

# Methodisch-didaktischer Kommentar zur Energie-Rallye:

## Vorbemerkung:

Diese Energie-Rallye ist gedacht für die Klassenstufe 5 bis 7.

## Einführung:

Die anhaltende gesellschaftliche Diskussion über die Energieversorgung der Gegenwart und Zukunft macht deutlich: Die globale Erderwärmung und der damit verbundene Klimawandel stellen die Menschen vor große Herausforderungen. Der Mensch des 21. Jahrhunderts ist in hohem Maße von einer emissionsarmen Energieversorgung sowie der technischen Bereitstellung von Energie abhängig. Noch nie war der Pro-Kopf-Verbrauch an Energie so groß wie zu dieser Zeit. Somit zeichnet sich immer klarer ab, dass unser durch Kohle und Erdöl beherrschtes Energiezeitalter von einer emissionsärmeren Energieversorgung mit Erdgas und erneuerbaren Energien abgelöst werden muss.

Vor diesem Hintergrund gewinnt eine nachhaltige Energieversorgung und ein sparsamer Energieeinsatz zunehmend an Bedeutung. Energieträger der Zukunft werden primär aus kohlenstoffarmen und regenerativen Quellen kommen müssen. Insbesondere der kohlenstoffarme Rohstoff Erdgas hat als Bindeglied zu den regenerativen Energien das Potenzial zu einer erheblichen Einsparung von CO<sub>2</sub>-Emissionen beizutragen.

Ziel dieser Energie-Rallye ist es, den Schülerinnen und Schülern ein noch stärkeres Bewusstsein für die Verwendung von Energie zu vermitteln.

Unterstützt wird diese Rallye vom Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg, fesa e.V., dem solar info center und dem Energieunternehmen GAZPROM, die ihr umfangreiches Wissen im Bereich Energie zur Verfügung gestellt haben.

## Relevanz für den Unterricht:

Energie ist ein wichtiger Strukturbegriff der Physik. Daher kann diese Rallye sehr gut mit dem Physikunterricht der allgemeinbildenden Schulen verknüpft werden. Dennoch ist diese Energie-Rallye sehr interdisziplinär angelegt. So sind darin inhaltliche Anknüpfungspunkte an die folgenden Fächer zu finden:

- Geschichte (Leben im Schwarzwaldhaus)
- Technik, NwT (Architektur, Bautechnik, Wärmedämmung, Turbinen, Wärmetauscher)
- Mathematik (Berechnen und Schätzen von Energie und Leistung, Oberfläche/Volumen von Körpern)
- Deutsch/Gemeinschaftskunde (Mobilität in der Zukunft)
- Physik (Energieträger, Energieübertragung, Energieformen, Einheiten der Energie, Lichtreflexion, Wärmetransport etc.)

Diese Energie-Rallye soll Sie unterstützen, die Methodenkompetenz der Schülerinnen und Schüler weiterzuentwickeln. So z. B. in den Bereichen:

- Technische Strukturen beobachten, vergleichen und analysieren
- Kenntnisse über Energieträger und Energieformen erlangen
- Funktionszusammenhänge erkennen und beschreiben
- Messwertanzeigen aus- und bewerten können
- Erkennen der gesellschaftlichen Relevanz des Themas Energie
- usw.

## Organisation:

Die Schülerinnen und Schüler bilden Gruppen von bis zu vier Personen. Bei der Energie-Rallye sollen die Jugendlichen lernen, kooperativ miteinander zu arbeiten. In den Teams entwickeln sich soziale Bindungen und das Gemeinschaftsgefühl wird gestärkt. Selbstbehauptung und Anpassung innerhalb der Gruppe müssen in Einklang gebracht und Absprachen getroffen werden.

Die Jugendlichen erfahren, dass die gestellten Aufgaben gemeinsam leichter und schneller gelöst werden können, wenn das Team gut zusammen arbeitet.

Die einzelnen Teams werden in einem gewissen zeitlichen Abstand auf die Strecke geschickt. Für den Zeitpunkt nach Durchlaufen der Energie-Rallye wird ein Treffpunkt vereinbart, an dem sich dann die Lehrkraft aufhält. Dazu bietet sich einer der vielen Nestlé Schöller Meeting Points in den jeweiligen Themenbereichen des Europa-Park an. Hier kann auch die Auswertung stattfinden.

## Auswertung:

Die Auswertung und Besprechung können entweder gleich nach dem Eintreffen der einzelnen Teams am Treffpunkt stattfinden oder später im Unterricht.

## Würdigung:

Jede Schülerin, jeder Schüler bekommt nach erfolgreichem Durchlaufen der Energie-Rallye eine Urkunde ausgehändigt.

## Hinweise und Lösungen:

Im Folgenden werden einige didaktische Hinweise – auch für „Nicht-Physiker“ gegeben und Lösungsvorschläge angeboten.

Die Energie-Rallye ist so gestaltet, dass den Schülern die Aufgabenstellungen und die Wegführung klar sind. Zur Orientierung im Park sollten die Gruppen jeweils noch die „Park Info“ am Haupteingang mitnehmen, die einen Parkplan enthält.

## Zu Aufgabe 1:



### Lösung 1a:

Damit im Winter wenig Wärmeenergie verloren geht. (Hauptkriterium)

Damit die Sonne im Sommer das Haus nicht zu sehr aufheizt. (Zusatzkriterium)

### Lösung 1b:

Moderne Fenster vermindern Wärmeverluste viel besser, weil sie aus mehreren Scheiben bestehen und mit einem Gas gefüllt sind.

