

Die Solarboot-Werft

Vorbereitung im Unterricht und Arbeitsblätter

Begleitheft für LehrerInnen





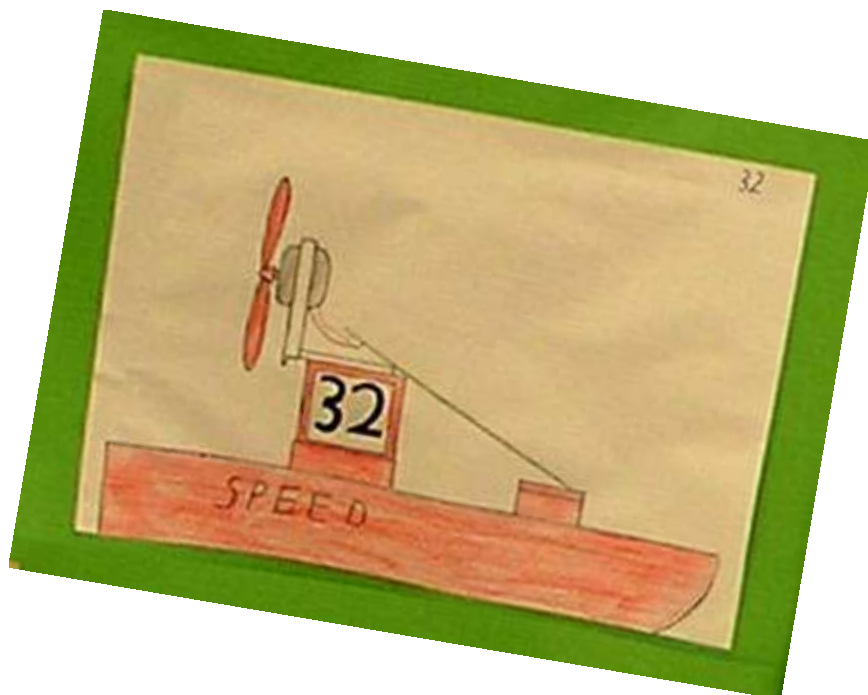
Inhalt:

Legende: UStd = Unterrichtsstunde (Vorschlag)
PPT = als Powerpoint-Präsentation

1	Einführung:	3
1.1	Zielgruppe	3
1.2	Der Hessen SolarCup	3
1.3	Organisatorische Hinweise	3
1.4	Zeitplan und Ablauf	4
1.5	Anmeldung	4
1.6	Kosten	4
1.7	Kompetenzen und Inhaltsfelder	4
1.8	Methodische Hinweise	5
2	Vorbereitung auf den Solarbootbau	6
2.1	UStd 1: Hessen SolarCup und Solarboote	6
2.1.1	PPT: Was ist der Hessen SolarCup?	6
2.1.1.1	Video: Hessen SolarCup 2011 (3,5 Minuten)	6
2.1.2	PPT: Was ist Sonnenenergie?	6
2.1.2.1	Arbeitsblatt „Sonne“ (optional)	6
2.1.3	PPT: Gibt es auch große Solarboote?	7
2.1.3.1	Video: MS Tûranor Planet Solar (4,5 Minuten)	7
2.1.4	PPT: Wie werden Schiffe angetrieben?	8
2.1.5	Arbeitsblatt: „So funktioniert das Solarboot“	8
2.2	UStd 2: Wettbewerbsregeln und Solarbootbau	9
2.2.1	PPT: Wie kann man beim Hessen SolarCup mitmachen?	9
2.2.2	PPT: Wie baut man ein Solarboot?	9
2.2.3	PPT: Fotogalerie Solarboote (Option)	9
2.2.4	PPT: Die Werkstatt im Wassererlebnishaus	10
2.3	UStd 3: Umweltfreundliche Materialien und Teambildung	10
2.3.1	PPT: Was ist umweltfreundlich?	10
2.3.2	Gruppen (Boots-Teams) bilden	11
2.3.3	Hausaufgabe: Material besorgen	11
2.4	UStd 4: Energie und Kraftwerk	11
2.4.1	PPT: Was ist Energie?	11
2.4.2	PPT: Wie funktioniert ein Kraftwerk?	12
2.4.3	Arbeitsblatt „So funktioniert ein Kohlekraftwerk“	12
2.5	UStd 5+6: Woher kommt der Strom?	13
2.5.1	Fachliche Einführung	13
2.5.2	Didaktische Einführung	13
2.5.3	Arbeitsblatt „Woher kommt der Strom?“	14
2.5.4	Methode A: Infokärtchen und Tafel-Tabelle	14
2.5.5	Methode B: Infokärtchen und Tafel-Schaubild	15
2.5.6	Optionale Lernmaterialien	17
2.6	LE „Strom für unser Dorf“	18
2.6.1	Option: Fragen an den Experten formulieren	20
2.6.2	Option (Video): Löwenzahn-Sendung „Sonnenenergie – Strom für die Finsternis“	20
2.7	Option: Vorüberlegungen zur Konstruktion	21
2.7.1	Arbeitsblatt „Schlangenrennen“	21
2.7.2	Arbeitsblatt „Wie viel kann ein Boot tragen?“	21
2.7.3	Arbeitsblatt „Das schräge Solarmodul“	22
2.7.4	Experiment „Kentertest“	22
2.8	Option: Plakat „Sonne ist leben“	22
Option:	„Auftrieb und Dichte“	23
2.8.1	Fachinfos	23
2.8.2	Experimente-Auswahl	23
2.9	Option: „Solar-Strom“	25
2.9.1	Organisation und Didaktik	25
2.9.2	Solarantrieb zusammen bauen	27
2.9.3	Erstes Erproben des Solarantriebes	28
2.9.4	Arbeitsblatt „Fehler im Stromkreis finden“	28
2.9.5	Experiment und Arbeitsblatt „Was leitet Strom?“	29



2.9.6	Experiment „Lange Leitung“ (ohne Arbeitsblatt).....	29
2.10	Vorbereitung auf den Besuch im Wassererlebnishaus	30
3	Solarboote bauen im Wassererlebnishaus	31
3.1	Kompetenzen:	31
3.2	Eigenständige Experimente	31
3.2.1	Kenter-Test:	31
3.2.2	Auswertung Kenter-Test:.....	32
3.2.3	Material-Test:.....	32
3.3	Vorführ-Experimente zu häufigen Konstruktionsfehlern.....	33
3.3.1	Schnelligkeit (Stromlinienform)	33
3.3.2	Größe und Gewicht:	34
3.3.3	Vorteile und Nachteile	34
3.3.4	Unerwünschte Bremsen und Kurven („Experten-Experimente“).....	34
3.3.5	Das „Merkblatt für Konstrukteure“	35
3.4	Bootsbau und Rumpfschablonen	36
3.5	Abschluss-Regatta:	36
4	Vorbereitung auf den Wettbewerb	37
4.1	Reparaturen.....	37
4.2	UStd 1: Künstlerische Gestaltung der Solarboote	37
4.3	UStd 2+3: Plakate gestalten	37
4.4	UStd 4: Vorausscheidung der Wettbewerbsboote.....	37
4.5	Vorbereitung auf den Wettbewerbstag	38
5	Anhang	39
5.1	Literatur	39
5.2	Materialien und Bezugsquellen	39
5.3	Arbeitsblätter und Anleitungen	39





1 Einführung:

1.1 Zielgruppe

Mit der Veranstaltung „Solarbootwerft“ möchte das Wassererlebnishaus vor allem Klassen mit ungünstigen Rahmenbedingungen motivieren, am Hessen SolarCup teilzunehmen:

- **Kein (nutzbarer) Werkraum vorhanden** (das Bauen der Boote findet im Wassererlebnishaus statt)
- **Knappe Vorbereitungszeit** (es stehen Powerpoint-Präsentationen und maßgeschneiderte Unterrichtseinheiten mit Arbeitsblättern zur Verfügung)
- **Lehrkräfte mit geringen handwerklichen Erfahrungen** (das Bootebauen im Wassererlebnishaus wird von hauseigenem Personal angeleitet)
- **Zu hohe Kosten:** (die Kosten für die Solarbausätze und den Besuch im Wassererlebnishaus können durch **Sponsorenmittel** übernommen werden)

1.2 Der Hessen SolarCup



„Der Hessen SolarCup verfolgt die Idee, für Kinder, Jugendliche und junge Erwachsene, von der Grundschule, über die Sekundarstufe I bis zur Sekundarstufe II/berufliche Bildung, die Anwendung der Photovoltaik und der rationellen Energienutzung in Projektarbeiten in Theorie und Praxis selbst zu gestalten und gemeinsam in einem Wettbewerb erlebbar zu machen.

Der Hessen SolarCup ist eine offene Veranstaltung mit dem Ziel, im Bereich der erneuerbaren Energien handelndes und entdeckendes Lernen mit Qualifizierung und Kompetenzerwerb für einen breiten Altersbereich, gemäß den Lehrplänen und Ausbildungsordnungen, zu verknüpfen.“ (Heino Kirchhoff, 2010).

Der Wettbewerb soll den Themen „regenerative Energie“ (Sonne, Wind und Wasserkraft) und „nachhaltige Mobilität“ (Elektrofahrzeuge) in der Schule mehr Raum verschaffen. Die Teilnahme am Hessen SolarCup stärkt zahlreiche Kompetenzen der SchülerInnen und setzt viele Kriterien der **„Bildung für nachhaltige Entwicklung“** (BNE, www.transfer-21.de) um.

Die Aufgabe für GrundschülerInnen besteht darin, ein Solarbootmodell mit Luftschraubenantrieb zu bauen. Die Antriebskomponenten sind als Bausatz vorgegeben. Den Bootsrumf konstruieren und dokumentieren (2 Plakate) die SchülerInnen selbst.

Alljährlich etwa im Juni findet der Wettbewerb unter großer Öffentlichkeits- und Medienbeteiligung auf dem Königsplatz in Kassel statt. Aktueller Termin s. www.solarcup.de.

1.3 Organisatorische Hinweise

Bei einer Teilnahme am Hessen SolarCup muss man sich um die Motivation der SchülerInnen erfahrungsgemäß nicht sorgen. Von den Lehrkräften fordert die Teilnahme allerdings ein hohes Maß an Organisation und Fachkenntnissen. Dieses Begleitheft soll helfen, diese Anforderungen bei vertretbarem Aufwand zu bewältigen.

Arbeitsteilung

Während der eigentliche Bau der Solarboote als angeleitete Veranstaltung im Wassererlebnishaus stattfindet, werden vorbereitende Lerneinheiten in der Schule durchgeführt. Dies dient nicht nur der Motivation der SchülerInnen, sondern auch der Vorbereitung des Boote Bauens im Wassererlebnishaus, so dass innerhalb des begrenzten Zeitrahmens gute Ergebnisse erzielt werden können.

Pflicht und Kür

Die wichtigsten Lerneinheiten sind mittels **Powerpoint-Präsentationen** und **Arbeitsblätter** so aufbereitet, dass sie mit geringem Vorbereitungsaufwand umsetzbar sind.

Weitere, optionale Lerneinheiten („Auftrieb und Dichte“ und „Solar-Strom“) stellen eine sinnvolle Ergänzung dar, sind jedoch keine Voraussetzung für die erfolgreiche Teilnahme am SolarCup. Die zu diesen Lerneinheiten enthaltenen Arbeitsmaterialien sind eher knapp gehalten und können mit Ihren „Klassikern“ kombiniert werden.

Ausführliche organisatorische, fachliche und didaktische Hinweise finden Sie jeweils zu Beginn der einzelnen Lerneinheiten-Kapitel.

Zeitbedarf für Vor- und Nachbereitung (Schule)

- ca. 5 UStd: Vorbereitung (vor dem Bootsbau)
- ca. 4 UStd: Nachbereitung (zwischen Bootsbau und Wettbewerb)

Die Einteilung der Unterrichtsstunden (s. Inhaltsverzeichnis) ist hauptsächlich inhaltlich begründet. Der tatsächliche Zeitbedarf ist auf die jeweilige Lerngruppe abzustimmen.

Eltern unerwünscht

Eltern sollten beim Bau der Boote möglichst keine Hilfestellung leisten, da sie dazu neigen aus Ehrgeiz den Kindern den Bootsbau zu entreißen. Das gefährdet nicht nur die Motivation, das Erleben der Selbstwirksamkeit und den Erkenntnisgewinn der SchülerInnen, sondern kann beim Wettbewerb bei zu offensichtlichen „Fremdleistungen“ auch bestraft werden (Punktabzug).

Nachhaltiges Lernen

Der Hessen SolarCup soll nicht nur das nachhaltige Denken und Handeln der SchülerInnen anspornen, sondern könnte sich auch wie ein roter Faden durch die Schullaufbahn ziehen, denn an weiterführenden Schulen bietet sich die Teilnahme an anderen Teilwettbewerben an (Ultraleicht- oder ferngelenkte Solarautos, oder gar „SolaRobots“).

Ebenso kann der Hessen SolarCup eine Schultradition begründen, die von einer Schülergeneration an die



nächste weitergegeben wird.

Wenn eine solche Tradition dann auch noch offizieller Teil des Schulprogrammes wird, befindet man sich auf dem besten Weg zur **Umweltschule**.

„Umweltschule – Lernen und Handeln für die Zukunft“ ist ein jährlicher hessischer Wettbewerb für Schulen mit Umweltprojekten. Die Anerkennung als Umweltschule gilt als Teilzertifikat des Programms „**Schule und Gesundheit**“. Das Wassererlebnishaus unterstützt Sie als offizielle Beratungsstelle für Umweltschulen auf diesem Weg.



Weitere Veranstaltungen im Wassererlebnishaus

Das Wassererlebnishaus bietet weitere Veranstaltungen an, die mit der „Solarbootwerft“ kombinierbar sind:

- **Die Energiespürnasen:** systematische Einführung der Begriffe „Energie“, „Energieumwandlung“ und „Energieketten“ mit Basteleien und Experimenten.
- **Die Bootswerft:** Auftrieb und Dichte; Stromlinienform; Bau verschiedener (preiswerter) Antriebe.
- **Lernwerkstatt Klimawandel:** Experimentierstationen zu Wetter- und Klimaphänomenen. Angeleitete Halbtagsveranstaltung an der Schule.

1.4 Zeitplan und Ablauf

Februar:

- Anmeldung zum HessenSolarCup (bei Uni Kassel (s.u.); **Nicht** im Wassererlebnishaus).
- Vereinbarung eines Termins zum Solarbootebauen im Wassererlebnishaus (Bootsbau ca. 2-3 Wochen vor Wettbewerb)
- Bestellung der Solarantriebs-Bausätze (durch Schule oder Wassererlebnishaus): 1 Bausatz pro 3er-Gruppe.

3-4 Wochen vor dem Wettbewerbstag (Vorbereitung auf das Solarbootebauen): ca. 5 Unterrichtsstunden

- Regeln des Hessen SolarCup
- Vorüberlegungen zum Bau der Solarboote
- Umweltfreundliche Materialien
- Energie-Grundlagen und Funktion eines Kraftwerkes
- Regenerative Stromversorgung
- Optional: „Solar-Strom“ und „Auftrieb und Dichte“

2-3 Wochen vor Wettbewerb (Solarbootbau)

- Solarboote bauen im Wassererlebnishaus (angeleitete Veranstaltung). Zeit: 09:00 – 12:30 Uhr. Termin bereits im Februar vereinbaren.
- Notfalls Fertigstellen einzelner Boote am Familien-nachmittag im Wassererlebnishaus (immer Dienstags ab 14:00 Uhr, Organisation durch Eltern).

1-2 Wochen vor Wettbewerb (Vorbereitung auf den Wettbewerb): ca. 4 Unterrichtsstunden

- Künstlerische Gestaltung der Solarboote
- Gestaltung der Plakate „Sonne ist Leben“ und „Konstruktion“.
- Klasseninterne Vorausscheidung der Boote für den Wettbewerb.

Mai/Juni: HessenSolarCup auf dem Königsplatz

Aktueller Termin: www.solarcup.de.

Ca. 2 Wochen später: Preisverleihung an der Uni Kassel

1.5 Anmeldung

Hessen SolarCup (Uni Kassel):

Tel.: 05 61 / 80 4-65 30

Fax: 05 61 / 80 4-60 30

Homepage: www.solarcup.de

E-Mail: solarcup@uni-kassel.de

Solarboote bauen (Wassererlebnishaus, Anmeldung ab Dezember des Vorjahres): Tel: 0561 / 98 1234 6

Homepage www@wassererlebnishaus-fuldatal.de

E-Mail: info@wassererlebnishaus-fuldatal.de

1.6 Kosten

4,20 € / Schüler:	Solarantrieb-Bausätze (12,50€/Stck 1 Stck. pro 3er-Gruppe)
4 € / Schüler	Solarbootbau-Veranstaltung im Wassererlebnishaus (inkl. Material)
ca. 1 € / Schüler	Fahrt ins Wassererlebnishaus
ca. 1 € / Schüler	Fahrt zum Königsplatz (Wettbewerb).
ca. 1 € / Schüler	Material zur künstlerischen Gestaltung der Solarboote
ca. -,50 €/Schüler	2 Plakate (Tonkarton, 50x70 cm bzw. A2) pro Bootsteam
?? € / Schüler	LE „Strom“ (optional, s. Materialliste im Anhang)
?? € / Schüler	Material und Werkzeug für Notfall-reparaturen (optional, s. Materialliste im Anhang)

1.7 Kompetenzen und Inhaltsfelder

Die folgende Auflistung zeigt die wesentlichen Inhalte, Erkenntnisse und Kompetenzen des Projektes „Solarbootwerft“. Eine genaue Zuordnung nach dem neuen Kerncurriculum erfolgt hier nicht.

Energie

- Energieformen und –übertragung durch Analyse verschiedener Schiffsantriebe und der Funktion eines Kohlekraftwerkes.
- Erneuerbare und Nicht-Erneuerbare Energieformen am Beispiel der Stromversorgung.
- Planung und Umsetzung eines vielschichtigen, umfassenden Energie-Projektes (von der Konstruktion eines effizienten Bootes bis zum Nachdenken über die gesellschaftliche Bedeutung nachhaltiger Mobilität).



Strom

Strom wird als vielfältige Energieform bzw. –überträger erkannt. Stromkreis-Experimente mit dem Solarmodul sind geeignet als Einstieg in die Lerneinheit Strom oder auch als Wiederholung.

Auftrieb und Dichte

Auch dieses klassische Sachunterrichtsthema lässt sich in Kombination mit dem Solarbootbau praxis- und problemorientiert umsetzen.

Teamarbeit

Der Bootsbau und dessen Dokumentation im Team erfordert eine Vielzahl von Absprachen, Entscheidungen und eine zuverlässige Aufgabenteilung nach Vorlieben und Kenntnissen. Dies beinhaltet die gemeinsame Festlegung von Zielen sowie die Fähigkeit, andere überzeugen zu können.

Handwerkliches Gestalten

Der erfolgreiche gestalterische Umgang mit Werkzeugen und Materialien erfordert Erfahrungen, die nur durch häufiges Üben erworben werden können. Die Fähigkeit, ein funktionales Konstrukt nach eigenen Ideen auch tatsächlich umsetzen zu können, fördert ganz wesentlich dreidimensionales Denken und Interesse an Technik. Übung fördert differenzierte Kenntnisse über Potentiale, Grenzen und Gefahren von Werkzeugen und Materialien, und verbessert die motorischen Fähigkeiten. Dies wiederum verbessert die Selbsteinschätzung für zukünftige Projekte und Ideen.

Konstruktion

Konstruktion und handwerkliche Fähigkeiten bedingen sich gegenseitig. Oft scheitert eine gute Idee an mangelnden handwerklichen Kompetenzen. Eine gute Konstruktionsarbeit orientiert sich stets an einem Ziel bzw. einer Funktion. Das Solarboot soll mehrere Eigenschaften aufweisen, die entgegen gesetzte Konstruktionen erfordern. Hier muss ein optimaler Kompromiss gefunden und experimentell überprüft bzw. optimiert werden. Problematische Eigenschaften des Bootes müssen auf Konstruktionselemente zurückgeführt werden können, um sie zu lösen.

Ganzheitliche Betrachtung

Die Bootskonstruktion soll nicht nur regenerative Energie nutzen, sondern auch die Baumaterialien sollen möglichst nachhaltig sein (also erneuerbar oder recyclebar).

Dokumentation (Plakate)

Die Darstellung der Bootskonstruktion soll zur Reflexion dienen, aber auch zur Präsentation der eigenen Arbeit. Dies im Team zu leisten, ist eine besondere Anforderung.

Künstlerische Gestaltung

Die äußere Gestaltung (Bemalung und Dekoration) gibt dem Boot den „letzten Schliff“ und integriert auch SchülerInnen mit geringem technischem Interesse.

1.8 Methodische Hinweise

Materialien zum Download bzw. Material-CD

Dieses Begleitheft inkl. aller Anleitungen und Arbeitsblätter sowie die Powerpoint-Präsentationen stehen als Download auf der Homepage des Wassererlebnishauses bereit: www.wassererlebnishaus-fuldatal.de

Auf der **Material-CD** finden Sie zusätzlich die Videos und Software zum Abspielen.

Powerpoint-Präsentationen:

Die wesentlichen Informationen der Lerneinheiten werden mittels Powerpoint-Präsentationen vermittelt. Alternativ kann die **PDF-Version** der Präsentationen auch **ausgedruckt** und gezeigt werden.

Es wird jeweils ein Bild mit einer Erläuterung gezeigt, die von den SchülerInnen z.B. reihum vorgelesen werden kann.

Der **Dateiname** der Präsentationen entspricht den jeweiligen Kapitelüberschriften.

Zum Anzeigen der Präsentationen wird Powerpoint (ab Version 2003) benötigt, alternativ der **Powerpoint-Viewer** (auf der Material-CD enthalten).

Achtung: „PC-Wächter“:

Auf vielen Schul-Computern ist das Schutzsystem „PC-Wächter“ (von Dr. Kaiser) installiert. Damit der gerade installierte Powerpoint-Viewer nicht gleich wieder gelöscht wird, muss man unter Start – Programme – DKS-Konfiguration den Schutz ausschalten. Ein Passwort ist beim EDV-Beauftragten zu erfragen.

Arbeitsblätter:

Manche Arbeitsblätter (Kap. 2.1 und 2.4) beziehen sich direkt auf die zugehörige Powerpoint-Präsentation und werden dadurch auch ohne Vorkenntnisse lösbar.

Wenn alle ABs in einer Solarboot-Mappe gesammelt werden, eignet sich das AB „Mein Solarboot“ (Zeichnung) gut als Titelblatt.

Die beiden Arbeitsblätter „Ergebnisse der Experimente“ und „Merkblatt für Konstrukteure“ werden nur beim Boote bauen im Wassererlebnishaus benutzt.

Nachhaltiges Handeln kann man bereits beim Kopieren der Arbeitsblätter demonstrieren: doppelseitiges Drucken erspart die Hälfte des Papiers (und der dafür benötigten Bäume).

Videos:

Die Videos sind in den Powerpoint-Präsentationen und in diesem Begleitheft als Internet-Links vorhanden (Internet-Anschluß erforderlich). Auf der Material-CD sind sie auch als Dateien vorhanden.

Zur Wiedergabe der Videos von CD kann die Software „**VLC-Player**“ benutzt werden (auf der CD enthalten).

Werkzeug und Baumaterial für die optionalen Lerneinheiten und Experimente sind im Anhang mit Bezugsquellen aufgelistet



2 Vorbereitung auf den Solarbootbau

2.1 UStd 1: Hessen SolarCup und Solarboote

Die 3 **Videos** (zusammen ca. 8 Minuten Laufzeit) können direkt aus der Powerpoint-Präsentation gestartet werden (YouTube-Links). Wenn es keine Internet-Verbindung gibt, können die Videos von der CD gestartet werden. Dazu muss ein Abspielprogramm installiert sein (z.B. VLC-MediaPlayer).

Die Videos können wahlweise zunächst weggelassen werden, um mehr Zeit für das Arbeitsblatt „So funktioniert das Solarboot“ zu haben.

2.1.1 PPT: Was ist der Hessen SolarCup?

Powerpoint-Präsentation: 8 Folien



2.1.1.1 Video: Hessen SolarCup 2011 (3,5 Minuten)



Ein Imagefilm der Städtischen Werke Kassel (neben SMA einer der Hauptsponsoren des HSC). In eindrucksvollen Bildern erhält man einen guten Eindruck von der Stimmung während des Wettbewerbs. Neben Interviews mit Kindern gibt es auch Statements von Erwachsenen (Politiker und Sponsoren), die die Bedeutung des HSC hervorheben.

[YouTube-Link: Hessen SolarCup 2011](#)

Datei: Hessen SolarCup 2011 Städt Werke Youtube.mp4

2.1.2 PPT: Was ist Sonnenenergie?

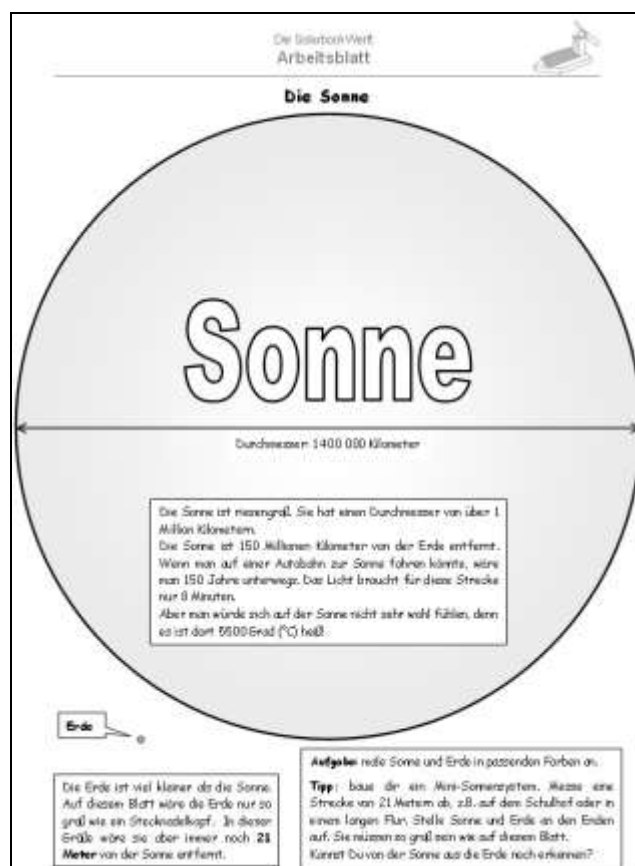
Powerpoint-Präsentation: 7 Folien



Wichtige Unterscheidung:

Solarmodule: nutzen Sonnen-Licht und erzeugen **Strom**
Sonnenkollektoren: nutzen Sonnen-Wärme und erhitzen Wasser.

2.1.2.1 Arbeitsblatt „Sonne“ (optional)



Das Arbeitsblatt soll einen ersten Einblick in die erstaunlichen astronomischen Dimensionen eröffnen. Am Besten lassen sich diese Größenverhältnisse erfassen, wenn man Sonne und Erde maßstäblich aufbaut: die Sonne wird ausgeschnitten und 21 Meter davon entfernt ein „Erdmodell“ platziert. Das wäre in diesem Maßstab z.B. ein blauer Stecknadelkopf (und auf einen Sockel aus



Radiergummi oder Korken gesteckt).

Auf dem Sportplatz könnte man sogar mit der ganzen Klasse einen Riesenkreis mit 21 Meter Radius aufstellen, der die Erdumlaufbahn um die Sonne darstellt (in der Mitte die Lehrkraft mit Sonnenmodell). Für einen Umlauf (mit ihrer Stecknadel-Erde) werden die Kinder nur 1 Minute brauchen, die Erde aber ein ganzes Jahr (und sie dreht sich dabei noch 365 mal!).

Mehr Infos (für Kinder): [Link: Blinde Kuh - Sonne](#)

Trotz ihrer Winzigkeit im Weltraum ist die Erde unser Heimatplanet – unsere „Welt“.



Erde und Sonne als maßstäbliches Modell
(Abstand: 21 m)

2.1.3 PPT: Gibt es auch große Solarboote?

Powerpoint-Präsentation: 5 Folien



Kurze Vorstellung realer Boote mit Solarantrieb. Für Rundfahrten mit dem Kasseler Solarboot „Sonnja“ kann man sich wenden an: Heino Kirchhoff: Tel.: 05608/4366

2.1.3.1 Video: MS Tûranor Planet Solar (4,5 Minuten)



Das größte Solarschiff der Welt umrundete die Welt vom 27.09.2010 bis 04.05.2012 in 585 Tagen. Start- und Zielhafen war Monaco.

Der Film zeigt in schönen Bildern den Bau und den Beginn der Weltumrundung (bis Januar 2012).

Der Name „Tûranor“ wurde aus der Elbensprache des J. R. R. Tolkien (Herr der Ringe) abgeleitet und bedeutet „Kraft der Sonne“ oder „Sieg der Sonne“.

Versuchen Sie, mit den SchülerInnen den Weg des Bootes auf dem Globus zu verfolgen. Die Turanor nimmt nicht den kürzesten Weg, denn es geht bei der Reise auch darum, die Bedeutung regenerativer Energien zu zeigen. So wird eine Energie-Konferenz in Doha (Katar) besucht sowie einige Südseeinseln, die durch den Klimawandel vom Untergang (wörtlich!) bedroht sind.

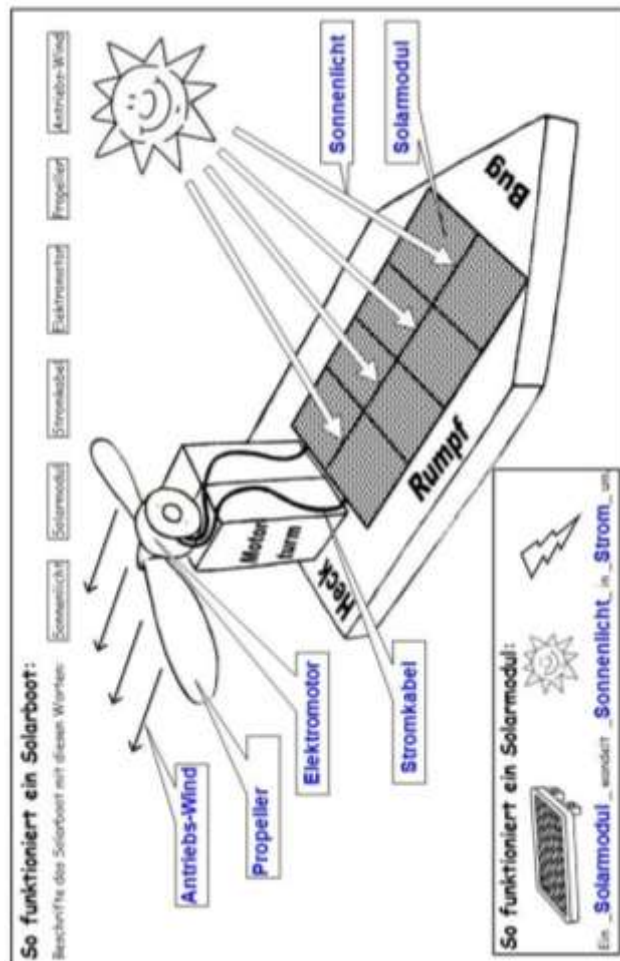
[Youtube-Link: MS Tûranor Planet Solar](#)

Datei:

Clip PlanetSolar January 2012 - Janvier 2012 480p.flv

2.1.5 Arbeitsblatt: „So funktioniert das Solarboot“

Lösungsblatt (verkleinert):



- Der Luftpropellerantrieb ist untypisch für ein Boot, aber einfach zu bauen.
- Die meisten Boote werden mit Benzin- oder Dieselmotoren und einer Wasserschraube betrieben.
- Auch das Sumpfboot hat einen (umweltschädigenden) Benzinmotor.

YouTube-Link: [Sumpfboot](#)

Arbeitsblatt „So funktioniert das Solarboot“

Hier werden die Komponenten des Solarbootes wiederholt (identisch mit dem letzten Bild der Powerpoint-Präsentation „Wie werden Schiffe angetrieben“).

Die angebotenen Begriffe stehen bereits in der logischen Reihenfolge und repräsentieren damit auch die Energiekette (s.u.) des Solarbootes. Letztere ist in der Zeichnung selbst schwieriger wiederzufinden, weil die Anordnung der Beschriftungen anders ist. Die Pfeile für Sonnenlicht und Antriebs-Wind unterscheiden sich in Farbe und Strichstärke. Dies soll die unterschiedlichen Energie-Sorten verdeutlichen und die Tatsache, dass von der Sonnenenergie nur ein Teil beim Antrieb ankommt. Jede Energieumwandlung ist mit Verlusten verbunden.

Wichtig: das Solarmodul nutzt das Licht der Sonne, nicht die Wärme (unterschiedliche Energie-Sorten).

Die Begriffe „Bootsrumpf“ und „Motorturm“ sind als wichtige konstruktive Merkmale des Solarbootes bereits vorgegeben.



2.2 UStd 2: Wettbewerbsregeln und Solarbootbau

Neben den **Wettbewerbsregeln** werden hier erste wichtige Kenntnisse über den Zusammenhang von **Funktion und Konstruktion** der Boote sowie über **handwerkliche Erfordernisse** vermittelt.

Ziel ist, den Besuch im Wassererlebnishaus zum Bau der Boote möglichst optimal vorzubereiten, um die knappe Zeit gut zu nutzen.

2.2.1 PPT: Wie kann man beim Hessen SolarCup mitmachen?

Powerpoint-Präsentation: 19 Folien



Es werden die Regeln des Hessen SolarCup ausführlich in Bildern dargestellt. Das aktuelle und detaillierte Reglement (inkl. Bewertungskriterien und Punkte) finden Sie auf www.solarcup.de.

2.2.2 PPT: Wie baut man ein Solarboot?

Powerpoint-Präsentation: 7 Folien



Didaktische Hinweise:

Hier werden zunächst nur wenige grundlegende Fakten zur **Konstruktion** genannt, um fatale Fehleinschätzungen bei der Planung zu vermeiden. Insbesondere die **Kentersicherheit** wird während des Besuchs im

Wassererlebnishaus durch entsprechende **Experimente** erfahrbar werden.

Die **Stromlinienform** als Konstruktionsprinzip wird hier nicht näher thematisiert, da erfahrungsgemäß die SchülerInnen ohnehin die typischen stromlinienförmigen Bootsrümpfe zum Vorbild nehmen und über gewisse Vorkenntnisse zum Zusammenhang von Geschwindigkeit und Stromlinienform verfügen.

Fundierte experimentelle Erkenntnisse zur Stromlinienform bietet das Wassererlebnishaus in der Veranstaltung „Die Bootswerft“.

Schön oder schnell?

Zwar liegt der Hauptfokus beim Hessen SolarCup auf dem Wettrennen, aber auch das schnellste Boot erringt durch die Wettfahrten nur 21 von 46 erreichbaren Gesamtpunkten. Der Bau eines schnellen Bootes erfordert vielfältige konstruktive Abwägungen und präzises handwerkliches Arbeiten. Viele SchülerInnen finden besondere Freude an der Verzierung der Boote, auch wenn dies nicht immer der Schnelligkeit dient. Dies sollte nicht unterbunden werden, denn es gibt ja auch für die künstlerische Gestaltung Punkte.

Wichtig ist aber, dass jedes Team die konstruktiven Entscheidungen beim Bau des Bootes **begründen** kann. Dies ist sowohl für die Erstellung der Plakate wichtig wie auch für das Gespräch mit den Bewertungsrichtern.

2.2.3 PPT: Fotogalerie Solarboote (Option)

Powerpoint-Präsentation: 67 Folien



Diese Fotos sollen zeigen, welche Vielfalt an Konstruktionen möglich ist und damit die Ideen der SchülerInnen für das eigene Boot anregen. Damit aber nicht die eigene Fantasie gelähmt wird oder die Vielfalt überfordert, sollte die Zahl (oder die Zeit) der gezeigten Fotos an die Leistungsfähigkeit der Lerngruppe angepasst werden. Die Fotos sollten auch nur einmal gezeigt werden (mit Ankündigung), um direkte Plagiate von vornherein auszuschließen.



