach jeweils 60 Sekunden die Lufttemperatur.
- Notiert die Werte in einer Tabelle nach folgender Vorlage.

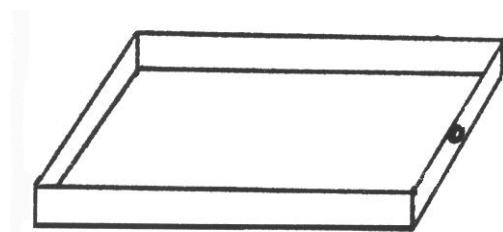
**Messwerte** (Zusammenstellung der Messwerte aller Kleingruppen):

	T (°C)	T (°C)	T (°C)	T (°C)	T (°C)	T (°C)	T (°C)
<b>schattige Stellen</b>							
zu Versuchsbeginn							
nach 1 Minute							
...							
nach 10 Minuten							
<b>von der Sonne beleuchtet</b>							
zu Versuchsbeginn							
nach 1 Minute							
...							
nach 10 Minuten							

### M3: Hinweise zum Nachbau einer einfacher Kollektoranlage

#### Benötigte Materialien:

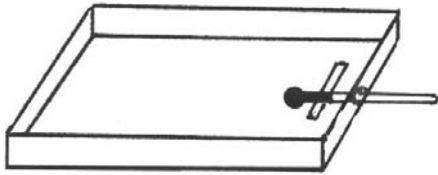
Schuhkarton für jede Kleingruppe, Frischhaltefolie, Alufolie, schwarzer Karton, Schlauchstücke, Tesafilm, Stativmaterial oder Holzklötzchen zur Ausrichtung der Kartons, Korken, Stopfen oder Klemmen, kleine Pumpen (Firma Faller), Thermometer, Uhr



Bohrt in die Stirnseite eines Kartons (Schuhkarton) ein Loch. Es sollte etwa 1 cm vom Boden angebracht werden und nur so groß sein, dass man ein Thermometer hindurchstecken kann.

## Arbeitsblatt für die Schülerinnen und Schüler

### V1: Wir messen die Temperatur im „offenen“ Karton



#### Versuchsbeschreibung:

- Steckt das Thermometer durch das Loch in der Stirnseite des Kartons.
  - Sorgt durch eine Unterlage (Stift, Holz, ...) dafür, dass der Fühler des Thermometers den Boden nicht berührt.
- Stellt den Karton an den im Vorversuch markierten Stellen des Schulhofes auf den Boden. Lest im Abstand von 1 Minute für die Dauer von 5-10 Minuten die Temperatur ab.
  - Tragt die Messwerte in eine Tabelle nach folgender Vorlage ein.

#### Messwerte zu V1:

	T (°C)	T (°C)	T (°C)	T (°C)	T (°C)	T (°C)	T (°C)
<b>schattige Stellen</b>							
zu Versuchsbeginn							
nach 1 Minute							
...							
nach 10 Minuten							
<b>von der Sonne beleuchtet</b>							
zu Versuchsbeginn							
nach 1 Minute							
...							
nach 10 Minuten							

### V2: Wir messen die Temperatur im „verschlossenen“ Karton

- „Verschließt“ den Karton mit Frischhaltefolie.
- Stellt den Karton an die im Vorversuch markierte, von der Sonne beleuchtete Stelle.
- Lest im Abstand von 1 Minute für 5-10 Minuten die Temperatur ab und tragt die Messwerte in die Tabelle ein.

#### Messwerte zu V2 und V3:

	T (°C)	T (°C)	T (°C)	T (°C)	T (°C)	T (°C)	T (°C)
<b>mit Frischhaltefolie</b>							
zu Versuchsbeginn							
nach 1 Minute							
...							
nach 10 Minuten							
<b>mit Alufolie</b>							
zu Versuchsbeginn							
nach 1 Minute							
...							
nach 10 Minuten							

### V3: Wir „verkleiden“ das Innere des Kartons

- Entfernt vorsichtig die Folie.
- „Verkleidet“ mit Alufolie oder schwarzer Pappe die Innenflächen des Kartons.
- „Verschließt“ anschließend den Karton mit der Folie.
- Lest im Abstand von 1 Minute für 5-10 Minuten die Temperatur ab und trägt die Messwerte in die Tabelle ein.

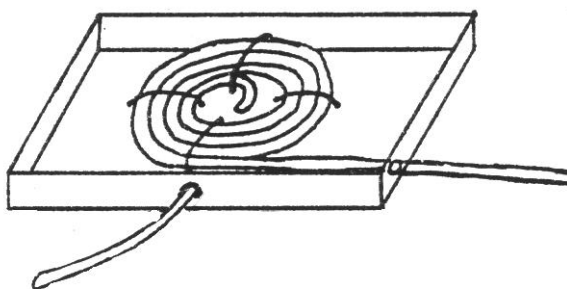
### V4: Wir verändern den Neigungswinkel des Kartons zur Sonne

- Verändert den Neigungswinkel des Kartons zur Sonne durch Unterlegen von Holzklötzen oder vergleichbaren, in der Sammlung vorhandenen Materialien.
- Lest im Abstand von 1 Minute für die Dauer von 5-10 Minuten die Temperatur ab und trägt die Messwerte in die Tabelle ein.

#### Messwerte zu V4:

Neigungswinkel zur Unterlage	T (°C)	T (°C)	T (°C)	T (°C)	T (°C)	T (°C)	T (°C)
30 Grad							
zu Versuchsbeginn							
nach 1 Minute							
.....							
nach 10 Minuten							
60 Grad							
zu Versuchsbeginn							
nach 1 Minute							
.....							
nach 10 Minuten							

### V5: Wir „verlegen“ einen dünnen Schlauch am Boden des Kartons



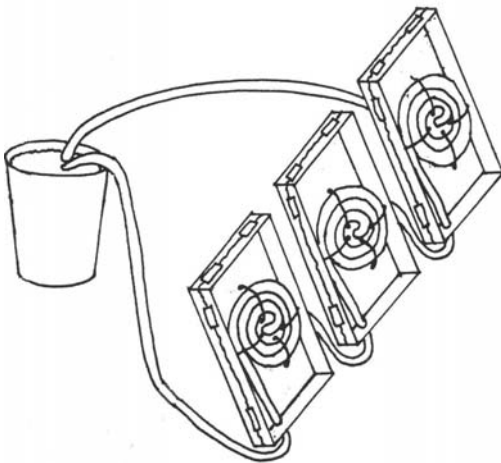
- Entfernt die Folie.
- Bohrt vorsichtig zwei Löcher in die Kartonseiten.
- „Verlegt“ einen dünnen Schlauch spiralförmig am Boden.
- Befestigt ihn mit dünnem Draht und/oder Tesa.
- Achtet darauf, dass keine Knickstellen im Schlauch entstehen.
- Verschließt den Karton wieder mit der Folie.
- Verschließt die Schlauchenden – nachdem der Schlauch mit Wasser gefüllt wurde – über Klemmen, kleine Korke oder Stopfen.

- Stellt die Kartons an den markierten, sonnigen Stellen im Bereich des Schulhofes auf.
- Als Neigungswinkel des Kartons zur Unterlage wählt man den Winkel, unter dem in V2 die stärkste Erwärmung erzielt wurde.
- Entleert nach 5 Minuten die Schläuche jeweils in ein Becherglas und bestimmt die Wassertemperatur.

**Messwerte zu V5:**

Wassertemperatur	T (°C)	T (°C)	T (°C)	T (°C)	T (°C)	T (°C)	T (°C)
zu Versuchsbeginn							
nach 5 Minuten							

**V6: Wir wälzen das Wasser mit einer kleinen Pumpe um**



- Richtet einen oder mehrere Kartons wie in Versuch 5 nach der Sonne aus.
- Baut eine Aquariumpumpe zum Umwälzen des Wassers ein.

**Hinweise:**

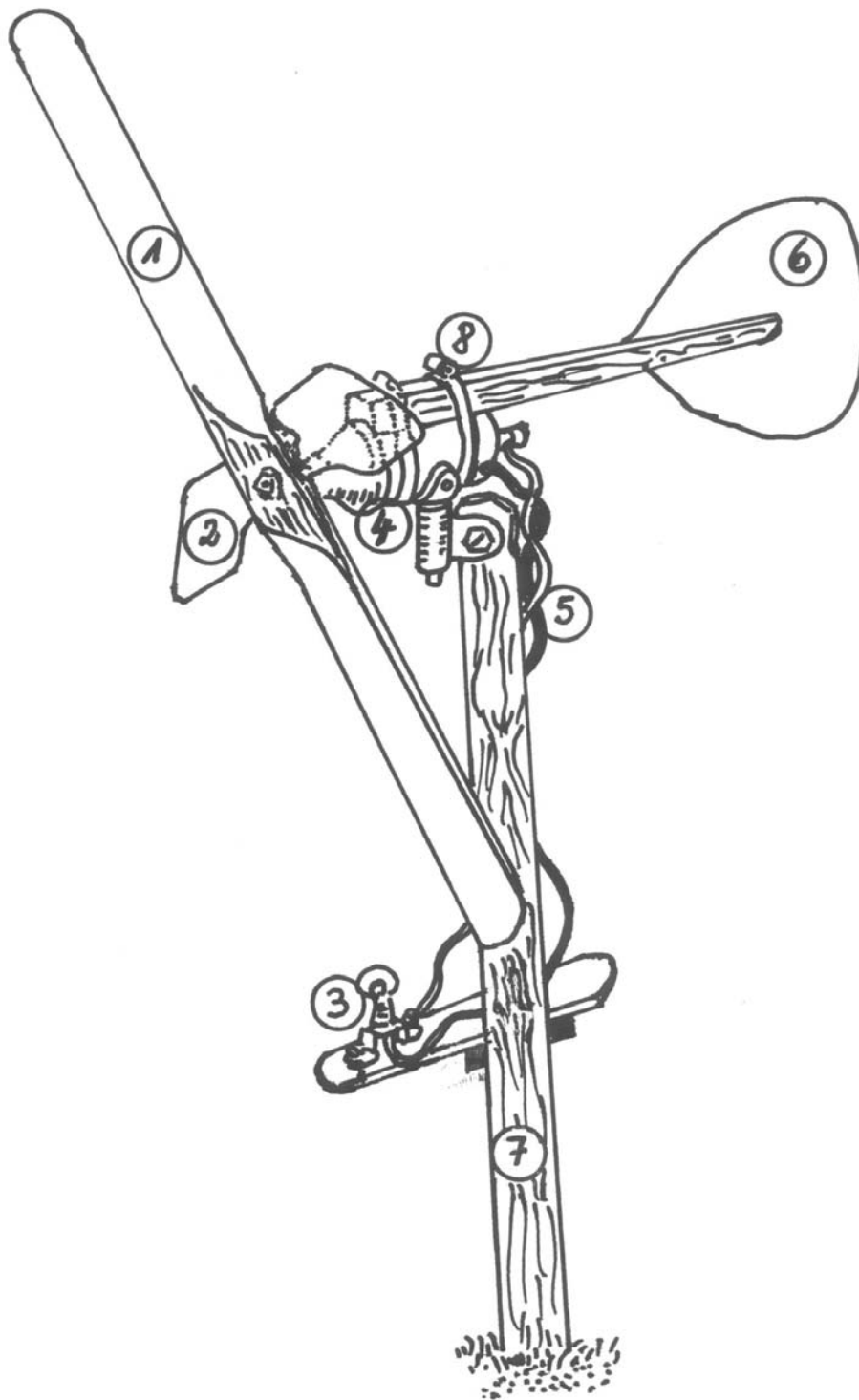
- Füllt nicht zu viel Wasser in das Vorratsgefäß. Bei geringer Wassermenge kann bereits nach kurzer Zeit eine starke Temperaturerhöhung festgestellt werden.
- Wenn ihr die Pumpe einsetzt, sollte sie nur auf schwächster Stufe betrieben werden. Dadurch strömt das Wasser sehr langsam durch das Modell und wird entsprechend stark erwärmt.
- Bestimmt die Wassertemperatur im Vorratsgefäß im Abstand von 1 Minute für die Dauer von 5-10 Minuten.
- Tragt die Messwerte in die Tabelle ein.

**Messwerte zu V6:**

Neigungswinkel zur Unterlage	T (°C)	T (°C)	T (°C)	T (°C)	T (°C)	T (°C)	T (°C)
30 Grad							
zu Versuchsbeginn							
nach 1 Minute							
.....							
nach 10 Minuten							



### 2.3.3.2 Anleitung zum Bau eines einfachen Windrades



(1) Repeller aus 50 cm langer Leiste, (2) Anlaufhilfe aus Blech, (3) Energiewandler (Glühbirne), (4) Fahrraddynamo, (5) Kabel, (6) Steuerfahne, (7) Mast, (8) Schlauchschelle

#### **Hinweis:**

Die Leistung dieses Windrades ist wegen der Eigenschaften des Fahrraddynamos auf bescheidene 3 Watt begrenzt. Diese wird aber bereits bei Windgeschwindigkeiten von etwa 5 m/s erreicht.

Von Vorteil ist die Einfachheit des Windrades. Nur der Repeller muss aus einer Holzleiste gefeilt werden (siehe Skizze unten). Die anderen Bauteile sind entweder fertig vorhanden oder sehr einfach zu basteln.

## Zusammenbau des Windrades

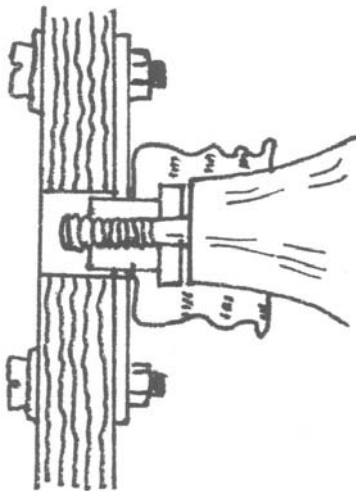
### 1. Repeller

Den Repeller können die Schülerinnen und Schüler (u. U. im Werkunterricht) aus einer Leiste ohne Äste anfertigen. Für die Verarbeitung gut geeignet sind feinporige, härtere Hölzer (Ahorn, Birke, viele Obstbäume). Von Vorteil ist eine fast parallel zu den Schnittkanten verlaufende Maserung. Verläuft die Maserung schräg, könnte sich das Holz leichter verwerfen. Die Leiste sollte etwa 50 cm lang sein und einen Querschnitt von 4 x 1 cm haben.

Zunächst schnitzen, raspeln oder feilen die Schülerinnen und Schüler die Luvseite der Blätter. Bei der Arbeit ist darauf zu achten, dass der Repeller im Uhrzeigersinn laufen soll, damit er sich nicht vom Dynamo abschrauben kann.