2.2.4 PPT: Die Werkstatt im Wassererlebnishaus

Powerpoint-Präsentation: 8 Folien



Es wird hier die Material- und Werkzeug-Ausstattung des Wassererlebnishauses vorgestellt. Damit können die Boots-Teams entscheiden, welche Materialien für die Wunschkonstruktion **noch selbst besorgt werden** müssen.

Die **scharfen Cuttermesser** haben sich für die Bearbeitung der Kork- und Styrodur-Platten bewährt. Den SchülerInnen werden im Wassererlebnishaus ausführlich Regeln für den Umgang mit den Messern vermittelt. Außerdem können die Messer vor dem eigentlichen Bootsbau in Ruhe ausprobiert werden.

Das gleiche gilt für die **Heißklebepistolen**, die beinahe alle Werkstoffe schnell kleben und damit den Bau der Boote sehr beschleunigen.

2.3 UStd 3: Umweltfreundliche Materialien und Teambildung

2.3.1 PPT: Was ist umweltfreundlich?

Powerpoint-Präsentation: 14 Folien



Die Verwendung umweltfreundlicher Materialien (oder das **Wiederverwenden von Abfallmaterialien**) wird ausführlich behandelt, um die **ganzheitliche** Herausforderung eines „umweltfreundlichen“ Solarboots zu betonen.

Je mehr Rohstoffe die Menschen aus der Erde „buddeln“ und oft innerhalb kürzester Zeit in Müll verwandeln, desto wichtiger wird Recycling zukünftig werden. Das gilt auch für die Werkstoffe aus denen (umweltfreundliche) Fahrzeuge gebaut werden.

Das Wissen über die Herkunft und die Begrenztheit der Materialien soll bei den SchülerInnen deren Wertschätzung und einen schonenden Umgang damit fördern.

Die Einstiegsfrage ist bewusst sehr allgemein gehalten. Für umweltfreundliches Verhalten können die SchülerInnen sicher viele Beispiele nennen. Hier geht es aber speziell um die Materialien. Dies legen auch die gezeigten **Recycling-Logos** nahe.

Optionale Fragen wären:

- Wer hat einen Gegenstand mit einem solchen Zeichen dabei (Schultasche)? (oder zu Hause?)
- Wer achtet beim Einkaufen auf diese Zeichen?

Falls die SchülerInnen „berechnend“ vorgehen und den geringen Punktebonus für umweltfreundliche Materialien (2 von 46 Punkten) als unwichtig bewerten, sollte man betonen, dass jedes Team für sich entscheidet, wie wichtig ihm die Umweltfreundlichkeit des Bootes ist und man sich nicht nur nach der Bewertung im Reglement richten muss.

Die im Wassererlebnishaus angebotenen Materialien stehen ebenfalls für 2 verschiedene Ansprüche:

Kork ist als Naturstoff ein regeneratives Material

Styrodur steht als Erdölprodukt für einen endlichen Rohstoff, dessen Transport (Öltanker) mit zusätzlichen Umweltgefahren verbunden ist.

Bei der handwerklichen Bearbeitung ist Styrodur allerdings wesentlich einfacher zu handhaben als Kork.

Die SchülerInnen sollen **selbständig** (im Team) ent-



scheiden, wie umweltfreundlich das Boot werden soll bzw. welche Konstruktion realistisch umsetzbar ist. Die Entscheidung für Styrodur kann durchaus vernünftig sein, wenn man über geringe handwerkliche Erfahrungen verfügt und die gute Bearbeitbarkeit des Materials erkannt hat. Auch ein Styrodur-Boot bleibt ja aufgrund des Solarantriebes ein umweltfreundliches Boot.

Die endgültige Entscheidung für ein Material kann aber auch vertagt werden auf den Besuch im Wassererlebnishauses, wo im Experiment zunächst Erfahrungen mit den Materialien gemacht werden können.

Holz als Baumaterial für den Rumpf ist handwerklich ganz besonders anspruchsvoll und langwierig (sägen, leimen, schrauben, schleifen) und wird daher für die knappe Bauzeit im Wassererlebnishauses **nicht empfohlen**. Als leicht zu bearbeitende Alternative kann man **Balsaholz** verwenden, sollte aber auf eine FSC-Zertifizierung achten.

2.3.2 Gruppen (Boots-Teams) bilden

Didaktische Hinweise:

Je nach Klassengröße und Finanzierbarkeit der Materialien sollten die Gruppenstärke **2-4 SchülerInnen** umfassen.

Eine Möglichkeit der Gruppenbildung besteht darin, dass sich die SchülerInnen nach ihren Konstruktionsvorhaben organisieren: z.B. Katamaran, Recycling-Boot, Kork-Boot, Styrodur-Boot, Flaschen-Katamaran, usw.

Je nach Lerngruppe kann es sinnvoll sein, die Gruppen **nach Geschlechtern zu trennen**. Denn manche Jungen sind der irrigen Meinung im Vergleich zu Mädchen über bessere handwerkliche Fähigkeiten zu verfügen und beanspruchen damit eine Entscheidungshoheit innerhalb der Gruppe.

2.3.3 Hausaufgabe: Material besorgen:

Alle nicht im Wassererlebnishauses vorrätigen Materialien müssen die Boots-Teams selbst besorgen, insbesondere:

- **Recycling-Materialien:** z.B. Verpackungen. Diese sollen **nicht extra eingekauft** werden, sondern planvoll bzw. rechtzeitig gesammelt werden (je nach Konstruktionsidee), also „echter Müll“ sein. Teamintern soll abgesprochen werden, wer was besorgt. Wichtig: **vorher abspülen**. Und: **nicht zuviel beschaffen**, denn alles muss zum Wassererlebnishauses mitgenommen werden und es kann nur **1 Boot** gebaut werden.
- **Verzierungen:** Figuren, Fähnchen, Deko, etc.
- **Farben und Stifte** zur Bemalung (soweit nicht in der Schule vorhanden)
- **Transport-Karton** (z.B. Schuhkarton), um die Materialien sicher ins Wassererlebnishauses zu transportieren und die fertigen Boote zurück. Der Transportkarton wird auch für die Fahrt zum Wettbewerb auf dem Königsplatz gebraucht.

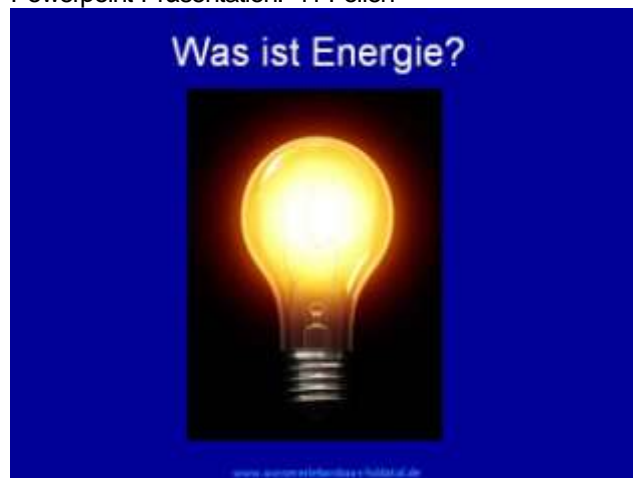
2.4 UStd 4: Energie und Kraftwerk

Während der Hessen SolarCup in erster Linie technisch-konstruktive und handwerkliche Kompetenzen fördern will, geht es auf einer anderen Ebene auch um den Umgang unserer Gesellschaft mit Energie, insbesondere die Umstellung auf regenerative Energien, die auch politisch gerade sehr aktuell ist („Energiewende“).

Diese Lerneinheit bereitet mit den Themen „Energie“ und „Kraftwerk“ das nächste Kapitel (regenerative Stromversorgung) vor.

2.4.1 PPT: Was ist Energie?

Powerpoint-Präsentation: 11 Folien



Ziel dieses kurzen Vortrages ist es, den oft diffus verwendeten Energiebegriff anhand von bekannten Alltagsphänomenen zu strukturieren. Es werden nur diejenigen **Energieformen** („Energiesorten“) behandelt, die im weiteren Verlauf der Lerneinheit benötigt werden (Bewegung, Wärme, Licht, Strom). Lageenergie (potentielle Energie) und Druck kommen nicht vor. Auch wird nicht zwischen „Strom“ und „elektrischer Energie“ unterschieden (was im Physikunterricht der Sek.1 essentiell ist).

Die **Energiespeicherung** wird am den Beispielen Akku, Kohle, und Nahrung erläutert, wobei das Fachwort „Chemische Energie“ vermieden wird.

Die **Energieumwandlung** ist eine wichtige neue, aber auch abstrakte Erkenntnis: Energie kann sich in verschiedene Energieformen umwandeln, bleibt dabei aber als Energiemenge erhalten. Bei jeder Umwandlung geht aber auch ein Teil der Energie „verloren“, meist in Form von Wärme. Auch der bereits bekannte Antrieb des Solarbootes stellt eine mehrfache Umwandlung von Energieformen dar (**Energiekette**).

Strom stellt eine (wertvolle) Besonderheit dar, weil sich daraus jede andere Energieform herstellen lässt (Bewegung, Wärme, Licht). Nur essen kann man Strom nicht.



2.4.2 PPT: Wie funktioniert ein Kraftwerk?

Powerpoint-Präsentation: 7 Folien



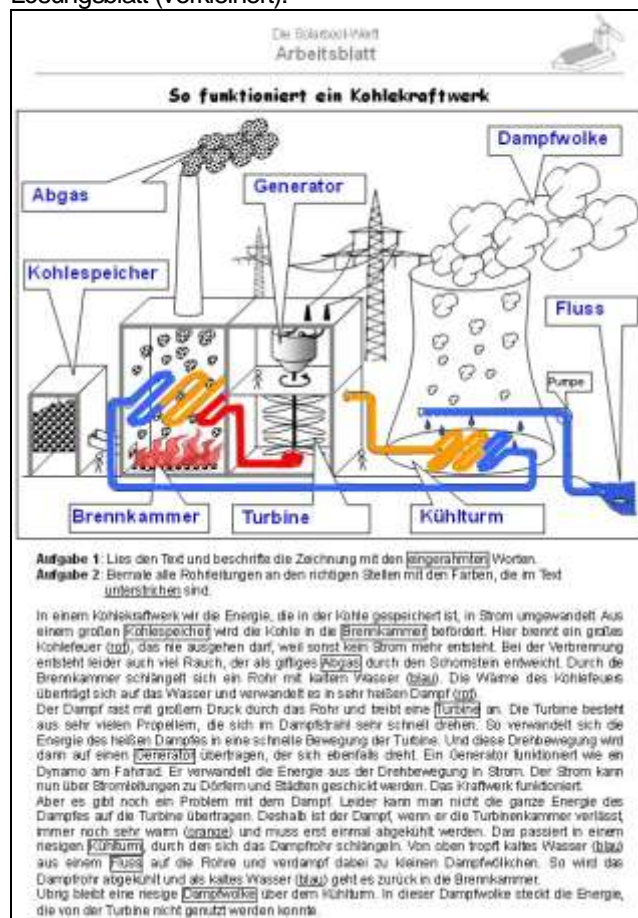
Das Kohlekraftwerk konkretisiert die Kenntnisse über Energieumwandlung und bereitet das folgende Thema „Stromsorgung“ vor.

Die Powerpoint-Präsentation erklärt anhand von Vergleichen mit Alltagsphänomenen die wesentlichsten Stationen des Kraftwerkes: Turbine (Weihnachtspyramide), Generator (Dynamo) und Kühlturm (abkühlen eines Huufeisens im Wasserbad).

Das letzte Bild zeigt das fertige Arbeitsblatt mit Lösung und dient zur Überleitung auf das AB, kann aber auch zur Eigenkontrolle oder als Hilfestellung verwendet werden.

- Der **Generator** funktioniert als Energiewandler genau umgekehrt wie der **Elektromotor** (beide sind übrigens technisch fast identisch).
 - Elektromotor: Strom > Rotationsbewegung
 - Generator: Rotationsbewegung > Strom
- Das Erwärmen des Wassers in der Brennkammer kann auch durch Verwendung aller 3 „Temperaturfarben“ (blau, orange, rot) dargestellt werden, obwohl im Text für die Brennkammer nur 2 genannt sind.

Lösungsblatt (verkleinert):



2.4.3 Arbeitsblatt „So funktioniert ein Kohlekraftwerk“

Das Arbeitsblatt vermittelt vorwiegend durch den Text Detailkenntnisse über die Funktion, wobei die mehrfache Energieumwandlung besonders betont wird. Das Beschrifteten und insbesondere das Ausmalen der Rohrleitungen vertieft das Verständnis.

Folgende **Lernziele** sollten betont werden:

- Aus dem Schornstein kommen gefährliche **Abgase**.
Zusatz-Info: Ein reales Kraftwerk besitzt eine Rauchgasreinigung, die die gefährlichsten Stoffe zurückhält. Der hohe Schornstein soll für eine schnelle Verdünnung mit sauberer Luft sorgen.
- Aus dem Kühlturm steigt **Wasserdampf** auf, der für den **Energieverlust** steht (nur 1/3 der Energie der Kohle wird in Strom umgewandelt).
- Das Verdampfen des Kühlwassers im Kühlturm sollte als „**Verdunstung**“ bereits aus dem natürlichen Wasserkreislauf bekannt sein.
- Die **Turbine** funktioniert als Energiewandler genau umgekehrt wie der **Propeller** (als Antrieb). Übrigens ist der technisch korrekte Begriff für ein Windrad ebenfalls „Turbine“.
 - Turbine: Gas-Strömung > Rotationsbewegung
 - Propeller: Rotationsbewegung > Gas-Strömung



2.5 UStd 5+6: Woher kommt der Strom?

2.5.1 Fachliche Einführung

Das fossile Zeitalter geht dem Ende zu...

Seit etwa 150 Jahren nutzen die Menschen fossile Energieträger, die vor Millionen von Jahren entstanden sind. Anfangs die mittels Bergbau zugängliche Kohle, später durch technisch aufwändige Bohrungen Erdöl und Erdgas.

Der plötzliche Energiereichtum führte zu einem enormen technischen und wirtschaftlichen Fortschritt, der bis heute anhält und ganz wesentlich unser Leben und unseren Wohlstand prägt. Kriege werden nicht mehr um fruchtbares Land geführt, sondern um Rohstoffquellen. Gleichzeitig ist der Energiekonsum global gesehen sehr ungerecht verteilt.

Aber die Menschen verbrauchen die fossile Energie eine Million mal schneller als sie entstand. Das wohl extremste Beispiel für nicht-nachhaltiges Handeln. In wenigen Jahrzehnten werden unsere wichtigsten Energieträger verbraucht sein oder nur noch mit sehr umweltschädigenden und teuren Fördermethoden zugänglich sein (Ölsandabbau, Fracking, Tiefseebohrungen).

Auch die fortschreitende Klimaerwärmung wird zu einem erheblichen Teil durch die Verbrennung fossiler Energieträger verursacht. Selbst bei einem sofortigen (unrealistischen) Stoppen der Verbrennung würde sich das träge Klimasystem noch fast 100 Jahre weiter erwärmen.

Zeit für erneuerbare Energie...

Je früher die Nutzung erneuerbarer (regenerativer) Energien umgesetzt wird, desto sanfter wird der Abschied von den nicht-erneuerbaren (fossilen) Energien.

Gerade die aktuelle Diskussion um die „Energiewende“ zeigt aber, dass der Umstieg auch Kosten verursacht, die letztendlich durch die Stromkonsumenten zu tragen sind. Denn auch wenn die Sonne keine Rechnung schickt, ein Solarmodul oder eine Windkraftanlage sind nicht gerade billig zu haben. Deshalb sind neue Technologien auf staatliche Förderung angewiesen (dies wurde früher bei der Atomenergie ebenso betrieben wie heute insbesondere bei der Photovoltaik). Bei Windrädern und neuen Stromleitungen gibt es Widerstände aufgrund der Störung des Landschaftsbildes. Wasserkraftanlagen stauen Gewässer auf und stören deren Ökologie ganz erheblich.

Um die erforderliche gesellschaftliche Diskussion auf einem Fundament aus verlässlichen Fakten aufzubauen, ist noch viel Aufklärung erforderlich, an der auch die Schulen einen Anteil haben können. Die heutigen SchülerInnen werden zukünftig die Folgen unseres jetzigen Handelns „erleben“ (entweder im Sinne von „ertragen“ oder von „genießen“).

2.5.2 Didaktische Einführung

Inhalt:

Diese Lerneinheit thematisiert die Struktur der Stromversorgung in Deutschland. Damit wird angeknüpft an die Verwendung von Solarstrom zum Antrieb der Solarboote, und die Perspektive erweitert für eine gesellschaftliche Herausforderung, die „Energiewende“.

Der Schwerpunkt liegt auf der Unterscheidung der verschiedenen Energieträger (Kohle, Erdgas, Uran, Sonne, Wind, Wasser), wobei jeweils die Kosten und 2 Nachhaltigkeitsaspekte betrachtet werden:

- Begrenztheit der nicht erneuerbaren Energieträger
- Umweltbelastung durch Abgase und Abfälle

Inhaltliche Abgrenzung

Um die Informationsflut zu begrenzen, beschränkt sich die Lerneinheit ausschließlich auf den Aspekt „Strom“. Daher werden die folgenden Aspekte des übergreifenden Themas „Energie und Klimawandel“ nicht betrachtet:

- Erdöl als Energieträger (betrifft v.a. Mobilität, Heizen)
- Biomasse und Erdwärme als erneuerbare Energieträger
- CO² und Klimawandel (es werden nur „schädliche Abgase“ benannt).

Lernziele:

Die 6 vorgestellten Energieträger sollen benannt und hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit bewerten werden können. Außerdem sollen folgende Begriffe angewendet werden können:

- Energieträger
- Erneuerbare Energie
- Nicht erneuerbare Energie

Im Idealfall entwickeln die SuS eine begründbare Haltung zu den zukünftigen Anforderungen der Stromversorgung.

Materialien:

Es gibt verschiedene Lernmaterialien, die in verschiedenen Kombinationen und Methoden einsetzbar sind:

- Arbeitsblätter
- Infokärtchen „Energieträger“
- Schaubilder
- Alle Materialien sind im Anhang zum Ausdrucken verfügbar.

Methoden:

Die Vorschläge zur methodischen Umsetzung werden im den folgenden Kapiteln näher erläutert.

Weiterführende Lerneinheiten:

Zu den Themen „Energie und Klimawandel“ gibt es zahlreiche Materialien für die Grundschule. Das Wassererlebnishaus bietet mehrere buchbare Veranstaltungen dazu an:

- Lernwerkstatt Klimawandel
- Energie – schlau nutzen (SdN-Modul)
- Klimawandel und Klimaschutz (SdN-Modul)



2.5.3 Arbeitsblatt „Woher kommt der Strom?“

Unabhängig von der Methode dieser Lerneinheit (s. nächste Abschnitte) werden die Erkenntnisse abschließend stets im Arbeitsblatt „Woher kommt der Strom“ festgehalten.

Lösungsblatt (verkleinert; ? = individuelle Antwort):

Die Solarboot-Werft
Arbeitsblatt

Woher kommt der Strom?

Aufgabe 1: Eigenschaften der Energieträger
Auf der linken Seite der Tabelle stehen Fragen zu den Eigenschaften der verschiedenen Energieträger. Trage bei den Energieträgern ein Häkchen (✓) ein, wenn die Eigenschaft stimmt. Es können auch mehrere richtig sein.

Eigenschaften	Erdgas	Kohle	Uran	Wind	Sonne	Wasser
a) Welche Energieträger wird es in Zukunft immer geben?				✓	✓	✓
b) Bei welchem Energieträger entstehen keine Abfälle oder Abgase?				✓	✓	✓
c) Welche Energieträger kann man bei jedem Wetter nutzen?	✓	✓	✓			✓
d) Wie viel kostet der Strom aus den Energieträgern? (in gelbe, Cent-per-Kilowatt-Stunde, in dieser Einheit der Strom abgerechnet)	9	6	9	8	11	7
e) Welche drei Energieträger erzeugen den billigsten Strom?		✓		✓		✓

Aufgabe 2: Welcher Energieträger ist der Beste?
Hier geht es darum, welche Eigenschaften der Energieträger am wichtigsten sind. In den linken Kästchen sind die Fragen und in den rechten Kästchen die Antworten. Verbinde die Fragen mit den Antworten, die du richtig findest!

Was ist für Dich am Wichtigsten?

Was ist für die Natur am Wichtigsten?

Was ist für Deine Enkel am Wichtigsten?

Das es die Energie auch in Zukunft gibt.

Das keine Abfälle oder Abgase entstehen.

Das der Strom billig ist.

Das es bei jedem Wetter funktioniert.

Gibt es ein Kraftwerk, mit dem alle zufrieden wären? Wasserkraftwerk

Braunkohlekreis wird aus 2 Hälften zusammengeklebt. Der Stromzähler hat lediglich eine Vorderseite (keine Text-Rückseite) und wird optional für die Methode B (Infokärtchen und Tafel-Schaubild genutzt).



Ablauf des Unterrichts:

1. Einführungsvortrag:

„Wir wollen herausfinden, woher unser Strom kommt und welche Energieträger wir dafür nutzen können“

Begriffe erläutern:

- **Energieträger:** Energieträger stecken voller Energie, die man in Kraftwerken in Strom umwandeln kann.
- **Erneuerbare Energie:** Diese Energie kommt überall in der Natur vor und entsteht ständig neu.
- **Nicht erneuerbare Energie:** Diese Energie stammt aus Energieträgern, die irgendwann verbraucht sind und nicht neu entstehen.

2. Infokärtchen einführen; 6 Gruppen bilden:

„Mit diesen Kärtchen kann man etwas herausfinden über die verschiedenen Energieträger und wie daraus Strom wird.“

6 Gruppen einteilen und jeder die Infokarten für einen Energieträger und ein Arbeitsblatt „Woher kommt der Strom?“ überreichen.

2.5.4 Methode A: Infokärtchen und Tafel-Tabelle

Diese Methode und deren Materialien sind auch Teil des Lernmoduls „Energie“, das im Rahmen des „Schuljahrs der Nachhaltigkeit“ im Wassererlebnishaus buchbar ist.

Material:

- Schultafel
- 15 Info-Kärtchen „Energieträger“ (Herstellung s.u.)
- 1 /SuS AB „Woher kommt der Strom“

Vorbereitung: Infokärtchen „Energieträger“ herstellen.

Für jeden Energieträger gibt es 2-3 Infokärtchen, die jeweils aus einem Bild (Vorderseite) und einem Text (Rückseite) bestehen. Alle Bilder und Texte befinden sich im Anhang. Je zwei aufeinander folgende Seiten müssen als Vorder- und Rückseite zusammengeklebt werden (oder gleich beidseitig ausgedruckt werden). Der

3. Aufgabenstellung, Gruppenphase

Jede Gruppe liest ihre Infokärtchen und trägt dann deren Eigenschaften in das Arbeitsblatt ein (Aufgabe 1). Wichtig: nur Eintragungen in der Spalte, die dem zugeteilten Energieträger der Gruppe entspricht.

Während die SuS das AB bearbeiten, erstellt die Lehrkraft die Ergebnistabelle an der Tafel.

Die letzte Frage (e) kann kein Team für sich beantworten, da die Preise der anderen Stromsorten noch nicht bekannt sind (Frage d). Entweder sollen sich die Teams gegenseitig informieren oder man lässt die Frage offen bis zur Nachbesprechung.



4. Ergebnisse an der Tafel sammeln und bewerten

Ergebnisse der Gruppen abfragen und dabei begründen lassen (damit alle Information bei allen SuS ankommen). Die Begriffe „erneuerbar“ und „nicht erneuerbar“ in den Tabellenkopf eintragen.

	Nicht erneuerbar			erneuerbar		
	Erdgas	Kohle	Uran	Wind	Sonne	Wasser
a) Gibt es auch in Zukunft				✓	✓	✓
b) keine Abfälle oder Abgase				✓	✓	✓
c) bei jedem Wetter	✓	✓	✓			✓
d) Kosten	9	6	9	8	11	7
e) Die drei billigsten		✓		✓		✓

5. Bewertung und Diskussion:

Sind „nicht erneuerbare“ oder „erneuerbare“ Energieträger besser?

- Auszählen der Häkchen. Die Fragen sind so formuliert, dass jedes Häkchen für eine positive Eigenschaft steht. Ergebnis: 4 : 9
- Die Abhängigkeit vom **Wetter** ist ein Nachteil des Stroms aus **Sonne und Wind**. Die nicht nachhaltigen Rohstoffe (Erdgas, Kohle, Uran) lassen sich kontinuierlich fördern und auch zwischenslagern.

Ist „nicht erneuerbarer“ oder „erneuerbarer“ Strom teurer?

Fachinfo: Die Stromkosten in „ct“ (genau: ct/kWh (Kilowattstunde)) stehen hier für die reinen Produktionskosten („Gestehungskosten“). Der Stromkunde zahlt noch zusätzlich die Durchleitungskosten (Stromnetz) und Steuern. Die zukünftigen Kosten für die Beseitigung von Umweltschäden sind nicht enthalten und auch kaum bezifferbar (wohl aber diskussionswürdig).

- Summe der Kosten für „nicht erneuerbare“ und „erneuerbare“ berechnen: 24 : 26. Erneuerbare sind etwas teurer. Ist es das wert?

Vorräte der nicht-erneuerbaren Energieträger:

- Die Größe (Fläche) der Energieträger-Kärtchen (kreisförmig) entspricht der verbleibenden Nutzungsdauer in Jahren, bezogen auf die weltweiten Vorräte.
- Frage: Warum ist für die erneuerbaren Energieträger keine Nutzungsdauer angegeben? >>> es wird sie immer geben! Wie groß müsste das Energieträgerkärtchen dann sein? >>> unendlich groß!
- Frage: Sollte man die nicht-erneuerbaren Energieträger erst aufbrauchen, bevor man auf die erneuerbaren umstellt? >>>: Problem der Abfälle und Abgase (das Thema „Klimawandel und CO₂“ wird in dieser UE ausgespart).

6. Abschluss, Ergebnisse sichern:

Weitere Arbeitsblätter austeilen, sodass jeder SuS eine vollständig ausgefüllte Tabelle für sich erstellen kann (Übernahme des Tafelbildes).

7. Arbeitsblatt, Aufgabe 2 „Welcher Energieträger ist der Beste?“

Umsetzung je nach Zeit und Leistungsstand:

- AB in Einzelarbeit bearbeiten lassen,
- Als durch die Lehrkraft geleitete Gespräch
- AB als Hausaufgabe

Die Frage ist bewusst irreführend, denn es sollen hier die Vor- und Nachteile aus verschiedenen Perspektiven betrachtet werden, sodass die Frage evtl. nicht eindeutig zu beantworten ist.

Der wohl wichtigste Aspekt der Nachhaltigkeit betrifft die generationenübergreifende Gerechtigkeit, die z.B. mit folgender Frage eingeleitet werden kann:

„Stell Dir vor, Deine Urgroßeltern hätten bereits Atomkraftwerke genutzt. Heute wäre kein Uran mehr übrig, aber noch viel gefährlicher Atom Müll, um den sich jetzt jemand kümmern muss“.

Letzte Frage (Kraftwerk, mit dem alle zufrieden wären): das Wasserkraftwerk erfüllt sämtliche Kriterien (lauter Häkchen in der Tabelle). Aber auf der Infokarte wird auch auf die negativen Folgen für den Lebensraum Wasser hingewiesen.

8. Ausblick, Handlungsoptionen

„Was kann jeder Einzelne machen, damit es mehr Strom aus regenerativer Energie gibt?“

- Ökostrom kaufen.** Das kann jede Familie selbst entscheiden. Je mehr Ökostrom gekauft wird, desto mehr erneuerbare Kraftwerke werden gebaut und desto mehr nicht-erneuerbare Kraftwerke verschwinden. Dies wird in der LE „Strom für unser Dorf“ ausführlich behandelt.
- Strom sparen** (auch im Kinderzimmer): wenn von dem nicht-erneuerbaren Strom weniger benutzt wird, entstehen auch weniger schädliche Abgase und Abfälle.

2.5.5 Methode B: Infokärtchen und Tafel-Schaubild

Es werden die gleichen Energieträger-Infokärtchen, aufgeteilt auf 6 Gruppen, genutzt wie bei Methode A (Infokärtchen und Tafeltabelle).

An der Tafel wird aber keine Ergebnistabelle erstellt, sondern aus allen Infokärtchen ein großes Schaubild zusammen gefügt, das gleichzeitig die Struktur des **Stromnetzes** darstellt. Anhand des Tafelbildes wird dann die Tabelle des Arbeitsblattes (Aufgabe 1) ausgefüllt.

Material:

- Schultafel (Platzbedarf: 1x2m)
- 16 Info-Kärtchen „Energieträger“
- 16 Magnete oder Kreppband (zur Befestigung der Infokärtchen an der Tafel)
- 1 /SuS AB „Woher kommt der Strom“

Vorbereitung:

Infokärtchen „Energieträger“ herstellen (s. Methode A: Infokärtchen und Tafeltabelle).



Ablauf des Unterrichts:

1. Einführungsvortrag:

Identisch mit Methode A (Tafeltabelle)

2. Infokärtchen einführen; 6 Gruppen bilden:

„Mit diesen Kärtchen kann man etwas herausfinden über die verschiedenen Energieträger und wie daraus Strom wird.“

6 Gruppen einteilen und jeder die Infokarten für einen Energieträger überreichen.

3. Aufgabenstellung, Gruppenphase

Jede Gruppe liest ihre Infokärtchen durch. Anschließend soll aus allen Kärtchen an der Tafel ein Schaubild angeordnet werden.

Lehrkraft erstellt derweil **Tafelbild**: zuerst nur Stromleitungen auf der rechten Tafelseite etwas oberhalb der Tafelmitte. Es sollen oben und unten je 3 Leitungsabzweige für die Kraftwerke liegen. Die Leitungen je mit 2 Kabeln darstellen (analog zum Stromkreis).

4. Schaubild an der Tafel erstellen

Die Gruppen nacheinander ihre Infokärtchen an die Tafel platzieren lassen und dabei kurz vortragen lassen. Regeln: Kraftwerke an die vorhandenen Abzweige der Hauptleitung. Oben die erneuerbaren Energieträger, unten die nicht erneuerbaren.

Als Abschluss ergänzt die Lehrkraft die Häuser (und optional den Stromzähler). Erklären, dass dieses „Stromnetz“ beliebig erweiterbar ist mit Kraftwerken (Einspeisung) und Häusern (Stromverbraucher). Evtl. einzelne Energiewege verfolgen lassen: Wie wird aus Wind der Strom für Familie Schmidt?

5. AB „Woher kommt der Strom“, Aufgabe 1 „Eigenschaften der Energieträger“:

Entweder in Einzelarbeit oder angeleitet. Die Stromkosten (Frage d) sind auf den Kraftwerks-Infokarten angegeben.

6. Bewertung und Diskussion:

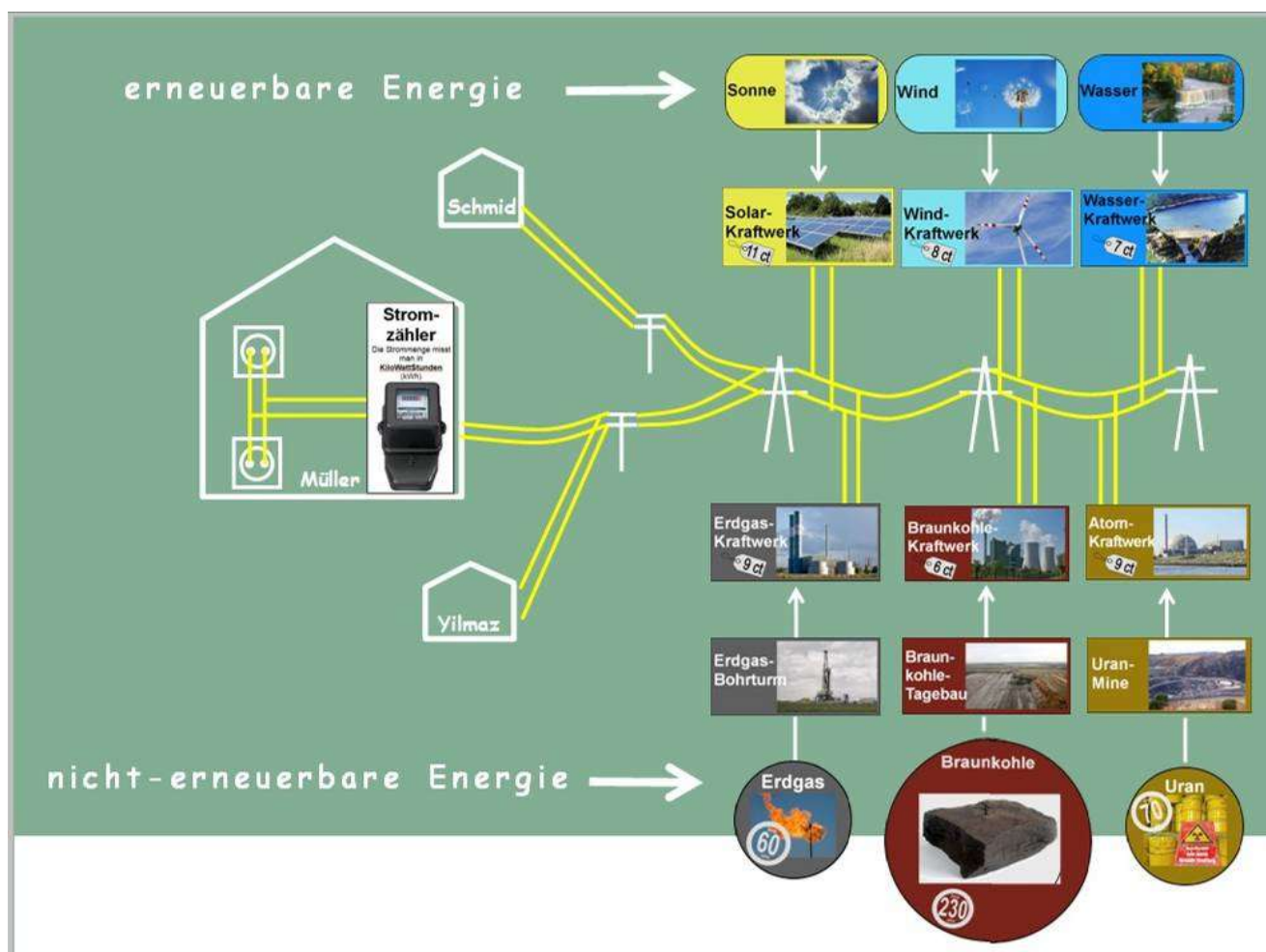
Identisch mit Methode A (Tafeltabelle)

7. Arbeitsblatt, Aufgabe 2 „Welcher Energieträger ist der Beste?“

Identisch mit Methode A (Tafeltabelle)

8. Ausblick, Handlungsoptionen

Identisch mit Methode A (Tafeltabelle)





2.5.6 Optionale Lernmaterialien

Die Lerneinheit „Woher kommt der Strom“ kann durch das „Info-Heft“ oder das „Schaubild“ ergänzt werden oder alternativ zu Infokärtchen oder Tafelbild verwendet werden. Es ergeben sich folgende Optionen:

- Hausaufgabe
- Einzelarbeit statt Gruppenarbeit
- Sicherung des neuen Wissens in der persönlichen Arbeitsmappe

Infokarten-Blatt (verkleinert):

<p>Wind</p> <p>Windkraft ist die Energie des Windes. Die Sonne erwärmt die Luft, die sich ausdehnt und in Strömungen fließt. Diese Strömungen können genutzt werden, um Strom zu erzeugen. Windkraft ist eine saubere und erneuerbare Energiequelle.</p>	<p>Sonne</p> <p>Die Sonne ist die größte Quelle der Energie auf der Erde. Sie strahlt Licht und Wärme aus, die genutzt werden können, um Strom zu erzeugen. Solarenergie ist eine saubere und erneuerbare Energiequelle.</p>	<p>Wasser</p> <p>Wasserkraft ist die Energie des fließenden Wassers. Es kann genutzt werden, um Strom zu erzeugen. Wasserkraft ist eine saubere und erneuerbare Energiequelle.</p>
<p>Braunkohle</p> <p>Braunkohle ist ein fossiles Brennstoff. Es wird in Kraftwerken verbrannt, um Strom zu erzeugen. Die Verbrennung von Braunkohle führt zur Freisetzung von Kohlendioxid und anderen Treibhausgasen.</p>	<p>Gas</p> <p>Gas ist ein fossiles Brennstoff. Es wird in Kraftwerken verbrannt, um Strom zu erzeugen. Die Verbrennung von Gas führt zur Freisetzung von Kohlendioxid und anderen Treibhausgasen.</p>	<p>Kohle</p> <p>Kohle ist ein fossiles Brennstoff. Es wird in Kraftwerken verbrannt, um Strom zu erzeugen. Die Verbrennung von Kohle führt zur Freisetzung von Kohlendioxid und anderen Treibhausgasen.</p>
<p>Atom</p> <p>Atomkraft ist die Energie, die aus der Kernspaltung von Uranium gewonnen wird. Sie wird in Kraftwerken genutzt, um Strom zu erzeugen. Die Kernspaltung von Uranium führt zur Freisetzung von Wärme, die genutzt werden kann, um Strom zu erzeugen.</p>	<p>Uran</p> <p>Uran ist ein radioaktives Element. Es wird in Kraftwerken genutzt, um Atomkraft zu erzeugen. Die Kernspaltung von Uranium führt zur Freisetzung von Wärme, die genutzt werden kann, um Strom zu erzeugen.</p>	<p>Edelgas</p> <p>Edelgas ist ein gasförmiges Element. Es wird in verschiedenen Anwendungen genutzt, wie zum Beispiel in Leuchtstoffröhren. Edelgas ist ein seltenes Element, das in der Natur vorkommt.</p>

Das Info-Heft „Woher kommt der Strom“ enthält alle Informationen der bei Methode A und B verwendeten farbigen Info-Kärtchen.

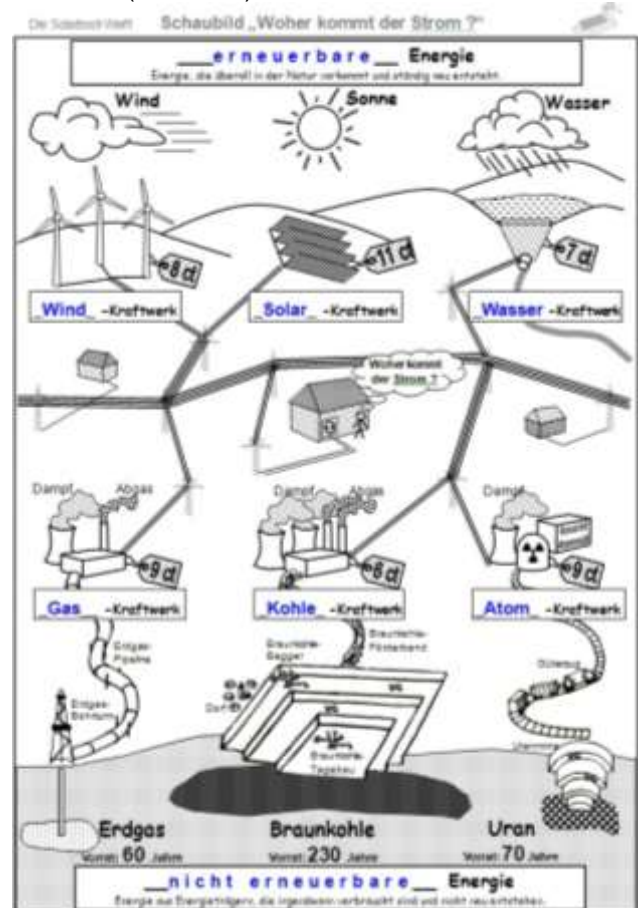
Damit kann das Arbeitsblatt „Woher kommt der Strom“ auch in Einzelarbeit bearbeitet werden. Das Tafelbild mit Tabelle bleibt eine Option.

Als kleines „Gimmick“ kann aus dem Blatt ein kleines Heftchen geschnitten und geheftet werden (die Bastelanleitung befindet sich auf dem Blatt):



Das **Schaubild** „Woher kommt der Strom“ enthält im Wesentlichen die Informationen des Tafel-Schaubild (Methode 2), kommt aber ohne die farbigen Info-Kärtchen aus.

Schaubild (verkleinert):



Fachliche Hinweise:

Die Rauchschwaden der Kraftwerken sollten differenziert werden: nur aus den Schornsteinen kommen schädliche **Abgase**. Die Kühltürme geben harmlosen **Wasserdampf** ab. Dies kann anhand der LE „Kohlekraftwerk“ verdeutlicht werden.

Am Kernkraftwerk wird der **Atommüll** in einer Halle gelagert. Dies entspricht der Realität (Castor-Behälter). Obwohl für 2022 der Atomausstieg in Deutschland beschlossen ist, gibt es noch kein Atommüll-Endlager.



Die **Schaubilder „Energieträger+Kraftwerke“** enthalten eine Zusammenfassung der Bildmotive der Infokarten „Woher kommt der Strom?“, allerdings ohne die Erklärungstexte.
 Die Bilder sind beliebig einsetzbar. Sie könnten auch im Tafelbild verwendet werden.

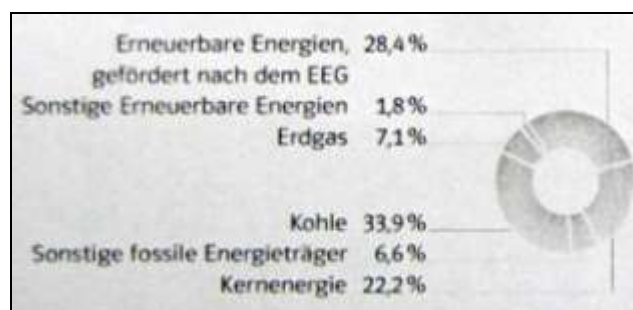


2.6 LE „Strom für unser Dorf“

Inhalt, Lernziele:

Diese Lerneinheit zeigt den Einfluss der Stromkunden auf die Zusammensetzung der „Kraftwerkslandschaft“. Je mehr Verbraucher regenerativen Strom („Ökostrom“) bestellen, desto mehr regenerative Kraftwerke werden gebaut und desto mehr nicht-regenerative, umweltbelastende Kraftwerke werden stillgelegt. Dies wird im Arbeitsblatt auch quantitativ nachvollzogen: wie viele Kraftwerke von welcher Art werden benötigt, um die Wünsche der Stromkunden zu gewährleisten.

Fachinfo: Aus welchen Energiequellen sich der Strom zusammensetzt (**Energie-Mix**) kann jeder Stromkunde seiner Abrechnung entnehmen. Auch die Menge an Atomüll, die für den gelieferten Strom anfiel, wird hier gelistet.



Energiemix aus einer Stromrechnung von EON-Mitte 2012

Voraussetzungen:

- Das Wissen der Lerneinheit „Woher kommt der Strom“ muss bekannt sein.
- Es werden zwei Arbeitsblätter benötigt:
 „Strom für unser Dorf: die Planung“
 „Strom für unser Dorf: das Stromnetz“

Einschränkungen und Vereinfachungen

- **Dörfer statt Haushalte:** um die zu berechnenden Kraftwerkszahlen übersichtlich zu halten, werden nicht Haushalte, sondern Dörfer als Stromkunden betrachtet.
- **Verhältnis von Stromkunden zu Kraftwerken:** diese Zahlen sind nicht realistisch, verdeutlichen aber, dass viele erneuerbare Kraftwerke benötigt werden, um ein nicht-erneuerbares Kraftwerke zu ersetzen.

Realistische Zahlen sind:

- Ein mittelgroßes **Windrad** (600 kWh) versorgt **1100** Familien mit Strom.
- Das große **Gaskraftwerk** (50.000 kW) in Kassel-Niederzwehren versorgt **90.000** Familien.



Ablauf des Unterrichts:

Aufgrund des relativ hohen Anspruchs, sollte die Lerneinheit moderiert bzw. als Gespräch mit der ganzen Klasse bearbeitet werden.

Zunächst wird auf dem Arbeitsblatt „Strom für unser Dorf: die Planung“ die Gesamtsituation betrachtet (Wie viele Dörfer? Wie viele Kraftwerke?).

Anschließend werden die einzelnen Aufgaben anhand des Arbeitsblattes „Strom für unser Dorf: die Planung“, der Reihe nach abgearbeitet.

Im Folgenden sind für die einzelnen Aufgaben jeweils die wichtigsten Aspekte und Argumente für die Debatte aufgelistet.

Aufgabe 1 (Die Wünsche der Bürger):

Die aufgeführten Argumente der Bürger sind alle zutreffend (könnte man einzeln überprüfen), aber die individuelle Schwerpunktsetzung ist zu akzeptieren. Dies könnte Anlass für einen Meinungsaustausch innerhalb der Klasse sein.

Aufgabe 2 (Welche Kraftwerke werden gebraucht?):

Begriff „Stromanbieter“ erklären: jeder Stromkunde (Haushalt, Familie) kann bei irgendeinem Stromanbieter („Hersteller“) irgendeine Stromsorte bestellen, z.B. „Billigstrom“ oder „Wasserstrom“ oder „Ökostrom“ (=erneuerbarer Strom). Der Stromanbieter muss dann dafür sorgen, dass alle seine Kunden ihren Wunschstrom bekommen, z.B. indem er Kraftwerk baut oder still legt.

Arbeitsblatt mit Lösungsblatt (verkleinert):

Die Solarboot-Werft

Arbeitsblatt

Strom für unser Dorf: die Planung

Auf der Zeichnung „Strom für unser Dorf: das Stromnetz“ sieht man die Gemeinde Wendelsen und ihre Stromversorgung. Die 6 Dörfer der Gemeinde bekommen ihren Strom von 3 großen Kraftwerken. Der Bürgermeister von Wendelsen möchte, dass die Gemeinde mehr Strom aus erneuerbarer Energie nutzt und lädt alle Leute zu einer Versammlung in das Rathaus ein. In der Tabelle kannst du lesen, welche Meinung die Leute über die verschiedenen Stromsorten haben.

Aufgabe 1 (Die Wünsche der Bürger):

Trage in der letzten Spalte der Tabelle ein, ob die Stromsorte erneuerbar ist oder nicht.

Stromsorte	Wer dafür ist, sagt:	Wer dagegen ist, sagt:	Ist die Stromsorte erneuerbar oder nicht?
Gaskraftwerk	Die Abgase sind nicht so schlimm wie beim Kohlekraftwerk.	Das Erdgas reicht nicht mehr sehr lange.	nicht erneuerbar
Kohlekraftwerk	Der Strom ist sehr billig.	Kohlendioxidwenn veratmet, Die Abgase des Kraftwerks verschmutzen die Luft.	nicht erneuerbar
Atomkraftwerk	Der Strom ist sehr billig.	Es bleibt sehr gefährliches Uran übrig.	nicht erneuerbar
Solarmodule auf dem Dach	Ich habe ein eigenes kleines Kraftwerk auf dem Dach und kann anderen noch etwas Strom abgeben.	Solarmodule sind teuer. Nachts braucht man Strom von einem Kraftwerk.	erneuerbar
Windrad	Windräder machen keine Abgase.	Windräder sind hässlich.	erneuerbar

Danach entscheiden sich die verschiedenen Dörfer, welche Stromsorte sie ab jetzt haben möchten. Die Stromsorte kann jeder bei einem Kraftwerk oder „Stromanbieter“ bestellen.

Aufgabe 2 (Welche Kraftwerke werden gebraucht?):

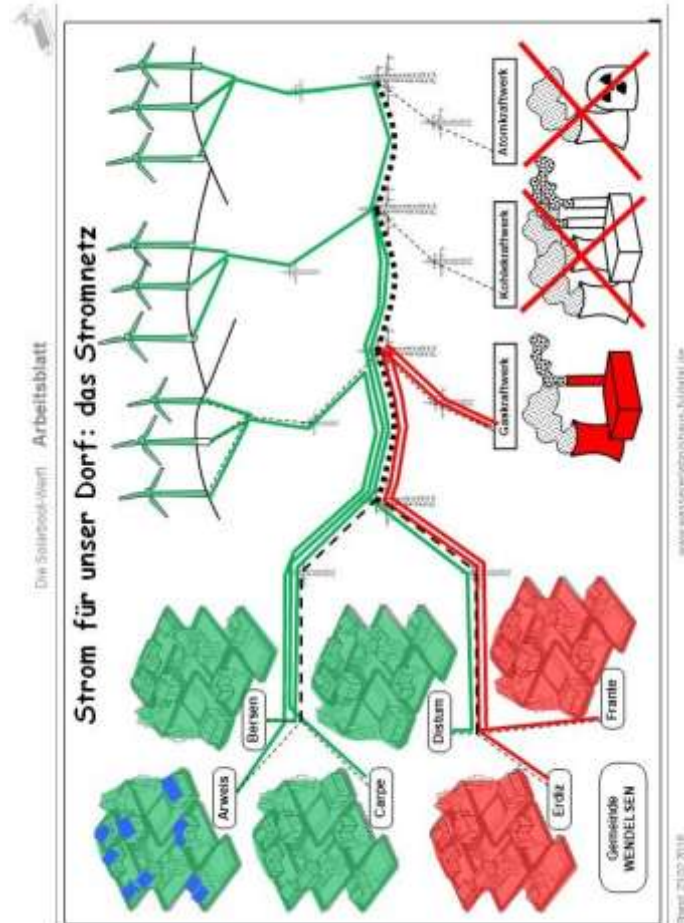
Überlege, welche Kraftwerke jetzt gebraucht werden, damit jedes Dorf den Strom bekommt, den es möchte. Trage die Ergebnisse in die nächste Tabelle ein. Achte auf die Tipps zur Berechnung (in der Mitte).

Dörfer	Diese Stromsorte will das Dorf	Tipps zur Kraftwerks-Berechnung	Diese Kraftwerk werden gebraucht (Anzahl)	Kraftwerk
Anweis	Solarmodule auf dem Dach	Wer seinen Strom selbst macht, der braucht kein Kraftwerk.	--	---
Distum Bersen Carpe	Windstrom	Man braucht 3 Windräder, um ein Dorf mit Strom zu versorgen.	9	Windräder
Erdiz Frante	Nicht-erneuerbarer Strom	Jedes große Kraftwerk kann 2 Dörfer mit Strom versorgen. Die Kraftwerke sind unterschiedlich schädlich für die Umwelt.	1	Gaskraftwerk

Aufgabe 3 (Kraftwerke bauen und anschließen):

Zeichne auf dem Blatt „Strom für unser Dorf: das Stromnetz“ jetzt die neue Stromversorgung ein:
a) Zeichne die richtige Anzahl neuer Windräder auf das Blatt und schließe sie an das Stromnetz an. Die 3 vorhandenen Windräder können gleich mit benutzt werden.
b) Streiche die großen Kraftwerke, die nicht mehr gebraucht werden, mit einem roten X aus.
c) Male rot an: die Dächer, die jetzt Solarmodule bekommen sollen.
d) Male rot an: alle Kraftwerke und Dörfer, die jetzt Strom aus nicht-erneuerbarer Energie benutzen.
e) Male grün an: alle Kraftwerke und Dörfer, die jetzt Strom aus erneuerbarer Energie benutzen.
f) Male die Stromleitungen zwischen den Dörfern und den Kraftwerken rot oder grün an.

Arbeitsblatt mit Lösungsblatt (verkleinert):



Den Bedarf an Kraftwerken ermitteln:

Anweis: das Dorf benötigt überhaupt kein Kraftwerk, denn es macht seinen Strom selbst mit Solarmodulen auf den Dächern und kann sogar noch übrigen Strom in das Stromnetz abgeben. Nachts bekommt das Dorf dafür etwas Strom aus dem Netz zurück. Dafür wird aber kein zusätzliches Kraftwerk benötigt, weil nachts nur wenig Strom gebraucht wird.

Distum, Bersen, Carpe: wollen alle Windstrom. Da pro Dorf 3 Windräder benötigt werden, braucht man insges. 9.

Erdiz, Frante: wollen nicht-erneuerbaren Strom. Für beide Dörfer reicht ein gemeinsames Kraftwerk. Aber welcher Kraftwerkstyp? Am besten der umweltfreundlichste unter den nicht-erneuerbaren, das Gaskraftwerk.

Aufgabe 3 (Kraftwerke bauen und anschließen):

Die berechneten Kraftwerke sollen nun in das Arbeitsblatt „Das Stromnetz“ eingezeichnet werden.

Diese Aufgabe ist auch als Hausaufgabe geeignet.

Das Ziehen der farbigen Linien entspricht der Aufgabe des Stromanbieters: jeder Stromkunde muss mit einem Kraftwerk verbunden sein, dass seiner bestellten Stromsorte entspricht. Zur besseren Übersichtlichkeit wird stets nur eine Verbindungslinie gezogen (obwohl in einem funktionierenden Stromkreis immer 2 Kabel zwischen Verbraucher und Kraftwerk erforderlich wären). Die einzelne Linie symbolisiert damit eher den Energiefluss und den Vertrag zwischen Kund und Anbieter..



Weitere Diskussionsanregungen

- Welche zusätzlichen Kraftwerke bräuchte man, wenn die letzten beiden Dörfer auch erneuerbaren Strom beziehen möchten? Es gäbe viele Möglichkeiten. Auf jeden Fall kann dann das Gaskraftwerk (feierlich) abgeschaltet werden. Es gäbe dann nur noch erneuerbaren Strom in der Gemeinde Wendelsen.
- Welchen Strom bezieht eigentlich die eigene Familie (in der Stromrechnung nachschauen) und die Schule (Schulleitung fragen)? Und soll das so bleiben?
- Wenn es nur noch Ökostrom gibt, ist der Strom dann teurer? Der Strom wird wohl etwas teurer: s. Arbeitsblatt „Woher kommt der Strom?“.
- Wird unsere Landschaft hässlicher, wenn immer mehr Windräder gebaut werden? Es gäbe noch viele Hausdächer, auf die man stattdessen Solarmodule bauen könnte. Aber Solarstrom ist teurer als Windstrom.



2.6.1 Option: Fragen an den Experten formulieren

Eine spätere Option für diese Lerneinheit ist der Besuch eines Experten der Städtischen Werke (als Stromversorger). In diesem Fall sollten sich die SchülerInnen zuvor Fragen an den Experten überlegen, z.B.:

- Welche Kraftwerke gibt es in Kassel (oder für unsere Gemeinde)?
- Wird in Kassel auch regenerativer Strom produziert?
- Wo befinden sich die Kraftwerke?
- Welche Stromanbieter gibt es in Kassel?
- Gibt es in Kassel Wind- oder Solarkraftwerke?
- Wie kann man Strom speichern?

2.6.2 Option (Video): Löwenzahn-Sendung „Sonnenenergie – Strom für die Finsternis“

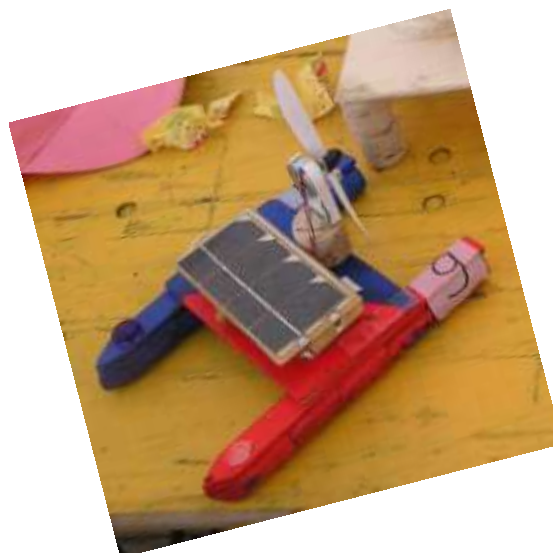


Diese Folge (24,5 Minuten) befasst sich mit den Themen: Solarstrom, Photovoltaik, Stromversorgung, Sonnenofen, Solarkollektor, Solarspielzeug, Solarkraftwerke, Sonnenfinsternis, Solarmobile.

<https://www.youtube.com/watch?v=FH92vo99DYw>

Online nicht (nur Ausschnitte verfügbar)

Datei (ganze Sendung): Löwenzahn - Sonnenenergie - Strom für die Finsternis 688x384 MPEG4 ZDF tivi.flv





2.7 Option: Vorüberlegungen zur Konstruktion

2.7.1 Arbeitsblatt „Schlangenrennen“

Die Bedeutung des Geradeausfahrens erschließt sich oft erst zu spät, nämlich wenn das eigene Boot sich beim Rennen über die Bahn schlängelt und Zeit verliert. Zwar sorgen Schiedsrichter mit Stangen dafür, dass die Boote immer wieder in die Mitte gelenkt werden, trotzdem kosten Schlangenlinien Zeit. Dies sollen die SchülerInnen anhand des Arbeitsblattes theoretisch erkennen. Die Methode zur Ermittlung der Fahrstrecke sollen sie selbst wählen (z.B. Schnur auslegen oder kurze Abschnitte markieren und mit dem Lineal ausmessen und addieren). Die Aufgabe ist auch als **Hausaufgabe** geeignet (und macht damit die **Zeitplanung** flexibler).

Zur Verdeutlichung kann die Powerpoint-Präsentation „Die Regeln des Hessen SolarCup“ nochmals gezeigt werden. Dort gibt es ein Foto eines Schiedsrichters mit „Korrekturstange“.

Vereinfacht kann man auch die eingezeichneten Boote zählen. Diese „fahren“ im gleichen Abstand (4,4 cm), d.h. bei gleicher Geschwindigkeit würden sie für jedes Intervall die gleiche Zeit benötigen. Das Ergebnis lautet:

Bahn A 25,5 cm (5,8 Intervalle)

Bahn B 20 cm (4,5 Intervalle)

Lösungsblatt (verkleinert):

Die Solarboot-Werft
Arbeitsblatt

Schlangenrennen

Beim Hessen SolarCup müssen die Boote mehrere Wettrennen auf einem Wasserbecken fahren. Jedes Boot hat eine eigene Bahn. Viele Boote können nicht geradeaus fahren und machen immer eine Kurve. Damit sie in ihrer Bahn bleiben, helfen Schiedsrichter mit langen Stangen und stupen die Boote in die richtige Richtung. Hier kannst Du sehen, welche Strecke zwei verschiedene Boote gefahren sind. Bei diesem Zeichen (S) hat ein Schiedsrichter geholfen.

- Finde heraus, wie lang der Weg auf dem Papier ist, den jedes Boot gefahren ist. Überlege dir, wie man das am besten messen kann und trage das Ergebnis in das Feld „Fahrstrecke“ ein.
- Wenn beide Boote gleich schnell sind, welches Boot hat das Rennen gewonnen? B

Boot A
Fahrstrecke:
25,5 cm

Boot B
Fahrstrecke:
20 cm

2.7.2 Arbeitsblatt „Wie viel kann ein Boot tragen?“

Falls für die spätere Boots konstruktion eine der Rumpfschablonen genutzt werden soll, ist die Auswahl einer Rumpfgröße bzw. Tragfähigkeit wichtig. Auch das „Kenterstest“ – Experiment (Solarbootbau im Wassererlebnishaus) führt als Kriterium für die Kenterstabilität die „Tragfähigkeit“ ein.

Die Tragfähigkeit stellt nichts anderes dar als die Fläche des Rumpfes in cm². Das Arbeitsblatt soll den Begriff der Fläche verständlich machen und seine Bedeutung für die Tragfähigkeit. Die im Arbeitsblatt dargestellten Rumpfe entsprechen den später eingeführten Schablonen mit den Benennungen „170 cm² (dick)“ und „170 cm² (schlank)“. Sie gehören zu den am häufigsten gewählten Rumpfgrößen. Das AB gibt damit einen guten maßstäblichen Eindruck von der erforderlichen Bootsgröße.

Die Anzahl der Beladungs-Smileys kann ausgezählt oder bei mathematisch versierten SuS auch schneller durch Multiplikation (bei den Rechtecken) und Addition nur der Spitzen bestimmt werden.:

$$5 \times 7 = 35 + 5 = 40$$

$$9 \times 4 = 36 + 4 = 40$$

Lösungsblatt (verkleinert):

Die Solarboot-Werft
Arbeitsblatt

Wie viel kann ein Boot tragen?

Der Konstrukteur dieser Boote sagt, dass sie beide gleich groß sind. Er meint damit, dass beide Boote gleich viel tragen können. Das nennt man „Tragfähigkeit“.

Aufgabe: Prüfe, ob die beiden Boote wirklich gleich groß sind. Stell dir vor, dass die Seile die Leute sind, die das Boot tragen kann. Zähle sie und trage die Zahl in das Kästchen neben das Boot ein.

Tragfähigkeit:

40

Tragfähigkeit:

40



2.7.3 Arbeitsblatt „Das schräge Solar- modul“

Die Konstruktion eines zur Sonne ausgerichteten Solarmoduls wird häufig gewählt, weil verstanden wurde, dass je mehr Sonnenenergie das Modul „einfangen“ kann, am Ende auch mehr Antriebsenergie verfügbar ist. Zum Nachteil wird dies, wenn vergessen wird, dass das Boot seine Fahrtrichtung ändern kann. Dies ist beim Hessen-SolarCup-Wettrennen sogar Pflicht: jedes Boot muss die Rennstrecke in beiden Richtungen durchfahren.

Die Abhängigkeit zwischen Aufstellung des Solarmoduls und der Einfallsrichtung der Sonnenstrahlen kann mit dem AB rein theoretisch erkannt werden, indem die Sonnenstrahlen gezählt werden.

Lösungsblatt (verkleinert):

Die Solarboot-Werft
Arbeitsblatt

**Das schräge Solar-
modul**

Hier fahren 2 verschiedene Solarboote ein Rennen. Die „Susi“ hat ein schräg aufgestelltes Solarmodul, damit sie besonders viel Sonne einfangen kann. Bei der „Sonnja“ liegt das Solarmodul ganz flach. Auf dem oberen Bild fahren die Boote zur Sonne hin, auf dem unteren haben sie die Sonne im Rücken. Auch beim Hessen SolarCup-Wettrennen müssen die Boote die Rennstrecke hin- und zurück fahren.

Aufgabe 1: Die gestrichelten Linien sind die Sonnenstrahlen, die die Energie für die Boote bringen. Male alle Sonnenstrahlen, die ein Solarmodul treffen, gelb an.

Aufgabe 2: Zähle bei jedem Boot die Sonnenstrahlen, die sein Solarmodul treffen und schreibe sie in das gestrichelte Kästchen.

Frage: Welches Boot wird wohl das Rennen gewinnen (es muss in beide Richtungen gefahren werden)? Sonnja

In der Summe (von Hin- und Rückfahrt) hat die „Sonnja“ mehr Sonnenstrahlen eingefangen ($6+6=12$) als die „Susi“ ($8+2=10$) und dürfte das Rennen gewinnen. Hier ist also das schräg aufgestellte Solarmodul nicht sinnvoll.

Falls die SuS bemängeln, dass nur so wenige Sonnenstrahlen dargestellt sind, können sie zusätzliche (immer einen genau zwischen die vorhandenen) dazu malen und neu auszählen. Man erhält größere Zahlen, aber das gleiche Ergebnis (Sonnja gewinnt).

Folgende Transfer-Erkenntnisse sind denkbar:

- Ein bewegliches Solarmodul könnte man stets so einstellen, dass es immer ideal zur Sonne ausgerichtet

ist (beim Wettrennen müsste ein solches Modul bei der Wende des Bootes gedreht werden).

- Der Motorturm kann, wenn er zu nah am Solarmodul steht, dieses verschatten. Auf dem unteren Bild der Sonnja geht es gerade noch gut.

2.7.4 Experiment „Kentertest“

Dieses Experiment soll den SuS helfen, eine bessere Einschätzung für die Bedeutung des Gleichgewichts und die Belastbarkeit des Bootes mit Anbauteilen (Antrieb, Aufbauten, Deko) zu entwickeln. Es ist eine vereinfachte Version des aufwändigen Kentertest der „Solarbootwerft“ des Wassererlebnishauses (s.Kap. 3.2.1). Die Test-Boote können mit geringem Aufwand auch durch Lehrkräfte hergestellt werden (Bauanleitung mit Materialliste im Anhang).



2.8 Option: Plakat „Sonne ist leben“

Für den Wettbewerb muss jedes Team 2 Plakate erstellen:

- „Sonne ist Leben“
- „Dokumentation des Bootbaus (Konstruktion)“

Während das Plakat „Dokumentation“ erst nach dem Bau des Solarbootes erstellt werden kann, kann das Plakat „Sonne ist Leben“ auch bereits jetzt (vor dem Bootsbau) hergestellt werden.

Detailhinweise dazu s. Kap. 4.3.





Option: „Auftrieb und Dichte“

Das Thema „Auftrieb und Dichte“ („Schwimmen-Schweben-Sinken“) ist ein wichtiger Bestandteil im Grundschulunterricht und lässt sich im Kontext des Solarbootbaus praxisorientiert umsetzen.

Hier werden lediglich ein paar ausgewählte Experimente vorgestellt, die wenig materialaufwändig sind und wahlweise als Stationsarbeit oder zur Vorführung geeignet sind.

Damit lässt sich das Thema entweder erstmals kurz einführen als Vorbereitung auf das Solarboot bauen oder als schnelle Wiederauffrischung einer vorherigen ausführlichen Lerneinheit.

2.8.1 Fachinfos

Dichte

Die Dichte beschreibt als physikalische Größe das Verhältnis von Masse (umgangssprachlich „Gewicht“) und Volumen eines Körpers und stellt damit eine Materialeigenschaft dar, die unabhängig von Größe und Form ist. Wasser definiert eine Dichte von 1 kg/L. Materialien mit höherer Dichte sinken in Wasser, solche mit geringerer Dichte schwimmen.

Zusammengesetzte Körper

Die meisten Alltagsgegenstände bestehen aus verschiedenen Materialien. Die Gesamt-Dichte und die Schwimmfähigkeit solcher Gegenstände sind nur schwer abschätzbar und damit reizvoll für Experimente. Einen Spezialfall stellen eingeschlossene Hohlräume oder **Hohlformen** dar, denn Luft hat eine sehr geringe Dichte (0,0012 g/ml). Dichte darf nicht als Phänomen von Lufteinschlüssen verstanden werden, denn es schwimmen auch Materialien ohne Lufteinschlüsse (Wachs).

Auftrieb

Wenn ein Gegenstand ins Wasser eintaucht, wird er scheinbar leichter. Das verdrängte Wasser bewirkt eine Auftriebskraft, die der Schwerkraft (Gewichtskraft) entgegen wirkt. Während die Gewichtskraft von der Masse (kg) des Körpers abhängt, ist die Auftriebskraft abhängig von der Masse des verdrängten Wassers. Dies ist das „archimedische Prinzip“ (das für alle Flüssigkeiten gilt, unabhängig von deren Dichte).

Der Auftrieb ist unmittelbar erfahrbare, wenn man einen schwimmenden Gegenstand unter Wasser drückt (man muss Kraft aufwenden) oder einen nicht-schwimmenden Gegenstand an einer Schnur ins Wasser taucht (wird scheinbar leichter). Beobachtet man dabei den im Wasserbehälter steigenden Wasserspiegel, so kann man sich die verdrängte Wassermenge und den damit einhergehenden „Gegendruck“ als Auftrieb vorstellen.

Schwimmen = Gleichgewicht

Bei einem auf der Wasseroberfläche schwimmenden Gegenstand sind die Auftriebskraft und die Gewichtskraft genau gleich groß. Dieses Gleichgewicht stellt sich automatisch ein und lässt z.B. ein Schiff mit zunehmender Beladung immer tiefer einsinken.

Schweben = schwierig

Bei einem unter der Wasseroberfläche schwebendem Körper sind Gewichts- und Auftriebskraft genau gleich groß, stellen sich aber nicht (wie beim Schwimmen) automatisch so ein. Einen stabil schwebenden Gegenstand herzustellen ist äußerst schwierig, weil ständiges nachjustieren erforderlich ist (so machen es Fische und Uboote auch).

Die Hohlform – ein zusammengesetzter Körper

Eine Besonderheit stellen Körper dar, die so geformt sind, dass sie Luft einschließen bzw. mehr Wasser verdrängen können als ihrem Gewicht entspricht, wie z.B. ein Bootsrumpf. Ein Alu-Schälchen (von einem Teelicht) schwimmt, obwohl die gleiche Menge Aluminium (Dichte: 2,7 kg/L) als kompakter Würfel sinken würde. Man kann das Alu-Boot sogar noch zusätzlich beladen.

2.8.2 Experimente-Auswahl

Material-Schwimmtest

Material: Wasserschale, Handtuch, diverse kleine Test-Gegenstände (s. Foto)



Bei diesem Versuch sollen die Gegenstände auf ihre Schwimmfähigkeit hin untersucht werden. Da es sich um Gegenstände handelt, die nicht sofort als „Schwimmer“ oder „Nicht-Schwimmer“ zu erkennen sind, sollen die SchülerInnen Vermutungen anstellen, diese prüfen und das Ergebnis dokumentieren. Besonders interessant sind Gegenstände, die aus verschiedenen Materialien zusammengesetzt sind und möglicherweise unter Wasser eine bestimmte Orientierung annehmen.

Als mögliche Variante können die SchülerInnen eigene Gegenstände mitbringen (spezielle Aufgabe: „Bringt einen Gegenstand mit, der im Wasser schwebt“).



Kneteboot

Material: Knete (sinkbar und wasserfest, z.B. „Ökonorm“-Knete von www.memo.de), Wasserschale, Handtuch, Marmeln (Beladungs-Gewichte)



Nicht-schwimmende Knete (Menge: genau 2 Stangen) soll in eine schwimmfähige Form gebracht werden, die als Zusatzaufgabe noch mit Gewichten beladen werden soll. Dazu muss die Knete zu einer Hohlform geformt werden (vergleichbar mit einem Metall-Schiff). Die Herausforderung besteht darin, aus dem begrenzten Material eine möglichst große Form zu bauen, die viel Luft einschließt bzw. eine große Wasserdrängung hat. Das gelingt nur, wenn die Wand des Bootes möglichst dünnwandig ist. Bei der Beladung ist die Verteilung im Boot wichtig, damit das Boot stets gerade im Wasser liegt.

Alufolien-Boote

Material: Wasserwanne, Alufolie (A5-Zuschnitte), Marmeln (Beladungs-Gewichte), Teelicht



Wie beim Kneteboot, soll aus einem nicht-schwimmenden Material eine schwimmfähige Hohlform hergestellt werden, die auch noch Ladung (Marmeln) tragen kann. Die Alufolie stellt besondere Anforderungen an die Konstruktion des Bootes. Eine zu dünne Bordwand, zerdrückt den Rumpf bei großer Beladung. Daher muss die Folie zuerst 2- oder 3-lagig zusammengelegt werden (wodurch allerdings die erreichbare Bootsgröße abnimmt). Als Einstieg kann an einem Aluschälchen von einem Teelicht demonstriert werden, dass Aluminium sinkt.

Alufolien-Kugeln verdichten

Material: Wasserglas, Alufolie (A5-Zuschnitte), kleiner Hammer (max. 200g), Brettbrett (Unterlage zum Hämmern)



Die Alufolie soll zunächst mit den Händen zu einer Kugel zusammengepresst werden und deren Schwimmfähigkeit getestet werden. Die Alukugel schwimmt erstaunlicherweise, obwohl sie aus Metall besteht. Als Ursache sollen die eingeschlossenen Luftblasen erkannt werden. Dann soll mit dem Hammer die Kugel soweit komprimiert werden, dass sie sinkt. Je nach handwerklichem Geschick entstehen schnell oder langsam sinkende Alukugeln (Maßstab für die Dichte der Aluminium-Luft-Kugel). Eingeschlossene Luft ist aber nicht das maßgebliche Kriterium für Dichte. Dies lässt sich mit einem Stück Wachs belegen. Es schwimmt ganz ohne Lufteinschlüsse.