Nach der Bearbeitung haben die Blätter einen Querschnitt wie in Skizze 2 dargestellt. Um die Haltbarkeit des Repellers zu erhöhen, kann man ihn imprägnieren und mit Bootslack dünn lackieren. Sollte die Lackierung das Gleichgewicht stören, hilft ein weiterer Anstrich am zu leichten Ende.

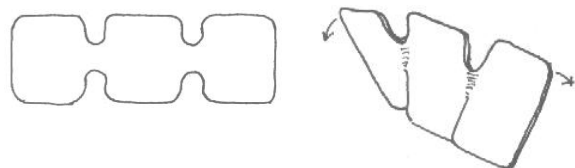
Skizze 1



Skizze 2



Skizze 3



### 2. Anfertigung der Anlaufhilfe

Die Anlaufhilfe wird aus einem 1–1,5 mm starken Blech ausgeschnitten und so verdreht (Winkel ca. 30°) wie in Skizze 3 abgebildet.

Die Bohrungen rechts oben und links unten haben einen Durchmesser von 4 mm. Die fertig vorbereitete Anlaufhilfe legt man auf den Repeller, zentriert ihn mit einem Nagel durch die Bohrung in der Mitte und versieht den Repeller durch die 4 mm-Bohrungen ebenfalls mit Löchern. Durch zwei Scheiben M4 mit Gegenmutter werden Repeller und Anlaufhilfe später verbunden.

### **3. Vorbereitung des Dynamos**

Das Reibrädchen des Dynamos wird entfernt. Dazu hält man es – z. B. mit einer Wasserpumpenzange – fest und dreht die Mutter mit einem Schlüssel los (bei den meisten Dynamos Rechtsgewinde). Danach kann man das Reibrädchen abschrauben. Die Dynamoachse wird kräftig geölt.

### **4. Zusammenbau**

Um den Repeller zu befestigen, dreht man zwei Muttern auf die Achse, zwischen denen er eingeklemmt wird. Der verbleibende Teil der Achse ist für die Befestigung zu kurz. Die Schwierigkeit löst man folgendermaßen:

Nur die Anlaufhilfe (siehe Skizze 3) wird auf den Dynamoachsendurchmesser (meist 5 mm) aufgebohrt, der Repeller aber etwas stärker (8–9 mm), so dass die Mutter im Repellerloch verschwindet und dort eingeklemmt wird (siehe Skizze 1). Die Anlaufhilfe wird fest zwischen den beiden Muttern eingespannt. Danach schraubt man den Repeller auf die Anlaufhilfe. Da diese aus dickem Blech ist, reicht die Stabilität aus.

Um zu verhindern, dass zu viel Nässe in das Dynamolager gelangt, kann man den Deckel einer Mineralwasserflasche als Regenschutz mit aufschrauben (siehe Schnittzeichnung 1).

## 2.3.4 Energieumwandlung in Natur und Technik – Von der Primärenergie zur Nutzenergie

### Lerninhalte

- In der Natur sind viele Energieträger unmittelbar vorhanden, können aber nur in begrenztem Umfang vom wirtschaftenden Menschen direkt genutzt werden.
- Primärenergie wird über Sekundärenergie in Nutzenergie umgewandelt.
- Aufbau und Funktionsweise eines Wärmekraftwerkes
- Aufbau und Funktionsweise eines Wasserkraftwerkes

### Vorüberlegungen

Gegenstände und Geräte, die wir täglich als Energieträger nutzen, haben einen entscheidenden Nachteil. Sie können nur mechanische Arbeit verrichten, Licht oder Wärme abgeben, wenn ihnen von außen Energie zugeführt wird.

Es gibt aber auch Energieträger, die in der Natur unmittelbar vorhanden sind wie Holz, Braunkohle, Steinkohle, Erdöl, Erdgas, bewegtes und aufgestautes Wasser, Wind, Sonnenstrahlung und die Erdwärme. Man nennt sie Primärenergieträger, die in ihnen gespeicherte Energie Primärenergie. Da der Mensch diese Primärenergie nur in sehr begrenztem Umfang direkt nutzen kann, wandelt er sie erst in Sekundärenergie um, die dann besser in Nutzenergie umzuwandeln ist.

### Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung:

Die Versuche „Wir basteln ein Dampfschiff“ bzw. „Wir bauen eine einfache Dampfmaschine“ haben gezeigt:

- dass die Energie des Wasserdampfes genutzt werden kann, ein Turbinenrad zu bewegen bzw.,
- dass die chemische Energie des Spiritus bzw. des Kerzenwachses in Bewegungsenergie des Modell-Dampfschiffes umgewandelt wird.

Diese Vorkenntnisse werden jetzt genutzt und auf die Energieumwandlung in der Technik übertragen. Anstelle von Kerzenwachs werden im Kraftwerk die Energieträger Kohle, Erdgas oder Erdöl eingesetzt, das Wasser im Reagenzglas entspricht dem Wasser, das im Dampfkessel aufgeheizt wird, das Turbinenrad der Turbine und der Generator sind den Schülerinnen und Schülern vom Fahrraddynamo bekannt. Am Beispiel der Wasserkraft (M1) und eines Wärmekraftwerkes (M2) setzen sich die Schülerinnen und Schüler mit der Energieumwandlung in der Technik, ausgehend von der Primärenergie bis hin zur Nutzenergie, auseinander. Das Beispiel Wasser bietet sich an, da die Energieumwandlung im einfachen Experiment veranschaulicht werden kann.

Zum Einstieg kann eine Folie als stummer Impuls vorgegeben werden. Durch die gestellte Frage sind die Schülerinnen und Schüler gefordert, erste Vermutungen anzustellen. Ausgewählte Vermutungen können dann im Unterricht überprüft werden.

Durch ein einfaches Experiment (M2) wird die Funktionsweise eines Speicherkraftwerkes veranschaulicht und gezeigt, dass die Lageenergie des Wassers im Fallrohr in Bewegungsenergie umgewandelt wird, die das Wasserrad antreibt. Durch den zusätzlichen Einbau eines Zahnradsystems kann man über einen kleinen Dynamo eine Glühlampe (4-6 Volt) betreiben und somit zeigen, dass die Bewegungsenergie in elektrische Energie umgewandelt werden kann.

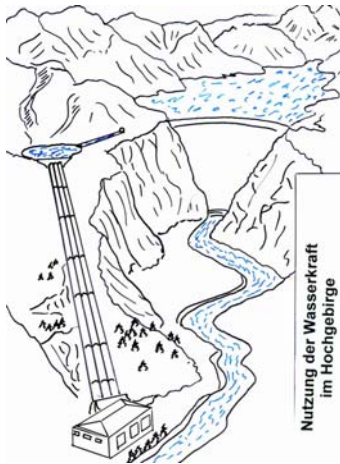
Anschließend vergleicht man das Experiment mit der Realität (M3). Entsprechende Bauteile werden dabei gegenübergestellt und die Energieumwandlung wird festgehalten.

Zur Sicherung und Festigung kann die Energieumwandlung im Wärmekraftwerk thematisiert werden (M4). Die Schülerinnen und Schüler erläutern mit Hilfe der Skizze, die man als Folie vorgeben kann und der ausgewählten Begriffe die Energieumwandlung im Wärmekraftwerk (M5).

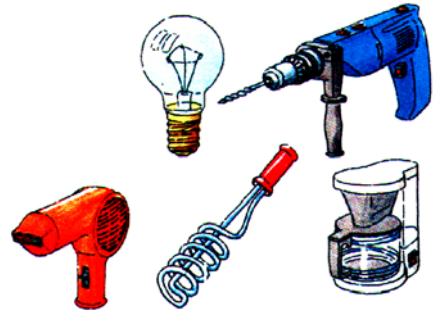
Das Material (M6) dient der Klärung von Fachbegriffen und einer weiteren Vertiefung und Festigung der Energieumwandlung in Natur und Technik und den dabei auftretenden Schwierigkeiten.

### 2.3.4.1 Energieumwandlung in Wasserkraftwerken

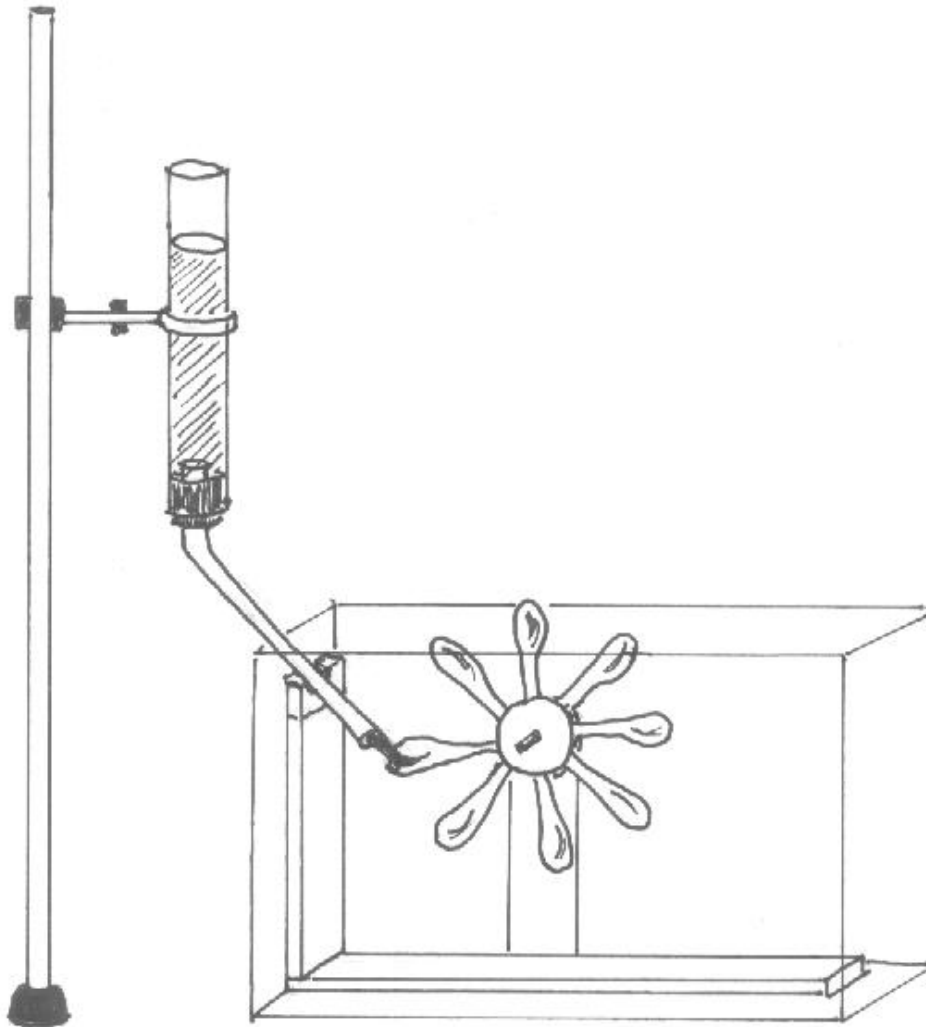
#### M1: Folie als Einstieg



?



#### M2: Versuch zur Veranschaulichung der Funktionsweise eines Speicherkraftwerkes

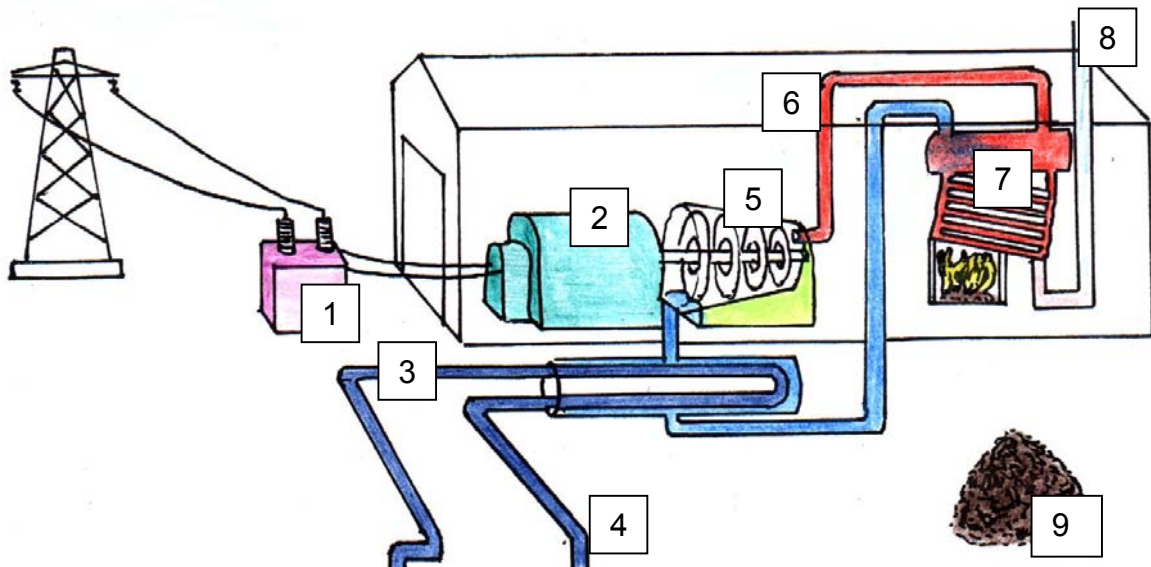


### M3: Vom Versuch zur Realität:

Experiment	Realität	Energieumwandlung
Wasser im Glasrohr	Wasser im Staubecken	Lageenergie
Wasser im Fallrohr stürzt auf Turbine	Wasser in der Falleitung stürzt auf Turbine	↓ Bewegungsenergie
Turbine treibt Generator an	Turbine treibt Generator an	↓ Elektrische Energie
Glühlampe	Glühlampe im Haushalt	↓ Lichtenergie, Wärme

### 2.3.4.2 Energieumwandlung in Kohlekraftwerken

M4: Folie oder Kopiervorlage



Ordne den Ziffern in der Skizze die richtigen Begriffe zu!

( ) Dampfkessel, ( ) Generator, ( ) Kohlehalde, ( ) Kühlwasser, ( ) Transformator, ( ) Turbine, ( ) Wasserdampf, ( ) zum Fluss, ( ) zum Kühlturm



## Lösung:

(7) Dampfkessel, (2) Generator, (9) Kohlehalde, (3) Kühlwasser, (1) Transformator,  
(5) Turbine, (6) Wasserdampf, (4) zum Fluss, (8) zum Kühlturm

## M5: Energieumwandlung in Wärmekraftwerken

Kohle auf der Halde	chemische Energie ↓
erwärmtes Wasser im Dampfkessel	Wärmeenergie ↓
Wasserdampf treibt Turbine an	Bewegungsenergie ↓
Turbine bewegt Generator	Elektrische Energie ↓
Bauteile im Haushalt: Glühlampe, Küchenmaschine ....	Licht- und Wärmeenergie Bewegungsenergie .....

### 2.3.4.3 Von der Primär- zur Nutzenergie

#### **M6: Energieumwandlung in der Technik - von der Primär- zur Nutzenergie**

Die in Kohle, Erdöl, Erdgas, im aufgestauten oder fließenden Wasser, im Wind, in der Sonnenstrahlung oder im Erdinnern gespeicherte Energie kann der Mensch in der Regel nicht direkt nutzen, um Räume zu beheizen oder zu beleuchten oder um Maschinen oder Fahrzeuge anzutreiben. Vorher muss die in diesen sogenannten Primärenergiequellen gespeicherte Energie umgewandelt werden.

In Raffinerien (Raffinerie = meist größere Fabrik, in der Naturprodukte gereinigt oder veredelt werden), gewinnt man dabei aus Erdöl die sogenannten Sekundärenergiequellen Benzin oder Heizöl.

In Heizkraftwerken verbrennt man die fossilen Energieträger Kohle, Erdöl oder Erdgas. Ihre chemische Energie dient der Aufheizung des Wassers. Die Wärmeenergie des Wasserdampfes strömt zu den Turbinen und wird in Bewegungsenergie umgesetzt. In den angeschlossenen Generatoren wird diese in Fernwärme oder elektrische Energie umgewandelt.

Im Speicherkraftwerk bzw. in der Windkraftanlage wird die Lageenergie des gestauten Wassers bzw. die Bewegungsenergie des Windes ebenfalls in elektrische Energie umgewandelt.

Der bedeutendste und am häufigsten genutzte Sekundärenergieträger ist heute der elektrische Strom. Die elektrische Energie bietet dabei einige Vorteile:

Sie kann aus den unterschiedlichsten Primärenergiequellen gewonnen werden, man kann sie z. B. über Fernleitungen auch über größere Entfernungen transportieren. Außerdem kann man sie günstig in den unterschiedlichsten Haushaltsgeräten, Maschinen oder Anlagen in Nutzenergie umwandeln.

Die Nutzenergie ist diejenige Energie, die für den eigentlichen Nutzen umgesetzt wird. Bei einer Herdplatte ist die von ihr erzeugte Wärmeenergie die Nutzenergie, bei einer Bohrmaschine die mechanische Energie der Drehbewegung und bei einer Glühbirne die Lichtenergie.

Ein großer Nachteil der Energieumwandlung in der Technik besteht darin, dass immer dann, wenn Energie übertragen oder in eine andere Form umgewandelt wird, unerwünschte Energieumwandlungen in Form von Wärmeenergie auftreten. Dieser Teil der Energie steht bei der anschließenden Nutzung oder für weitere Umwandlungsprozesse nicht mehr zur Verfügung.

#### **Aufgaben zum Text:**

- Lies den Text aufmerksam durch.
- Notiere dir unbekannte Begriffe und markiere Textabschnitte, die du nicht verstehst.
- Notiere dir acht W-Fragen, die mit Hilfe des Textes zu beantworten sind.
- Stellt euch später in der Gruppe gegenseitig diese Fragen. Beachtet, ob die richtigen Antworten gegeben werden und korrigiert Fehler oder Ungenauigkeiten.

## 2.3.4.4 Energieumwandlung bei Pflanzen

### Lerninhalte

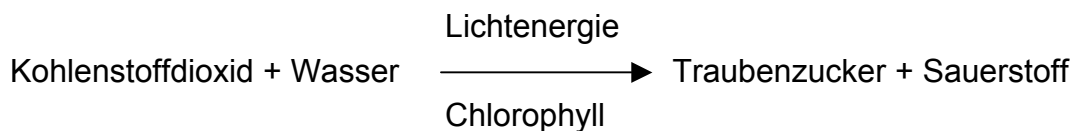
- Bei der Fotosynthese werden energiereiche Stoffe aufgebaut.
- Bei der Zellatmung werden energiereiche Stoffe abgebaut. Dabei wird die gespeicherte chemische Energie als Wärmeenergie umgesetzt.
- Wie in der Pflanzenwelt ist auch beim Menschen der wichtigste energieliefernde Vorgang in den Körperzellen der Abbau von Traubenzucker.

### Sachinformationen

Jungpflanzen, die man im Dunkeln aufzieht, wachsen zwar zunächst weiter, sie werden aber bald blassgelb oder weiß, die Blätter verkümmern. Der in die Länge wachsende Spross knickt um, schließlich stirbt die Pflanze ab.

Wachstum und Stoffwechsel sind Lebensvorgänge, bei denen Energie benötigt/umgesetzt wird.

Die Pflanzen bauen dabei ihre Nährstoffe selbst auf. Der erste Schritt ist die Bildung von Traubenzucker



Zum Aufbau des „Energielieferanten“ Traubenzucker braucht die Pflanze also die Strahlungsenergie des Lichtes, Chlorophyll, Wasser und Kohlenstoff. Der Boden liefert dabei Wasser. Kohlenstoffdioxid wird über die Spaltöffnungen der Blätter aus der Umgebungsluft aufgenommen. Der Traubenzucker wird dann in den chlorophyllhaltigen Blattzellen des Palisaden- und Schwammgewebes gebildet. Dabei entsteht dann Sauerstoff, der über die Spaltöffnungen entweicht. Diesen Nährstoffaufbau mit Hilfe des Lichtes nennt man Fotosynthese.

Die Strahlungsenergie des Lichtes, die Voraussetzung für den Aufbau des Traubenzuckers ist, wird als chemische Energie im Traubenzucker gespeichert. Um diese Energie für die Aufrechterhaltung von Lebensvorgängen zu nutzen, muss der Traubenzucker in den Zellen - mit Hilfe von Sauerstoff - zu Kohlenstoffdioxid und Wasser umgesetzt werden. Dabei wird Energie frei. Diesen Vorgang, der auch bei Tieren und Menschen abläuft, bezeichnet man als Zellatmung.

Die freigesetzte Energie hält z. B. beim Menschen die Körpertemperatur von 37° C aufrecht.

### Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

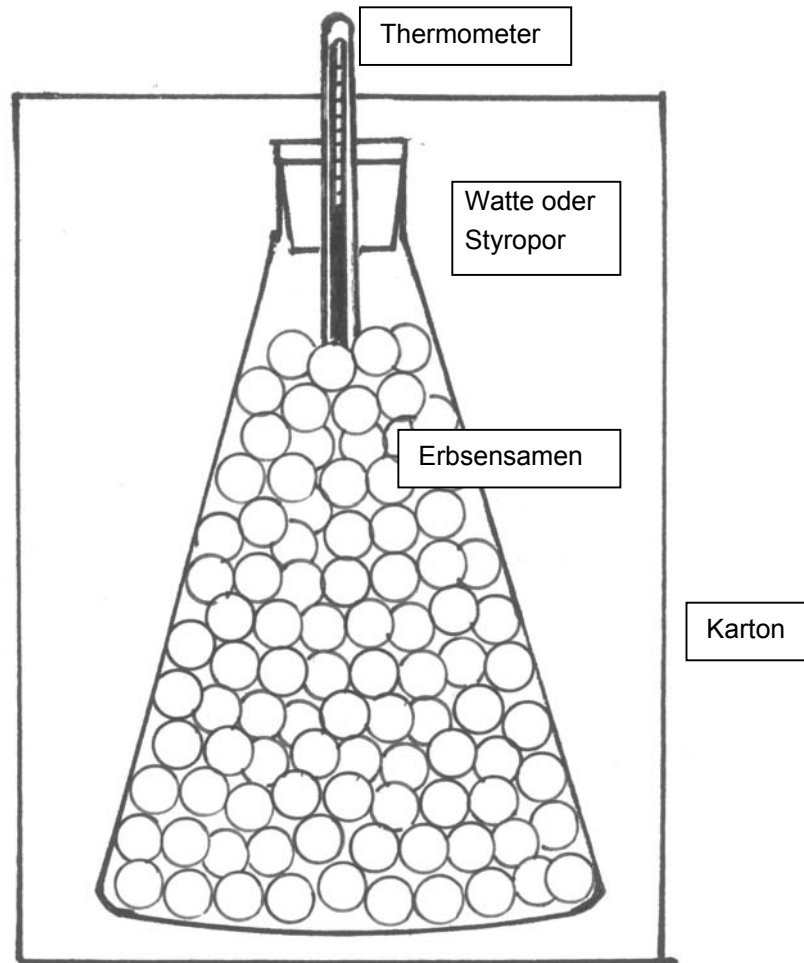
Die freigesetzte Energie bei der Zellatmung von Pflanzen kann man durch den Langzeitversuch V1 mit keimenden Erbsen- oder Bohnensamen nachweisen. Zur Einleitung der Keimung (Wasseraufnahme, Quellung) ist es sinnvoll, die Samen für etwa zwei Tage in ein Gefäß mit feuchter Watte zu legen.

## Versuch:

### Benötigte Materialien:

Erlenmeyerkolben, durchbohrter Gummistopfen, vorgequellte Erbsen oder Bohnen, Watte, Styropor, Wasser, Thermometer, Kartons

### Versuchsskizze:



### Versuchsdurchführung:

- 1) Lege zur Vorbereitung (Einleitung der Keimung) die Erbsen- oder Bohnensamen einige Tage in ein Gefäß mit feuchter Watte.
- 2) Bedecke den Boden des Erlenmeyerkolbens mit feuchter Watte.
- 3) Fülle den Erlenmeyerkolben zu drei Viertel mit Erbsen.
- 4) Verschließe den Erlenmeyerkolben mit dem durchbohrten Stopfen.
- 5) Stecke das Thermometer so weit durch den Stopfen, dass es in die Erbsen hineinragt.
- 6) Bedecke den Boden eines Kartons mit Watte oder Styropor und stelle den Erlenmeyerkolben in den Karton. Fülle den Karton mit Watte bzw. Styropor.
- 7) Lies die Temperatur ab und notiere sie in der Tabelle.
- 8) Wiederhole die Temperaturmessung täglich etwa zur gleichen Zeit.

**Messwerte:**

<b>Datum</b>	<b>Uhrzeit</b>	<b>Temperatur (in °C)</b>

## 2.3.4.5 Energieumwandlung bei Menschen

### Lerninhalte

- Der Mensch benötigt Energie u. a. für seine Bewegungen, sein Wachstum und zum Aufbau körpereigener Stoffe.
- Diese Energie wird durch den Abbau der Grundbausteine der Nährstoffe aus der Nahrung gewonnen.
- Der wichtigste Energie liefernde Vorgang in unseren Körperzellen ist der Abbau von Traubenzucker (Zellatmung).

### Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

Der Informationstext (M1) weist die Schülerinnen und Schüler darauf hin, welche Bedeutung die Energieumwandlung beim Menschen hat. Vorkenntnisse der Schülerinnen und Schüler bezüglich einer gesunden, ausgewogenen und ausreichenden Ernährung und den Folgen einer Mangelernährung können sinnvoll einbezogen werden. Die Schülerinnen und Schüler können sich auf Lebensmittelverpackungen über deren Inhaltsstoffe und den Energiegehalt informieren und Vergleiche anstellen mit dem Energieaufwand, der für die unterschiedlichsten Tätigkeiten aufgebracht werden muss.

### M1: Ohne Energie kann der Mensch nicht leben

Zum Überleben braucht der Mensch eine gleichbleibende Körpertemperatur von etwa 37° C. Bei niedrigen Temperaturen, z. B. im Winter, gibt er fortwährend Energie in Form von Wärme an die Umgebung ab. Nach einiger Zeit meldet der Körper dem Gehirn den Energieverlust, der Mensch friert.

Woher nimmt der Körper die Energie, um diesen Energieverlust auszugleichen?

Betrachtet man die Verpackungen von Lebensmitteln genauer, so findet man Hinweise zum Gehalt an Kohlehydraten (Zucker, Stärke), Fett und Eiweiß. Diese Stoffgruppen in der Nahrung bezeichnet man als Nährstoffe.

Neben den Inhaltsstoffen findet man oft noch Angaben zum Energiegehalt. Die Lebensmittel, die wir täglich zu uns nehmen, sind Energielieferanten (und natürlich auch Stofflieferanten) für die vielfältigen Funktionen unseres Körpers. Wenn z. B. die Zellen 1 g Kohlenhydrate oder Eiweiße verarbeiten, werden 16,7 kJ an Energie freigesetzt. Bei 1 g Fett sind es 37,8 kJ.

Wie in der Pflanzenwelt ist der wichtigste Energie liefernde Vorgang in unseren Körperzellen der Abbau von Traubenzucker (Zellatmung).

Den Sauerstoff für den Traubenzuckerabbau erhalten die Zellen aus der Atemluft. Das entstehende Kohlenstoffdioxid wird ausgeatmet und somit ausgeschieden.

Nicht nur bei niedrigen Temperaturen wird Energie umgesetzt, auch bei körperlicher Arbeit, selbst beim Schlafen. Die Energiemenge, die ein Mensch bei völliger geistiger und körperlicher Entspannung im nüchternen Zustand umsetzt, nennt man dabei Grundumsatz (Schülerduden Biologie, Dudenverlag, 3. Auflage, 1994). Diese Energie wird benötigt, um die Körpertemperatur, die Atmung, die Kreislauffähigkeit und die Tätigkeit der Zellen in den Organen aufrechtzuerhalten. Vereinfacht gerechnet ergibt sich der Grundumsatz (in kJ) aus dem Körpergewicht eines Menschen (in kg) multipliziert mit 100. Eine Schülerin bzw. ein Schüler, der 50 kg wiegt, hat also einen Grundumsatz von etwa 5000 kJ.

Als Arbeits- oder Leistungsumsatz bezeichnet man die Energie, die der Mensch zusätzlich für alle Tätigkeiten benötigt. Aus der Tabelle ist ersichtlich: Er ist um so höher, je mehr körperliche Arbeit verrichtet wird.

**Energieaufwand (ohne Grundumsatz),  
der in einer Stunde aufgebracht werden muss<sup>1</sup>**

<b>Tätigkeit</b>	<b>W (in kJ)</b>	<b>Tätigkeit</b>	<b>W (in kJ)</b>	<b>Tätigkeit</b>	<b>W (in kJ)</b>
Walken	1793	Rad fahren	1642	Treppen steigen	1877
Geschirr spülen	636	Staub saugen	736	Gymnastik	1256
Tischtennis	1382	Fußball spielen	1942	Galopp reiten	2218

**Aufgaben:**

- 1) Lies den Informationstext aufmerksam durch.
- 2) Markiere unbekannte Begriffe und Textabschnitte, die du nicht verstehst.
- 3) Informiere dich über die unbekanntesten Begriffe (Lexikon, Biologiebuch, Internet).
- 4) Bereite dich auf einen kurzen Expertenvortrag vor. Notiere dir dazu zehn Stichpunkte.
- 5) Informiere deine Mitschülerinnen und Mitschüler durch deinen Expertenvortrag zum Thema „Ohne Energie kann der Mensch nicht leben“.

---

<sup>1</sup> Durchschnittswerte: In der Literatur gibt es große Abweichungen, weil es große individuelle Unterschiede gibt.