Strohhalmschwimmer (Boje)

Material: Strohhalme (auf verschiedene Längen zugeschnitten), Knete, Wasserglas,



Ziel ist, den Strohhalm mit der Knetekugel möglichst schwer zu beladen, ohne dass er sinkt. Wie bei einem Schiff (Hohlform) stellt sich ein Gleichgewicht zwischen Beladungsgewicht und „Tiefgang“ ein. Große Hohlformen (lange Strohhalme) können mehr Ladung tragen als kleine (kurze). Alternative: Gewicht soweit reduzieren, dass der Strohhalm noch aufrecht schwimmt, ohne umzukippen (zu



kentern): vergleichbar mit einer Boje oder einem Segelboot. Achtung: wenn der Strohalm einmal gesunken ist, muss das innen haftende Wasser herausgeschleudert werden. Abhilfe: auch oberes Ende mit Knete abdichten.

Tanz im Wasserglas / Rosinenschwimmbad

Material: frisches Mineralwasser (mit viel Kohlensäure), Wasserglas, Abfallbehälter und Küchensieb (für die feuchten Reste), wahlweise getrocknete Rosinen, Mais, Linsen, Erbsen, Reis



Im sprudelnden Mineralwasser vollführen die Körner einen wahren Tanz und bewegen sich abwechselnd von oben nach unten. Verschiedene Körner verhalten sich unterschiedlich. Bei genauem Betrachten sieht man, dass sich am Boden des Glases Gasblasen (CO_2) an den Körnern anhaften und so die Gesamtdichte des Korns verringern (wie bei Schwimmflügeln), sodass es aufsteigt. An der Wasseroberfläche angekommen, lösen sich die CO_2 -Bläschen in der Luft auf und das nun „dichtere“ Körnchen sinkt wieder. Solange genügend Kohlensäure im Wasser ist wiederholt sich der Kreislauf.

2.9 Option: „Solar-Strom“

Für diese Lerneinheit werden zusätzliche Materialien benötigt (s.u.), insbesondere die Solarbausätze.

2.9.1 Organisation und Didaktik

Wissensstand der Lerngruppe

Das Thema „Strom“ ist ein wichtiger Bestandteil des Sachunterrichts. Für die zu bauenden Solarboote ist Strom die grundlegende Antriebskomponente. Daher sollten Stromphänomene und der Stromkreis vertraut sein, insbesondere, um bei Antriebsstörungen eigenständig Fehler finden und beheben zu können.

Im Idealfall hat die Lerngruppe bereits eine Lerneinheit Strom absolviert und wird den Umgang mit dem Solarbausatz schnell beherrschen.

Falls die Lerngruppe noch keine Vorkenntnisse hat, finden Sie im Folgenden einen Vorschlag zur Einführung des Themas Strom, und zwar mittels der Solarbausätze. Diese Lerneinheit ist allerdings sehr fokussiert auf den Bau der Solarboote und sollte um weitere „klassische“ Elemente des Strom-Unterrichts ergänzt werden. Für Lerngruppen mit Vorkenntnissen kann diese Einheit natürlich auch zur Auffrischung des Wissens eingesetzt werden.

Bei der Bootsbau-Veranstaltung im Wassererlebnishaus wird das Thema Strom kurz und anwendungsorientiert behandelt, sodass die SchülerInnen in der Lage sind, den Solarbausatz anzuschließen und häufige Fehler zu erkennen und zu beheben. Es kann in der kurzen verfügbaren Zeit aber kein Grundverständnis über Strom vermittelt werden.

Solarmodul statt Batterie:

Grundlage für diese kurze Lerneinheit „Strom“ sind die Bauteile des Solarantriebes (Solarmodul, Elektromotor mit Kabel, Propeller), die auch zum Bau der Solarboote verwendet werden. Das Solarmodul ersetzt im Stromkreis die Batterie und macht so den „Solarstrom“ unmittelbar erfahrbar. Man vermeidet damit auch die häufige Fehlvorstellung vom Strom als sich „verbrauchende Substanz“ (Batterie), sondern kann das Solarmodul als „Strompumpe“ begreifen, die Lichtenergie verwendet, um den Stromkreislauf aufrecht zu erhalten.

Allerdings muss der Unterricht dann zumindest teilweise **unter freiem Himmel** durchgeführt werden oder hinter einem gut beleuchteten Fenster. Das Licht von Deckenleuchten (Neonröhren) ist für unsere Solarmodule nicht ausreichend. Es ist aber auch kein strahlender Sonnenschein erforderlich. Es klappt auch bei bedecktem Himmel.

Hinweis auf die Gefahren des Netzstromes (220V):

Damit die Experimentiermaterialien von den SchülerInnen nicht für Experimente mit der 220V-Steckdose zweckentfremdet werden, muss dieses Ansinnen natürlich frühzeitig und eindringlich verboten werden.

Gefahren von Akkus:

Die in den üblichen Bauformen Mignon (AA), Micro (AAA) erhältlichen wieder aufladbaren Akkus (**NiMH**) sollten nicht fürs Experimentieren verwendet werden, da sie bei Kurzschluss explodieren können.



Strom: Irrtümer und Didaktik

Die in diesem Abschnitt kurz dargestellten Lernprobleme und Vorschläge zum Thema Strom stammen aus:

SUPRA - Sachunterricht praktisch und konkret (Prof. Dr. Eva Heran-Dörr, Otto-Friedrich-Universität Bamberg)

<http://www.supra.grundschuldidaktik.uni-bamberg.de/>

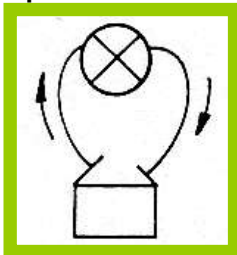
Diese Hinweise sind in den anschließend dargestellten Lerneinheiten zum Solarantrieb nicht durchgehend anwendbar, könnten aber für Ihren begleitenden Unterricht hilfreich sein.

Physikalischer Stromkreis scheint unplausibel:

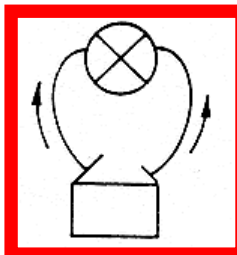
Dass der Strom im Kreis fließt und dass die Strommenge dabei überall gleich ist, scheint für Grundschüler eine äußerst unplausible Erklärung für die Phänomene des Stromkreises.

Dies äußert sich in **häufigen Fehlvorstellungen** (die sich oft hartnäckig halten):

Zweizuführungsvorstellung: in beiden Kabeln fließt der Strom von der Batterie zur Lampe. Es werden zwei Kabel benötigt, weil durch eines allein zu wenig Strom fließen kann.

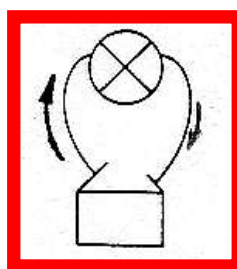
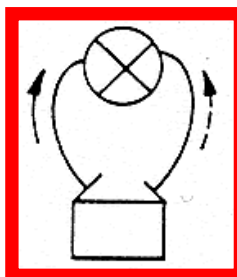


Zweisubstanzvorstellung: in jedem Kabel fließt eine andere Substanz, von denen beide benötigt werden.



Strom als (verbrauchte) Substanz: etwas substanzähnliches fließt von der Batterie zur Lampe und wird dort verbraucht oder verändert. Deshalb muss in den beiden Kabeln unterschiedlich viel Strom fließen.

Die Stromsubstanz-Vorstellung ist weitverbreitet und wird auch in Schulbüchern nahegelegt durch Formulierungen wie: „Strom wird verbraucht“; „Die Batterie ist leer“; „Stromquelle“ und „Stromverbraucher“.



Alternativ: Strom messen mit dem Kompass

Der Stromfluss erzeugt rund um den Stromleiter ein Magnetfeld, das sich mit Kompassnadeln nachweisen lässt (s. Abb.). Die Ablenkung der Kompassnadel ändert sich mit der Strommenge, ist also ein einfaches Messinstrument für die physikalische Stromstärke [1]). Damit kann man zeigen, dass der Strom vor und hinter dem „Verbraucher“ gleich ist. Wenn sich die Strommenge ändert (andere Batterie oder anderes Lämpchen), ändert

sich die Strommenge und auch der Ausschlag beider Kompassnadeln. Wird die Stromquelle umgepolt, schlagen die Kompassnadeln umgekehrt aus.

Einen ausreichenden Ausschlag erhält man z.B. mit einer 4,5V-Batterie bei 0,2 A (z.B. Lämpchen (7V, 0,3 A). Gut geeignet ist der Kompass von Opitex (s. Anhang).



Grundaufbau: ohne Stromfluss wird der Versuchsaufbau so ausgerichtet, dass die Kompassnadeln parallel zu den Stromkabeln liegen.



Bei eingeschaltetem Strom schlagen beide Nadeln in der gleichen Richtung und mit der gleichen Stärke aus.

Vergleich mit der Fahrradkette:

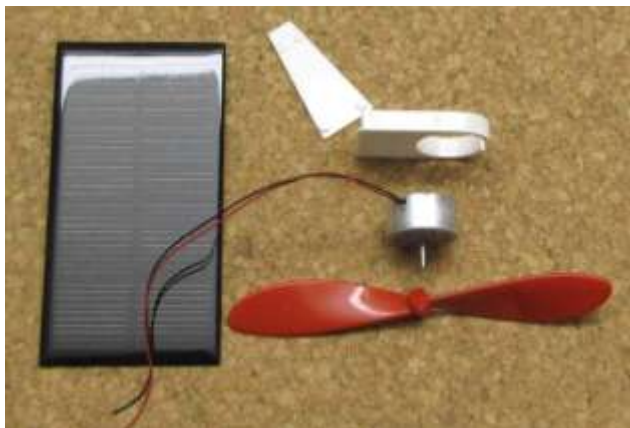


Beim Vergleich Stromkreis und Fahrradkette lassen sich viele Parallelen finden, die Stromphänomene erklären, ohne die Substanztheorie zu befördern:

- Die Kette muss geschlossen sein
- Die Kette ist lediglich Überträger von Energie
- Die Kette bewegt sich oben und unten gegenläufig
- Es wird oben und unten die gleiche Energiemenge transportiert (gleiche Geschwindigkeit)
- Die Kette besteht aus vielen kleinen Elementen



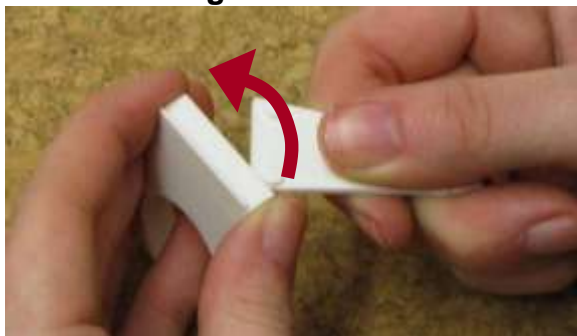
2.9.2 Solarantrieb zusammen bauen



Technische Daten Solarmodul:

Strom: 380 mA Spannung: 2,0 V (4 Zellen je 0,5V)
Leistung: 760 mW Fläche: 70 cm²
Flächenleistung: 11 mW/cm² = 110 W/m²

Motorhalterung zusammenstecken



Die beiden weißen Teile der Motorhalterung können nur mit viel Kraft zusammen gesteckt werden, was für Kinder zu schwierig ist. Je nach Bootskonstruktion wird das flache Teil oft aber gar nicht gebraucht.

Das Anschließen der Kabel:

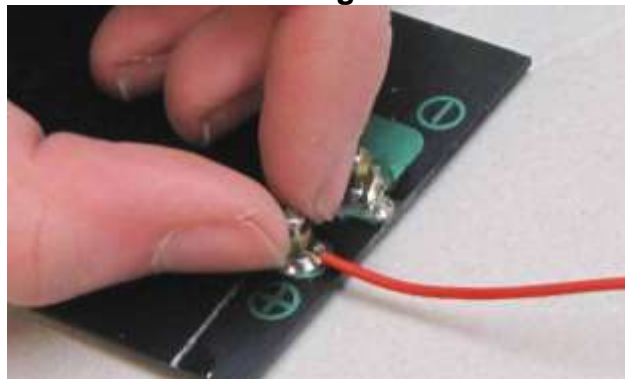
Das Anschließen der Kabel an das Solarmodul ist fehleranfällig (Wackelkontakte, Kabelabriss). Im Anhang finden Sie schülergeeignete **Anleitungen** für die Kabelmontage und Reparatur.

Hilfreiche Werkzeuge: Seitenschneider, Abisolierzange, Schraubendreher (2mm - Klinge)



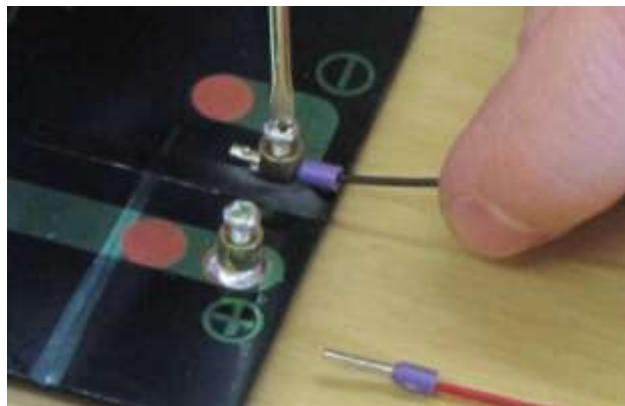
Die Abisolierzange hilft bei abgerissenen Kabeln oder Kabelverlängerungen. Der Umgang muss geübt werden und ist nur durch Lehrkräfte zu leisten.

Methode A: mit den Fingern festschrauben



Mit den Schraubklemmen am Solarmodul kann man die dünnen Kabel leicht zerquetschen und abreißen. Man darf die Schrauben daher nur mit den Fingern anziehen, nicht mit einem Schraubendreher. Zum erstmaligen Lösen der Schrauben ist allerdings ein Schraubendreher (2mm) erforderlich.

Methode B: mit „Ader-Endhülse“ und Schraubendreher.



Kabel mit „Ader-Endhülse“ können sehr einfach und zuverlässig auch mit dem Schraubendreher befestigt werden. Sie können mehrfach an- und abgeschraubt werden, um z.B. das Solarmodul auf dem Boot neu zu positionieren. Bausätze mit Ader-Endhülsen sind nur im Wassererlebnishaus verfügbar.

Methode C: mit Büroklammer als Adapter

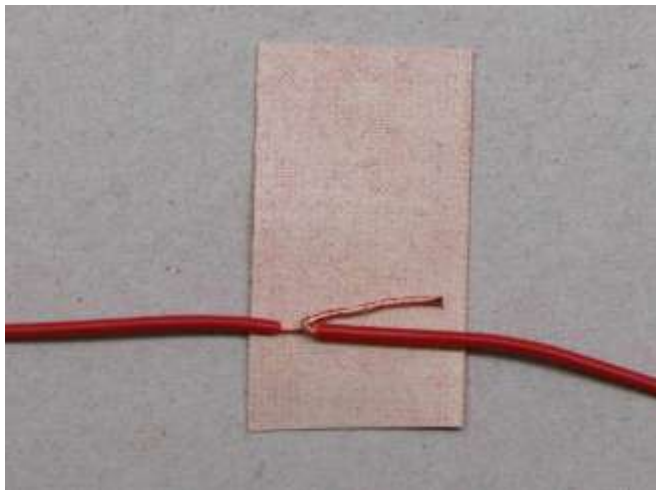


Diese Methode ist relativ aufwändig, kommt aber mit einfachen Materialien aus und führt zu sehr zuverlässigen Kabelverbindungen, die auch mehrfach aufgetrennt werden können.



Kabelverlängerung

Die Anschlußkabel am Motor sind relativ kurz, sodass sie für manche Bootskonstruktionen verlängert werden müssen. Eine einfache Verlängerung funktioniert analog der „Büroklammer-Methode“ (s. **Anleitung**)



Löten?

Häufig werden die Kabel angelötet. Dabei sollte aber möglichst auf Elternhilfe verzichtet werden (aus bereits erwähnten pädagogischen Gründen). Außerdem werden die Boote zur Optimierung der Konstruktion häufig umgebaut, wobei dann Kabel entfernbar sein sollten.

2.9.3 Erstes Erproben des Solarantriebes

Nachdem der Solarantrieb zusammengebaut ist, soll er natürlich sogleich in der Sonne ausprobiert werden. Dazu kann man folgende Aufgaben stellen und die Reaktion des Motors beobachten lassen (immer kurz warten, weil der Motor nachläuft):

- Das Solarmodul mal direkt zur Sonne, mal davon weg halten.
- Das Solarmodul ganz oder teilweise mit der Hand verschatten.
- In welche Richtung dreht sich der Propeller?
- In welche Richtung bläst der Propeller?

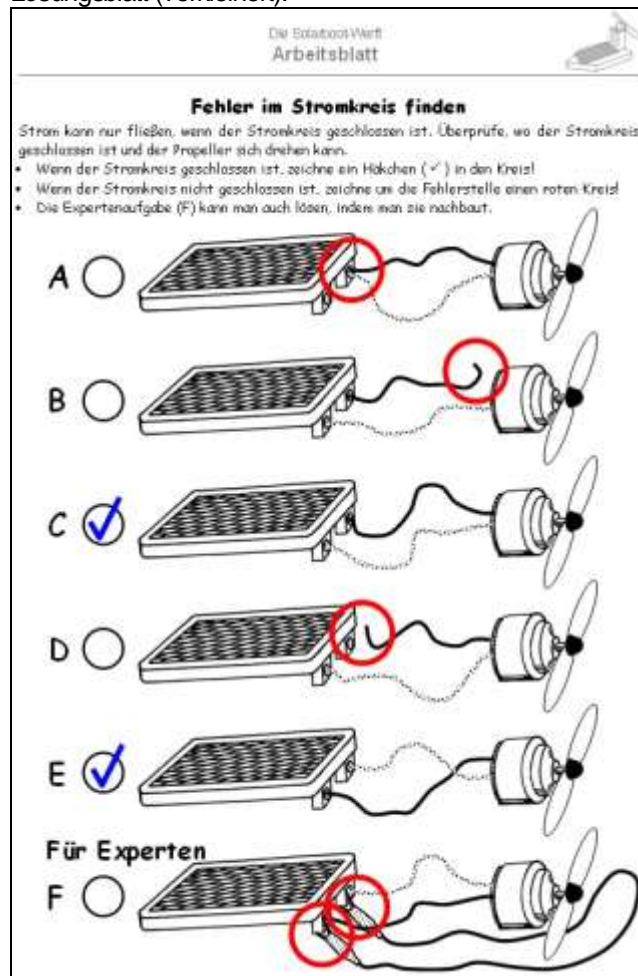
Das Verschatten oder das Wegdrehen aus der Sonne passiert häufig auch unbeabsichtigt, weil sich die Teammitglieder oft selbst im Weg stehen. Das Lösen dieser Probleme ist aber Teil der Übung.

In einem zweiten Schritt sollen die Kabel vertauscht werden und die Auswirkung auf den Motor beobachtet werden. Dieser rotiert nun anders herum und bläst auch den Antriebswind in die entgegen gesetzte Richtung. Dies ist eine wichtige Erkenntnis für die spätere Montage des Antriebs am Bootsrumpf, insbesondere wenn das Thema Stromkreis ansonsten nicht weiter vertieft wird.

2.9.4 Arbeitsblatt „Fehler im Stromkreis finden“

Material (pro Team): Solarbausatz, 1 Messstrippe

Lösungsblatt (verkleinert):



Hier werden die Grundkenntnisse zum Stromkreis anhand des Solarbausatzes abgefragt. Erfahrene SchülerInnen können die Aufgaben theoretisch lösen. Für eine Einführung in den Stromkreis können die Fälle auch praktisch nachgestellt werden (außer Fall B: bitte kein Kabel abreißen!).

In Fall E werden die Kabel vertauscht (umgepolt), wodurch sich die Drehrichtung und Schubrichtung des Propellers ändern.

Der **Kurzschluss** (hier mit Messstrippe erzeugt) ist ein Spezialfall, denn er stellt einen zusätzlichen Stromkreis dar. Er kann so erklärt werden, dass der Strom sich immer den bequemsten Weg sucht. Das ist aber nicht der kürzeste, sondern der mit dem geringsten Widerstand. Das ist hier die Messstrippe, denn im Motor müsste ja (anstrengende) Arbeit verrichtet werden. Ein Kurzschluss kann auch unbeabsichtigt passieren, wenn ein leitender Gegenstand beide Schraubklemmen gleichzeitig berührt (z.B. wenn man das Solarmodul auf Alufolie legt).



2.9.5 Experiment und Arbeitsblatt „Was leitet Strom?“

Material (pro Team): Solarbausatz, 1 oder 2 Messstrippen, Testgegenstände (von zu Hause = Hausaufgabe)

Lösungsblatt (verkleinert):

Die Solarboot-Werft
Arbeitsblatt

Was leitet Strom?

Mit dem Solarbausatz kannst du testen, welche Dinge Strom leiten und welche nicht. Baue den Test wie auf dem Bild auf. Jetzt ist der Stromkreis geöffnet. Wenn du die Lücke im Stromkreis mit einem Testgegenstand schließt, dreht sich der Motor nur, wenn der Testgegenstand Strom leiten kann.

1. Prüfe vorher, ob Motor und Solarmodul funktionieren.
2. Teste zuerst die Gegenstände in der Tabelle und mache für jeden Gegenstand ein Häkchen (✓) für „leitet“ oder „leitet nicht“.
3. Prüfe noch mehr Gegenstände und Materialien und schreibe sie in die Tabelle.

Hier testen

Test-Gegenstand	Leitet Strom	Leitet Strom nicht
Geldmünze	✓	
Büroklammer (Blank)	✓	
Büroklammer (farbig)		✓
Tesaafilm		✓
Radiogummi		✓
Bleistift		✓
Messstrippen	✓	
Joghurtbecher		✓
Löffel (Metall)	✓	
Löffel (Plastik)		✓
Alufolie	✓	
Schere	✓	
Kabel-Isolierung		✓
Isolierband		✓
Holzlineal		✓
Luftballon		✓
???		

4. Hast du eine Regel entdeckt? Gibt es Materialien, die immer leiten? Oder Materialien, die nie leiten?

Alle Metalle leiten.

Plastik leitet nicht

Holz leitet nicht

???

Nur die Mine

Nur das Metall

Für dieses Experiment wird der Solarbausatz als Anzeiger für verschiedene leitende oder nichtleitende Materialien verwendet. Die Beschaffung der Testmaterialien kann als **Hausaufgabe** gestellt werden (wichtig: kleine Gegenstände). Aber auch im Schulranzen findet sich ausreichend Experimentiermaterial.

Für den Versuchsaufbau muss der Stromkreis geöffnet werden, also ein Kabel wieder gelöst werden. Am Besten verlängert man die Kabel noch mit 1 oder 2 Messstrippen, damit es am Messplatz nicht zu eng wird und dabei das Solarmodul versehentlich verschattet wird.

Option (für fortgeschrittene Forscher): der Versuchsaufbau wird nicht vorgegeben, sondern soll durch die SchülerInnen diskutiert und selbst entwickelt werden. Die Messstrippen können auch einen Kurzschluss verursachen (wenn die Klemmen sich berühren) und das Ergebnis verfälschen.

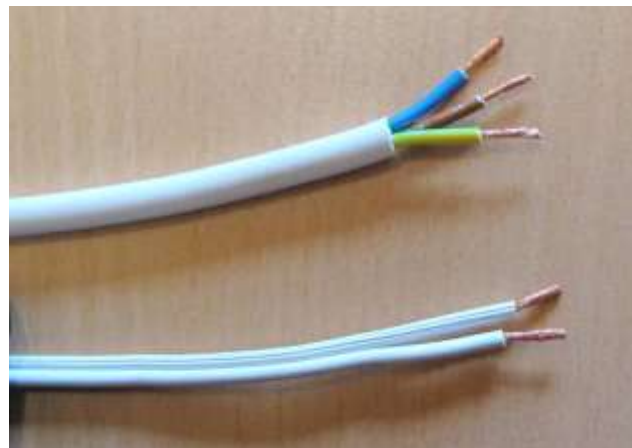
Wichtige Erkenntnisse sind:

- Plastik leitet keinen Strom.
- Metalle leiten Strom.
- Bereits sehr dünne Schichten eines Nichtleiters (Tesaafilm, bedruckter Joghurtbecherdeckel, lackierte Büroklammer) reichen aus, um den Strom zu

unterbrechen (Prinzip der Isolierung: sie schützt in ausreichender Stärke auch vor gefährlichem Strom).

2.9.6 Experiment „Lange Leitung“ (ohne Arbeitsblatt)

Material (Vorführexperiment): 1 Solarbausatz, ca. 5 m doppeladriges Elektrokabel(2x0,75mm²) ohne Stecker, 4 Messstrippen.



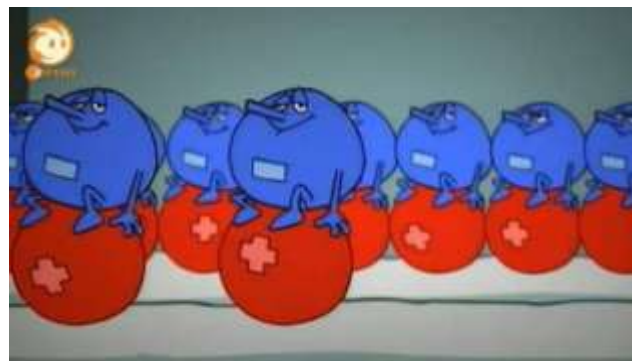
Ein Elektrokabel enthält mehrere Adern und stellt somit einen in die Länge gezogenen Stromkreis dar.

Dieses kurze Vorführexperiment (oder Aufgabenstellung für die ganz Klasse) zeigt, dass Strom über weite Strecken transportiert werden kann (Stromleitung). Dazu wird zwischen Solarmodul und Motor ein langes doppeladriges Kabel angeschlossen (am schnellsten per Messstrippen). Das Solarmodul wird beispielsweise am Fenster aufgestellt und der Motor mit Propeller an der gegenüberliegenden Wand des Klassenraums.

Wenn jetzt der Stromkreis verfolgt wird, wird klar, warum das Kabel zwei Adern braucht. Der Strom darin fließt nämlich gegenläufig.

Bei einer provisorischen Verkabelung kann man sich schnell einen störenden Kurzschluss „einfangen“ (z.B. durch sich berührende Klemmen der Messstrippen). Dies verdeutlicht nochmals die Wichtigkeit der Isolierung.

Option (Video): Zeichentrick-Animation „So funktioniert eine Solarzelle“ (Löwenzahn) (1,5 Minuten)



Die Animation zeigt das Prinzip des „Photoelektrischen Effektes“ in didaktisch angemessener Weise für Grund-



schülerInnen. Das Prinzip des Stromkreises und Elektro-
nen als Ladungsträger bilden die Grundlage. Ausschnitt
aus der Löwenzahn-Sendung „Sonnenenergie“

[Link: ZDF-Tivi](#)

Datei: Solarzellen-Funktion Animation GS 432x240
MPEG4 ZDF tivi Videos mid.flv

2.10 Vorbereitung auf die „Solar- bootwerft“ im Wasser- erlebnishaus

Anmeldung zum Wettbewerb nicht vergessen:

Der Besuch der Veranstaltung „Solarbootwerft“ im
Wassererlebnishaus bedeutet KEINE automatische
Anmeldung beim Wettbewerb „Hessen SolarCup“. Bitte
melden Sie Ihre Klasse an auf: www.solarcup.de

Zeitplan: es sind mind. 3,5 Stunden, am besten 4 Stunden
einzuplanen, Beginn nach Absprache, möglichst
um **09:00 Uhr**. Ende um **12:30 oder 13:00 Uhr**.
Die KVG-Haltestelle heißt: „**Schocketal**“

Erwachsene Helfer: neben der Lehrkraft sollte noch eine
erwachsene Person (z.B. Elternteil) mitkommen,
die eine kurze Aktion für die Hälfte der Klasse
anleiten kann (nach Einweisung), den Bau des
„Prüflings“. Dies könnte auch die Lehrkraft
übernehmen, würde dann aber die Station
„Kentertest“ nicht erleben können, die zeitgleich
jeweils mit der anderen Klassenhälfte
durchgeführt wird.

Wettergerechte Kleidung ist wichtig, da ein Teil der
Veranstaltung unter freiem Himmel stattfindet.

Jedes Bootsteam bringt bitte mit:

- **Transportkarton** (z.B. großen Schuhkarton, A4),
damit das Boot bei der Rückfahrt im Bus keinen
Schaden nimmt
- **Optional: Recycling-Material** (0,5L-PET-Flaschen,
Getränk kartons, etc.) wenn das Boot aus Recycling-
Material gebaut werden soll (hoher handwerklicher
Anspruch).
- **Optional: Deko-Material.** Das Dekorieren und
Bemalen der Boote sollte besser anschließend in der
Schule gemacht werden. Die Zeit in der „Solarboot-
werft“ sollte in erster Linie genutzt werden, um ein
funktionierendes zuverlässiges Boot zu bauen.

Als Lehrkraft bringen Sie bitte mit:

- **Die Solarantriebs-Bausätze** (falls Sie diese selbst
beschafft haben). Ansonsten liegen die Bausätze im
Wassererlebnishaus bereit.
- **Foto-Kamera:** es sollten auf jeden Fall Fotos von der
Bauphase gemacht werden, die für die später noch in
der Schule anzufertigenden Konstruktions-Plakate
verwendet werden können.





3 Solarboote bauen im Wassererlebnishaus

Die etwa 3,5-stündige angeleitete Veranstaltung im Wassererlebnishaus beinhaltet:

- Konstruktionsvarianten im Experiment erfahren
- Übung zum Umgang mit Material und Werkzeug
- Bau des Solarbootes
- Erprobung und Optimierung des Bootes

Der zeitlich enge Ablauf trägt dem häufig geäußerten Wunsch nach einer angeleiteten Solarbootbau-Veranstaltung Rechnung. Die optimale Methode wäre ein mehrtägiges Projekt, das mehr Zeit zum Experimentieren und eigenständigen Konstruieren lässt.

Um die knappe Zeit gut zu nutzen, werden einfache Konstruktionen vorgegeben, die aber Variationen zulassen. In Vorführversuchen werden häufige Konstruktionsfehler demonstriert, die die SchülerInnen mit mehr verfügbarer Zeit sicher auch selbst erkennen und lösen könnten.

3.1 Kompetenzen:

Ein wichtiges Anliegen des Hessen SolarCup ist es, technische Entwicklungsprozesse nachzuvollziehen und zu erleben. Die SchülerInnen müssen zum Bau der Solarboote mehrerer Funktionen bzw. Rollen einnehmen. Die dazugehörigen Berufsfelder werden bereits in der Experimentierphase benannt, um die Perspektiven zur realen (erwachsenen) Welt aufzuzeigen:

KonstrukteurIn (IngenieurIn): legt die Dimensionierung der Bootsbestandteile fest (Größe, Abmessungen, Form, Höhen, Gewicht) und stellt damit sicher, dass die Funktion und die Sicherheit gewährleistet werden. Die Sicherheit umfasst einen gewissen Ermessensspielraum (Risikobereitschaft). Hier übernimmt der Konstrukteur Verantwortung. Das Experiment „**Kenter-Test**“ bezieht sich auf Konstruktions-Kompetenzen.

BootsbauerIn: setzt die Konstruktion des Ingenieurs möglichst präzise baulich um. Dies erfordert Kenntnisse über Materialien, Werkzeuge und Verbindungstechniken. Das Experiment „**Material-Test**“ bezieht sich auf diese handwerklichen Kompetenzen. Denn eine gute Konstruktion ist wertlos, wenn sie nicht auch realisiert werden kann.



ForscherIn: ermittelt die naturwissenschaftlichen Gesetzmäßigkeiten, die der Konstrukteur nutzt. Das betrifft beispielsweise Auftrieb und Dichte. Der Forscher hat im Rahmen der Solarbootwerft keine explizite Funktion (wohl aber in der Veranstaltung „Bootswerft“).



„**Genies**“: Während diese Funktionen und Berufe in der Realität getrennt umgesetzt werden, findet man in den „Sternstunden“ der Technikgeschichte häufig Menschen, die alle diese Kompetenzen in sich vereinten und so zu besonders herausragenden Leistungen imstande waren (Otto Lilienthal, Rudolf Diesel).

3.2 Eigenständige Experimente

3.2.1 Kenter-Test:



Mittels eines Baukasten-Systems können hier viele verschiedene Boots-Konstruktionen erprobt werden. Es werden die Original-Antriebssteile des Solarbausatzes verwendet und eine Auswahl an Rümpfen, die für die spätere Bauphase als Schablonen zur Verfügung stehen. Die Kenterstabilität der Boote wird mittels gestapelter Schraubenmutter quantitativ erfasst. In Kleingruppen werden 2-4 verschiedene Bootsrümpfe untersucht und anschließend in der großen Runde die Eigenschaften aller Bootsrümpfe diskutiert.

Ziel ist, dass die SchülerInnen mindestens ein Gefühl für die erforderliche Dimensionierung des Solarbootes entwickeln. Bestenfalls können sie die Abhängigkeit der Kenterstabilität von bestimmten Konstruktionseigenschaften benennen (Rumpfbreite, Höhe der Aufbauten, Tragfähigkeit). Außerdem sollte erkannt werden, dass die Kenterstabilität keine schwarz-weiß-Eigenschaft ist, sondern Bewertungskriterien braucht, beispielsweise ein festzulegendes Sicherheitsniveau. Dies soll später im Team diskutiert werden können.



Lösungsblatt (verkleinert); Kentertest = Mittelwerte:

Die Solarboot-Werft
Ergebnisse der Experimente

1. Kenter-Test

1a) Markiere den Bootsrumpf, den du testest, mit einem kleinen Kreuz in der Tabelle.
 1b) Baue das erste Boot (0 Solarmodultürme, 1 Motorturm) genau nach.
 1c) Staple so viele Gewichte (Muttern) über das Ohrenstäbchen bis das Boot kentert. Trage die Anzahl der Muttern, bei der das Boot kentert, an die richtige Stelle in die Tabelle ein.
 1d) Baue und teste alle Boote (1 1, 1 2, 2 2). Wenn du noch einen anderen Rumpf testen möchtest, wiederhole genau die Schritte 1a) bis 1d).

Schraube
Mutter

	0	1	1 1	1 2	2 2
		11	8	6	4
		7	5	3	0
		8	6	3	2
		3	0	0	0

2. Material-Test

2 a) Probiere am Prüfling aus, wie fest die verschiedenen Verbindungen sind und trage das Ergebnis in die Tabelle ein.

Kann man drehen (ja / nein)

Kann man abziehen (ja / nein)

	ja	nein	nein
Kann man drehen (ja / nein)	ja	nein	nein
Kann man abziehen (ja / nein)	ja	ja	nein

2 b) Schau dir in der Werkstatt die Plakate über Kork und Styrodur an! Woher kommen diese Materialien?
 Kork wird hergestellt aus Korkeiche
 Styrodur wird hergestellt aus Erdöl

3.2.2 Auswertung Kenter-Test:

Das Experiment ermöglicht, die Abhängigkeit der Kenter-Sicherheit von 3 Bootseigenschaften zu erkennen:

- Höhe des Schwerpunktes
- Breite des Rumpfes
- Größe des Rumpfes (Tragfähigkeit)

Höhe des Schwerpunktes (gelber Pfeil):

„Je höher das Boot ist, desto eher kentert es.“

Je höher die „Türme“ für das Solarmodul bzw. den Motor gebaut werden, desto höher liegt der Schwerpunkt bzw. die Ladung. Im Arbeitsblatt nimmt die Höhe der Türme von links nach rechts zu (die Zahlen entsprechen der Anzahl der Turmelemente). Die Kenter-Sicherheit (Anzahl der stapelbaren Schraubenmuttern) nimmt bei jedem Boot ab.

Weitere Auswertung nach „Forscher-Regel“:

Die Eigenschaften „Breite“ und „Tragfähigkeit“ mischen sich bei den 4 zu untersuchenden Rümpfen. Wenn man ihre jeweilige Bedeutung für die Kenter-Sicherheit ergründen will, muss man geschickte Vergleiche wählen. Dabei gilt die „Forscher-Regel“:

Wenn ich wissen will, welche Bedeutung die Breite des Rumpfes für die Kenter-Sicherheit hat, darf ich nur solche Versuche vergleichen, bei denen die anderen Eigenschaften (Tragfähigkeit, Höhe) gleich sind.