## 2.3.4.6 Energieumwandlung bei chemischen Reaktionen

### Lerninhalt

- Chemische Reaktionen sind Vorgänge, bei denen Stoffe umgewandelt werden. Aus Ausgangsstoffen entstehen als Reaktionsprodukte neue Stoffe mit anderen Eigenschaften. Verbunden sind diese Stoffumwandlungen immer mit Energieumwandlungen.

### Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

Als Beispiel für eine chemische Reaktion dient die Verbrennung (M1). Chemische Energie wird frei und z. B. als Licht oder Wärme abgegeben.

### M1:

#### Versuch: Verbrennung

#### Benötigte Materialien:

Kerze, Streichholz

#### Versuchsdurchführung:

Eine Kerze wird angezündet.

#### Beobachtung:

Ein Teil des Kerzenwachses wird aufgeschmolzen, die Kerzenflamme spendet Wärme und Licht.

Beim Verbrennen entstehen Ruß (schwarzer Belag an weißer Porzellanschale, die man über die Flamme hält) und Wasser (Niederschlag einer farblosen Flüssigkeit an der Innenwand eines Becherglases, das man über die Kerzenflamme stülpt). Darüber hinaus entsteht auch  $\text{CO}_2$ , das man mit Kalkwasser nachweisen kann.

#### Erklärung:

Der Kerzenwachs schmilzt. Brennbares Wachsdämpfe entstehen. Die im Wachs gespeicherte chemische Energie wird in Licht- und Wärmeenergie umgewandelt.

Der Nachweis von Ruß, Wasser und Kohlenstoffdioxid zeigt, dass es sich eindeutig um einen chemischen Vorgang handelt.



### 2.3.5 Energieinhalt von Energieträgern

#### Lerninhalte

- Bewertung von Energieinhalten durch einen Vergleich mit eigenen Aktivitäten
- Nahrungsmittel sind Energielieferanten für den menschlichen Organismus

#### Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung:

Unabhängig vom methodischen Weg, auf dem der Energiebegriff vertieft wird, erscheint es wesentlich, energetische Vorstellungen im Denken der Schülerinnen und Schüler zu verankern, durch erfahrungsmäßigen Umgang zu lernen, was mit der Größe Energie gemeint ist. Energie und Energieumsätze sollten dazu in den Erlebnisbereich der Schülerinnen und Schüler gerückt werden. Was die Maßeinheiten „Joule“ bzw. „Watt“ bedeuten, sollte möglichst durch eigene Aktivitäten vermittelt werden.

Ein lernpsychologisch sinnvoller Weg zu einer verständnisvollen Einordnung von Zahlenwerten, die sich auf die Energie und auf Energieumsätze beziehen, beginnt bei den subjektiven physiologischen Energieumsätzen. Versuche zur körperlichen Leistung sollten unbedingt zum Erfahrungsschatz der Schülerinnen und Schüler gehören. U. a. bieten sich folgende Beispiele an:

Die Schülerinnen und Schüler steigen 5 Minuten lang auf ihre Stühle und wieder herab. Dabei sollte die physische Anstrengung so dosiert werden, dass sie auch über eine Stunde durchzuhalten ist. Jeder zählt, wie oft er es in der vorgegebenen Zeitspanne schafft, seinen eigenen Körper um die Stuhlhöhe anzuheben. Daraus berechnen die Schülerinnen und Schüler ihren individuellen Energieumsatz (die sogenannte Dauerleistung). Die Werte liegen in der Regel zwischen 100 und 200 Watt (M1).

Kurzfristig sind die Schülerinnen und Schüler zu wesentlich größeren Leistungen fähig: Sie messen gegenseitig (in Partnerarbeit), wie lange sie brauchen, um die Treppe im Schulhaus hochzurennen (M2). Wieder wird der individuelle Energieumsatz berechnet (er liegt in der Regel zwischen 500-800 Watt).

Es bietet sich an, im Anschluss an die experimentellen Messungen am eigenen Körper die Energieaufnahme durch Nahrungsmittel zu besprechen (M3, M4). Sicher wird es viele Schülerinnen und Schüler überraschen, dass sie den Energieverlust während einer sehr anstrengenden Sportstunde (ca. 100 W physiologische Ausgangsleistung), nach der sie total erschöpft in den Bänken der Umkleidekabine „hängen“, durch eine Scheibe trockenes Brot oder durch 10 g Wurst wieder ausgleichen können (ca. 250 kJ; berücksichtigt man den Wirkungsgrad des Körpers von ca. 25 %, so muss die über die Nahrung aufgenommene Energie etwa dem Vierfachen der angegebenen Beträge entsprechen).

Durch ein Experiment (M5) überprüfen die Schülerinnen und Schüler, dass Zucker wirklich ein Energieträger ist.

In einer kleinen Versuchsreihe, können sie anschließend die Energieinhalte ausgewählter Brennstoffe bestimmen und vergleichen (M5).

Durch eine einfache, kleine Versuchsreihe (M6) können dann die Energieinhalte ausgewählter Brennstoffe im Experiment verglichen werden.

## Arbeitsblatt für die Schülerinnen und Schüler

### M1: Eigenversuch zum Energieumsatz (Dauerleistung)

#### Anleitung:

Stelle einen Stuhl vor dich. Steige fünf Minuten lang auf den Stuhl und wieder herunter. Wähle die Geschwindigkeit dabei so, dass du sie eine Stunde durchhalten könntest. Trage alle erforderlichen Werte in die folgende Tabelle ein. Berechne die verrichtete Arbeit. Sie entspricht der von dir umgesetzten Energie.

#### Beispiel:

Anzahl der Stuhlbesteigungen	Höhe der Sitzfläche (in m)	eigenes Gewicht (in kg)	eigene Gewichtskraft (in N)	verrichtete Hubarbeit (in Nm)
Anzahl der Treppenstufen	Höhe der Stufen (in m)	eigenes Gewicht (in kg)	eigene Gewichtskraft (in N)	verrichtete Hubarbeit (in Nm)
40	0,15	50	500	3000

### M2: Eigenversuch zum Energieumsatz (kurzfristige Höchstleistung)

1. Bestimme (in Partnerarbeit), wie lange du brauchst, um die Treppe im Schulhaus hoch zu rennen.
2. Berechne den Energieumsatz.

### M3: Vergleich der selbst umgesetzten Energie mit dem Energieinhalt ausgewählter Energieträger

1. Vielleicht bist du immer noch erschöpft vom Treppen steigen. Um so überraschter wirst du vielleicht sein, wenn du die dabei verrichtete Arbeiten bzw. die durch diese Arbeit gespeicherte bzw. umgesetzte Energie mit dem Energieinhalt ausgewählter Energieträger vergleichst. Betrachte dazu M4.
2. Berechne dann, wie viel Gramm Butter, Fleisch, Kartoffeln, Fisch ... du bei deiner Arbeit „verbrannt“ hast.

## Arbeitsblatt für die Schülerinnen und Schüler

### M4: Frei werdende Energie von 1 g verschiedener Brennstoffe bzw. Nahrungsmittel (1 J = 1 Nm)

<b>Energieträger</b>	<b>Energiebetrag</b>
1 g Wasserstoff	120 000 J
1ml Liter Benzin	43 200 J
1ml Liter Heizöl	42 000 J
1 g Steinkohle	30 000 J
1 g trockenes Holz	15 000 J
1 g Butter	33 000 J
1 g Zucker	16 500 J
1 g Fleisch	11 000 J
1 g Kartoffeln	6 000 J
1 g Vollmilch	2 800 J
1 g Fisch	2 500 J

## **Arbeitsblatt für die Schülerinnen und Schüler**

### **M5: Versuch: Zucker setzt Energie frei**

#### **Benötigte Materialien:**

Waage, Erlenmeyerkolben, Thermometer, Zuckerwürfel, Gasbrenner, Drahtnetz, Porzellanschale, Tiegelzange, Messzylinder, Dreifuß, Asche (Katalysator)

#### **Versuchsdurchführung:**

- Feuchte den Zuckerwürfel leicht an.
- Rolle ihn in der Asche.
- Bestimme die Masse des Zuckerwürfels.
- Lege ihn anschließend in die Porzellanschale.
- Fülle mit dem Messzylinder 100 ml Wasser in den Erlenmeyerkolben.
- Bestimme die Wassertemperatur und notiere sie.
- Lege das Drahtnetz auf den Dreifuß und stelle die Porzellanschale auf das Netz. Entzünde den Zuckerwürfel mit dem Brenner.
- Halte das Becherglas mit der Tiegelzange über den brennenden Zucker.
- Bestimme die Wassertemperatur, wenn der Zucker vollständig verbrannt ist.

#### **Beobachtung:**

Der Zucker verbrennt mit einer schwachen violetten Flamme. Die Wassertemperatur im Erlenmeyerkolben erhöht sich.

#### **Folgerung:**

Die chemische Energie des Zuckerwürfels wurde in Wärmeenergie umgewandelt.

#### **Rechnung:**

Berechne mit Hilfe der Tabelle auf der Vorderseite, wie viel Energie beim Versuch umgesetzt wurde.

## Arbeitsblatt für die Schülerinnen und Schüler

### M6: Wir vergleichen ausgewählte Brennstoffe im Experiment

#### Versuch 1: Benzin erwärmt Wasser

##### Benötigte Materialien:

Porzellanschale, 2 g Benzin, Dreibein, Keramikdrahtnetz, Thermometer, leere Konservendose, Holzklötze, Balkenwaage

##### Versuchsdurchführung:

Versuchsskizze:

- Lege das Keramikdrahtnetz auf das Dreibein.
- Fülle 250 ml Wasser in die Konservendose.
- Bestimme die Wassertemperatur und notiere sie in der Tabelle.
- Stelle sie auf das Drahtnetz.
- Lege so viele Holzklötze unter das Dreibein, dass der Abstand zwischen Porzellanschale und Drahtnetz etwa 5 cm beträgt.
- Wiege mit der Balkenwaage 1 g Benzin in der Porzellanschale ab.
- Stelle die Porzellanschale unter das Dreibein und entzünde das Benzin.
- Bestimme die Wassertemperatur, wenn das Benzin verbrannt ist.

#### Versuch 2: Esbit erwärmt Wasser

##### Benötigte Materialien:

Porzellanschale, Tablette Esbit, Dreibein, Keramikdrahtnetz, Thermometer, leere Konservendose, Holzklötze, Balkenwaage

##### Versuchsdurchführung:

Versuchsskizze:

- Baue den Versuch wie in Versuch 1 auf.
- Ersetze das Benzin durch 2 g Esbit.

## Arbeitsblatt für die Schülerinnen und Schüler

### Versuch 3: Kerzenwachs erwärmt Wasser

#### Benötigte Materialien:

Kerze, Keramikdrahtnetz, Thermometer, leere Konservendose, Balkenwaage, Streichholz, Wägestücke

#### Versuchsdurchführung:

Versuchsskizze:

- Stelle eine Kerze unter das Keramikdrahtnetz auf die rechte Waagschale einer Balkenwaage.
- Gleiche das Gewicht der Kerze durch gleich schwere Wägestücke auf der linken Waagschale aus.
- Lege anschließend ein 2-Gramm Wägestück auf die rechte Waagschale zu der Kerze.
- Bestimme die Wassertemperatur.
- Entzünde die Kerze.
- Lösche die Kerze, wenn die Waage wieder im Gleichgewicht ist, also 2 g Kerzenwachs verbrannt wurden.
- Bestimme die Wassertemperatur.

### Versuch 4: Gas erwärmt Wasser

#### Benötigte Materialien:

Campinggas-Brenner (Butan), Keramikdrahtnetz, Thermometer, leere Konservendose, Balkenwaage, Streichholz

#### Versuchsdurchführung:

Versuchsskizze:

- Stelle den Gasbrenner unter das Keramikdrahtnetz auf die rechte Waagschale einer Balkenwaage.
- Gleiche das Gewicht des Brenners durch gleich schwere Wägestücke auf der linken Waagschale aus.
- Lege anschließend ein 2-Gramm Wägestück auf die rechte Waagschale zum Gasbrenner.
- Bestimme die Wassertemperatur.
- Entzünde den Gasbrenner.
- Lösche den Brenner, wenn die Waage wieder im Gleichgewicht ist, also 2 g Campinggas (Butan) verbrannt wurden.
- Bestimme die Wassertemperatur.

## Arbeitsblatt für die Schülerinnen und Schüler

### Messwerte:

Wassertemperatur (in °C)				
Zu Beginn des Versuches	Nach der Erwärmung mit			
	Benzin	Esbit	Kerzenwachs	Butangas

### Beobachtung:

---



---



---

### Aufgaben:

1. Fertige zu den Versuchen jeweils eine Skizze an.
2. Berechne die in den Versuchen umgesetzten Energien.

Um 1 g (ml) Wasser um 1° C zu erhöhen, benötigt man eine Energie von 4,18 J (Joule). Mit dieser Information kannst du nun berechnen, welche Energie in den Versuchen V1 bis V4 umgesetzt wurde.

3. Vergleiche die gemessenen bzw. berechneten Werte mit den Literaturwerten. Dabei hilft die folgende Übersicht:

Fester Brennstoff	Heizwert In J/g	Flüssiger Brennstoff	Heizwert In J/g	Gasförmiger Brennstoff	Heizwert In J/g
Holz	15 000	Alkohol	27 000	Erdgas	46 000
Esbit	19 000	Heizöl	42 000	Butan	46 000
Steinkohle	30 000	Benzin	43 200	Wasserstoff	120 000

4. Begründe, warum die gemessenen Werte z. T. erheblich von den Literaturwerten abweichen.

## 2.3.6 Der Wirkungsgrad von Energieumwandlungen

### Lerninhalte

- Bei jeder Energieumwandlung treten neben erwünschten auch unerwünschte Energieformen auf.
- Der Wirkungsgrad ist ein Maß für die Güte einer Energieumwandlung.

### Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

Die Schülerinnen und Schüler haben festgestellt, dass bei vielen Vorgängen eine eingesetzte Energieform in mehrere andere Energieformen umgewandelt wird, von denen einige beabsichtigt, andere unerwünscht sind. Ein den Schülerinnen und Schülern bekanntes Beispiel ist die Glühlampe. In ihr wird elektrische Energie in Licht umgesetzt. Dies ist aber immer mit der unerwünschten Umsetzung in Wärmeenergie verbunden. In einem einfachen Versuch kann der Wirkungsgrad einer Glühlampe grundsätzlich untersucht werden (Versuch 2). Zu beachten ist aber, dass den Schülerinnen und Schülern die Berechnung der elektrischen Energie bzw. die spezifische Wärmekapazität von Wasser noch nicht bekannt ist. Den Kollegen, die diese physikalischen Größen nicht vorgeben möchten, bleibt nur der qualitative Nachweis der unerwünschten Energieumwandlung (Versuch 1). Fachfremd unterrichtende Kolleginnen und Kollegen sollten sich vor der Durchführung von Versuch 2 **unbedingt** über die geltenden Sicherheitsvorschriften informieren.



## Arbeitsblatt für die Schülerinnen und Schüler

### Versuch 1: Energieumwandlung am Beispiel der Glühlampe

#### Benötigte Materialien:

Glühlampe, Energiesparlampe, Kabel, digitales Thermometer, Fassung mit Sockel, Uhr

#### Versuchsdurchführung:

Eine Glühlampe wird an das Netz angeschlossen. Mit dem Thermometer bestimmt man die Temperatur des Glaskolbens und notiert sie. Man schaltet die Glühlampe ein und bestimmt 4 Minuten lang alle 30 Sekunden die Temperatur des Glaskolbens. Anschließend wiederholt man den Versuch mit einer Energiesparlampe gleicher Leuchtkraft.

#### Messwerte:

	Temperatur zu	Temperatur nach Sekunden							
	Versuchsbeginn	30	60	90	120	150	180	210	240
Glühlampe									
Energiesparlampe									

#### Beobachtung:

---

---

---

---

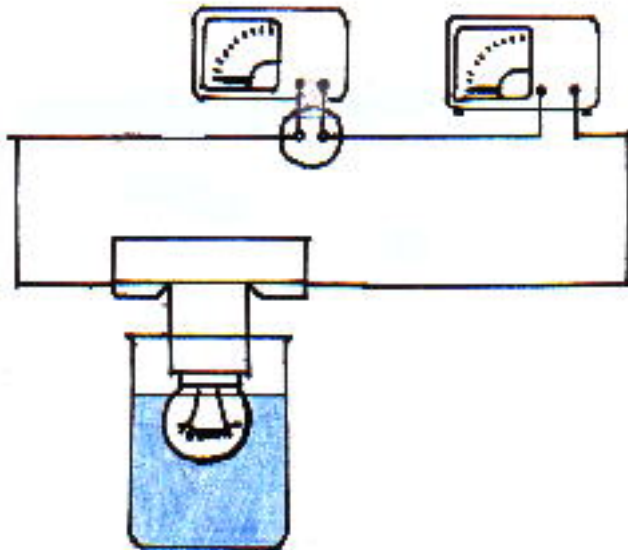
---

## Versuch 2: Wirkungsgrad einer Glühlampe im Vergleich zu einer Energiesparlampe gleicher Leuchtkraft (Lehrer-Demonstrationsexperiment)

### Benötigte Materialien:

Glühlampe, Energiesparlampe, Kabel, digitales Thermometer, Fassung mit Sockel, Dreifachsteckdose, Uhr, Becherglas (1000 ml), Wasser, 2 Drehspulmessinstrumente

### Versuchsdurchführung



Die Glühlampe (Beispiel: 60 W) wird an das Netz angeschlossen. Die beiden Messinstrumente werden so eingebaut, dass Stromstärke und Spannung gemessen werden können. In das Becherglas füllt man 300 ml Wasser und bestimmt mit dem Thermometer die Wassertemperatur. Die Glühlampe taucht man vorsichtig in das Wasser, so dass keine elektrisch leitenden Teile mit dem Wasser in Berührung kommen. Die Glühlampe wird für vier Minuten eingeschaltet. Nach dem Ausschalten der Glühlampe wird die Wassertemperatur umgehend erneut bestimmt.

Mit frischem Wasser wird der Versuch mit der Energiesparlampe wiederholt.

## Arbeitsblatt für die Schülerinnen und Schüler

### Messwerte:

	Temperatur zu Versuchsbeginn (in °C)	Temperatur nach 4 Minuten (in °C)	Stromstärke (in A)	Spannung (in V)
Glühlampe				
Energiesparlampe				

### Berechnung des Wirkungsgrades:

Nach den Formeln  $E_{\text{el}} = U \cdot I \cdot t$  und  $E_{\text{Wärme}} = c_W \cdot m_w \cdot (T_2 - T_1)$  werden die aufgenommene elektrische Energie und die Wärmeenergie des Wassers berechnet. Dabei gilt:  $U$  ist die angelegte Spannung,  $I$  ist die gemessene Stromstärke,  $t$  steht für die Zeit, während der die Glühlampe eingeschaltet wird,  $c_W$  ist die spezifische Wärmekapazität des Wassers (sie beträgt  $4,18 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ),  $m_w$  ist die Masse des Wassers,  $T_2$  die Endtemperatur des Wassers und  $T_1$  seine Anfangstemperatur.

Die Lichtenergie ( $E_{\text{Licht}}$ ) erhält man dann aus der Differenz  $E_{\text{el}} - E_{\text{Wärme}}$ . Bildet man den Quotienten aus Lichtenergie (nutzbare Energie) und elektrischer Energie (zugeführte Energie), so erhält man den Wirkungsgrad.

Die Güte einer Maschine oder einer Anlage zur Energieumwandlung unter dem Gesichtspunkt der besten Energieausbeute kennzeichnet man durch den Wirkungsgrad. Er gibt an, wie groß der Anteil der Nutzenergie an der ursprünglich aufgewandten Energie bei der Energieumwandlung ist. Ein Wirkungsgrad von 0,4 oder 40 % beim Dieselmotor bedeutet, dass 40 % der eingesetzten chemischen Energie in nutzbringende Bewegungsenergie umgewandelt wird, kurz:

Wirkungsgrad = nutzbare Energie/zugeführte Energie

### Beispiele:

Energiewandler	Wirkungsgrad (in %)
Erste Dampfmaschine	< 5
Glühlampe	5
Leuchtstoffröhre	25
Otto-/Benzinmotor	20-30
Wasserräder	60-85
Dieselmotor	ca. 40
Elektromotor	75-90
Generator/Dynamo	85-90

Eine Verbesserung des Wirkungsgrades bedeutet immer eine Reduzierung der Energieentwertung.

## 2.4 Verbrennung

### 2.4.1 Bei der Verbrennung entstehen luftbelastende Stoffe

#### Lerninhalte

- Bei der Verbrennung fossiler Energieträger wird Kohlenstoffdioxid freigesetzt.

#### Sachzusammenhang

Die fossilen Energieträger Holzkohle, Steinkohle und Braunkohle bestehen zu einem großen Teil aus Kohlenstoff. Holz, Heizöl, Erdgas und Benzin enthalten Kohlenstoff in Form kohlenstoffhaltiger Verbindungen.

Werden diese Energieträger verbrannt, so reagiert der enthaltene Kohlenstoff mit dem Sauerstoff der Luft zu Kohlenstoffdioxid. Zum Teil entsteht auch Wasserdampf. Beide sind das Klima beeinflussende Gase.

Die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre wird seit 1958 regelmäßig bestimmt. 1988 registrierte man das zwanzigste Jahr in Folge mit überdurchschnittlich hohen Temperaturen. Viele Wissenschaftler führen diesen – außerhalb der natürlichen Zyklen liegenden – Temperaturanstieg auf die menschliche Tätigkeit, insbesondere die industrielle Entwicklung zurück. Aus diesem Grunde spricht man auch von künstlichem oder anthropogenem Treibhauseffekt. Einige Wissenschaftler befürchten für die nächsten Jahre einen weiteren CO<sub>2</sub>-Anstieg. Folgen könnten sein: Überschwemmungen bestimmter Küstenregionen Südostasiens, zunehmende Dürren und damit eine Ausbreitung der Wüsten in Nordafrika, eine Zunahme extremer Witterungsercheinungen (Wirbelstürme, Sturmfluten). Da bereits geringste Veränderungen der CO<sub>2</sub>-Konzentration den Treibhauseffekt beeinflussen, sind Maßnahmen zur Reduzierung des Ausstoßes also notwendige und wirkungsvolle Beiträge zu einem langfristigen Klimaschutz.

Aus diesem Grunde gibt es seit einiger Zeit Bemühungen, den CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu reduzieren (UN-Konferenz für Umwelt und Entwicklung, 1992, Rio de Janeiro). Gleichzeitig wurde der Begriff der nachhaltigen Entwicklung in die Diskussion gebracht: Danach soll die Tätigkeit des wirtschaftenden Menschen gewährleisten, dass auch nachfolgende Generationen stabile Lebensbedingungen auf der Erde vorfinden.

Nachfolgekongressen machten aber bereits die erheblichen Interessenunterschiede zwischen einzelnen Ländern bzw. Wirtschaftszweigen deutlich.

Neben Kohlenstoffdioxid kann bei der Verbrennung auch Kohlenstoffmonoxid freigesetzt werden. Letzteres bildet sich vor allem dann, wenn bei der Verbrennung des Kohlenstoffs nicht genügend Sauerstoff vorhanden ist. Kohlenstoffmonoxid ist ein geruchloses und farbloses Gas, das beim Einatmen durch den roten Farbstoff unserer Blutkörperchen gebunden wird. Sie werden dadurch in ihrer Aufgabe behindert, Sauerstoff zu transportieren und an die Körperzellen zu verteilen. Betroffene Menschen sind gefährdet, zu ersticken, z. B. bei Schwelbränden.

Bei der Verbrennung von Kohle, Erdöl, Erdgas, Benzin und Dieselmotorkraftstoff können weitere Gase freigesetzt werden, die die Umwelt beeinflussen. Zu nennen sind Schwefeldioxid, das u. a. bei der Verbrennung schwefelhaltiger Kohle entsteht und Stickstoffoxide, von denen vor allem Stickstoffdioxid die Umwelt belastet. Folgen dieser Emissionen sind Smog, saurer Regen, künstlicher Treibhauseffekt oder die Bildung bodennahen Ozons.

Neben Gasen werden bei der Verbrennung auch Feststoffe, z. B. Ruß und Staub freigesetzt, die zur Luftbelastung beitragen.

Auch im menschlichen Körper finden Verbrennungsvorgänge statt. Auf Lebensmittelverpackungen findet man entsprechende Hinweise auf den Energiegehalt oder Brennwert der Nahrungsmittel.

In den Körperzellen werden die kohlenstoffhaltigen Nährstoffe mit Hilfe des eingeatmeten Sauerstoffes zu Kohlenstoffdioxid oxidiert. In der ausgeatmeten Luft kann man Kohlenstoffdioxid nachweisen. Die bei der Reaktion freiwerdende Energie liefert dem Körper die benötigte Wärme und sorgt dafür, dass der Organismus arbeitsfähig bleibt.

### **Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung**

Die Versuche V1 und V2 dienen dem Nachweis von Klima beeinflussenden Gasen.

Der Nachweis von Wasserdampf, Ruß und Staub, die ebenfalls bei der Verbrennung auftreten, ist durch den Versuch V2 möglich.

Folgerung aus Versuch 3: In der ausgeatmeten Luft ist Kohlenstoffdioxid vorhanden, das in der eingeatmeten Luft nur in geringen Mengen (0,03 %) vorhanden ist. Da dieses Gas bei der Verbrennung von Kohlenstoff entsteht, müssen im menschlichen Körper Verbrennungsvorgänge ablaufen.

Woher kommt der benötigte Kohlenstoff? Es ist naheliegend, dass er mit der Nahrung aufgenommen wird. Wir überprüfen diese Vermutung in Versuch 4.

## Arbeitsblatt für die Schülerinnen und Schüler

### Versuch 1: Bei der Verbrennung von Holzkohle entsteht Kohlenstoffdioxid

#### Benötigte Materialien:

Holzkohle, Standzylinder, Sauerstoffflasche, Verbrennungslöffel, Gasbrenner, Tiegelzange, Holzspan, Kalkwasser

#### Versuchsdurchführung, Teil 1:

Man füllt den Standzylinder mit Sauerstoff. Danach erhitzt man ein Stück Holzkohle in der Flamme des Gasbrenners, bis es glüht. Das glühende Holzkohlestück hält man mit dem Verbrennungslöffel in den mit Sauerstoff gefüllten Standzylinder.

#### Beobachtung:

Das Holzkohlestück verbrennt, der Standzylinder erwärmt sich.

#### Versuchsdurchführung, Teil 2:

Man hält einen brennenden Holzspan in den Standzylinder und fügt nach der Entfernung des Holzspans Kalkwasser zu.

#### Beobachtung:

Der zunächst brennende Holzspan erlischt, nach der Zufügung von Kalkwasser bildet sich eine milchige Trübung.

#### Folgerung:

Kohlenstoff hat sich mit Sauerstoff zu Kohlenstoffdioxid verbunden.

### Versuch 2: Bei der Verbrennung entstehen luftbelastende feste Stoffe

#### Benötigte Materialien:

Porzellantiegel, kleine Glasplatte, Metallplatte oder Trichter, Teelicht

#### Versuchsdurchführung:



Stelle ein Teelicht auf den Tisch und zünde es an. Halte eine kleine Glasplatte, Metallplatte, einen Porzellantiegel oder einen Trichter einige Zentimeter über die Kerzenflamme.

#### Beobachtung:

---

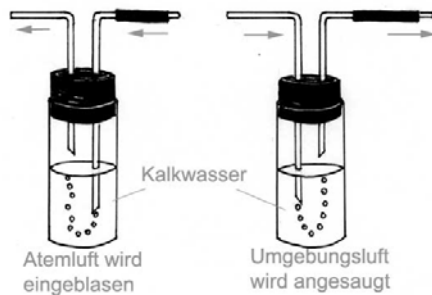
---

## Arbeitsblatt für die Schülerinnen und Schüler

### Versuch 3: Ausgeatmete Luft enthält Kohlenstoffdioxid

#### Benötigte Materialien:

2 Gaswaschflaschen, Glasröhrchen, Kalk- oder Barytwasser, Schlauchverbindungen



#### Durchführung:

Die Luft beim Einatmen wird durch Kalkwasser in eine Gaswaschflasche geleitet und zeigt keine Trübung durch Kalkbildung bzw. erst bei sehr langer Versuchsdauer. Die Luft beim Ausatmen wird ebenfalls durch Kalkwasser in einer zweiten Gaswaschflasche geleitet und zeigt schon nach kurzer Zeit (2 bis 3 Atemzüge) eine deutliche Trübung.

Die ausgeatmete Luft enthält viel mehr  $\text{CO}_2$  als die eingeatmete Luft. Normale Luft enthält etwa 0,03 %  $\text{CO}_2$ , Atemluft etwa 4 %. Normale Luft enthält etwa 21 % Sauerstoff, Atemluft etwa 17 %, d. h., etwa ein Fünftel des eingeatmeten Sauerstoffs wird im Körper umgesetzt.