Da diese Auswertung relativ komplex ist, wird sie moderiert an der Tafel an einem vergrößerten Arbeitsblatt durchgeführt, auf dem die Einzelergebnisse der Gruppen gesammelt werden.

Auch wenn die Ergebnisse der Gruppen für das gleiche Experiment eine Streuung aufweisen, lassen sich anhand einer vereinfachten Mittelwertbildung eindeutige Unterschiede zwischen den Booten feststellen und daraus Regeln ableiten...

Breite des Rumpfes (roter Pfeil):

Vergleicht man die beiden Rümpfe „170 dick“ und „170 schlank“, die die gleiche Tragfähigkeit haben, erkennt man:

„Je breiter das Boot ist, desto weniger kentert es.“

Tragfähigkeit des Rumpfes (grüner Pfeil):

Die „Tragfähigkeit“ gibt an, welche Last ein Rumpf tragen kann. Sie ist auf allen Rümpfen als Zahlenwert (cm²) angegeben, damit sie bei der späteren Auswahl des Rumpfes berücksichtigt werden kann (s.a. AB „Wie viel kann ein Boot tragen?“).

Vergleicht man die beiden Rümpfe „170 schlank“ und „110 dick“, die beide die gleiche Breite haben, erkennt man:

„Je größer die Tragfähigkeit des Bootes ist, desto weniger kentert es.“

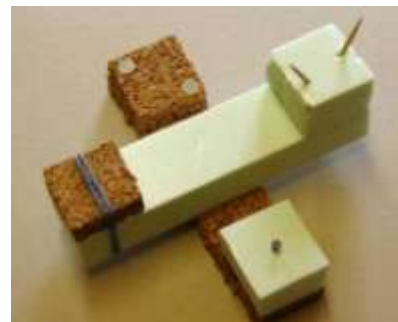
Kombination von Eigenschaften (blauer Pfeil)

Damit sind nun insgesamt 3 Eigenschaften bekannt, die die Kenter-Sicherheit betreffen. Die 3 Regeln, gelten nur, wenn die jeweils anderen beiden Eigenschaften unverändert bleiben. Verändert man 2 Eigenschaften gleichzeitig, können sie sich auch gegenseitig aufheben. Dies zeigt ein Vergleich der Boote „170 schlank“ und „110 Katamaran“: sie sind ganz unterschiedlich, haben aber sehr ähnliche Kenter-Eigenschaften.

3.2.3 Material-Test:

Dieses „Experiment“ stellt eher eine handwerkliche Übung dar und führt dabei 2 hilfreiche Werkzeuge ein: das Cuttermesser und den Heißkleber. Dazu werden Sicherheitsregeln vereinbart. Zur besseren Einschätzung der eigenen handwerklichen Fähigkeiten bauen alle SchülerInnen das gleiche Objekt („Prüfling“) nach Bauanleitung.

Ziel ist das Kennenlernen der Materialien und Werkzeuge sowie das Erkennen der eigenen handwerklichen Fähigkeiten und Grenzen. Dies ist eine wichtige Grundlage für die anstehende Entscheidung zur Konstruktion des Bootes.





Umweltverträglichkeit: die Herkunft und Umweltverträglichkeit der Werkstoffe Kork und Styrodur werden anhand von aushängenden Plakaten reflektiert (s. Anhang). Styrodur ist als Kunststoff sowohl hinsichtlich seines nicht-nachhaltigen fossilen Rohstoffes **Erdöl** problematisch, wie auch wegen der fehlenden Abbaumöglichkeit in der Natur. Gleichzeitig ist Styrodur ein besonders gut zu bearbeitender Werkstoff und sollte nicht verbannt, sondern sinnvoll eingesetzt werden. Dies kann auch der Fall sein, wenn die handwerklichen Fähigkeiten mit Kork noch überfordert wären.

3.3 Vorführ-Experimente zu häufigen Konstruktionsfehlern

Die Ergebnisse der folgenden Vorführexperimente werden abschließend auf dem Arbeitsblatt „Merkblatt für Konstrukteure“ zusammengefasst.

3.3.1 Schnelligkeit (Stromlinienform)



Eine einfache Demonstration der Stromlinienform: 2 Kerzen versinken in einer Wassersäule. Eine der Kerzen ist unverändert (schlank), die andere in 4 Teile zerschnitten, die nebeneinander angeordnet sind („dick“). Jeder Kerzenkörper ist unten mit 3 Nägeln beschwert, damit die Körper zielgerichtet sinken (statt zu torkeln).

Für das bevorstehende Solarbootrennen ist die Geschwindigkeit („Schnelligkeit“) der Boote natürlich eine besonders wichtige Eigenschaft. Die erforderlichen Kenntnisse sind allerdings nur mit relativ aufwändigen Experimenten zu vermitteln, auf die im Rahmen der „Solarbootwerft“ aus Zeitgründen verzichtet wird (nicht aber in der Veranstaltung „Die Bootswerft“).

Stromlinienform



Die Stromlinienform ist vielen SchülerInnen bereits aus Natur und Technik bekannt. Der Begriff selbst und seine Bedeutung für die Geschwindigkeit bzw. den Energiebedarf eines Fahrzeuges bedürfen einer Erläuterung. Eine hilfreiche Vorstellung ist, dass das Wasser dem Boot ausweichen muss und dass dies an runden Formen weniger Widerstand verursacht als an eckigen. Wichtig (und erstaunlich) ist, dass nicht nur der Bug, sondern auch das Heck stromlinienförmig sein muss.

Folgende Faktoren werden in der Veranstaltung nicht thematisiert:

- Für den Strömungswiderstand ist nicht nur die Umrissform wichtig, sondern auch die dreidimensionale Unterwasserform.
- Die Glattheit der Oberfläche hat einen großen Einfluss auf den Strömungswiderstand. Bei Kork und Styrodur kann man die Glattheit durch Lackieren verbessern (Option für die Nachbereitung in der Schule). Bootsrümpfe aus PET-Flaschen oder Getränkekartons sind bereits relativ glatt.

„Länge läuft“

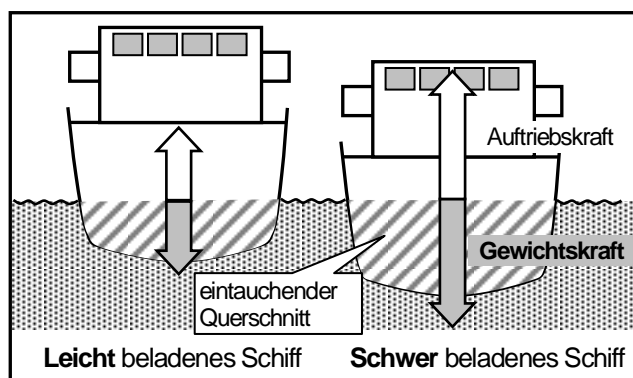
Diese Redewendung unter Bootsbauern meint, dass eine schlanke Form (sehr schmal und sehr lang) hohe Geschwindigkeiten bzw. geringen Energie-Aufwand ermöglichen („laufen“ steht hier für „fahren“).



3.3.2 Größe und Gewicht:

Das Gewicht (korrekt: „Masse“) eines Fahrzeugs wird häufig als begrenzender Faktor für die erreichbare Geschwindigkeit angenommen, was auch der technischen Alltagserfahrung entspricht (LKW – PKW – Vergleich). Tatsächlich reduziert aber ein hohes Gewicht zunächst nur die Beschleunigung eines Fahrzeugs (also die Zunahme der Geschwindigkeit am Start). Die Höchstgeschwindigkeit ist aber (in der Ebene) nur vom Strömungswiderstand abhängig. Auf einer kurzen Rennstrecke überwiegt allerdings der Nachteil bei der Beschleunigung.

Bei Wasserfahrzeugen hat das Gewicht (im Gegensatz zu Landfahrzeugen) einen zusätzlichen signifikanten Einfluss: durch das tiefere Einsinken (es ist mehr Auftrieb erforderlich) vergrößert sich die eintauchende Querschnittsfläche und damit der Strömungswiderstand.



3.3.3 Vorteile und Nachteile

Die Merkblatt-Tabelle „Vorteile und Nachteile“ fasst die für die Konstruktion des Bootes erforderlichen wichtigsten Grundsatzentscheidungen zusammen:

- Ketersicherheit
- Schnelligkeit
- Handwerklicher Anspruch („Einfach zu bauen?“)

Es soll erkannt werden, dass nicht alle Eigenschaften gemeinsam optimierbar sind. Das ist die eigentliche Herausforderung des Konstrukteurs.

Außerdem müssen die eigenen handwerklichen Kompetenzen richtig eingeschätzt werden (Bootsbauer).

Ketersicherheit und Schnelligkeit sind bei fast allen Booten konstruktive Gegensätze, außer beim Katamaran, der andererseits aber den höchsten baulichen Anspruch stellt. Ein schlecht gebauter Katamaran kann aber seinen konstruktiven Vorteil nicht umsetzen.

Die Kunst der Konstruktion besteht also darin, den richtigen **Kompromiss** zu finden. Oder: Welches **Risiko** bin ich bereit einzugehen bei der Abwägung von Funktion (Schnelligkeit) und Sicherheit (Kentern)? Mit dieser Entscheidung übernimmt der Konstrukteur Verantwortung. Denn das schnellste Boot wird im Rennen sinnlos, wenn es kurz vor dem Ziel kentert.

3.3.4 Unerwünschte Bremsen und Kurven („Experten-Experimente“)

Diese Vorführexperimente demonstrieren mehrere häufige Konstruktionsfehler, die die Geschwindigkeit und den Geradeauslauf der Boote beeinträchtigen (s.a. AB „Schlangenrennen“). Beides ist für das Bootsrennen natürlich unerwünscht. Die Ergebnisse sollen im Arbeitsblatt „Merkblatt für Konstrukteure“ festgehalten werden.



Ungeplante Bremsen:

- a) der „**krumme Katamaran**“ bremst durch seine nicht parallel stehenden Rümpfe (wie beim Skifahren der „Schneepflug“).
- b) die „**Kajüte im Propellerwind**“ steht hier stellvertretend für verschiedene Aufbauten, die oft nur dekorativen Charakter haben, aber dem Propeller im Weg stehen und damit den „Antriebswind“ verringern. Auch Hindernisse vor dem Propeller (in Fahrtrichtung) verlangsamen das Boot, denn der Propeller muss vorne Luft ansaugen können, um sie nach hinten wegblasen zu können (das kann man mit einem Wollfaden zeigen).

Ungeplante Kurven:

- a) eine unsymmetrische Gewichtsverteilung führt zur „**Schlagseite**“ und zwingt das Boot in eine Kurve. Die tiefer eintauchende Seite des Bugs entfaltet die stärkere Ruderwirkung.
- b) ein unsymmetrisch geformter Bug („**schiefer Bug**“) wirkt wie ein vom angebrachtes Ruder.

Gesteuerte Kurven:

- a) die häufigste Steuerung eines Bootes ist das „**Steuerruder**“. Zwar ist es für die Bootsrennen eigentlich nicht erforderlich, weil die Boote nur geradeaus fahren müssen. Die Funktion lässt sich aber gut demonstrieren und verstehen.

- b) Sumpfboote werden meist ganz anders gesteuert, nämlich durch Drehen des Propellers zur Seite („**Steuer-Propeller**“). Dies passiert auch ungeplant, wenn der Motor samt Propeller nicht ganz gerade ausgerichtet ist. Es reicht bereits eine sehr geringe Abweichung.

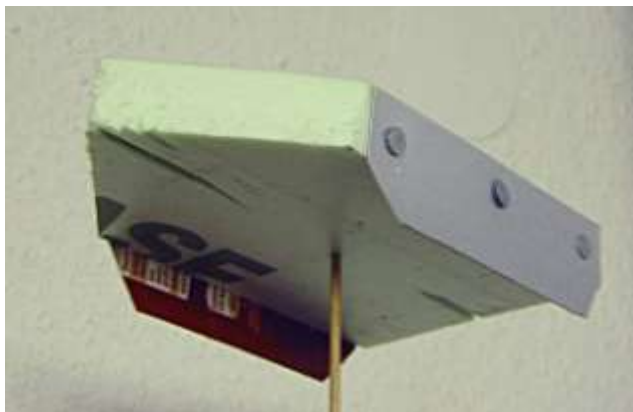
Planvolle Problemlösung erforderlich:

Es sind nun mehrere Möglichkeiten bekannt, unerwünschte Kurvenfahrten zu beheben. Kompensiert man aber ein asymmetrisches, kurvenfahrendes Boot durch ein zusätzliches Ruder, wirken zwei Steuerelemente gegeneinander und das Boot wird **langsamer**. Am besten ist es also, die eigentliche Ursache zu finden und gezielt zu beheben. Am allerbesten ist es natürlich, das Boot von Anfang an möglichst präzise zu bauen.

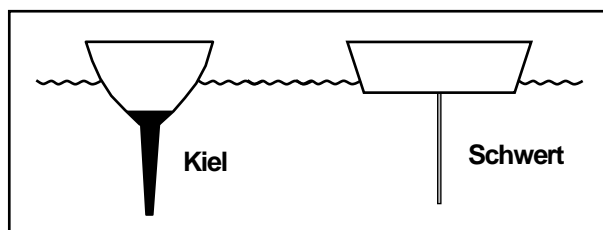


Ein Schwert für schwierige Fälle:

Ein Schwert verbessert in jedem Fall den Geradeauslauf. Zur Behebung von ungewünschten Kurvenfahrten sollte es aber eine Notlösung bleiben, da das Boot langsamer wird, solange die eigentliche Ursache nicht behoben wird. Vorteilhaft ist das Schwert bei **Seitenwind**. Es verringert die seitliche Abdrift.



Schwert und **Kiel** sind eigentlich Konstruktionselemente eines Segelbootes und reduzieren die seitliche Verdriftung. Der Kiel zieht sich als „Rückgrat“ längs durch den Rumpf und wird mit Steinen oder Metall beschwert, um ein schmales, schnelles Boot aufzurichten. Ein Schwert ist dagegen leicht und oft klappbar (um auch in flachem Wasser fahren zu können). Ein Segelboot mit Schwert erlangt seine Kintersicherheit durch einen breiten Rumpf.



3.3.5 Das „Merkblatt für Konstrukteure“

Dieses Merkblatt fasst die wesentlichen Ergebnisse der Experimente zusammen und stellt somit ein „Nachschlagewerk“ für Boots-Konstrukteure dar.

Die Solarboot-Werft
Merkblatt für Konstrukteure

Das ist wichtig für die. Das ist wichtig für die

Kintersicherheit
Male bei jedem Bootvergleich das bessere Boot aus!

Höhe der Ladung
niedrig hoch

Breite des Rumpfes
breit schmal

Größe des Rumpfes (Tragfähigkeit)
groß klein

Schnelligkeit

Stromlinienform
spitz + schlank stumpf + dick

Größe und Gewicht
klein + leicht groß + schwer

Wie sieht eine gute Stromlinienform aus?
Sie ist schlank. Sie ist vorne und hinten spitz.

Vorteile und Nachteile von Bootsrümpfen (+ = gut, - = schlecht)			
Ist es kintersicher?	+	-	+
Ist es schnell?	-	+	+
Ist es einfach zu bauen?	+	+-	-

Ergebnisse der Experten-Experimente:

ungeplante Bremsen

Krummer Katamaran

WICHTIG: Parallele Rumpfe

Kajüte im Propellerwind

ungeplante Kurven

Schlagseite

schiefer Bug

gesteuerte Kurven

Steuers: Propeller

Steuerruder

Die Eigenschaften „Kintersicherheit“ und „Stromlinienform“ wurden bereits ausführlich besprochen und müssen nur noch in das Merkblatt übertragen werden.



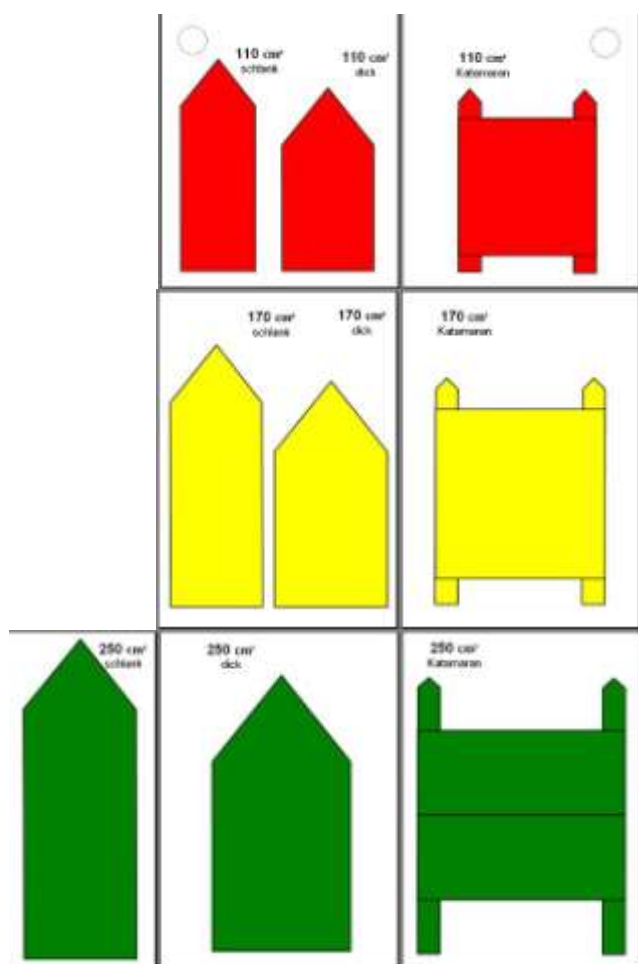
3.4 Bootsbau und Rumpfschablonen

Didaktische Hinweise:

Das Bauen mittels Schablonen reduziert zwar die eigentlich erwünschte konstruktive Leistung, ist aber ein Zugeständnis an die knappe Zeit der Veranstaltung. Allein die Auswahl einer der 9 Schablonen erfordert mehrere konstruktive Entscheidungen, bei denen auf Erkenntnisse aus den Experimenten zurückgegriffen werden kann (die Experimente nutzen identische Rumpfformen).

Darüber hinaus können die Schablonen noch individuell „veredelt“ werden, z.B. durch Verbesserung der Stromlinienform.

Alternativ können auch Katamarane aus PET-Flaschen oder Getränkekartons (Tetrapack) gebaut werden. Dazu werden Hilfen in Form von Demo-Booten und Beschreibungen für Konstruktionsdetails angeboten.



Hinweise zum Design:

Die Rumpfe unterscheiden sich in 2 Eigenschaften mit je 3 Abstufungen:

- **Rumpf-Form:** schlank, dick, Katamaran
- **Rumpf-Größe:** 110 cm² (rot)
170 cm² (gelb)
250 cm² (grün)

Die Abstufungen zwischen den Rumpffgrößen betragen ca:
1,225 für Länge und Breite und

1,50 für die Fläche = Tragfähigkeit

Ein Rumpf der nächstgrößeren Klasse kann also 50% mehr Last tragen.

Katamarane:

Die Katamarane haben eine Breite von 75% in Bezug auf die Länge, damit sie eher zur Seite als nach vorn oder hinten kentern (womit niemand rechnet). Der kleinste Katamaran (rot) ist genauso breit wie der größte Standardrumpf (grün, „dick“).

Die Größenangaben (Fläche) der Katamarane beziehen sich nur auf die Rumpfe damit die Vergleichbarkeit zu den anderen Rumpf-Typen hinsichtlich der Tragfähigkeit gewährleistet bleibt. Denn nur die Rumpfe der Katamarane tauchen ins Wasser ein und erzeugen Auftrieb, nicht das Deck (wenn das eintaucht, hilft es zwar tragen, erhöht aber auch den Strömungswiderstand drastisch).

Tragfähigkeit

Die Rumpffgrößen (Flächen in cm²) sind in etwa proportional zur Tragfähigkeit (als Volumen in cm³ bzw. Auftrieb in g), wenn die Rumpfe eine gleiche Stärke (Dicke) aufweisen. Die Materialplatten sind zwar unterschiedlich dick (Kork = 1 cm; Styrodur = 2 cm), die SuS sollen aber stets Rumpfe mit 2 cm Stärke bauen. Bei Einhaltung dieser Regel ist der Zahlenwert (in cm²) für die SuS ein ausreichender Maßstab für die Tragfähigkeit.

Die physikalisch korrekte Tragfähigkeit (in g) berechnet sich folgendermaßen:

Ein 110 cm² - Rumpf aus Styrodur (2 cm dick) hat ein Volumen (=Wasserverdrängung) von 220 cm³ bzw. 220 ml und damit einen Auftrieb (=Tragfähigkeit) von 220 g (1 cm³ Wasser wiegt 1 g).

Die tatsächliche Tragfähigkeit ergibt sich durch Abzug des Eigengewichtes (das auch zu tragen ist):

Kork (Dichte = 0,16 g/ml) : 0,16 % Abzug vom Volumen
 Styrodur (Dichte = 0,04 g/ml): 0,04 % Abzug vom Volumen
 Für den 110 cm² - Kork-Rumpf mit 2 cm Stärke reduziert sich die tatsächliche Tragfähigkeit folgendermaßen:

$$\text{Eigengewicht} = 220 \text{ ml} \times 0,16 \text{ g/ml} = 35 \text{ g}$$

$$\text{Tragfähigkeit} = 220 \text{ g} - 35 \text{ g} = \mathbf{185 \text{ g}}$$

Diese theoretische Tragfähigkeit lässt sich in der Praxis nicht erreichen, da das Boot mit zunehmender Beladung immer mehr zum Kentern neigt. Als Faustregel gilt, dass ein kentersicheres Boot nur mit einem Drittel seiner theoretisch maximalen Last belastet werden sollte. Der Solarantrieb (Solarmodul + Propeller + Motor) wiegt **50 g**.

3.5 Abschluss-Regatta:

Am Ende der Veranstaltung steht die große Abschluss-Präsentation der Boote auf einem großen Wasserbecken. Jedes Team soll dabei folgende Fragen reflektieren:

- Funktioniert die Konstruktion wie geplant?
- Was kann Euer Boot gut?
- Was am Boot möchtet ihr noch ändern?



4 Vorbereitung auf den Wettbewerb

4.1 Reparaturen

Um auch in der Schule (oder auch während des Wettbewerbs) noch kleinere Reparaturen an den Booten durchführen zu können, sollten Sie folgende **Reparaturmaterialien** beschaffen:

Für Befestigungen:

- Heißklebepistole
- Textilklebeband
- Gartendraht / Wickeldraht

Für Elektroreparaturen

- Ersatzkabel („Litze „0,14 mm²“)
- Cuttermesser oder Abisolierzange (Kabelreparatur)
- Mini-Schraubendreher 2mm (für Klemmschrauben am Solarmodul)

4.2 UStd 1: Künstlerische Gestaltung der Solarboote

Material: Farben, Pinsel, Buntstifte, Plakafarbe, Dekomaterial (durch die SchülerInnen selbst zu besorgen), Wasserschale (mind. Bootsgröße)

Die künstlerische Gestaltung der Boote geht nicht nur in die Gesamtbewertung ein, sondern ist den SuS i.d.R. auch sehr wichtig.

Dazu folgende Hinweise:

- Wenn zusätzliche (Deko)-Teile am Boot angebracht werden, kann sich das Gleichgewicht ändern (Kentergefahr). Deshalb immer wieder in einer kleinen Wasserwanne testen.
- Jedes Boot sollte auch einen Namen bekommen (vielleicht einen, in dem die Anfangsbuchstaben der Erbauer vorkommen).

4.3 UStd 2+3: Plakate gestalten

Material: Farben, Pinsel, Buntstifte, Klebestifte, farbiges Papier, ausgedruckte Fotos vom Bootsbau, 2 Blatt Tonkarton pro Team (50x70 cm bzw. A2),

Für die Gestaltung der beiden Plakate „**Sonne ist Leben**“ und „**Dokumentation des Bootbaus (Konstruktion)**“ können zusammen max. 15 Punkte erreicht werden. Dies unterstreicht die Bedeutung des Wissens über Solarenergie und die Reflexion des eigenen Konstruktions- und Bauprozesses.

Jedes Team hat also 2 Plakate zu gestalten.

Das Thema „**Sonne ist Leben**“ ist bewusst offen gehalten. Hier kann die Bedeutung der Sonne für die Natur, die Technik oder die Menschen betrachtet werden. Mit dem Plakat „**Konstruktion**“ sollen die Teams ihre Überlegungen bei der Konstruktion, dem Bau und der Optimierung ihres Bootes darstellen und reflektieren.

Mögliche Fragen und Aufträge:

- Stellt Euer Boot so dar, dass Außenstehende (z.B. Besucher beim Wettbewerb) verstehen können, wie das Boot funktioniert und warum ihr es genauso gebaut habt!
- Mit welchen Werkzeugen und Materialien habt ihr gearbeitet?
- Funktioniert das Boot so wie geplant oder wurde während der Erprobung noch etwas verändert?
- Was kann das Boot gut?

Die Plakate müssen auch in **digitaler Form** eingereicht werden und zwar vor dem Wettbewerb an kontakt@solarcup.de (genauer Abgabetermin s. www.solarcup.de).

Natürlich können (und sollten) die Plakate nach dem Wettbewerb auch in der Schule ausgestellt werden.

4.4 UStd 4: Vorausscheidung der Wettbewerbsboote

Material: Baby-Planschbecken (100cm Durchmesser) oder Speiskübel (Mörtelkasten, 90 L), Wassereimer

Da die Anzahl der zum SolarCup angemeldeten Boote bzw. Teams meistens die maximal zulässige Zahl überschreitet, können nicht alle Teams einer Klasse zugelassen werden.

Etwa eine Woche vor dem Wettbewerb nennt Ihnen die Wettbewerbsleitung die Anzahl an Teams mit der Ihre Klasse am Wettbewerb teilnehmen darf und teilt die Startnummern mit.

Nun soll die Klasse entscheiden, welche Teams die größten Chancen beim Wettbewerb haben und eine Startnummer erhalten sollen. Dazu kann man z.B. draußen ein kleines Wasserbecken aufbauen und die Boote vergleichen. Natürlich sollten auch die Plakate verglichen werden.

Nachdem die Wahl entschieden ist, müssen die teilnehmenden Teams noch die **Startnummern** auf den **Booten** (rechts und links) und auf den **Plakaten** (oben rechts) anbringen.



Preisgünstige große Wasserbehälter (80–100 cm) als Solarboot-Testbecken:



Baby-
Planschbecken
(verschiedene
Anbieter)
100 cm Durchm.



Blumenkasten –
Untersetzer
Firma: EBERT
Typ: FARO
100 x 40 x 7 cm



Eurobehälter (Kiste
ohne Grifföffner)
Firma: Auer
Typ: EG 86/12 HG
80 x 60 x 12 cm



Unterbettbox
Firma: IKEA
Typ: SAMLA
78 x 56 x 18 cm



Speiskübel bzw.
Mörtelkasten
(Baumarkt)
90 Liter
79 x 48 x 30 cm



4.5 Vorbereitung auf den Wettbewerbstag

Damit am großen Wettbewerbstag keine großen Dramen passieren, sollte Folgendes auf der Gepäckliste stehen:

- Solarboote mit Transportkartons (+Startnummern)
- Plakate (2 pro Team) (+Startnummern)
- Notfall-Reparaturmaterial (s. „Reparaturen“)

Weitere Tipps zur Organisation (z.B. Zeitplan) erhalten Sie mit dem letzten Schreiben der Wettbewerbsleitung.





5 Anhang

5.1 Literatur

- Kirchhof, Heino: **Hessen SolarCup – Von der Sonne lernen** - Ein innovativer, fächerübergreifender Bildungsbaustein am Beispiel der Erneuerbaren Energien. In: Schulpädagogik heute, H.2 (2010), Prolog-Verlag. Download (01-2013): [Link \(PDF\)](#)
- Claussen, Claus: **Wind, Wasser, Sonne. Erfahrungen mit sanfter Energie sammeln und durchdenken.** In: Praxis Grundschule 5/1994.
- Claussen, Claus: **Wir bauen ein Solarhaus.** Ein Projekt für die 3. und 4. Klasse. In: Grundschulmagazin 4-6/2003.
- Langner, Andreas; Joachim, Gerd: **Sonne erleben - Energie erfahren.** Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung (Herausgeber), 3. Aufl. 2003. Download (01-2013) [Link \(PDF\)](#)
- Linder, Phillipp: **Technische Nutzung von Sonnenenergie.** In: Grundschule 9/2003.
- Seidel, Roland: **Sonnenenergie in der Grundschule. Ein Thema für den Heimat- und Sachunterricht.** In: Grundschule 9/1994.
- Weyers, Joachim; Kohrs, Karl-Walter: **Bausteine Grundschule - Energie, die von der Sonne kommt;** Bergmoser+Höller Verlag GmbH; 1998;
- SUPRA-Homepage - **Sachunterricht praktisch und konkret** (Prof. Dr. Eva Heran-Dörr, Otto-Friedrich-Universität Bamberg). [SUPRA-Homepage](#)
- Sterl-Klemm, Edda: **Meine Strommappe** (Wiener Bildungsserver, [www.lehrerweb.at](#)). [Link \(PDF\)](#)
- Bildungsserver Hessen, Linkliste „**Erneuerbare Energien**“: [Link: Homepage](#)
- Bender, I. (2002): **Die Strom-Werkstatt.** Verlag an der Ruhr. Mülheim an der Ruhr
- Wodzinski, R (2007). Mädchen im Physikunterricht. In: Kircher, E.; Girwidz, R. & Häusler, P. (Hrsg.). Physikdidaktik. Berlin Heidelberg: Springer, 559-580
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU, Hrsg., 2010). **Erneuerbare Energien** (Grundschule). [Link \(PDF\) Schülerheft](#) [Link \(PDF\) Lehrerheft](#)
- Klima-Bündnis/Alianza del Clima/Climate Alliance e.V. (2009): **Kleine Klimaschützer unterwegs – Grüne Meilen für das Weltklima;** Schmidt & Klaunig KG, Kiel [Link \(PDF\) Begleitheft](#) s.a.: [www.kindermeilen.de](#)

5.2 Materialien und Bezugsquellen

Versandhändler:

- SOL EXPERT [www.sol-expert.de](#) Tel: 07502-94115-0
- OPITEC ([www.opitec.de](#); Tel.: 01805 908 908
- Traudl Riess: [www.traudl-riess.de](#) Tel. 09208-9119

Produkte

- **Solarbausatz:** SOL EXPERT - Art.-Nr. 10300 „Solar Ventilator-Bausatz“; 14,95€ ; ACHTUNG: bei Bestellung „HSC-Teilnehmer“ angeben für Sonderpreis von **12,50€**
- **Kompass** für Stromkreis-Experimente: OPITEC „Kompass, Gehäuse verchromt“ (30mm); Art.-Nr. 201705; 1,69€
- **Messstrippen** (Kabel mit Krokodilklemmen, 10er-Pack): Traudl Riess, Art.-Nr. 19.032.1 ; 2,60€ . OPITEC, Nr. 220079; 2,39€
- **Litze** (Verlängerungskabel für Solarmodule, 0,14 mm²; 10m) Traudl Riess: Nr. 19.043.1 (rot), 19.043.5 (schwarz), 0,65€
- **Mini-Schraubendreher** (2mm, für Anschlussklemmen Solarmodule): Traudl Riess, Nr. 14.065.0 ; 0,26€
- **Abisolierzange:** OPITEC, Nr. 340038 ; 3,99€
- **Seitenschneider:** OPITEC, Nr. 340094 ; 4,49€
- **Heiß-Klebepestole junior** (7mm, 7W) OPITEC, Nr. 308245; 5,90€. WICHTIG: Große Klebepistolen (für 10mm-Sticks) sind für Kinder ungeeignet!
- **Heißklebesticks** (7mm x 10cm ; 20 Stck): OPITEC, Nr. 300294; 2,69€
- **Cutter-Messer** (Teppichmesser): Baumarkt. WICHTIG: es sollten große Messer sein (18mm-Klingen, da die kleinen (9mm) sehr leicht brechen. Es soll eine Auto-Stop-Funktion haben (selbstarretierend). Marken z.B.: Ellix, OBI, Würth (ca. 1,50 – 2,50€).

5.3 Arbeitsblätter und Anleitungen

Auf den folgenden Seiten finden Sie...

- Arbeitsblätter
- Anleitungen
- Tafelbild-Kärtchen „Stromversorgung“
- Schaubilder „Energie und Kraftwerke“

Beidseitiges Bedrucken spart Papier, schont Wälder und schützt Wasser!



Wenn dein Solarboot fertig ist, kannst du es hier zeichnen und beschreiben.

Technische Daten:

Länge [cm]	Breite [cm]	Höhe [cm]	Gewicht [g]

Diese Besonderheit hat das Solarboot:



Die Sonne

Sonne

Durchmesser: 1 400 000 Kilometer

Die Sonne ist riesengroß. Sie hat einen Durchmesser von über 1 Million Kilometern.

Die Sonne ist 150 Millionen Kilometer von der Erde entfernt. Wenn man auf einer Autobahn zur Sonne fahren könnte, wäre man 150 Jahre unterwegs. Das Licht braucht für diese Strecke nur 8 Minuten.

Aber man würde sich auf der Sonne nicht sehr wohl fühlen, denn es ist dort 5500 Grad (°C) heiß!

Erde

Die Erde ist viel kleiner als die Sonne. Auf diesem Blatt wäre die Erde nur so groß wie ein Stecknadelkopf. In dieser Größe wäre sie aber immer noch **21 Meter** von der Sonne entfernt.

Aufgabe: male Sonne und Erde in passenden Farben an.

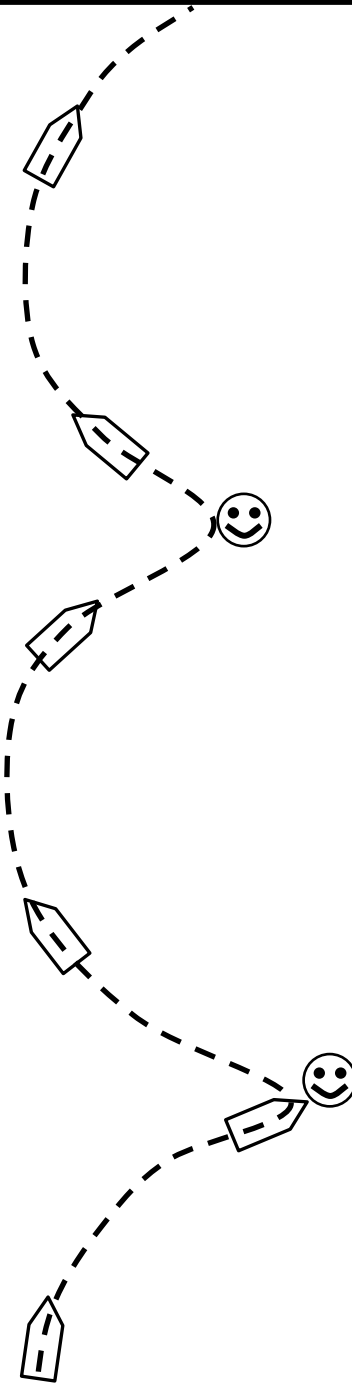
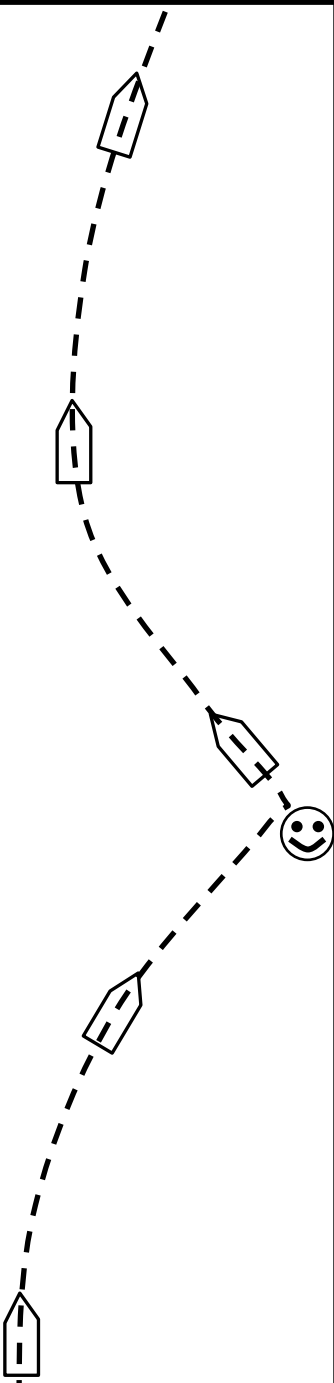
Tipp: baue dir ein Mini-Sonnensystem. Messe eine Strecke von 21 Metern ab, z.B. auf dem Schulhof oder in einem langen Flur. Stelle Sonne und Erde an den Enden auf. Sie müssen so groß sein wie auf diesem Blatt. Kannst Du von der Sonne aus die Erde noch erkennen?