#### Hinweise:

Dieser Versuch wird häufig so beschrieben, dass zwei Gaswaschflaschen mit einem T-Rohr verbunden werden, an dessen mittlerem Ausgang der Atemschlauch befestigt ist. Die Versuchsperson atmet ein und aus. Beim Einatmen wird die Luft durch das Kalkwasser der einen Waschflasche durchgesogen, beim Ausatmen durch das Kalkwasser der anderen Waschflasche durchgeblasen. Bei dieser Methode sollte darauf geachtet werden, dass das Rohr nicht zu tief in der Waschflasche steckt und vorsichtig (nicht stoßweise!) geatmet wird. Ein zeitliches Nacheinander der Vorgänge des Einatmens und Ausatmens und der Einsatz von zwei getrennten Waschflaschen ist in der Regel einsichtiger und sicherer.

Weitere Informationen zu diesem und weiteren Versuchen zu den Themen „Luftverschmutzung durch Verbrennungsvorgänge“ und „Auswirkungen der Luftverschmutzung auf das Leben“ finden Sie in der PZ-Information 1/2001 zum Thema „Luft“.

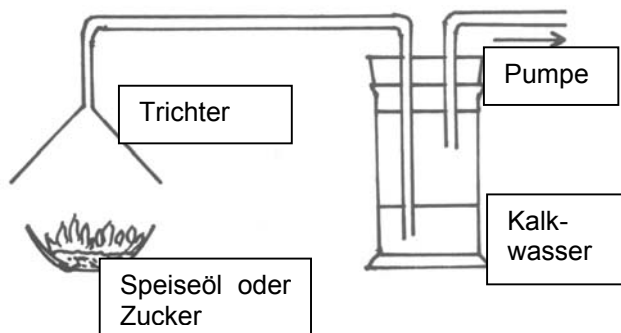
## Arbeitsblatt für die Schülerinnen und Schüler

### Versuch 4: Bei der Verbrennung von organischen Stoffen entsteht Kohlenstoffdioxid

#### Vorversuch:

#### Benötigte Materialien:

Zucker, Speiseöl, Trichter, Gaswaschflasche, Schlauchverbindungen, Kalkwasser, Wasserstrahlpumpe, Zigarettenasche als Katalysator



#### Versuchsdurchführung:

Erhitze den Zuckerwürfel – mit der Zigarettenasche als Katalysator – oder das Speiseöl. Saug mit Hilfe der Wasserstrahlpumpe die Abgase durch das Kalkwasser.

#### Beobachtung:

Das Kalkwasser trübt sich.

#### Folgerung:

Bei der Verbrennung der Rückstände können wir Kohlenstoffdioxid nachweisen. Die Rückstände enthalten also Kohlenstoff.

#### Zusammenfassung:

Nicht nur im menschlichen, auch im tierischen Körper wird die aufgenommene Nahrung verbrannt. Dabei entsteht unter anderem Kohlenstoffdioxid. Beim Ausatmen wird es an die Luft abgegeben. Den für die Verbrennung der Nahrung wichtigen Sauerstoff entnimmt der Mensch beim Einatmen der Luft.

Bei der Verbrennung im Körper wird die Wärme erzeugt, die für eine gleichbleibende Körpertemperatur des Menschen notwendig ist.



## 2.4.2 Mögliche Folgen der Emission luftbelastender Stoffe

### Lerninhalte

- Bei der Entstehung fossiler Energieträger wird Kohlenstoffdioxid gebunden (Photosynthese).
- Bei der Verbrennung dieser Energieträger wird das Kohlenstoffdioxid wieder freigesetzt.
- Durch das Wachstum der Erdbevölkerung und die zunehmende Industrialisierung wächst auch der Ausstoß an Kohlenstoffdioxid.
- Das freigesetzte Kohlenstoffdioxid trägt als Treibhausgas zum Treibhauseffekt bei.

## Materialien für die Schülerinnen und Schüler:

### Natürlicher und künstlicher Treibhauseffekt:

Wasserdampf und Kohlenstoffdioxid sind als Treibhausgase natürliche Bestandteile der Atmosphäre (siehe Skizze). Sie bewirken, dass sich auf der Erde eine mittlere Temperatur von etwa 15 °C einstellt, da sie einen Teil der Wärmeabstrahlung der Erde zurückhalten (natürlicher Treibhauseffekt).

Ohne diese beiden Gase herrschte an der Erdoberfläche eine mittlere Temperatur von –18 °C, ein Leben auf unserem Planeten wäre somit nicht möglich. Wissenschaftler sprechen in den letzten Jahren zunehmend von einer „Treibhausgefahr“ oder fragen besorgt „Kippt das Klima?“ Worin liegt die Gefährdung des Weltklimas?

Du hast in den Versuchen nachweisen können, dass bei allen Verbrennungsvorgängen Kohlenstoffdioxid und/oder Wasserdampf freigesetzt werden. Vergleichbare Prozesse laufen im täglichen Leben ab:

Eine dreiköpfige Familie (2 Erwachsene, 1 Kind) verursacht z. B. in Deutschland jährlich durchschnittlich folgenden CO<sub>2</sub>-Ausstoß:

Energieumsetzung	CO <sub>2</sub> -Ausstoß (in t)
<b>Stromerzeugung, inkl. Warmwasser</b> (4500 Kilowattstunden)	2,6
Nutzung des Autos (15.000 km)	7,5
Nutzung des Flugzeugs (eine Urlaubsreise)	1,5
Heizung (2.500 Liter Heizöl)	3,5
Nutzung des öffentlichen Nahverkehrs (Bus 9.000 km)	0,5
Herstellung und Transport von Nahrung und Konsumgütern	15

Überall auf der Erde werden durch die Verbrennung fossiler Energieträger riesige Mengen an luftbelastenden Gasen ausgestoßen. Sie tragen zum sogenannten künstlichen Treibhauseffekt bei.

### Aufgaben:

Wodurch unterscheiden sich natürlicher und künstlicher Treibhauseffekt?

Warum ist es sinnvoll, von einem Treibhauseffekt zu sprechen?

Welche Auswirkungen hat der Energiehunger der Menschen für das Klima?

## 2.5 Energieströme

### Lerninhalte

- Der Strahlungshaushalt, die Windsysteme, Meeresströme und der Wasserkreislauf sind mit Energieflüssen verbunden, die den Energiehaushalt der Erde prägen.
- Energiefluss bedeutet, Energie wird transportiert.
- Energie strömt nie allein. Sie benötigt immer einen Träger.

### Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

Im Zusammenhang mit Energieflüssen macht es Sinn, statt von Umwandlung vom Umladen der Energie von einem Träger auf einen anderen zu sprechen. In der Heizungsanlage strömt die Energie zusammen mit dem Träger Öl (Stoffmenge) vom Tank zum Ofen. Ein Teil der chemischen Energie wird dort auf das erwärmte Wasser (Entropie) umgeladen und strömt mit dem Träger zu den Heizkörpern. Dort erfolgt eine erneute Umladung, nun auf die Raumluft.

#### 2.5.1 Einheiten des Energiestromes

##### Hinweise:

Aus dem Alltag ist den Schülerinnen und Schülern bekannt, dass das Erdgas, mit dem gekocht wird, das Heizöl oder die Kohle, mit denen geheizt wird, das Benzin, das zum Transport genutzt wird, nach „verbrauchten“ Mengen bezahlt werden muss. Wir benötigen also Maßeinheiten, mit denen verschiedene Energieträger und die in ihnen gespeicherte Energie bestimmt und verglichen werden können.

Beispiele:

Energieträger	Maßeinheit	Bezeichnung
Steinkohle	Tonnen	t
Gas	Kubikmeter	m <sup>3</sup>
Erdöl	Barrel <sup>1)</sup> oder Tonnen	bbl oder bl t

<sup>1)</sup> engl.: Fass, entspricht 159 Litern. Die Bezeichnung stammt aus den Anfängen der Erdölwirtschaft, als das Öl noch in Fässern transportiert wurde.

Die in den Energieträgern gespeicherte Energie kann gemessen werden. Die Energie hat dieselbe Einheit wie die Arbeit: das Newtonmeter (Nm). Diese Einheit heißt auch Joule (J), zu Ehren des englischen Physikers James Prescott Joule (1818-1889). Da 1 Joule ein sehr kleiner Energiebetrag ist, gibt man Energien oft in Kilojoule (kJ) oder in Megajoule (MJ) an. Dabei gilt:

$$1 \text{ kJ} = 1000 \text{ J}, 1 \text{ MJ} = 1000 \text{ kJ}.$$

Mit Hilfe dieser Maßeinheiten können die Energieinhalte der unterschiedlichsten Energieträger miteinander verglichen werden.

Gleichzeitig wurden ab 1978 die älteren Maßsysteme, z. B. die Steinkohleneinheit (SKE), ersetzt. Dies gilt auch für das ältere Wärmemaß, die Kalorie.

**Merksatz:**

Ein Joule entspricht derjenigen Energiemenge, die aufgewendet werden muss, um eine Tafel Schokolade von 100 g einen Meter zu heben. Eine Energie von 4 Joule wird benötigt, um ein Gramm Wasser um 1 Grad Celsius zu erwärmen.

Für die Umrechnung der einzelnen Energieträger gilt:

Energieträger	Einheit	Heizwerte		SKE-Faktor
		kcal	MJ	
Steinkohle	kg	7 000	23,9	1,00
Rohbraunkohle	kg	1 900	8,0	0,27
Braunkohlenbriketts	kg	4 800	20,1	0,69
Brenntorf	kg	3 000	12,6	0,43
Stadtgas	m <sup>3</sup>	3 850	16,1	0,55
Erdgas	m <sup>3</sup>	7 600	31,8	1,09
Erdöl	kg	10 100	42,3	1,44
Benzin	kg	10 400	43,5	1,49
Leichtes Heizöl	kg	10 200	42,7	1,46
Schweres Heizöl	kg	9 800	41,0	1,40
Elektrischer Strom	kWh	860	3,6	0,123

Verändert nach: Unterrichtsmodell Energie, Deutsche Shell AG, Hamburg, S. 16

**Übersicht über Energieeinheiten und Umrechnungsfaktoren (Standartwerte)**

Am 2. Juli 1969 wurde das „Gesetz über die Einheiten im Messwesen“ (s. BGBl. I, S. 981) erlassen. Hierin und in den nachfolgenden Verordnungen wird für den geschäftlichen und amtlichen Verkehr in der Bundesrepublik Deutschland die Umstellung von Einheiten des technischen Meßsystems auf das internationale System von Einheiten geregelt (Système International d’Unités, Abkürzung SI). Die SI-Einheiten sind für die Bundesrepublik Deutschland als gesetzliche Einheiten ab 01.01.1976 verbindlich.

**Definierte Einheiten für Energie:**

- Joule (J) für Energie, Arbeit, Wärmemenge
- Watt (W) für Leistung, Energiestrom, Wärmestrom
  - 1 Joule (J) = 1 Newtonmeter (Nm)
  - = 1 Wattsekunde (Ws)

## 2.5.2 Energieflüsse in der Schule

### Lerninhalt:

- Die Schule wird mit verschiedenen Energieträgern versorgt.
- Bei der Energieversorgung fallen hohe Kosten an.
- Durch effektiven Einsatz kann Energie gespart werden.
- Erfassung von Messwerten. Anlage von Temperaturprofilen.
- Befragungen zum Energiehaushalt der eigenen Schule durchführen.
- Bewertung des Energiehaushaltes und Ergründung von Einsparmöglichkeiten.
- Möglichkeiten einer ressourcenschonenden, umweltgerechten Nutzung der eingesetzten Energieträger diskutieren.

### Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung:

Wie im Haushalt wird auch in der Schule Energie umgesetzt, um Klassenräume zu heizen oder elektrische Geräte zu betreiben. Dazu werden fossile Brennstoffe (Erdgas oder Erdöl) und elektrischer Strom aus den Netzen der ortsansässigen Energieversorger eingesetzt. Schulen zahlen hierfür - je nach Größe – bis über 50.000 € jährlich.

Das difu (Deutsches Institut für Urbanistik, Difu-Berichte 1/2000, S. 8) hat ermittelt, dass deutsche Städte jährlich durchschnittlich 30 € pro Einwohner für die Energieumsetzung von Verwaltungsgebäuden, Schulen, Krankenhäusern .... ausgeben und sich 15 % dieser Kosten durch einen wirtschaftlicheren Umgang mit der Energie einsparen ließen. Bei einer Stadt mit 100.000 Einwohnern entspräche das einer Einsparung von 500.000 € jährlich. Es bietet sich also an zu erkunden, wie wirtschaftlich die Energie eingesetzt bzw. an welchen Stellen Energie verschwendet wird.

In Unterrichtsräumen sollte eine Temperatur von 20° C herrschen, in Fluren, auf Toiletten und beheizten Nebenräumen reicht eine Temperatur von 15° C (Sollwerte nach DIN 4701). Schon bei Temperaturen, die um 1° C über den Sollwerten liegen, werden 5-6 % mehr Energie benötigt, fallen somit entsprechend höhere Heizkosten an.

Jede Schülerin und jeder Schüler trägt etwa mit 100 Watt zur Raumerwärmung bei. Zu berücksichtigen sind auch witterungsbedingte Effekte (Sonnenschein, Außentemperatur, lange Dunkelheit) und die Lage der zu untersuchenden Räume (Keller, Erdgeschoss, ...). Es bietet sich an, ein Temperaturprofil ausgewählter Bereiche (Klassenraum, Fachraum, Gang, Treppenhaus) zu erarbeiten und somit eine Grundlage für notwendige Veränderungen zu legen.

Durch Befragungen des Hausmeisters oder der Schulleitung sollen die Schülerinnen und Schüler sich über den Energieumsatz informieren und die anfallenden Kosten erfragen bzw. berechnen. Die Ergebnisse können in einem Fragebogen erfasst werden.

Neben Befragungen bieten sich stichprobenartige Kontrollen an, durch die z. B. überprüft wird,

- ob die Beleuchtung ausgeschaltet wird, wenn die Schülerinnen und Schüler ihren Klassen- oder Fachraum verlassen,
- ob während des Lüftens Heizungen auf Hochtouren laufen, da regelbare Thermostatventile fehlen,

- ob Türen und Fenster beim Verlassen von Klassen- bzw. Fachräumen verschlossen werden.

In den Klassen- oder Fachräumen muss immer wieder gelüftet werden, um Frischluft zuzuführen. Hier bietet es sich an, nach dem Dauerlüften bzw. Stoßlüften ein vergleichendes Temperaturprofil anzulegen. Dabei könnten die Schülerinnen und Schüler untersuchen, welche Raumtemperatur sich jeweils nach bestimmten Zeitabständen nach dem Lüften einstellt.

**Materialien:**

Anregungen für Befragungen und Langzeituntersuchungen:

**M1: Energieträger und Energieumsatz in der Schule**

1. Mit welchen Energieträgern wird die Schule versorgt? Kreuze an!

- Heizöl
- Strom
- Erdgas
- Fernwärme

2. Erfasse in einer Tabelle den Umsatz der Energieträger. Lies eine Woche lang ab. Der Umsatz des Wochenendes kann am darauffolgenden Montag abgelesen werden.

	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa/So	Umsatz	Kosten
Heizöl (in l)								
Gas (in m <sup>3</sup> )								
Strom (in kWh)								
Fernwärme (in kWh)								

3. Erkundige dich beim Hausmeister über den Jahresumsatz der genannten Energieträger und die anfallenden Kosten.

## M2: Wir untersuchen die Temperaturen im Schulgebäude

### Arbeitsblatt für die Schülerinnen und Schüler

Trage die Temperaturen in deinem Klassenraum/in einem Fachraum (Physik/Chemie/Biologie, Zeichensaal, Musikraum ...) und im Schulflur morgens vor Unterrichtsbeginn, in der ersten Pause und nach Unterrichtsende ein.

Temperatur im Klassenzimmer					
Temperatur	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag
morgens					
1. Pause					
Unterrichtsende					
Temperatur im Fachraum, Bsp.:					
Temperatur	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag
morgens					
1. Pause					
Unterrichtsende					
Temperatur im Gang oder Treppenhaus					
Temperatur	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag
morgens					
1. Pause					
Unterrichtsende					

**M3: Wann wird geheizt? Wird die Wärmeenergie wirtschaftlich verteilt? Wie viel Geld gibt die Schule im Jahr für Energie aus?**

**Fragebogen:**

Besteht die Möglichkeit einer automatischen Temperaturabsenkung in der Nacht?	( ) ja	( ) nein
Gibt es bei niedrigen Außentemperaturen Probleme, die Raumtemperatur effektiv einzustellen?	( ) ja	(...) nein
Wann werden die Raumtemperaturen abgesenkt?	<input type="checkbox"/> mittags, ab ..... Uhr <input type="checkbox"/> nachts, von ..... Uhr bis ..... Uhr <input type="checkbox"/> am Wochenende, von ..... bis ..... .....	
Gibt es Probleme mit der Nachtabenkung?	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja, z. B. .... .....	
Kann die Temperatur in den Klassenräumen oder Fachräumen individuell verändert werden?	<input type="checkbox"/> in den Klassenräumen <input type="checkbox"/> in den Fachräumen <input type="checkbox"/> Sonstige, z. B. .... ..... <input type="checkbox"/> nein	
In welchen Räumen sind regelbare Thermostatventile angebracht?		
Können Fachräume, die nicht ständig belegt sind, bedarfsangepasst beheizt werden?	<input type="checkbox"/> ja, z. B. .... ..... <input type="checkbox"/> nein	
Existieren für diese Räume separate Heizkreise?	<input type="checkbox"/> ja, z. B. .... ..... <input type="checkbox"/> nein	
Ist die Schule mit einem Niedertemperatur- oder Brennwertkessel ausgestattet?	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Wann, wie oft und von wem werden Energieumsatz und Temperatur kontrolliert?		
Welche Kosten fallen jährlich für die Energieversorgung der Schule an?		



### 2.5.3 Energieflüsse und Verbrauchssektoren in Deutschland

#### Lerninhalt:

- Daten und Zahlen zur nationalen und internationalen Energieversorgung - Einfuhr und Aufkommen wichtiger Primärenergieträger - Reserven und Ressourcen

#### Hinweise:

Für die Schülerinnen und Schüler ist es selbstverständlich, dass sie oder ihre Eltern jederzeit Benzin bzw. Diesel tanken können, die Gas-, Öl- oder Elektroheizung auf Knopfdruck anspringt, der Kühlschrank, die Stereoanlage, das Fernsehgerät und die Waschmaschine zu jeder Tages- und Nachtzeit mit elektrischer Energie betrieben werden können.

Nach dem im Juni 2000 zwischen der Regierung und der Wirtschaft vereinbarten Ausstieg aus der Kernenergie ist zur Zeit besonders interessant, wie sich die Angebots- und Verbrauchsstrukturen in der Zukunft entwickeln werden. Der angestrebte Umstieg setzt u. a. voraus, dass in Deutschland Energie eingespart wird und erneuerbare Energieträger verstärkt eingesetzt werden. Gleichzeitig ist dies eine Vorbedingung, um die Umweltbelastung zu reduzieren und die CO<sub>2</sub>-Absenkung zu verwirklichen, zu denen sich die Bundesregierung verpflichtet hat.

Um die Zusammenhänge der nationalen und internationalen Energieversorgung zu verstehen, benötigt man aktuelle Daten und Zahlen.

Aus Gründen des copyrights und der Aktualität wird hier auf den Abdruck von Materialien bewusst verzichtet. Stattdessen wird verwiesen auf aktuelle Publikationen des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie.

Unter der Adresse <http://www.bmwi.de/BMWi/Navigation/energie.html> finden Sie zahlreiche Hinweise auf aktuelle Broschüren, Flyer etc. Sie sind nach Themenbereichen zusammengestellt und stehen vielfach auch als PDF-Download zur Verfügung. Alle bestellbaren Publikationen werden unentgeltlich abgegeben. Die Lieferung von Einzelexemplaren, insbesondere an Privatpersonen, erfolgt frei Haus.

Weitere Informationen finden Sie unter:

Bundesministerium für  
Wirtschaft und Technologie  
Postfach 30 02 65  
53182 Bonn

Bestell-Fax: (02 28) 42 23 - 462,  
Telefon: (03018) 615 - 4171,

E-Mail: : [bmwi@gvp-bonn.de](mailto:bmwi@gvp-bonn.de)

Internet: [www.bmwi.de](http://www.bmwi.de)

## **Aufgaben:**

1. Informiere dich über den aktuellen Energiefluss in der Bundesrepublik Deutschland.
2. Informiere dich,
  - wie viel Prozent aller Energieträger heute in die Bundesrepublik Deutschland eingeführt werden,
  - welche Staaten die Bundesrepublik Deutschland mit Energieträgern versorgen.

## 2.5.4 Lokale und globale Energieströme (Golfstrom)

### Lerninhalte

- Der Golfstrom ist für das Klima in Westeuropa von großer Bedeutung.
- Ohne den Golfstrom herrschte in Nord- und Westeuropa ein Klima wie im Nordosten Nordamerikas und in Grönland.
- Meeresströmungen wie der Golfstrom sorgen für einen Temperatenausgleich in den Ozeanen und eine gleichmäßige Verteilung der im Meerwasser gelösten Stoffe (Salze). Ohne diesen Austausch würden manche Gebiete der Ozeane für Lebewesen unbewohnbar.

### Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung

Als Einstieg ins Thema bietet sich als stummer Impuls eine Folienvorlage mit ausgewählten Schlagworten an (M1). Die Schülerinnen und Schüler stellen erste Vermutungen an und überprüfen diese durch Bearbeitung des Materials (M2). Dabei wird ihnen bewusst, welche Bedeutung der Golfstrom für das Überleben der Menschen in Mitteleuropa hat.

M1

**Klimakatastrophe**

**Wenn der Golfstrom versiegt**

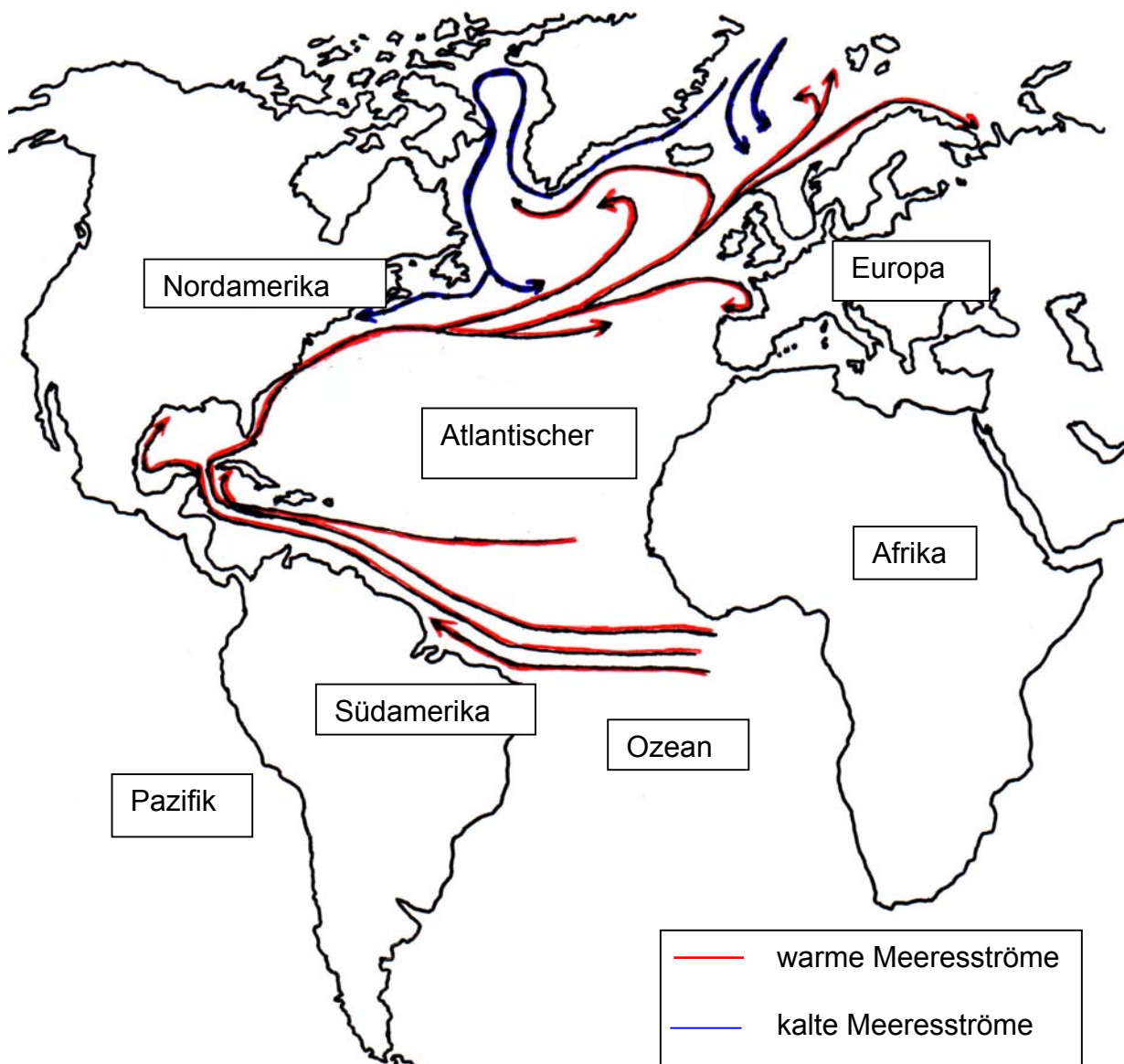
**Neue Eiszeit in West- und Nordeuropa?**

## M2: Der Golfstrom sichert das wirtschaftliche Überleben der Menschen in weiten Teilen Europas

Die größten „Flüsse“ verlaufen in den Ozeanen. In ihnen werden so gewaltige Wassermassen transportiert, dass im Vergleich dazu der Nil oder der Amazonas winzige Rinnsale sind. Der Golfstrom z. B. befördert etwa tausend mal mehr Wasser als der Mississippi.

Die Meeresströmungen sind für das Klima von entscheidender Bedeutung. Ohne den warmen Golfstrom wäre die Westküste Skandinaviens genau so unbewohnbar wie die Ostküste Grönlands.

Wie ist das zu erklären? Kaltes Wasser ist schwerer als warmes Wasser, salzreiches schwerer als salzarmes Wasser. So sinkt das kalte Wasser im Bereich der Pole in die Tiefe ab und bewegt sich langsam in Richtung des Äquators. Durch die Sogwirkung, die auf diese Weise entsteht, fließt gleichzeitig an der Oberfläche warmes Wasser vom Äquator zu den Polen. Dadurch entsteht ein dauernder Kreislauf. Neben der unterschiedlichen Erwärmung des Wassers ist für den Verlauf dieser Strömung auch noch die Erddrehung von Bedeutung, die die Meeresströme wie die Winde aus ihrer ursprünglichen Richtung ablenkt.



Wie im Kartenausschnitt zu erkennen ist, fließt der warme nördliche Äquatorialstrom von Afrika nach Südamerika. Er vereinigt sich mit einem Teil des südlichen Äquatorialstromes, der an der südwestafrikanischen Küste entsteht und an der südamerikanischen Küste entlang in nördliche Richtung ins Karibische Meer strömt. Zwischen der Halbinsel Yucatan und Kuba gelangt die warme Strömung in den Golf von Mexiko (daher kommt die Bezeichnung „Golfstrom“), wo sich das Wasser in den tropischen Gebieten wochenlang weiter erwärmt. Zwischen Florida und den Bahamas bzw. Kuba hat der Golfstrom etwa eine Breite von 75 km und erreicht an manchen Stellen eine Tiefe von knapp einem Kilometer. Die Wassertemperatur beträgt an der Oberfläche über 25° C. Weiter nach Norden wird der Golfstrom immer breiter und erreicht in der Höhe von New York eine Breite von etwa 480 km. Nördlich von Neufundland trifft er auf den kalten Labradorstrom. Von hier aus fließt der Golfstrom, oder jetzt genauer der „Atlantische Strom“, nach Nordosten, in Richtung Europa. Im östlichen Atlantik spaltet sich der warme Meeresstrom in mehrere „Äste“ auf. Ein nördlicher Ast reicht bis Island, eine südliche Abzweigung fließt in Richtung der Azoren und Kanarischen Inseln. Die mittlere und größte Strömung fließt bis zur europäischen Küste und dann entlang der Westküste Skandinaviens nach Norden. Am Rande des Polarmeeres taucht die Strömung ab in die Tiefe. Über 2 Milliarden Tonnen Wasser sinken hier in jeder Sekunde ab und erzeugen einen Sog, der den Nachschub warmen Wassers aufrecht erhält.

In den anderen Ozeanen gibt es keine Meeresströmung, die für das Klima eine vergleichbare Bedeutung hat.

### **Aufgaben:**

- Wer ist der „Motor“ der Meeresströmungen?
- Welche Bedeutung haben die warmen Meeresströmungen für Island und die Westküste Skandinaviens?
- Die Meeresströmungen beeinflussen nicht nur die klimatischen Bedingungen auf den Kontinenten, sondern auch die Lebensbedingungen der Tiere in den Ozeanen. Informiere dich darüber in deinem Biologiebuch!

## 2.5.5 Die Warmwasserheizung – Energietransport im Kreislaufsystem

### Lerninhalte

- Thermische Energie wird durch Wärmeströmung übertragen.
- Die Wärmeströmung ist verbunden mit einem Stofftransport.
- Bei der Warmwasserheizung treten Wärmeleitung, -strömung und -strahlung auf.