Schlangenrennen

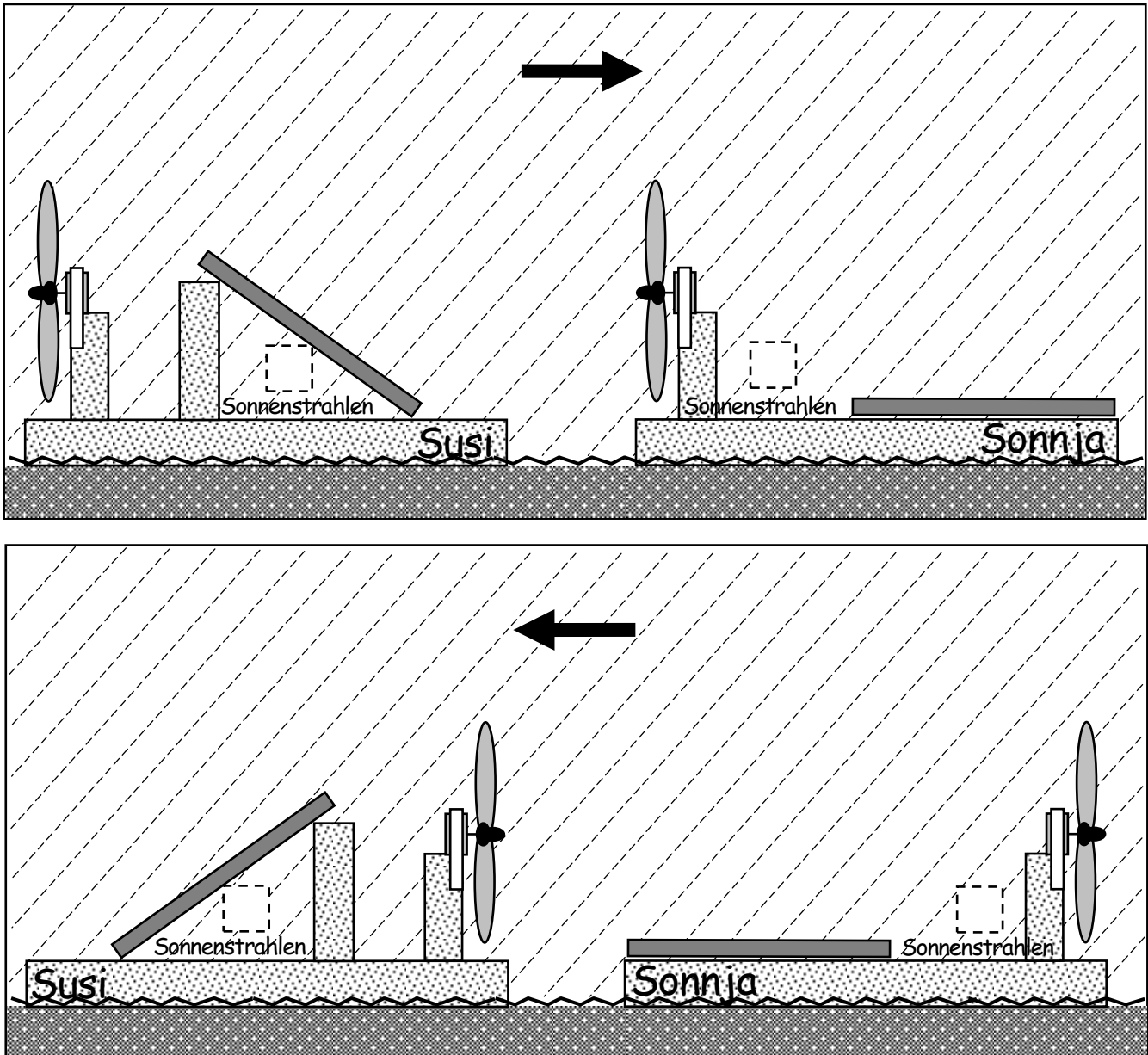
Beim Hessen SolarCup müssen die Boote mehrere Wettrennen auf einem Wasserbecken fahren. Jedes Boot hat eine eigene Bahn. Viele Boote können nicht geradeaus fahren und machen immer eine Kurve. Damit sie in ihrer Bahn bleiben, helfen Schiedsrichter mit langen Stangen und stupsen die Boote in die richtige Richtung. Hier kannst Du sehen, welche Strecke zwei verschiedene Boote gefahren sind. Bei diesem Zeichen (☺) hat ein Schiedsrichter geholfen.

1. Finde heraus, wie lang der Weg auf dem Papier ist, den jedes Boot gefahren ist. Überlege dir, wie man das am Besten messen kann und trage das Ergebnis in das Feld „Fahrstrecke“ ein.
2. Wenn beide Boote gleich schnell sind, welches Boot hat das Rennen gewonnen? _____

 <p>Boot A Fahrstrecke: _____cm</p>	 <p>Boot B Fahrstrecke: _____cm</p>
--	--



Das schräge Solarmodul



Hier fahren 2 verschiedene Solarboote ein Rennen. Die „Susi“ hat ein schräg aufgestelltes Solarmodul, damit sie besonders viel Sonne einfangen kann. Bei der „Sonnja“ liegt das Solarmodul ganz flach. Auf dem oberen Bild fahren die Boote zur Sonne hin, auf dem unteren haben sie die Sonne im Rücken. Auch beim Hessen SolarCup-Wettrennen müssen die Boote die Rennstrecke hin- und zurück fahren.

Aufgabe 1: Die gestrichelten Linien sind die Sonnenstrahlen, die die Energie für die Boote bringen. Male alle Sonnenstrahlen, die ein Solarmodul treffen, gelb an.

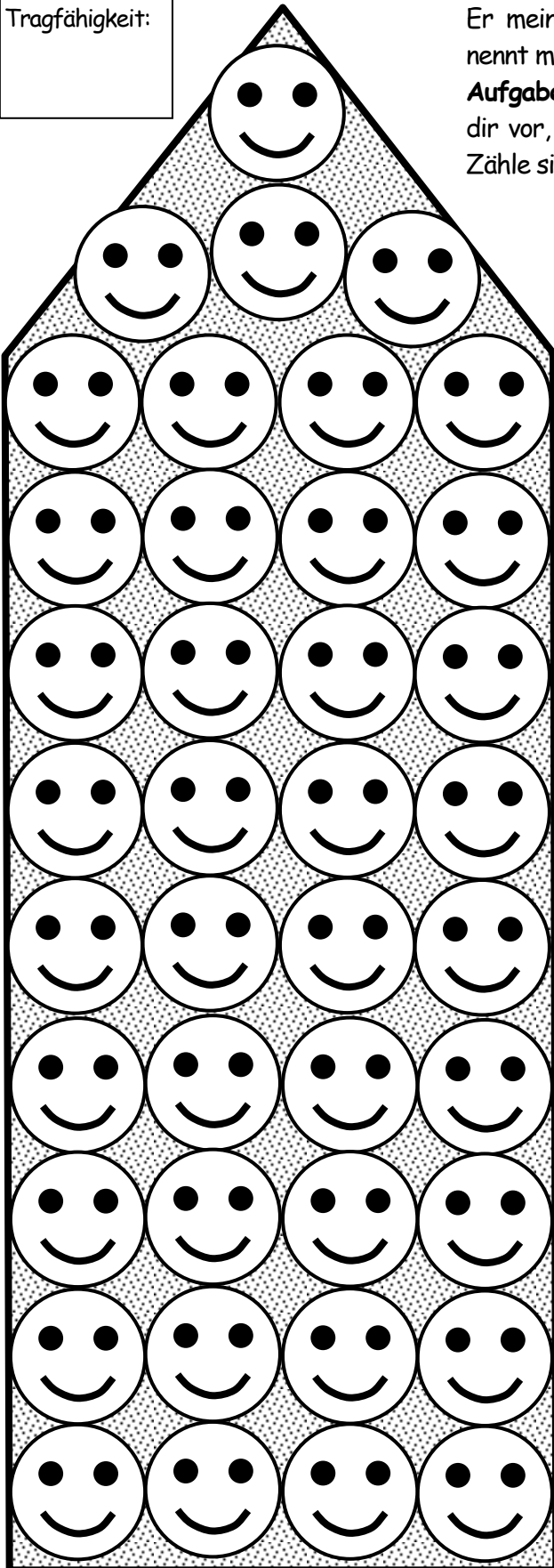
Aufgabe 2: Zähle bei jedem Boot die Sonnenstrahlen, die sein Solarmodul treffen und schreibe sie in das gestrichelte Kästchen.

Frage: Welches Boot wird wohl das Rennen gewinnen (es muss in beide Richtungen gefahren werden)? _____



Wie viel kann ein Boot tragen?

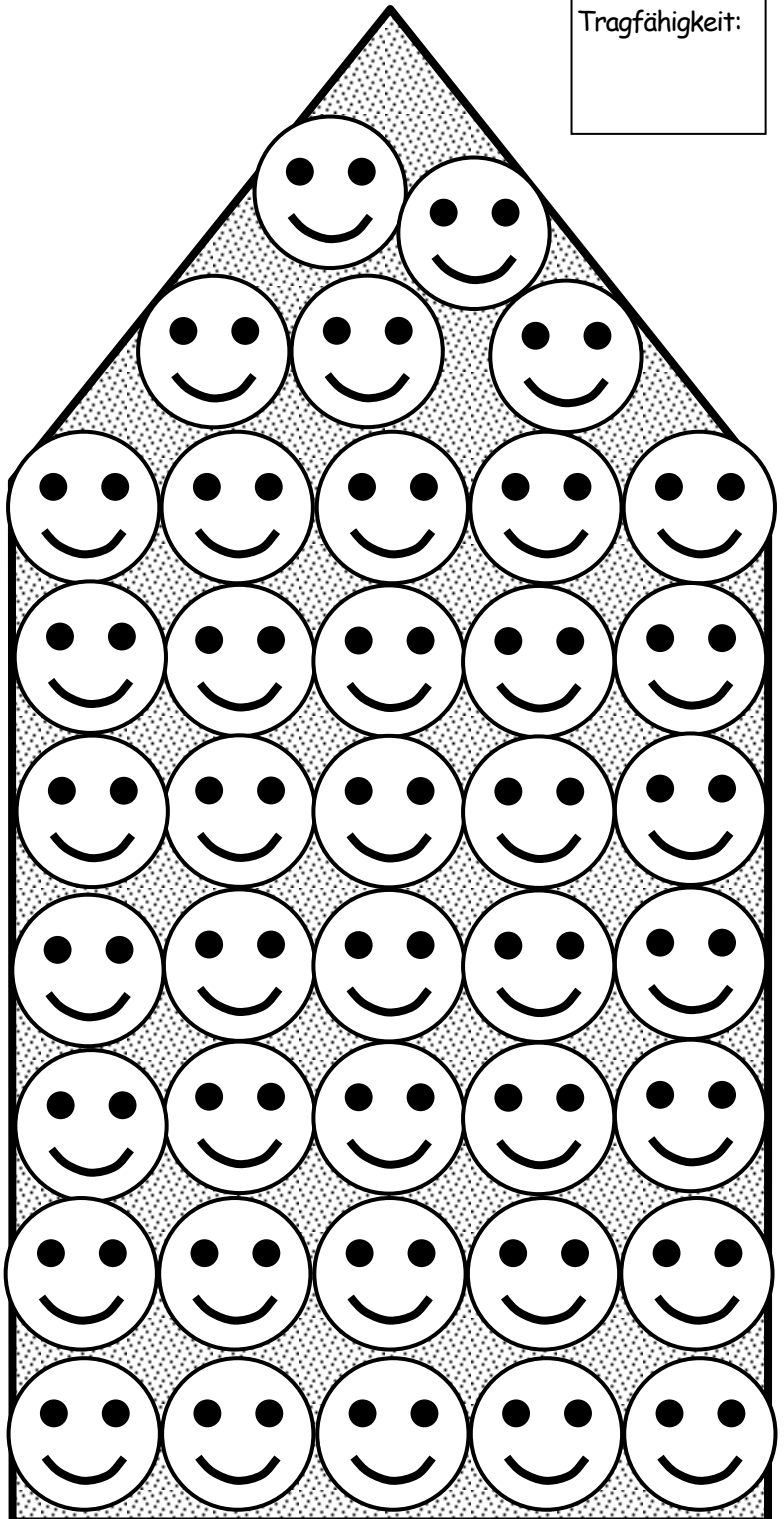
Tragfähigkeit:



Der Konstrukteur dieser Boote sagt, dass sie beide gleich groß sind. Er meint damit, dass beide Boote gleich viel tragen können. Das nennt man „Tragfähigkeit“.

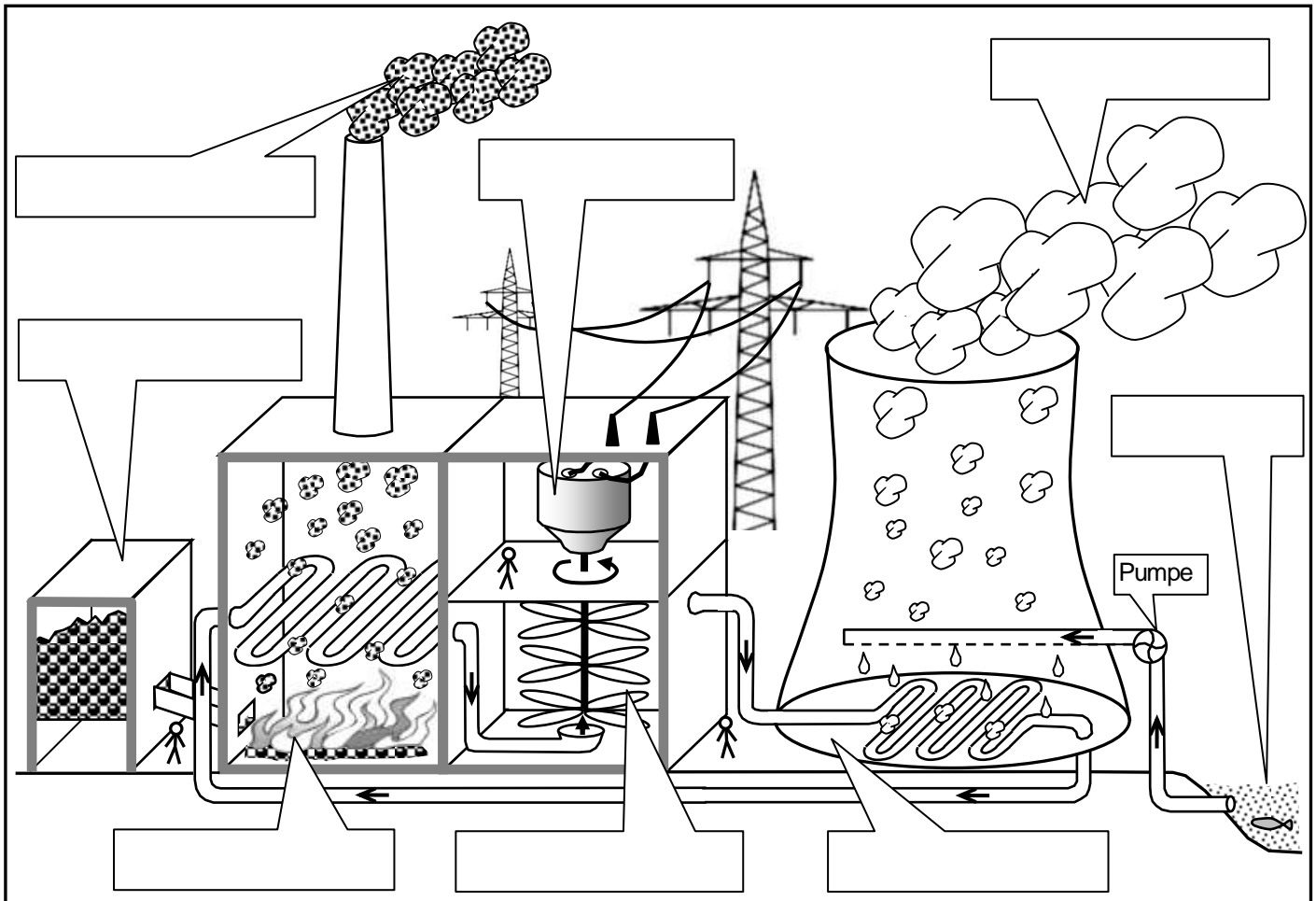
Aufgabe: Prüfe, ob die beiden Boote wirklich gleich groß sind. Stell dir vor, dass die Smileys die Leute sind, die das Boot tragen kann. Zähle sie und trage die Zahl in das Kästchen neben das Boot ein.

Tragfähigkeit:





So funktioniert ein Kohlekraftwerk



Aufgabe 1: Lies den Text und beschrifte die Zeichnung mit den eingerahmten Worten.

Aufgabe 2: Bemale alle Rohrleitungen an den richtigen Stellen mit den Farben, die im Text unterstrichen sind.

In einem Kohlekraftwerk wird die Energie, die in der Kohle gespeichert ist, in Strom umgewandelt. Aus einem großen Kohlespeicher wird die Kohle in die Brennkammer befördert. Hier brennt ein großes Kohlefeuer (rot), das nie ausgehen darf, weil sonst kein Strom mehr entsteht. Bei der Verbrennung entsteht leider auch viel Rauch, der als giftiges Abgas durch den Schornstein entweicht. Durch die Brennkammer schlängelt sich ein Rohr mit kaltem Wasser (blau). Die Wärme des Kohlefeuers überträgt sich auf das Wasser und verwandelt es in sehr heißen Dampf (rot).

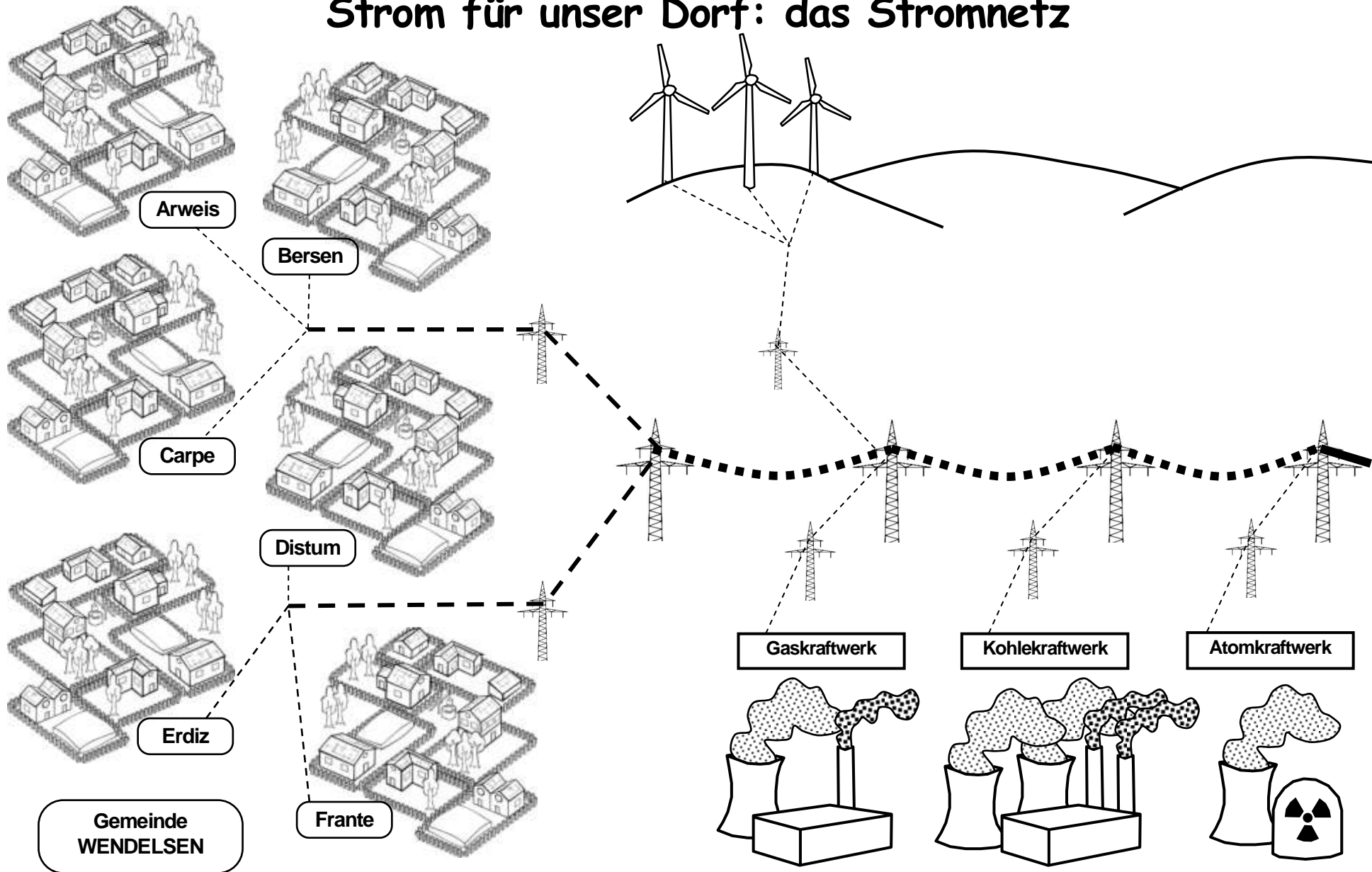
Der Dampf rast mit großem Druck durch das Rohr und treibt eine Turbine an. Die Turbine besteht aus sehr vielen Propellern, die sich im Dampfstrahl sehr schnell drehen. So verwandelt sich die Energie des heißen Dampfes in eine schnelle Bewegung der Turbine. Und diese Drehbewegung wird dann auf einen Generator übertragen, der sich ebenfalls dreht. Ein Generator funktioniert wie ein Dynamo am Fahrrad. Er verwandelt die Energie aus der Drehbewegung in Strom. Der Strom kann nun über Stromleitungen zu Dörfern und Städten geschickt werden. Das Kraftwerk funktioniert.

Aber es gibt noch ein Problem mit dem Dampf. Leider kann man nicht die ganze Energie des Dampfes auf die Turbine übertragen. Deshalb ist der Dampf, wenn er die Turbinenkammer verlässt, immer noch sehr warm (orange) und muss erst einmal abgekühlt werden. Das passiert in einem riesigen Kühlturm, durch den sich das Dampfrohr schlängeln. Von oben tropft kaltes Wasser (blau) aus einem Fluss auf die Rohre und verdampft dabei zu kleinen Dampfwölkchen. So wird das Dampfrohr abgekühlt und als kaltes Wasser (blau) geht es zurück in die Brennkammer.

Übrig bleibt eine riesige Dampfwolke über dem Kühlturm. In dieser Dampfwolke steckt die Energie, die von der Turbine nicht genutzt werden konnte.



Strom für unser Dorf: das Stromnetz





So funktioniert ein Solarboot:

Beschrifte das Solarboot mit diesen Worten:

Sonnenlicht

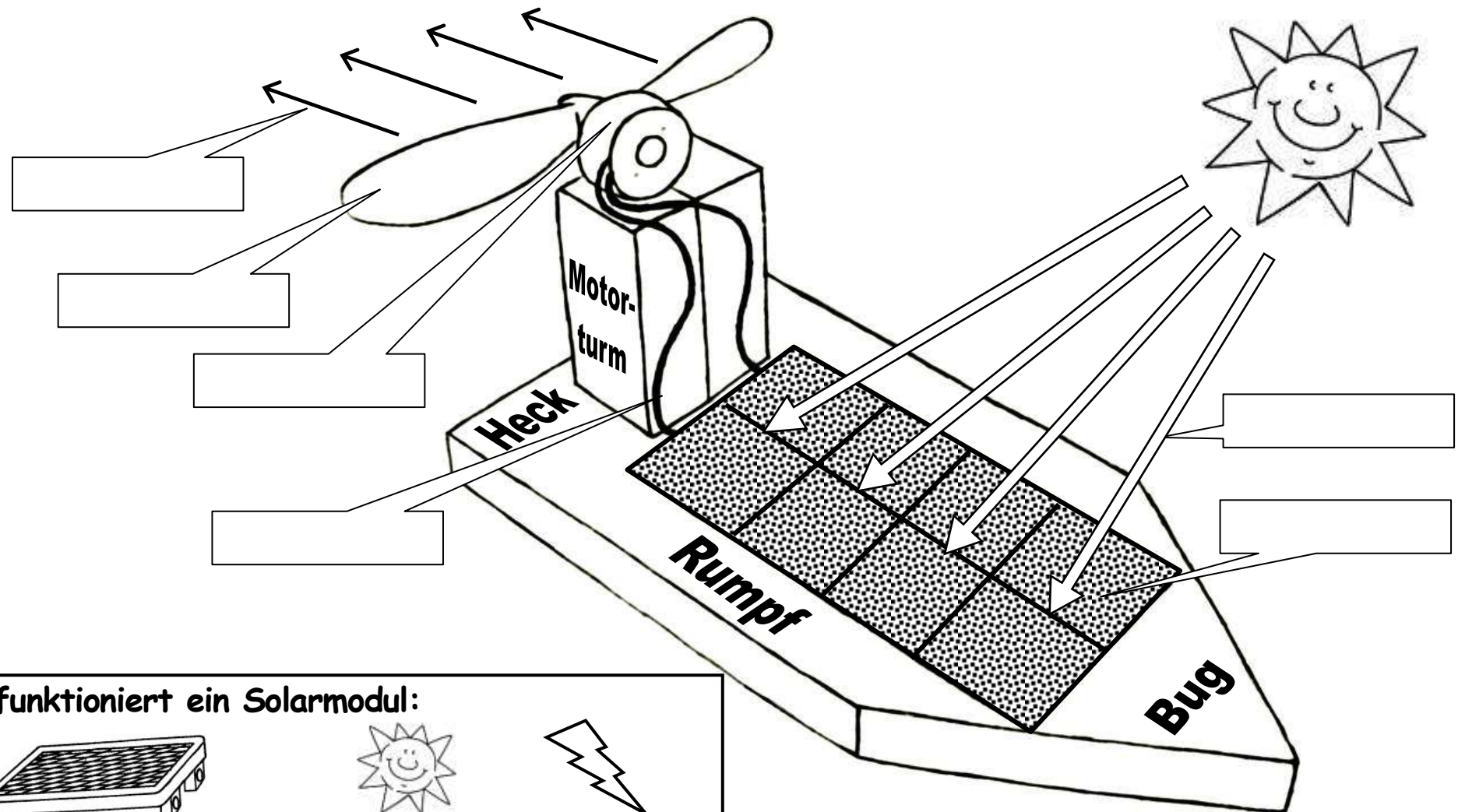
Solarmodul

Stromkabel

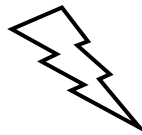
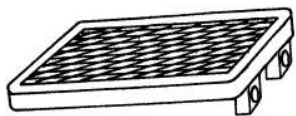
Elektromotor

Propeller

Antriebs-Wind



So funktioniert ein Solarmodul:



Ein _____ wandelt _____ in _____ um.



Strom für unser Dorf: die Planung

Auf der Zeichnung „Strom für unser Dorf: das Stromnetz“ sieht man die Gemeinde Wendelsen und ihre Stromversorgung. Die 6 Dörfer der Gemeinde bekommen ihren Strom von 3 großen Kraftwerken.

Der Bürgermeister von Wendelsen möchte, dass die Gemeinde mehr Strom aus erneuerbarer Energie nutzt und lädt alle Leute zu einer Versammlung in das Rathaus ein. In der Tabelle kannst du lesen, welche Meinung die Leute über die verschiedenen Stromsorten haben.

Aufgabe 1 (Die Wünsche der Bürger):

Trage in der letzten Spalte der Tabelle ein, ob die Stromsorte erneuerbar ist oder nicht.

Stromsorte	Wer dafür ist, sagt:	Wer dagegen ist, sagt:	Ist die Stromsorte erneuerbar oder nicht ?
Gaskraftwerk	Die Abgase sind nicht so schmutzig wie beim Kohlekraftwerk.	Das Erdgas reicht nicht mehr sehr lange.	
Kohlekraftwerk	Der Strom ist sehr billig.	Kohle ist irgendwann verbraucht. Die Abgase des Kraftwerks verschmutzen die Luft.	
Atomkraftwerk	Der Strom ist sehr billig.	Es bleibt sehr gefährliches Uran übrig.	
Solarmodule auf dem Dach	Ich habe ein eigenes kleines Kraftwerk auf dem Dach und kann anderen noch etwas Strom abgeben	Solarmodule sind teuer. Nachts braucht man Strom von einem Kraftwerk.	
Windrad	Windräder machen keine Abgase.	Windräder sind hässlich.	

Danach entscheiden sich die verschiedenen Dörfer, welche Stromsorte sie ab jetzt haben möchten. Die Stromsorte kann jeder bei einem Kraftwerk oder „Stromanbieter“ bestellen.

Aufgabe 2 (Welche Kraftwerke werden gebraucht?):

Überlege, welche Kraftwerke jetzt gebraucht werden, damit jedes Dorf den Strom bekommt, den es möchte. Trage die Ergebnisse in die nächste Tabelle ein. Achte auf die Tipps zur Berechnung (in der Mitte).

Dörfer	Diese Stromsorte will das Dorf	Tipps zur Kraftwerks-Berechnung	Diese Kraftwerk werden gebraucht: Anzahl Kraftwerk	
Arweis	Solarmodule auf dem Dach	Wer seinen Strom selbst macht, der braucht kein Kraftwerk.		
Distum Bersen Carpe	Windstrom	Man braucht 3 Windräder, um ein Dorf mit Strom zu versorgen.		
Erdiz Frante	Nicht erneuerbarer Strom	Jedes große Kraftwerk kann 2 Dörfer mit Strom versorgen. Die Kraftwerke sind unterschiedlich schädlich für die Umwelt.		

Aufgabe 3 (Kraftwerke bauen und anschließen):

Zeichne auf dem Blatt „Strom für unser Dorf: das Stromnetz“ jetzt die neue Stromversorgung ein:

- Zeichne die richtige Anzahl neuer Windräder auf das Blatt und schließe sie an das Stromnetz an. Die 3 vorhandenen Windräder können gleich mit benutzt werden.
- Streiche die großen **Kraftwerke, die nicht mehr gebraucht werden**, mit einem roten Kreuz durch.
- Male blau an: die **Dächer, die jetzt Solarmodule** bekommen sollen.
- Male rot an: alle Kraftwerke und Dörfer, **die jetzt Strom aus nicht-erneuerbarer Energie** benutzen.
- Male grün an: alle Kraftwerke und Dörfer, **die jetzt Strom aus erneuerbarer Energie** benutzen.
- Male die **Stromleitungen** zwischen den Dörfern und den Kraftwerken rot oder grün an.



Woher kommt der Strom?

Aufgabe 1: Eigenschaften der Energieträger

Auf der linken Seite der Tabelle stehen Fragen zu den Eigenschaften der verschiedenen Energieträger. Trage bei den Energieträgern ein Häkchen (✓) ein, wenn die Eigenschaft stimmt. Es können auch mehrere richtig sein.

Eigenschaften						
	Erdgas	Kohle	Uran	Wind	Sonne	Wasser
a) Welche Energieträger wird es in Zukunft immer geben?						
b) Bei welchem Energieträger entstehen keine Abfälle oder Abgase ?						
c) Welche Energieträger kann man bei jedem Wetter nutzen?						
d) Wie viel kostet der Strom aus den Energieträgern? (in ct/kWh „Cent pro Kilowattstunde“. In dieser Einheit wird der Strom abgerechnet.)						
e) Welche drei Energieträger erzeugen den billigsten Strom?						

Aufgabe 2: Welcher Energieträger ist der Beste?

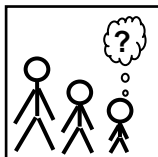
Hier geht es darum, welche Eigenschaften der Energieträger am wichtigsten sind. In den linken Kästchen sind die Fragen und in den rechten Kästchen die Antworten. Verbinde die Fragen mit den Antworten, die du richtig findest!



Was ist für **Dich** am Wichtigsten?



Was ist für die **Natur** am Wichtigsten?



Was ist für Deine **Enkel** am Wichtigsten?

Dass es die Energie auch in **Zukunft** gibt.

Dass **keine Abfälle** oder **Abgase** entstehen.

Dass der Strom **billig** ist.

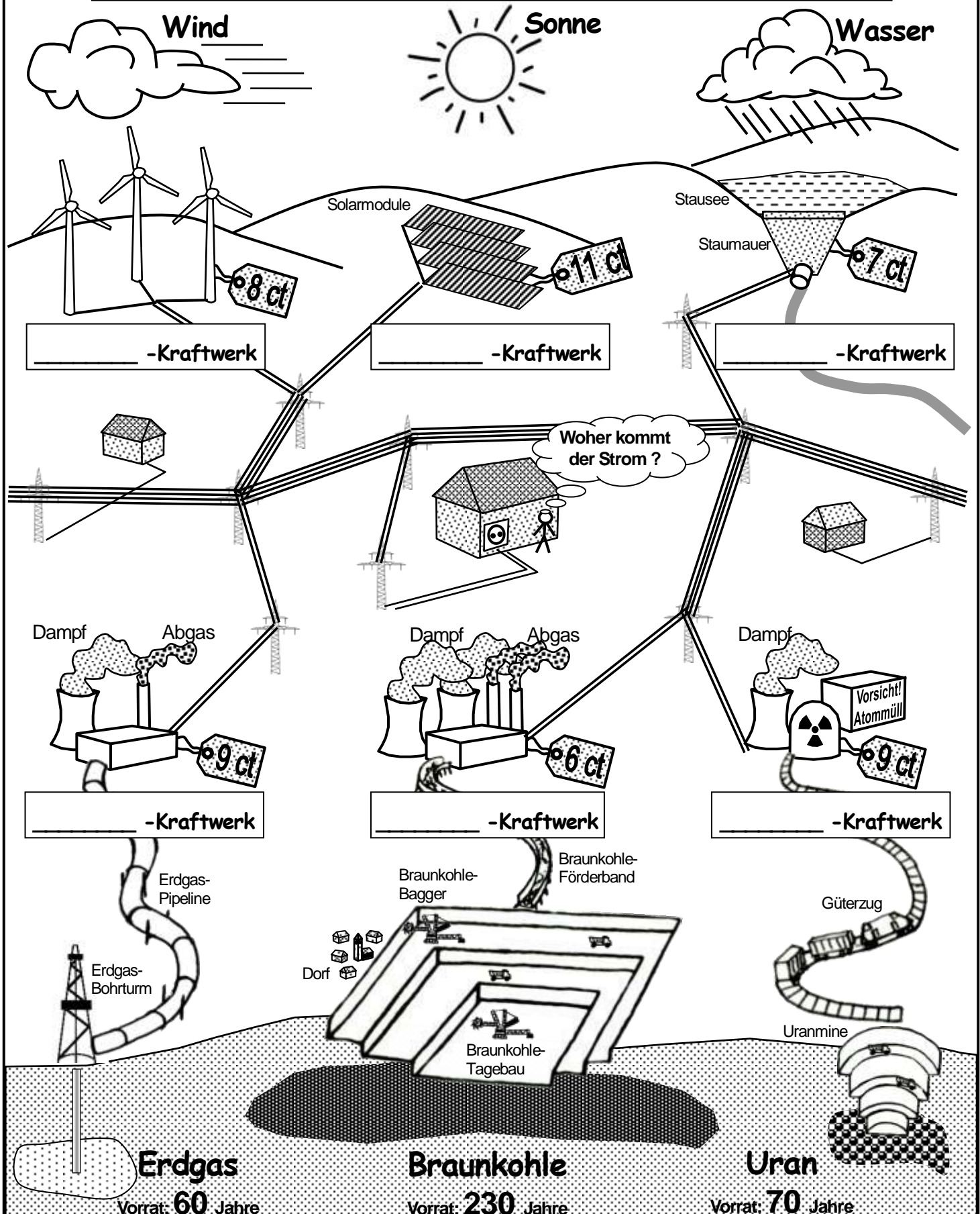
Dass es **bei jedem Wetter** funktioniert.