### Hinweise zu unterrichtlichen Umsetzung

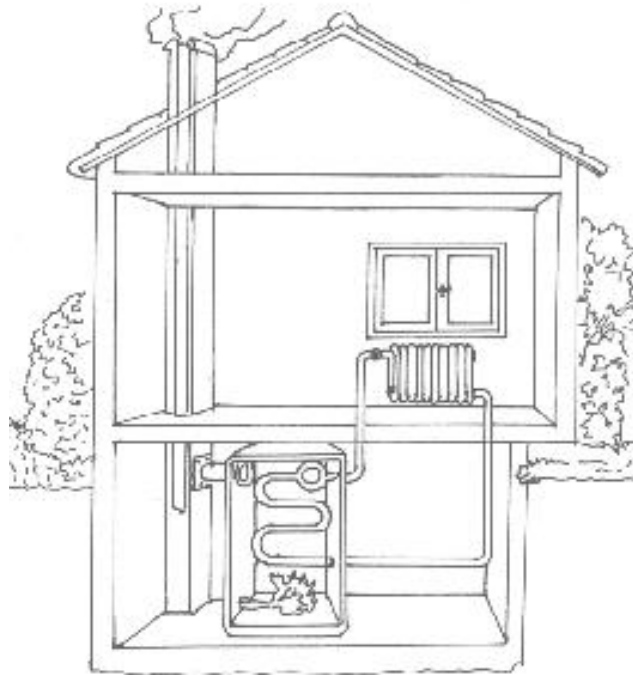
Als Einstieg bietet sich eine Folie an, die die wichtigen Elemente einer Heizungsanlage zeigt (M1). Die Schülerinnen und Schüler benennen und beschreiben die einzelnen Anlagenteile und äußern sich zur Funktionsweise.

Folgende Zusammenhänge können thematisiert werden: Im Heizkessel erfolgt eine Umwandlung der chemischen Energie des Brennstoffs (Gas, Öl) in Wärmeenergie. Diese wird durch Wärmeströmung zu den Heizkörpern übertragen (transportiert). Von der Oberfläche der Heizkörper wird die Wärme durch die Wärmestrahlung an die Raumluft abgegeben.

Zur Veranschaulichung kann man einen einfachen Versuch durchführen (M2), der die genannten Vorgänge veranschaulicht.

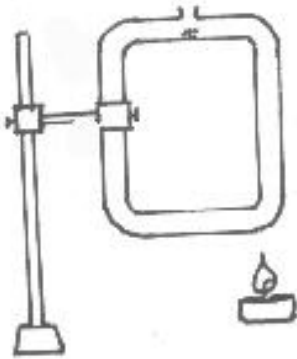
## Arbeitsblatt für die Schülerinnen und Schüler

### M1: Modell einer Warmwasserheizung



### M2: Einfacher Versuch zur Funktionsweise der Heizungsanlage

Benötigte Materialien: Rechteckrohr, Stativmaterial, Wasser, Kaliumpermanganat, Kerze oder Gasbrenner, Streichholz, Spatel oder Löffel



Versuchsbeschreibung:

Befestige ein Rechteckrohr mit Stativmaterial und fülle es mit Wasser.

Fülle mit dem Spatel oder dem Löffel einige Körnchen Kaliumpermanganat in die Öffnung des Rohres.

Erhitze das Rohr mit einer Kerze oder einem Gasbrenner.

**Beobachtung:**

---

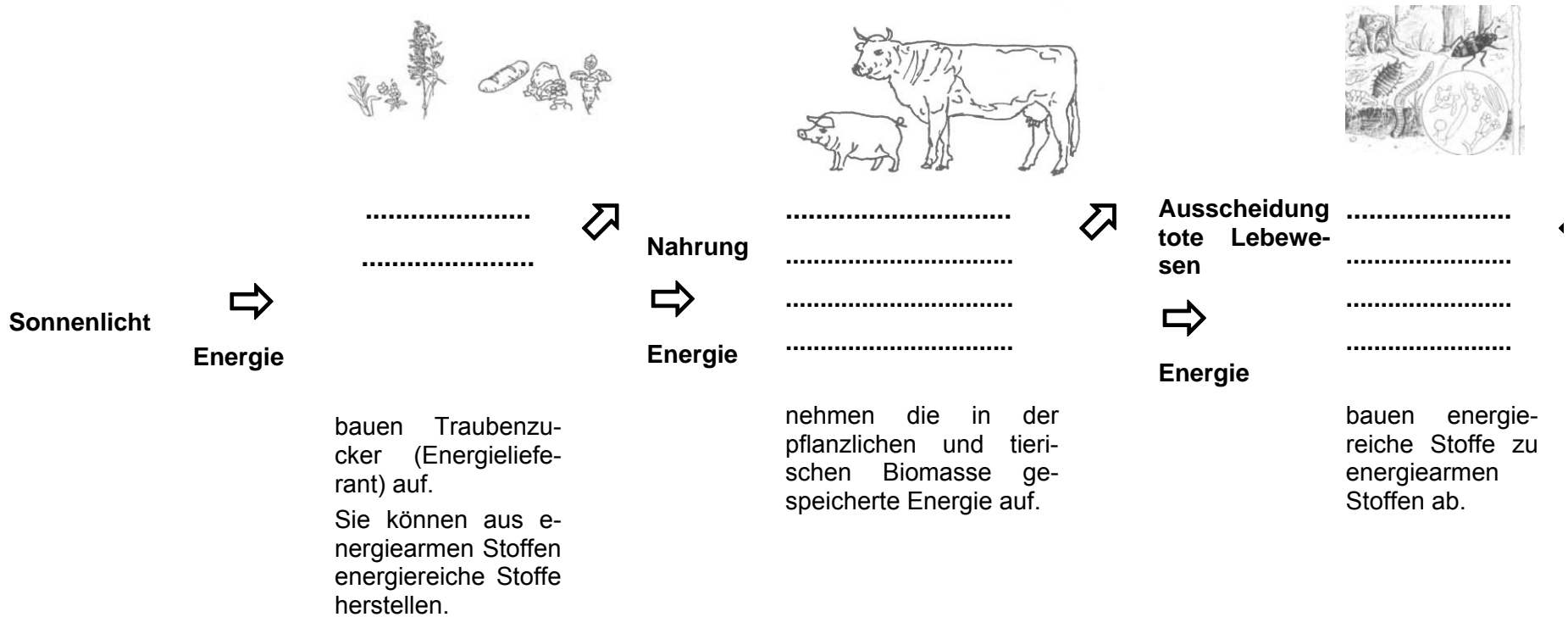
---

**Erklärung:**

---

---

## 2.5.6 Energiefluss in der Natur

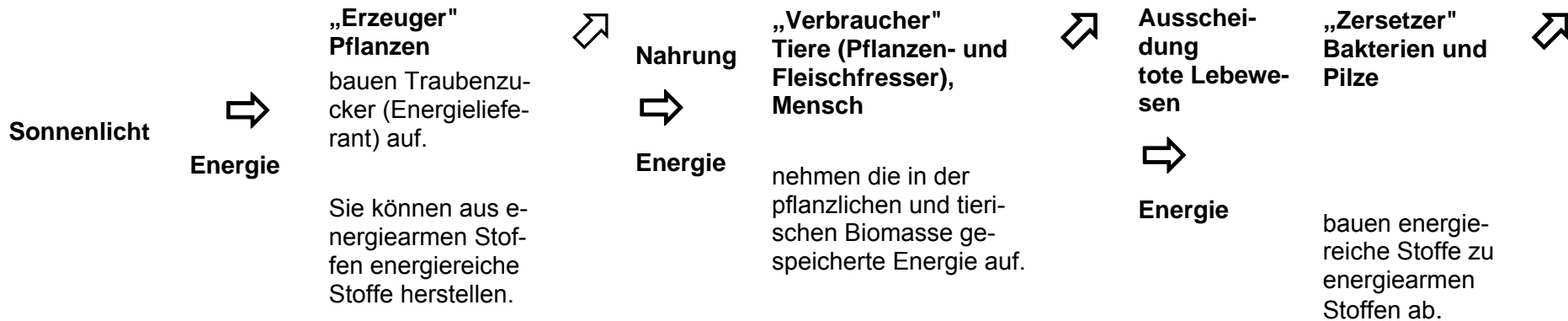
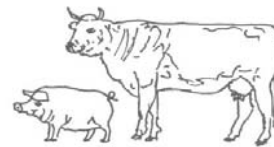


Die Energiequelle des gesamten Lebens ist die Sonne. Ohne sie könnte der Energiefluss in Form der skizzierten „Einbahnstraße“ nicht aufrecht erhalten werden.

Tiere und Menschen können keine Fotosynthese durchführen. Sie sind somit nicht in der Lage, aus energiearmen Stoffen energiereiche Stoffe herzustellen. Deshalb sind sie auf das organische Material aus der Nahrung angewiesen.



## 2.5.6 Energiefluss in der Natur - Lösung






Die Energiequelle des gesamten Lebens ist die Sonne. Ohne sie könnte der Energiefluss in Form der skizzierten „Einbahnstraße“ nicht aufrecht erhalten werden.

Tiere und Menschen können keine Fotosynthese durchführen. Sie sind somit nicht in der Lage, aus energiearmen Stoffen energiereiche Stoffe herzustellen. Deshalb sind sie auf das organische Material aus der Nahrung angewiesen.



### Aufgaben:

1. Ergänze die folgenden Lückenwörter: Bakterien und Pilze, „Erzeuger“, Mensch, Pflanzen, Tiere (Pflanzen- und Fleischfresser), „Verbraucher“, „Zersetzer“
2. Die Pfeile beschreiben den Energiefluss in der Natur. Male sie in der richtigen Farbe aus!

 (gelb)	Strahlungsenergie	 (blau)	Wärmeenergie wird an die Umgebung abgegeben	 (rot)	Chemische Energie
---	-------------------	---	---	--	-------------------

3. Informiere dich, welche Bedeutung die Pflanzen, die Tiere, der Mensch und die Bakterien bzw. Pilze für den Energiefluss haben.
4. Schreibe möglichst viele W-Fragen zum Energiefluss auf, die mit Hilfe der Übersicht zu beantworten sind.
5. Notiere dir zehn entscheidende Begriffe. Präsentiere nur mit Hilfe dieser Stichpunkte einen Fachvortrag zum Thema „Energiefluss in der Natur“

### **3 Literatur- und Internethinweise**

#### **3.1 Literatur**

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (Hg.): Zahlen und Fakten, ENERGIE DATEN 2000, Nationale und internationale Entwicklung, Berlin, 2000

Hauptberatungsstelle für Elektrizitätsanwendung e.V. – HEA – im Rahmen des ARBEITSKREISES SCHULINFORMATION ENERGIE (Hg.): Energiesparen in der Schule, Arbeitsblätter, Lösungshilfen, Kopiervorlagen, Energie-Verlag GmbH, Heidelberg, 2. Auflage, 1998

MUCKENFUß, Heinz; WALZ, Adolf: Neue Wege im Elektrikunterricht, 2. überarbeitete Auflage, Aulis Verlag Deubner & Co KG, Köln, 1997

RAUM, Bernd; SCHMIDT, Gerd-Dietrich (Hg.): Energie – Natur, Mensch, Technik, Lehrbuch für den Lernbereich Naturwissenschaften, PAETEC Schulbuchverlag, Berlin, 2000

SCHMIDT, Gerd-Dietrich (Hg.): Die Sonne – Quelle unseres Lebens, Lehrerheft für den fachübergreifenden Lernbereich „Naturwissenschaften“, PAETEC Schulbuchverlag, Berlin, 1996

SCHMIDT, Gerd-Dietrich (Hg.): Die Sonne – Quelle unseres Lebens, Arbeitsheft für den fachübergreifenden Lernbereich „Naturwissenschaften“, PAETEC Schulbuchverlag, Berlin, 1995

SCHMIDT, Gerd-Dietrich (Hg.): Energiequellen, Energieversorgung der Menschheit, Arbeitsheft für den fachübergreifenden Lernbereich „Naturwissenschaften“, PAETEC Schulbuchverlag, Berlin, 1995

## 3.2 Internetadressen

Adresse	Hinweise
<a href="http://www.learn-line.nrw.de/angebote/agenda21/thema/energie.htm">http://www.learn-line.nrw.de/angebote/agenda21/thema/energie.htm</a>	Links, Daten, aktuelle Nachrichten und Presseartikel, Projekte, Lexikon, Energie und Schule, Energie übergreifend, Unterrichtsmaterialien
<a href="http://www.hea.de/">http://www.hea.de/</a>	Hier finden Sie ausgewählte Informationen und Medienangebote für den Bildungsbereich. Doppel CD-ROM - Energiewelten Experimente zur Fotovoltaik - Solarkoffer SOLARTRAINER junior Versuche zur Fotovoltaik - Lehrsystem SOLARTRAINER Profi Experimente zur Windenergie - Windkoffer Experimente zu Wasserstoffenergie - Wasserstoffkoffer Filmverleih VHS-Video Energiecheck
<a href="http://www.learn-line.nrw.de/angebote/agenda21/archiv/01/11/par09info.htm">http://www.learn-line.nrw.de/angebote/agenda21/archiv/01/11/par09info.htm</a>	Schwerpunkt "Zukunftsaufgaben Energie und Klimaschutz"
<a href="http://www.iwr.de/wind/veroeff/schule.html">http://www.iwr.de/wind/veroeff/schule.html</a>	Experimente zur Windenergie, Modellbausatz: Sonnen- und Windenergieanlagen
<a href="http://www.iwr.de/solar/veroeff/schule.html">http://www.iwr.de/solar/veroeff/schule.html</a>	Experimente mit Solarzellen Sachinformation, Kopiervorlagen und Unterrichtshilfen (Arbeitsblätter, Lösungsblatt), DIN A 4, 54 Seiten, schwarz/weiß, Modellbausatz: Sonnen- und Windenergieanlagen
<a href="http://www.bine.info/">http://www.bine.info/</a>	Informationen zu den Themen Klimaschutz, Wind-, Solarenergie und Energiesparen können beim Informationsdienst BINE kostenlos im PDF-Format heruntergeladen werden.
Infos zum Geothermiekraftwerk in Landau/Pfalz: <a href="http://www.ka-news.de/karlsruhe/news.php4?show=dab2007530-18221">http://www.ka-news.de/karlsruhe/news.php4?show=dab2007530-18221</a> <a href="http://www.mufv.rlp.de/index.php?id=2386">http://www.mufv.rlp.de/index.php?id=2386</a> <a href="http://www.geox-gmbh.de/de/Projekt_Landau.htm">http://www.geox-gmbh.de/de/Projekt_Landau.htm</a>	
Neue Zahlen zur Windenergie bis einschließlich 2007: <a href="http://www.wind-energie.de/de/statistiken">http://www.wind-energie.de/de/statistiken</a>	
Zahlenwerte „Energieaufwand“ zu den Kapiteln 2, 3, 4 und 5: <a href="http://www.novafeel.de/fitness/kalorienverbrauch.htm">http://www.novafeel.de/fitness/kalorienverbrauch.htm</a>	