Gibt es ein Kraftwerk, mit dem alle zufrieden wären?



Energie

Energie, die überall in der Natur vorkommt und ständig neu entsteht.



Energie

Energie aus Energieträgern, die irgendwann verbraucht sind und nicht neu entstehen.



Woher kommt der Strom?



Wie man aus Energieträgern Strom macht.

Was sind "Energieträger"?

Energieträgern stecken voller Energie, die man in Kraftwerken in Strom umwandeln kann.

Was ist „erneuerbare Energie“?

Diese Energie kommt überall in der Natur vor und entsteht ständig neu: **Sonne, Wind, Wasser.**

Was ist „nicht erneuerbare Energie“?

Diese Energie stammt aus Energieträgern, die irgendwann verbraucht sind und nicht neu entstehen: **Kohle, Erdgas, Uran.**

Bauanleitung für das Info-Heft

Aus diesem Blatt kannst Du ein kleines Heft basteln. Zerschneide das Blatt entlang der durchgezogenen Linien. Lege die Blättchen übereinander und hefte sie am grauen Rand zusammen. Male etwas Passendes auf die leeren Rückseiten.



Braunkohle

(Kohle-Strom kostet **6 ct**)

Braunkohle sieht aus wie Gestein, brennt aber gut. Die Braunkohle liegt unter der Erde und es werden riesige Löcher gebaggert, um sie hervor zu holen. Manchmal werden ganze Dörfer abgerissen, weil darunter Braunkohle liegt.

Der weltweite Vorrat reicht noch für 230 Jahre.

Über Förderbänder gelangt die Braunkohle in das **Kohlekraftwerk**, wo es verbrannt wird. Aus der Wärme gewinnt man dann Strom. Bei der Verbrennung entstehen aber leider auch schädliche Abgase. Außerdem kann nur ein Teil der Braunkohle-Energie in Strom umgewandelt werden. Die restliche Energie geht verloren.

Erdgas

(Erdgas-Strom kostet **9 ct**)

Erdgas ist ein unsichtbares Gas, das sehr gut brennt. Man muss bis zu 1000 Meter tiefe Löcher in die Erde bohren, um an die Erdgas-Blasen heran zu kommen.

Der weltweite Vorrat reicht noch für 60 Jahre.

Da das Erdgas unter Druck steht, kommt es von alleine heraus und wird in großen Rohren zum **Gaskraftwerk** transportiert. Hier wird es verbrannt. Aus der Wärme gewinnt man dann Strom. Dabei entstehen auch schädliche Abgase (aber weniger als beim Kohlekraftwerk). Es geht auch ein Teil der Energie verloren (aber weniger als beim Kohlekraftwerk).

Uran

(Atom-Strom kostet **9 ct**)

Uran ist ein Metall, das besonders viel Energie enthält. Aber es ist auch giftig und sendet gefährliche unsichtbare Strahlen aus. Steine, die Uran enthalten, findet man tief unter der Erde.

Der weltweite Vorrat reicht noch für 70 Jahre.

Ein **Atomkraftwerk** ist ein sehr kompliziertes Kraftwerk. Hier wird die Strahlung des Urans zuerst in Wärme und dann in Strom umgewandelt. Dabei bleibt immer etwas Uran übrig, das immer noch gefährliche Strahlen aussendet. Dieser „Atomüll“ muss mehrere Tausend Jahre lang sicher gelagert werden, bis die Strahlung ungefährlich ist.

Wind

(Wind-Strom kostet **8 ct**)

Ein **Windrad** nutzt die Energie des Windes. Die großen Flügel drehen einen Generator, der Strom macht. Je stärker der Wind weht und je höher das Windrad ist, desto mehr Strom entsteht. Für Vögel oder Fledermäuse können die Windradflügel auch gefährlich sein. Schon nach einem halben Jahr hat das Windrad so viel Energie gewonnen wie zu seiner Herstellung benötigt wurde. Experten nennen ein Windrad auch **Wind-Kraftwerk**.

Sonne

(Sonnen-Strom kostet **11 ct**)

Solarmodule können aus dem Licht der Sonne direkt Strom machen. Sie können zwar nur einen kleinen Teil der Lichtenergie nutzen, aber das Sonnenlicht kostet ja nichts. Allerdings sind Solarmodule sehr teuer. Das macht auch den Strom aus der Sonnenenergie teuer. Nach 5 Jahren hat ein Solarmodul so viel Energie gewonnen wie zu seiner Herstellung benötigt wurde. Man kann Solarmodule auf Hausdächer bauen oder auf einer großen Wiese ein **Solar-Kraftwerk** bauen.

Wasser

(Wasserkraft-Strom kostet **7 ct**)

Um die Energie des fließenden Wassers zu nutzen, muss man einen Damm bauen und das Wasser aufstauen. Früher nutzte man **Wasserräder**, um Maschinen anzutreiben, z.B. bei Wassermühlen. Bei modernen **Wasser-Kraftwerken** wird das Wasser durch eine Turbine geleitet, die einen Generator antreibt, der Strom macht. Nach 1 Jahr hat ein Wasserkraftwerk so viel Energie gewonnen wie zu seiner Herstellung benötigt wurde. Eine Staumauer macht aus einem Fluss einen Stausee. Viele Flusstiere können dort dann nicht mehr leben. Sie brauchen „schnelles Wasser“.

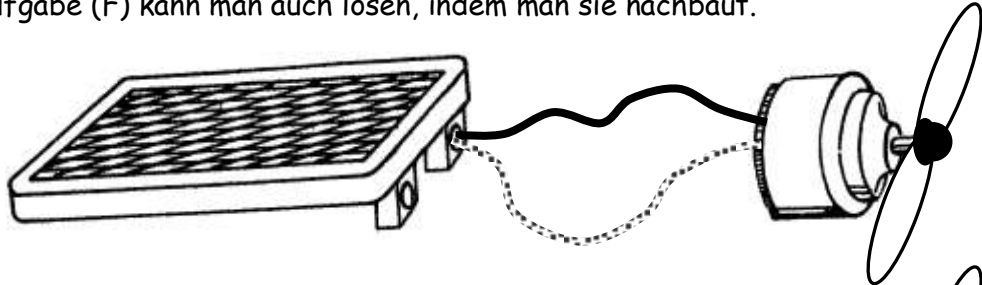


Fehler im Stromkreis finden

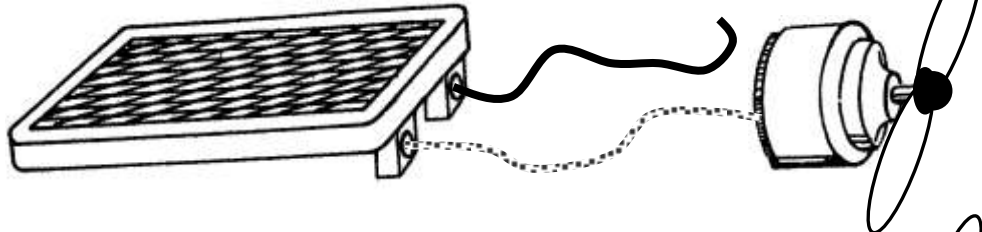
Strom kann nur fließen, wenn der Stromkreis geschlossen ist. Überprüfe, wo der Stromkreis geschlossen ist und der Propeller sich drehen kann.

- Wenn der Stromkreis geschlossen ist, zeichne ein Häkchen (✓) in den Kreis!
- Wenn der Stromkreis nicht geschlossen ist, zeichne um die Fehlerstelle einen roten Kreis!
- Die Expertenaufgabe (F) kann man auch lösen, indem man sie nachbaut.

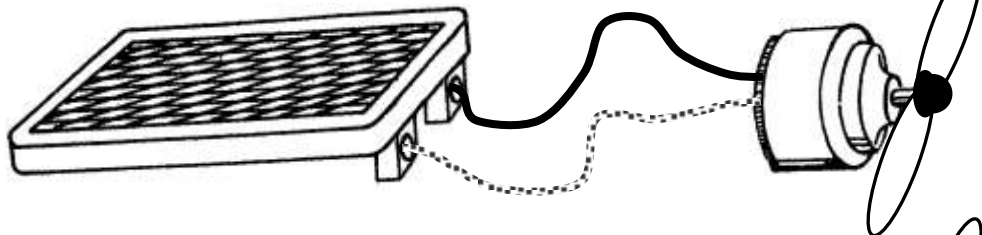
A ☐



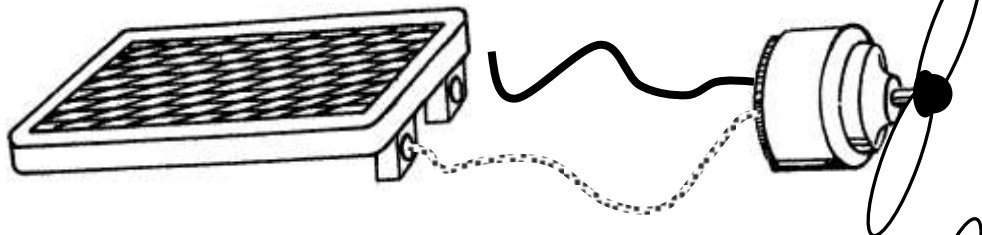
B ☐



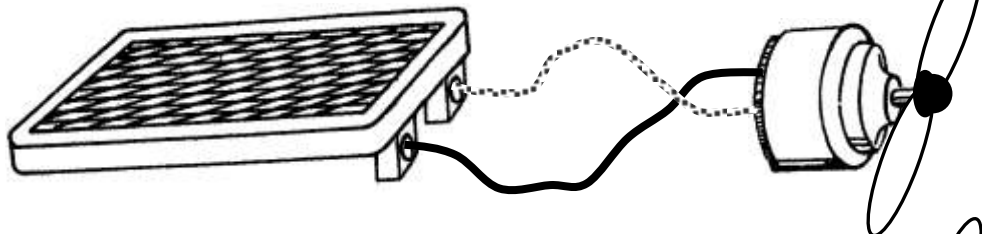
C ☐



D ☐

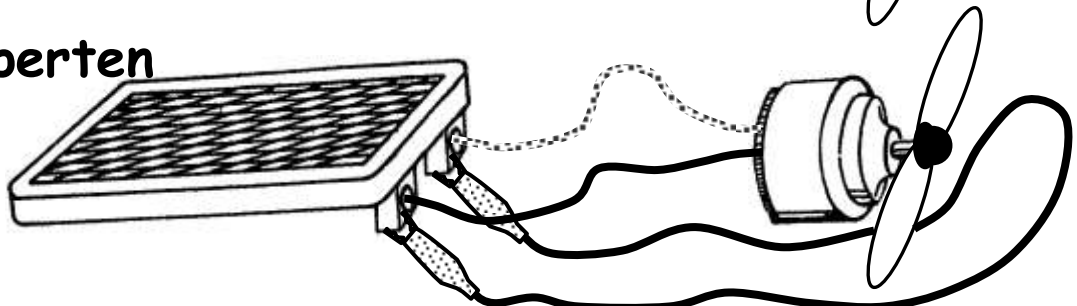


E ☐



Für Experten

F ☐

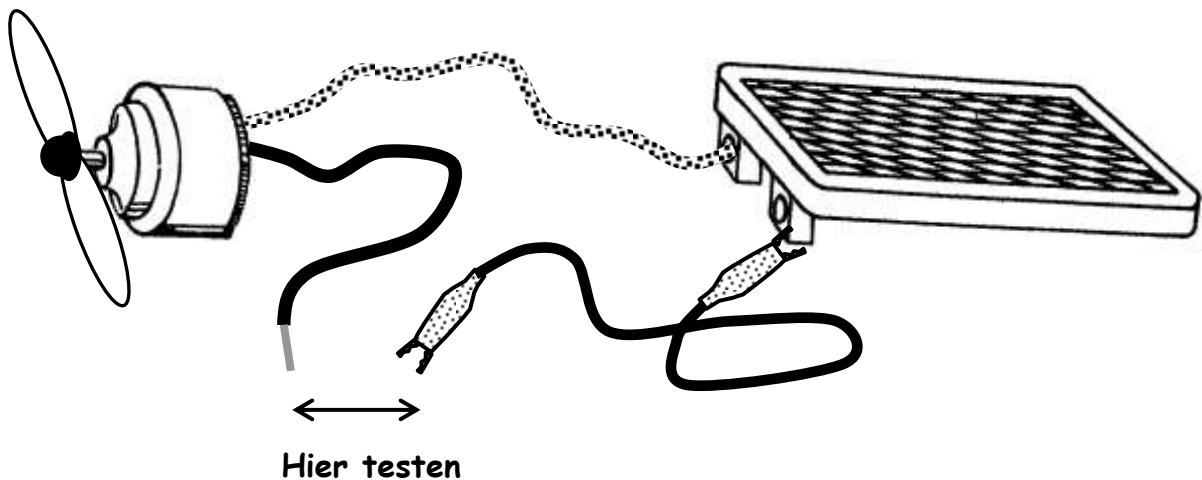




Was leitet Strom?

Mit dem Solarbausatz kannst Du testen, welche Dinge Strom leiten und welche nicht. Baue den Test wie auf dem Bild auf. Jetzt ist der Stromkreis geöffnet. Wenn du die Lücke im Stromkreis mit einem Testgegenstand schließt, dreht sich der Motor nur, wenn der Testgegenstand Strom leiten kann.

1. Prüfe vorher, ob Motor und Solarmodul funktionieren.
2. Teste zuerst die Gegenstände in der Tabelle und mache für jeden Gegenstand ein Häkchen (✓) für „leitet“ oder „leitet nicht“.
3. Prüfe noch mehr Gegenstände und Materialien und schreibe sie in die Tabelle.



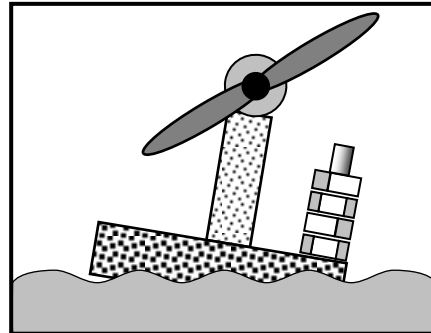
Test-Gegenstand	Leitet Strom	Leitet Strom nicht
Geldmünze		
Büroklammer (blank)		
Büroklammer (farbig)		
Tesafilm		
Radiergummi		
Bleistift		
Messstrippe		
Joghurtbecher		
Löffel (Metall)		
Löffel (Plastik)		
Alufolie		
Schere		
Kabel-Isolierung		
Isolierband		

4. Hast du eine Regel entdeckt? Gibt es Sorten von Materialien, die immer leiten oder die nie leiten?



1. Kenter-Test

- 1a) Markiere den Bootsrumpf, den du testest, mit einem kleinen Kreuz in der Tabelle.
 1b) Baue das erste Boot (0 Solarmodultürme, 1 Motorturm) genau nach.
 1c) Staple so viele Gewichte (Muttern) über das Ohrenstäbchen bis das Boot kentert. Trage die Anzahl der Muttern, bei der das Boot kentert, an die richtige Stelle in die Tabelle ein.
 1d) Baue und teste alle Boote (1 1, 1 2, 2 2).



Schrauben-
Mutter



Wenn du noch einen anderen Rumpf testen möchtest, wiederhole genau die Schritte 1a) bis 1d).

	0 1	1 1	1 2	2 2

2. Material-Test

- 2 a) Probiere am Prüfling aus, wie fest die verschiedenen Verbindungen sind und trage das Ergebnis in die Tabelle ein.

Kann man drehen (ja / nein)			
Kann man abziehen (ja / nein)			

- 2 b) Schau dir in der Werkstatt die Plakate über Kork und Styrodur an! Woher kommen diese Materialien?

Kork wird hergestellt aus _____

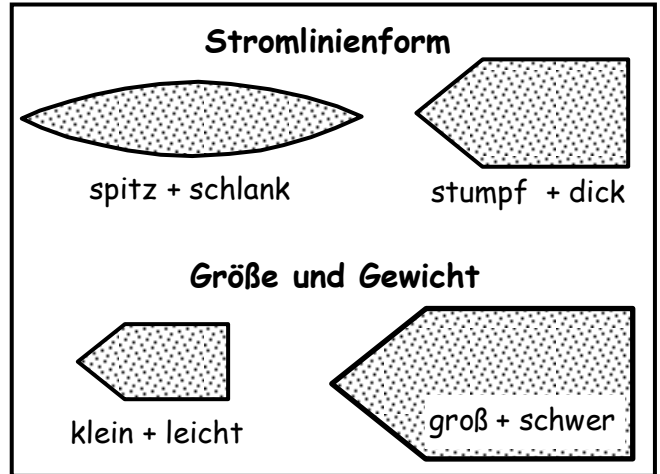
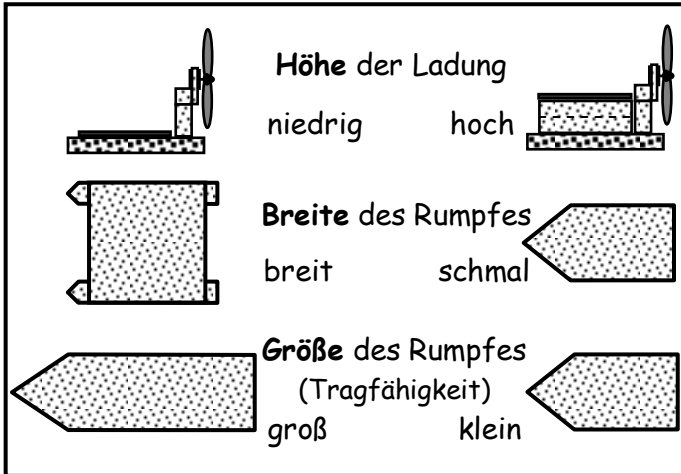
Styrodur wird hergestellt aus _____



Das ist wichtig für die
Kentersicherheit

Male bei jedem Bootsvergleich das bessere Boot aus!

Das ist wichtig für die
Schnelligkeit

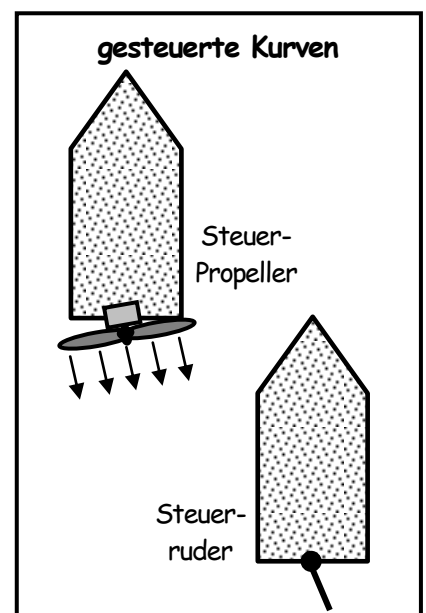
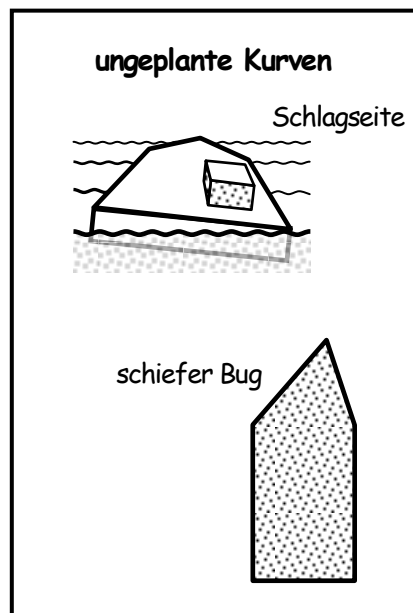
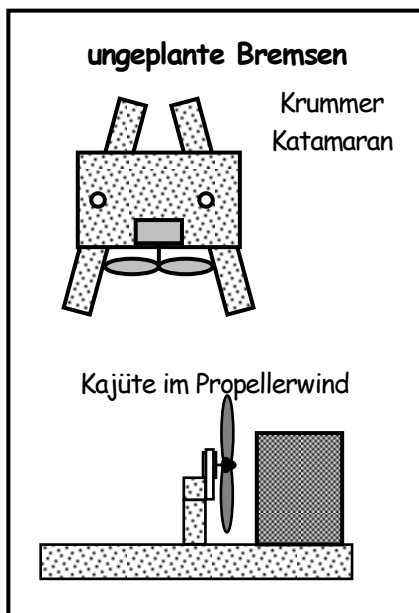


Wie sieht eine gute **Stromlinienform** aus?

Vorteile und Nachteile
 von Bootsrümpfen
 (+ = gut , - = schlecht)

Ist es kentersicher?			
Ist es schnell?			
Ist es einfach zu bauen?			

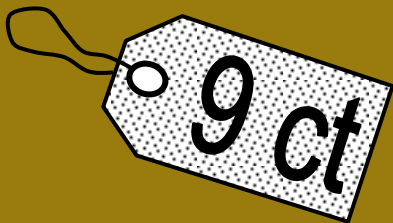
Ergebnisse der Experten-Experimente:



Uran- Mine



Atom- Kraftwerk



Braun- kohle- Tagebau



Uran-Mine

Steine, die Uran enthalten, findet man tief unter der Erde. In einem Atomkraftwerk kann man daraus Strom gewinnen.

Deshalb muss man große und tiefe Löcher in die Erde graben, wenn man es benutzen möchte.

So ein Loch nennt man auch „Mine“.

Atom-Kraftwerk

Ein Atomkraftwerk ist ein sehr kompliziertes Kraftwerk.

Hier wird die Strahlung des Urans zuerst in Wärme und dann in Strom umgewandelt.

Leider bleibt immer etwas Uran übrig, das immer noch gefährliche unsichtbare Strahlen aussendet. Dieser „Atommüll“ muss mehrere Tausend Jahre lang sicher gelagert werden, bis die Strahlung ungefährlich ist.

Für Experten: In Deutschland sollen bis 2022 alle Atomkraftwerke abgeschaltet werden. Aber in vielen anderen Ländern werden immer noch neue gebaut.

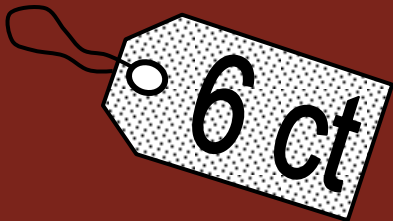
Braunkohle-Tagebau

Um an die Braunkohle heran zu kommen, muss man sehr große und tiefe Löcher graben. Dazu benutzt man riesige Bagger, die riesige Flächen aufgraben.

Man nennt dies „Tagebau“, weil man keine unterirdischen Gänge graben muss, um die Kohle abzubauen. Man kann also im „Tageslicht“ arbeiten.

Manchmal werden ganze Dörfer abgerissen und anderswo neu gebaut, weil man sonst nicht an die Braunkohle unter dem Dorf heran kommt.

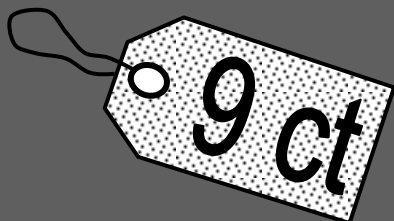
Braunkohle- Kraftwerk



Erdgas- Bohrturm



Erdgas- Kraftwerk



Braunkohle-Kraftwerk

Im Braunkohle-Kraftwerk wird die Braunkohle verbrannt. Mit der Wärme wird Wasserdampf erzeugt. Der Wasserdampf treibt eine Turbine an, die sich dadurch sehr schnell dreht und wiederum einen Generator (Dynamo) antreibt. Der Generator macht dann den Strom.

Leider kann nur ein Teil der Braunkohle-Energie in Strom umgewandelt werden. Der Rest geht verloren in Form von großen Dampfwolken.

Ein Braunkohlekraftwerk erzeugt besonders viele schädliche Abgase.

Erdgas-Bohrturm

Um an das Erdgas heran zu kommen, muss man sehr tiefe Löcher in die Erde bohren (1000 Meter). Da das Erdgas unter Druck steht, kommt es von alleine heraus und wird dann über lange Rohre zu Städten und Kraftwerken transportiert. Die größten Transportrohre nennt man „Pipelines“. Sie sind 1 Meter dick und bis zu 1000 Kilometer lang.

Erdgas-Kraftwerk

Im Gaskraftwerk wird Erdgas in einer Turbine verbrannt. Die Turbine dreht sich dadurch sehr schnell und treibt einen Generator (Dynamo) an. Und der Generator macht daraus Strom.

Auch ein Gaskraftwerk kann nicht die gesamte Energie des Erdgases in Strom umwandeln. Aber es nutzt die Energie besser als ein Kohlekraftwerk und erzeugt auch weniger schädliche Abgase.

Solar- Kraftwerk

11 ct



Wind- Kraftwerk

8 ct



Wasser- Kraftwerk

7 ct



Solar-Kraftwerk

Solarmodule können aus dem Licht der Sonne direkt Strom machen. Sie können zwar nur einen kleinen Teil der Lichtenergie nutzen, aber das Sonnenlicht kostet ja nichts.

Allerdings sind Solarmodule sehr teuer. Das macht auch den Strom aus der Sonnenenergie teuer.

Nach 5 Jahren hat ein Solarmodul so viel Energie gewonnen wie zu seiner Herstellung benötigt wurde.

Man kann Solarmodule auf Hausdächer bauen oder auf einer großen Wiese ein **Solar-Kraftwerk** bauen.

Wind-Kraftwerk

Ein **Windrad** nutzt die Energie des Windes. Die großen Flügel drehen einen Generator, der Strom macht. Je stärker der Wind weht und je höher das Windrad ist, desto mehr Strom entsteht.

Für Vögel oder Fledermäuse können die Windradflügel auch gefährlich sein.

Schon nach einem halben Jahr hat das Windrad so viel Energie gewonnen wie zu seiner Herstellung benötigt wurde.

Experten nennen ein Windrad auch **Wind-Kraftwerk**.

Wasser-Kraftwerk

Um die Energie des fließenden Wassers zu nutzen, muss man einen Damm bauen und das Wasser aufstauen. Früher nutzte man **Wasserräder**, um Maschinen anzutreiben, z.B. bei Wassermühlen. Bei modernen **Wasser-Kraftwerken** wird das Wasser durch eine Turbine geleitet, die einen Generator antreibt, der Strom macht.

Nach 1 Jahr hat ein Wasserkraftwerk so viel Energie gewonnen wie zu seiner Herstellung benötigt wurde.

Eine Staumauer macht aus einem Fluss einen Stausee. Viele Flusstiere können dort dann nicht mehr leben. Sie brauchen „schnelles Wasser“.

Sonne



Wind



Wasser



Sonne

Die Sonne schickt uns Licht und Wärme, aber keine Rechnung.
Und das tut sie jeden Tag von Neuem.

Wind

Der Wind weht mal stärker und mal schwächer.
In großer Höhe weht fast immer Wind.
Ein Wetter ganz ohne Wind ist sehr selten.

Für Experten: Wind-Energie stammt von der Sonne:

Wo die Sonne die Erde erwärmt, steigt warme Luft auf.
Von den Seiten strömt kalte Luft nach. So entsteht Wind.

Wasser

Wasser fließt immer bergab. Wenn ganz viel Wasser in einem Fluss bergab fließt,
kann es große Kraft entwickeln.
In der Natur formt die Kraft des Wassers den Lauf eines Flusses.

Für Experten: Wasser-Energie stammt von der Sonne:

Die Sonne verdunstet das Wasser, es steigt auf und regnet wieder herab. Wenn
es auf einen Berg regnet, fließt es als Fluss herab und kann Wasserkraftwerke
antreiben.

Uran

Vorrat
70
Jahre



Erdgas

Vorrat
60
Jahre



Uran

Uran ist ein Metall, das besonders viel Energie enthält.

Aber es ist sehr giftig und sendet gefährliche unsichtbare Strahlen aus.

Deshalb muss man es immer gut verpacken.

In ungefähr 70 Jahren werden die Menschen alles Uran auf der ganzen Welt aufgebraucht haben.

Erdgas

Erdgas ist ein unsichtbares Gas, das sehr gut brennt. Das zeigt, dass es viel Energie enthält.

Man kann Erdgas auch zum Kochen und Heizen benutzen.

In ungefähr 60 Jahren werden die Menschen alles Erdgas auf der ganzen Welt aufgebraucht haben.

Braun



Vorrat
230
Jahre

Braunkohle

Braunkohle sieht aus wie Gestein, brennt aber gut.
Deshalb ist Braunkohle ein wichtiger Energieträger.

**In ungefähr 230 Jahren werden die Menschen alle
Braunkohlevorräte auf der ganzen Welt aufge-
braucht haben.**

kohle





Braunkohle

Strom- zähler

Die Strommenge
misst man in
KiloWattStunden
(kWh)



Was ist eine Turbine?

In vielen Kraftwerken werden die Energieträger zuerst in Wärme umgewandelt. Damit erwärmt man ein Gas, das dann sehr schnell durch die Turbine rast. Wie bei einem Wasserrad dreht sich die Turbine und treibt einen Generator an. Der Generator wandelt die Drehbewegung in Strom um.



Sonne



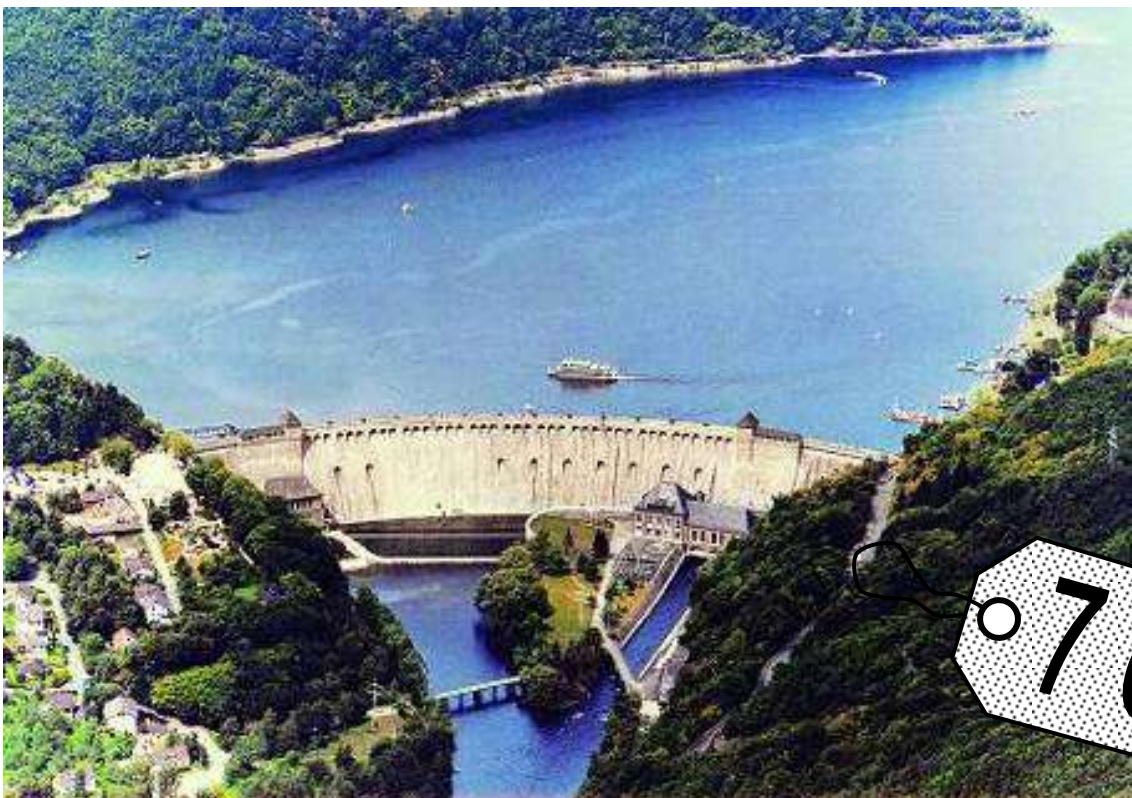
Solarmodul

Wind



Windrad

Wasser



Wasser-Kraftwerk

Braunkohle



Vorrat
230
Jahre



6 ct

Braunkohle-Kraftwerk

Erdgas

Vorrat
60
Jahre



9 ct

Erdgas-Kraftwerk

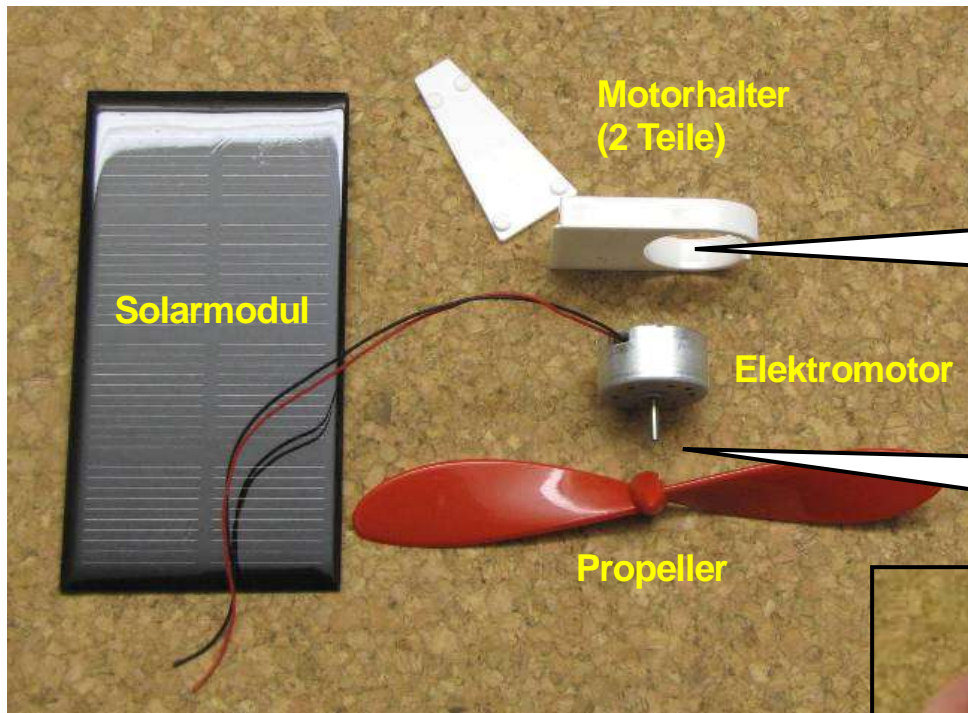
Uran



Atom-Kraftwerk



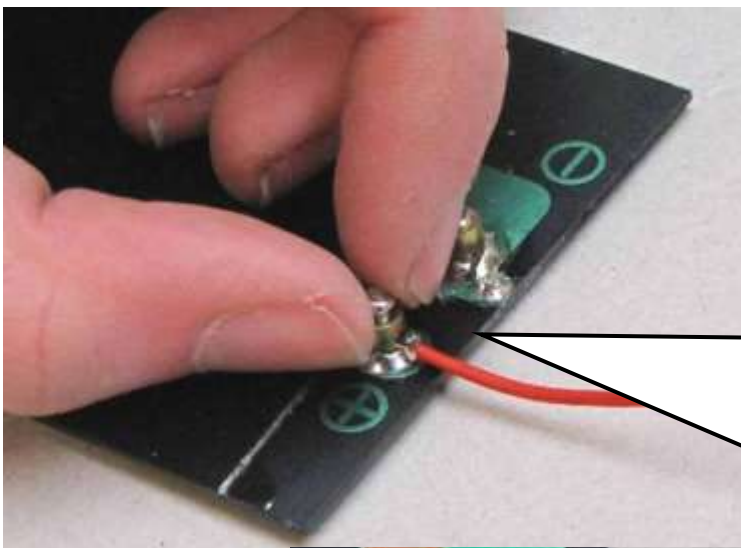
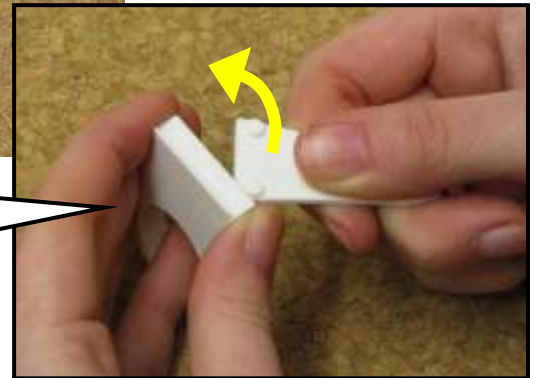
So baut man den Solarantrieb zusammen:



Der Motor passt genau in diesen Halter.

Der Propeller wird einfach auf den Motor gesteckt.

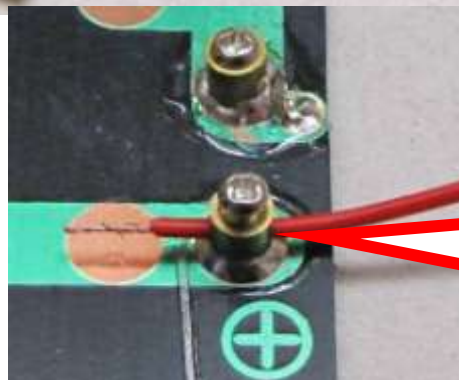
Um die beiden Motorhalterteile zusammen zu stecken, braucht man viel Kraft. **Bitte einen Erwachsenen um Hilfe.** Manche Boote kann man auch nur mit dem größeren Teil bauen. Dann braucht man das kleine Teil gar nicht.



Die Kabel des Motors werden auf der Unterseite des Solarmoduls angeschraubt. Benutze einen **Schraubendreher**, um die Schrauben zu **lösen**.

Zum Festschrauben darfst du NUR die Finger benutzen. Wenn man einen Schraubendreher benutzt, zerquetscht man die Kabel und sie reißen bald ab.

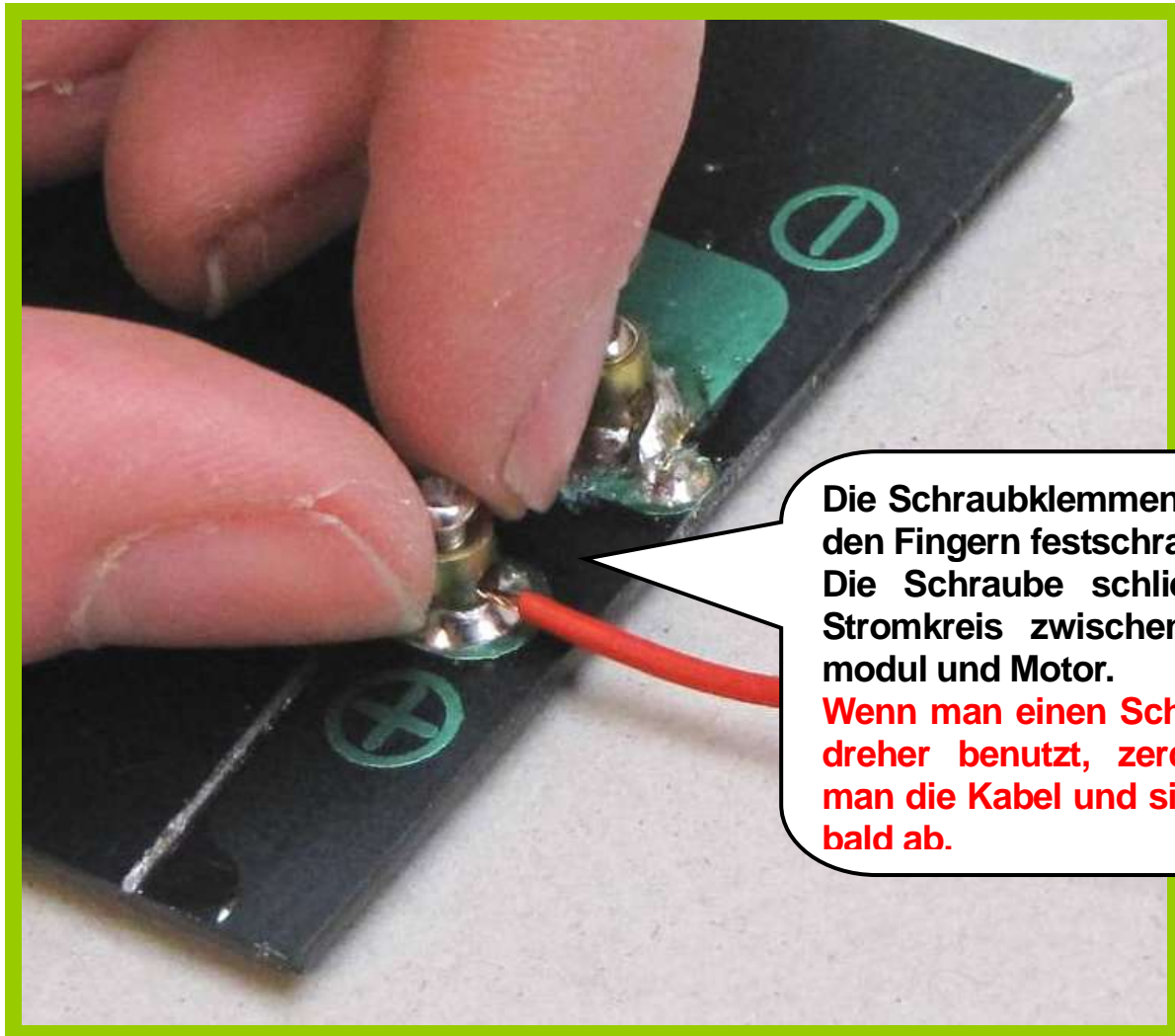
Das **rote Kabel** wird normalerweise an den **(+)-Anschluss** geschraubt und das schwarze an den **(-)-Anschluss**. Anders herum funktioniert es auch, aber der Motor dreht sich dann anders herum.



ACHTUNG FEHLER:
Hier ist das Kabel zu weit durchgesteckt. Die Isolierung des Kabels verhindert jetzt, dass der Strom fließen kann.



**So schließt man das Kabel an das Solarmodul an:
Methode A: Schraubklemmen und Finger**

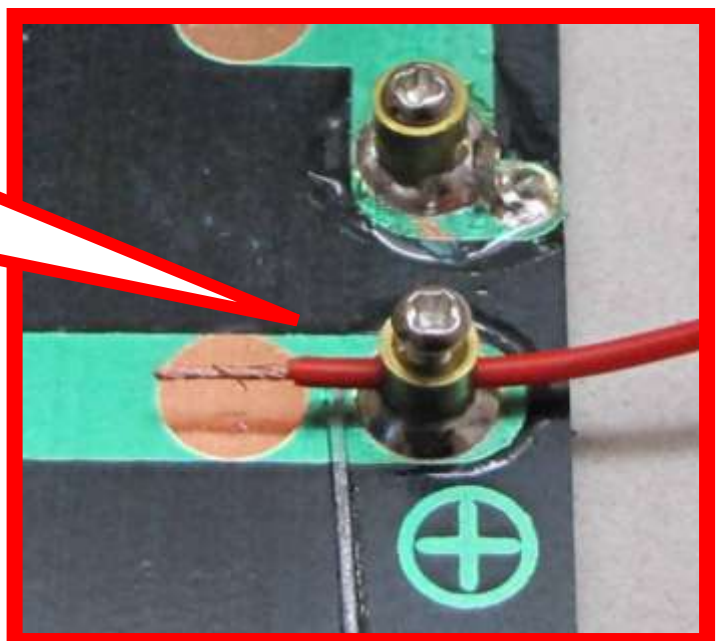


Die Schraubklemmen nur mit den Fingern festschrauben. Die Schraube schließt den Stromkreis zwischen Solar-
modul und Motor.

**Wenn man einen Schraub-
dreher benutzt, zerquetscht
man die Kabel und sie reißen
bald ab.**

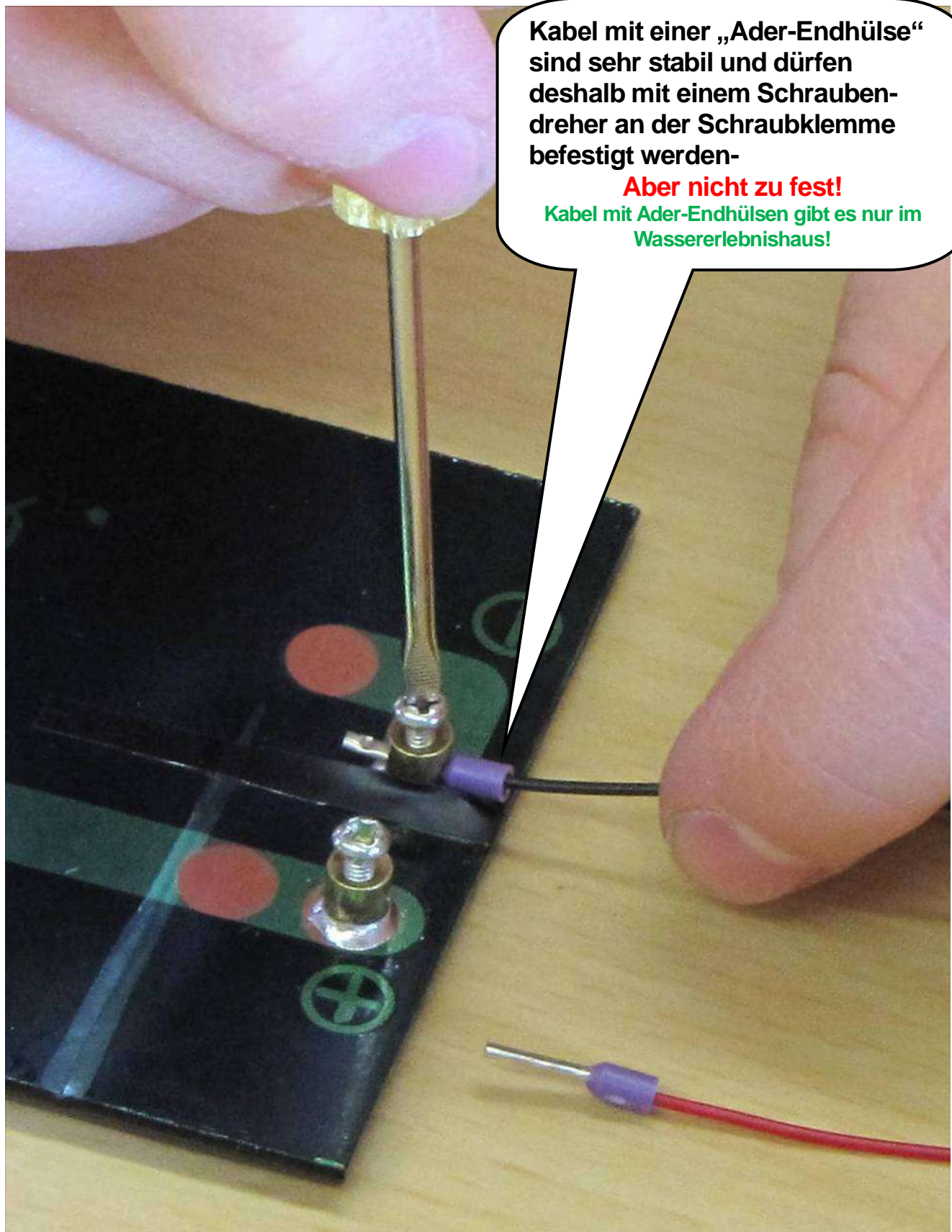
ACHTUNG FEHLER:

Hier ist das Kabel zu weit durchgesteckt. Die Isolierung des Kabels verhindert jetzt, dass der Strom fließen kann.





**So schließt man das Kabel an das Solarmodul an:
Methode B: Kabel mit „Ader-Endhülse“**



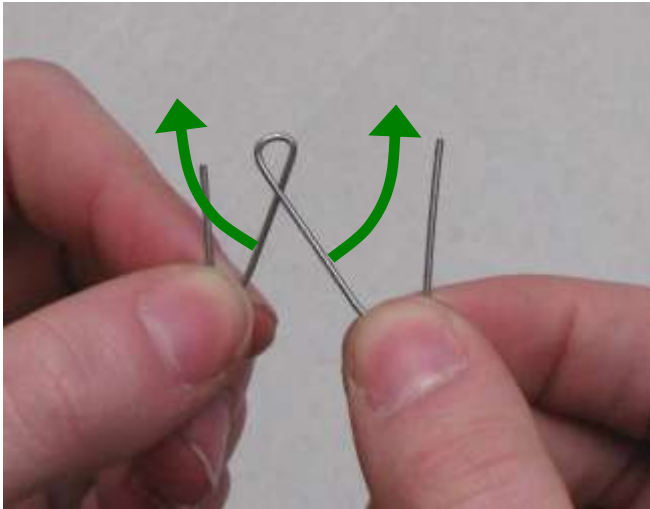
Kabel mit einer „Ader-Endhülse“ sind sehr stabil und dürfen deshalb mit einem Schraubendreher an der Schraubklemme befestigt werden-

Aber nicht zu fest!

Kabel mit Ader-Endhülsen gibt es nur im Wassererlebnishaus!



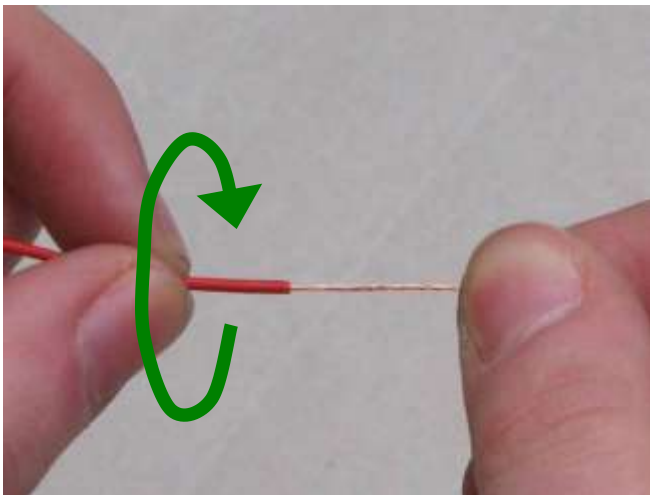
So schließt man das Kabel an das Solarmodul an: Methode C: mit Büroklammer und Alufolie



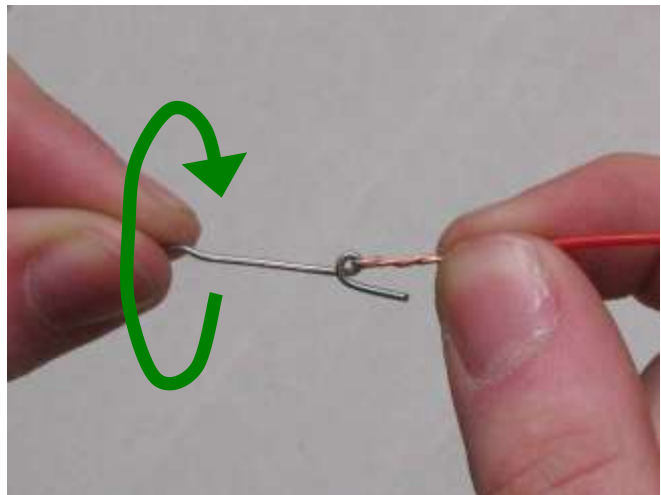
1. Biege die Büroklammer zu einer Öse



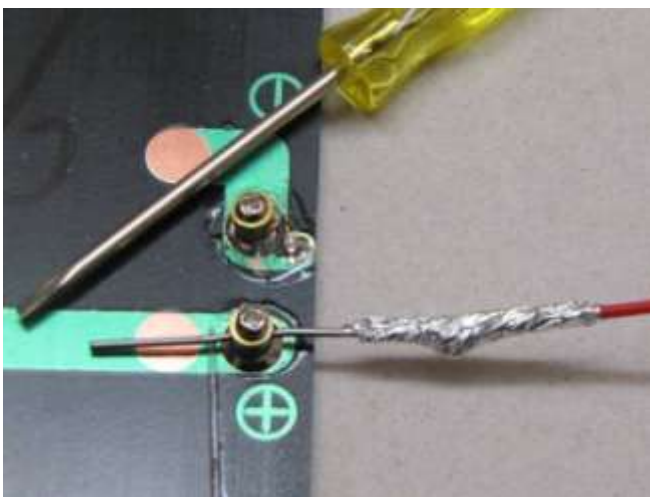
2. Schneide die überstehenden Enden ab.
Ein kurzes und ein langes Ende.



3. Entferne mit der Abisolierzange ein Stück Isolierung vom Motorkabel (daumenbreit).
Verdrille das Kabel zwischen den Fingern.



4. Schlinge das Motorkabel durch die Öse der Büroklammer und verdrille es bis es fest ist.



Das wird gebraucht:

- Abisolierzange
- Seitenschneider
- Mini-Schraubendreher(2mm)
- Schere
- Büroklammer
- Alufolie

5. Umwickele die Verbindung mit einem Streifen Alufolie, damit es keinen Wackelkontakt gibt.
Jetzt kannst du den Draht in der Schraubklemme des Solarmoduls kräftig festschrauben.



So stellt man die Abisolierzange richtig ein:

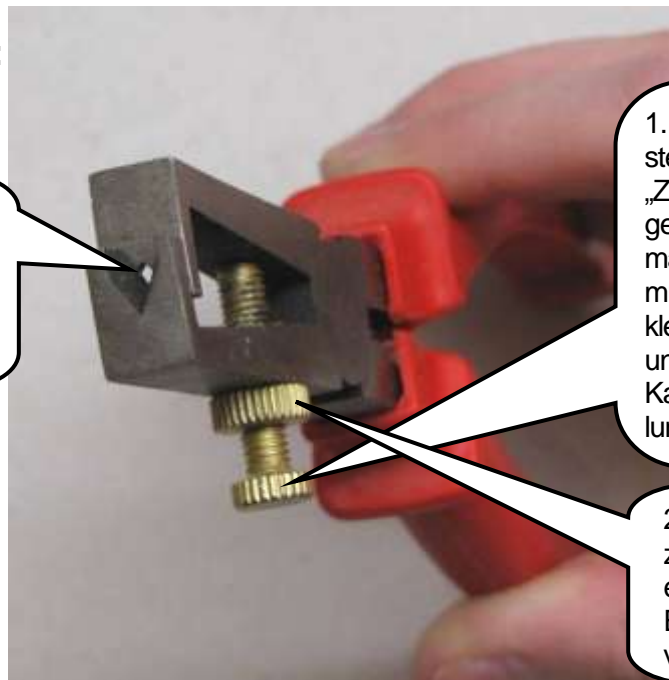


Abisolierzange:

Damit kann man schnell und einfach die Isolierung von einem Kabelende entfernen.

So funktioniert sie:

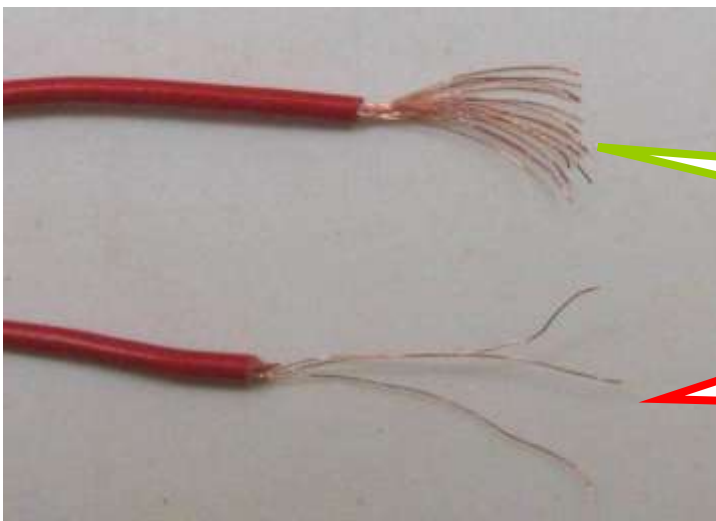
In dieser scharfkantigen „Zahnlücke“ wird die Isolierung des Kabels angeritzt und dann abgezogen.



So stellt man sie ein:

1. Mit der **Einstellschraube** stellt man zuerst die Größe der „Zahnlücke“ ein. Sie muss genau zum Kabel passen, das man abisolieren möchte. Dazu muss man die Schraube in kleinen Schritten verstellen und jedes Mal an einem Stück Kabel prüfen, ob die Einstellung stimmt (s.u.).

2. Die **Feststellschraube** zieht man fest, damit sich eine korrekt eingestellte Einstellschraube nicht mehr verstellen kann.



So prüft man die richtige Einstellung:

RICHTIG:

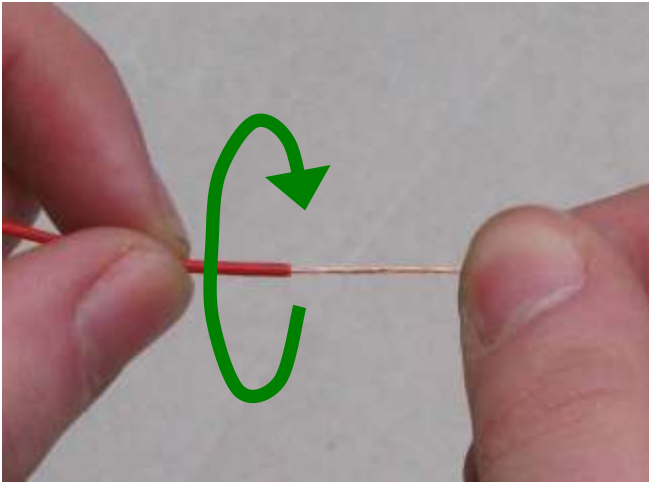
Alle Äderchen des Kabels schauen heraus.

FALSCH:

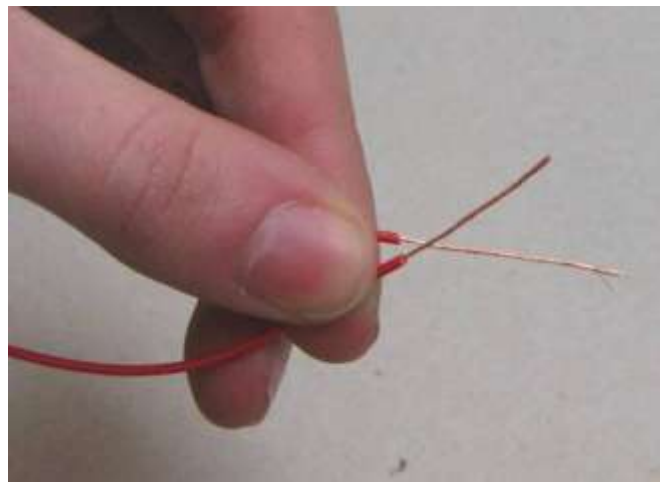
Die „Zahnlücke“ ist **zu eng** eingestellt und es werden zu viele Äderchen des Kabels abgeschnitten.



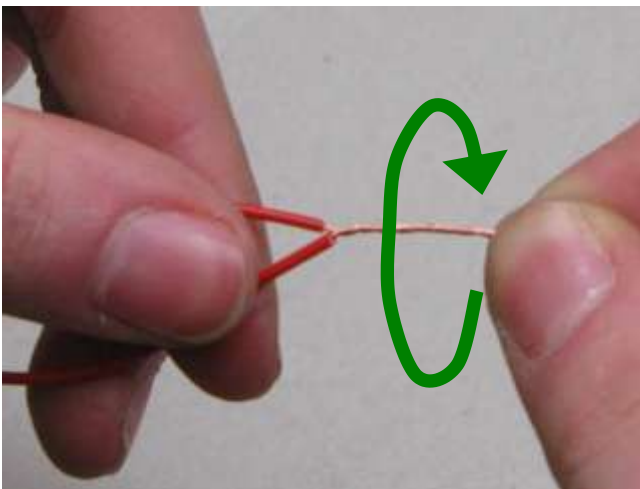
So verlängert man ein Kabel:



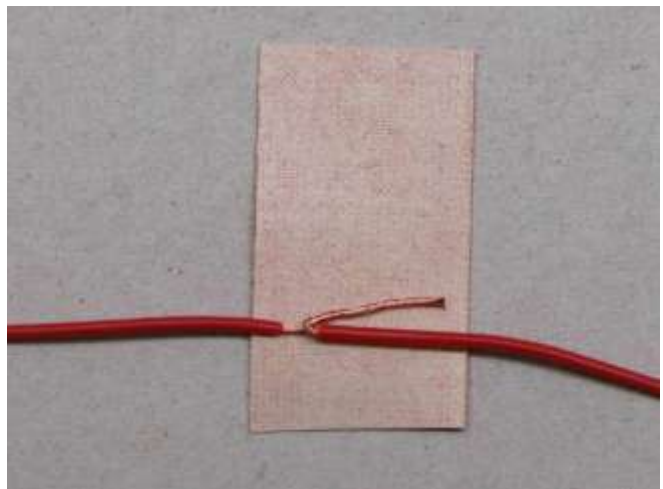
1. Entferne mit der Abisolierzange ein Stück Isolierung von beiden Kabeln (daumenbreit).
Verdrille jedes Kabel zwischen mit Fingern.



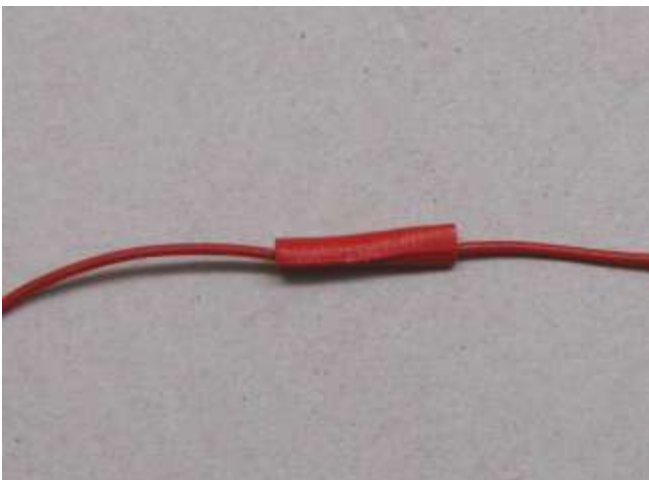
2. Halte beide Kabelenden so übereinander



3. Verdrille beide Kabelenden miteinander



4. Umwickele die Verbindungsstelle mit einem Streifen Isolierband (Klebeband)



5. Fertig! Jetzt fließt der Strom noch weiter.

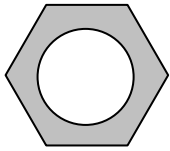
Das wird gebraucht:

- Abisolierzange
- Schere
- Verlängerungskabel (Litze 0,14mm²)
- Isolierband (Textilklebeband)

Bauanleitung „Kentertest“- Boote (aus 20mm-Styrodur)

Veranstaltung „Die Bootswerft“

www.wassererlebnishaus-fuldata.de



Muttern M14
(mind. 9 Stck.)
Als Ladungs-
Gewichte (je 21 g)

Die **Tragfähigkeit** ist bei allen Booten gleich:
180 g = 8,5 Muttern M14
(dabei ist das Eigengewicht, insb. des Katamaran-Decks bereits abgezogen).

Breites Boot

Rechteck: 8,0 x 9,1 cm
Spitze: 8,0 x 5,0 cm

Schmales Boot

Rechteck: 5,4 x 15,5 cm
Spitze: 5,4 x 3,4 cm

Katamaran (Rumpf 1)

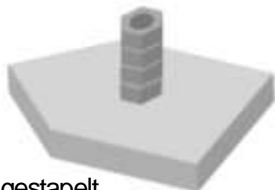
14,3 x 3,4 cm

Katamaran (Rumpf 2)

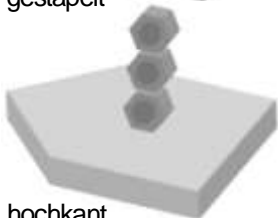
14,3 x 3,4 cm



flach



gestapelt



hochkant

Spitze zuschneiden
(1,25 cm)

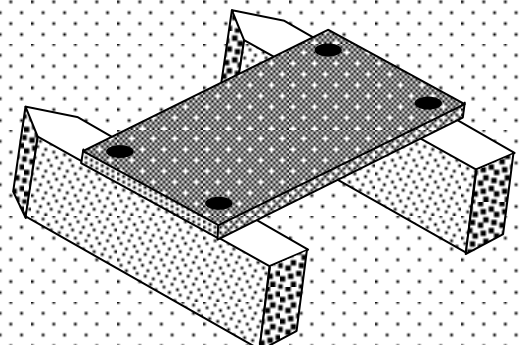
Spitze zuschneiden
(1,25 cm)

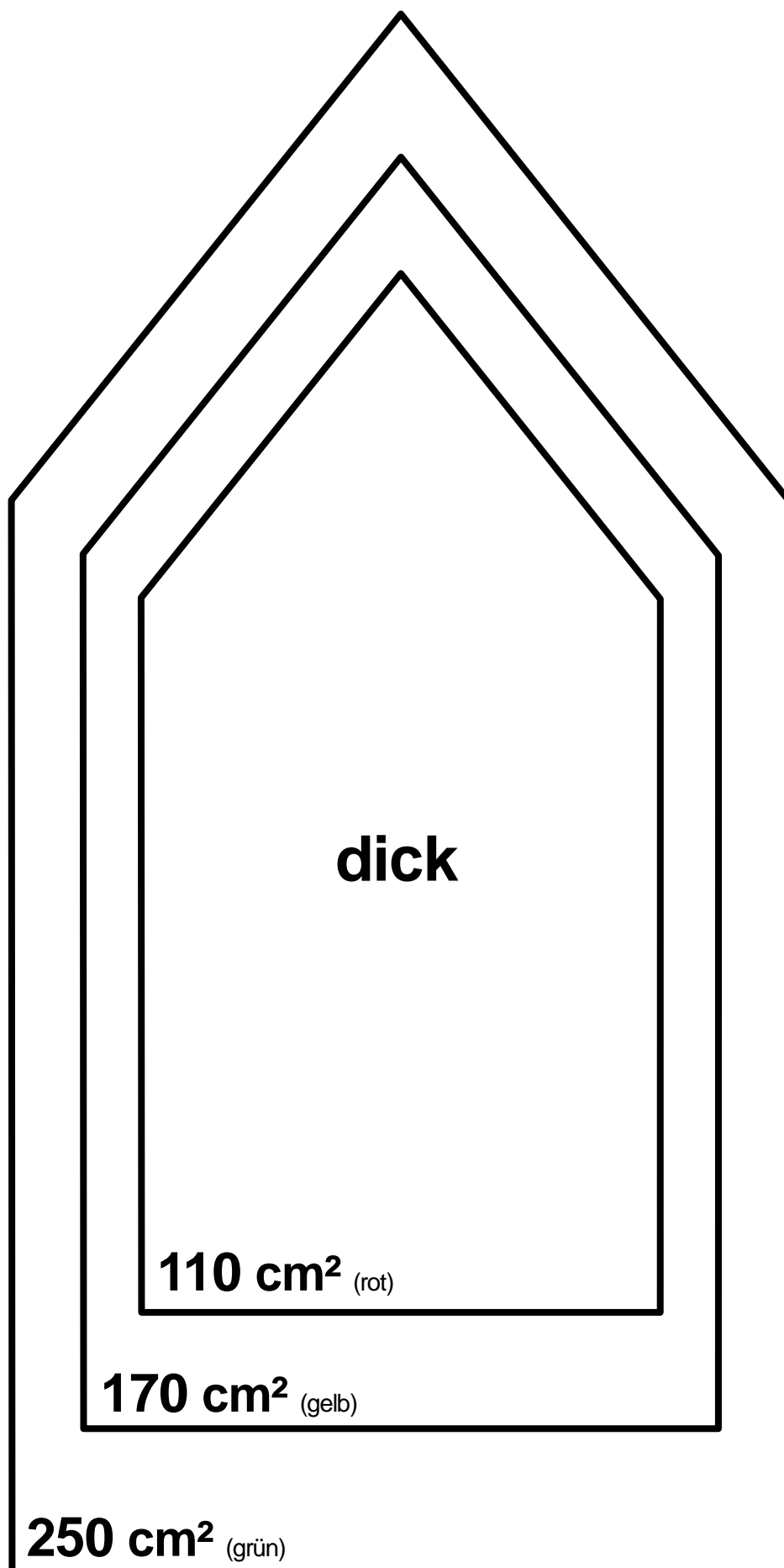
Maximale Ladekapazität abhängig von der Anordnung

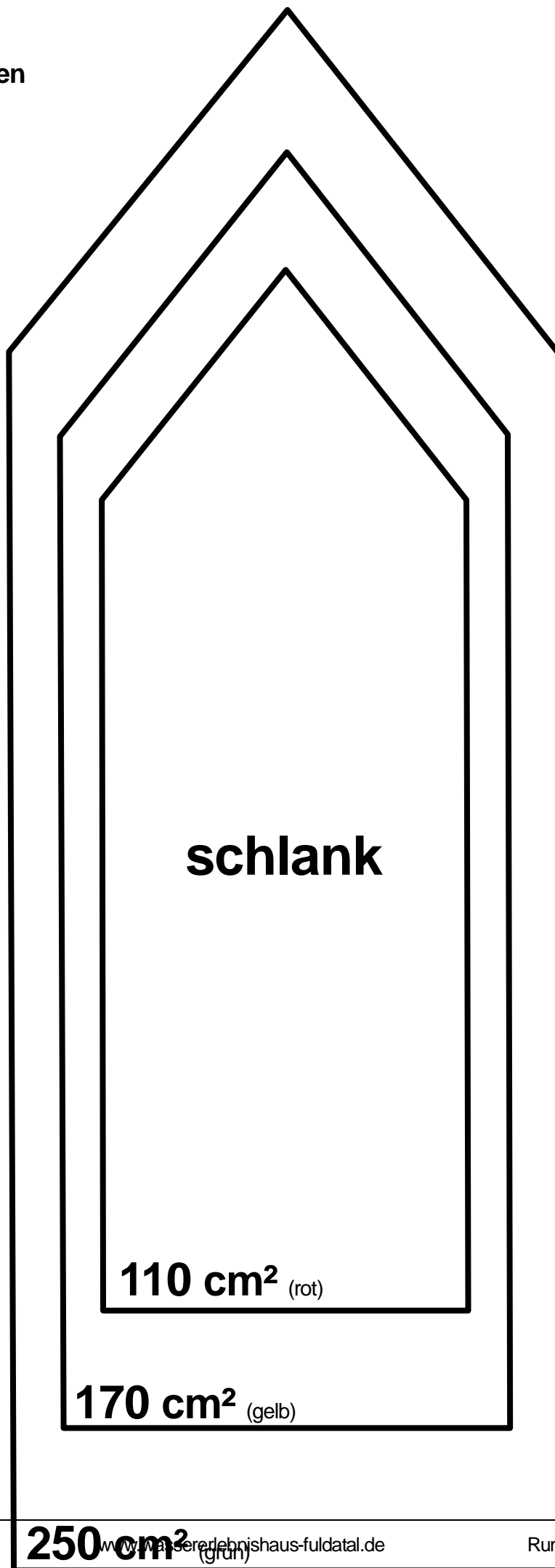
	flach	gestapelt	hochkant
Schmal	5	2	2
Breit	8	4	3
Katamaran	8	6	4

Katamaran-Deck (6,0 x 12,0 cm)

Stabile Kork- oder
Sperrholzplatte
(4 mm stark).









Rumpf1

Deck

Rumpf2

Katamaran
110 cm²_(rot)



Rumpf 1

Deck

Katamaran
170 cm²_(gelb)

Rumpf 2



Rumpf 1

Rumpf 2

Deck

Katamaran
250 cm²_(grün)

2 Decks bauen!