### **Erläuterungen zu Aufgabe 1a und 1b:**

Da zu früheren Zeiten nicht die Transportmöglichkeiten wie heute zur Verfügung standen um Energieträger aus entfernten Regionen anzuliefern, haben frühere Generationen ihren Energiehunger stets aus lokalen Quellen gestillt. Die großen Waldgebiete des Schwarzwaldes legten es nahe, Holz nicht nur als Bau- und Werkstoff zu nutzen sondern auch als Brennmaterial. Die Schwarzwaldbauern nutzten daher schon sehr früh nachwachsende Rohstoffe zur Energieerzeugung.

Schwarzwaldhäuser waren – nach damaligem Stand der Technik – nach Energiegesichtspunkten schon ziemlich effektiv gebaut. Mensch und Tier waren unter einem Dach untergebracht. In den langen und kalten Wintern konnte somit die Eigenwärme der Tiere gut ausgenutzt werden. Den heutigen Wohnkomfort jedoch erreichten die Höfe kaum (kalte Schlafräume). Um im Winter den Energieverlust durch Konvektion und Strahlung bei den Fenstern zu verringern, sind die Schwarzwaldhöfe stets mit sehr kleinen Fenstern ausgestattet worden. Umgekehrt haben die kleinen Fenster im Sommer bewirkt, dass nicht zu viel Sonnenlicht ins Innere dringen konnte.

Anfang der 70er Jahre waren die meisten Fenster in Deutschland noch einfach verglast. Ein Fenster mit einer Fläche von ca. 1 m<sup>2</sup> wies jährlich einen Energieverlust auf, der dem Energieinhalt von ca. 60 Litern Heizöl entsprach.

Wegen der Ölkrise wurden vermehrt doppelt verglaste Scheiben eingesetzt, die zu einer deutlichen Reduzierung der Wärmeverluste am Fenster führten. Moderne Fenster sind heute zusätzlich mit einem wärmeisolierenden Gas gefüllt, so dass nur ein Bruchteil der früheren Energiemenge verloren geht.

## **Zu Aufgabe 2:**

### **Lösung 2a:**

Man verwendete das aus Schilfrohr bestehende Reet als Dämmschicht.

### **Lösung 2b:**

Der Schutz vor Regen wird heute von Ziegeln gewährleistet. Heutige Dämmstoffe isolieren die Gebäude viel besser.

### **Erläuterungen zu Aufgabe 2a und 2b:**

In Großbritannien und an der Nordseeküste ist noch heute das Reetdach zu finden. Das verwendete Schilfrohr hat zwei Funktionen:

1. Bei Regen läuft das Wasser in Richtung der Schilfrohre nach außen weg.
2. Die vielen Hohlräume zwischen den Schilfrohren bewirkt eine gute Isolation.

Die Lebensdauer eines Reetdaches kann zwischen 30 und 50 Jahren betragen. Allerdings sind Reetdächer sehr brandgefährdet. So sind Feuerwerkskörper und Sylvesterraketen auf manchen nordfriesischen Inseln nicht erlaubt.

## **Zu Aufgabe 3:**

### **Lösung :**

Weil LEDs weniger Energie benötigen.

### **Erläuterungen:**

LEDs verbrauchen nur etwa ein Zehntel der Energie einer Glühlampe und haben gleichzeitig den Vorteil einer höheren Lebensdauer. Bei einer LED ist der Lichtstrom nahezu proportional zum Betriebsstrom, während bei einer herkömmlichen Glühlampe ein Großteil des Betriebsstroms, in Form von Wärme statt von Licht, verloren geht.

## Zu Aufgabe 4:



**Lösung :** 0,7 Liter

**Bemerkung zur Punktvergabe:**

Geben Sie den Punkt, außer wenn die Schätzung ganz unrealistisch ist!

**Erläuterung:**

Bei dieser Aufgabe sollen die Schüler eine Schätzung vornehmen. Sehr oft können Erwachsene und Jugendliche die für einen Vorgang notwendige Energiemenge nur sehr schlecht einschätzen.

Doch wer es im Unterricht noch einmal genauer beschreiben will:

Die Lageenergie (potentielle Energie) eines Körpers ist abhängig von seiner Masse und der Höhe über Grund. Sie wird mit der folgenden Formel berechnet:

$$E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h$$

[m = Masse (in kg), g = Erdbeschleunigung 9,81 m/s<sup>2</sup>, h = Höhe über Grund (in m)]

Wenn wir die vorgegebenen Werte in die Gleichung einsetzen, folgt:  $E_{\text{pot}} = 6000 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 65 \text{ m}$

$$E_{\text{pot}} = 3.825.900 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$$

Da  $1 \text{ N} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$  ist, folgt daraus:  $E_{\text{pot}} = 3.825.900 \text{ Nm}$

Ein Nm ist jedoch 1 Ws (Wattsekunde), so dass für das Hochziehen der Gondel um 65 m insgesamt ca. 3.825.000 Ws benötigt werden.

Ein Liter Normalbenzin enthält eine chemische Energie von ca. 30.960.000 Ws.

Die Menge an Normalbenzin erhalten wir, wenn wir  $E_{\text{pot}}$  durch diesen Wert dividieren:

$$3.825.900 \text{ Ws} : 30.960.000 \text{ Ws} = 0,125 \text{ (Liter)}$$

Da ein Automotor jedoch nur einen Wirkungsgrad von ca. 18 % hat, wird also nur ein Fünftel bis ein Sechstel der Energie auch ausgenutzt. Man würde also tatsächlich durchschnittlich 0,7 Liter benötigen.

## Zu Aufgabe 5:



**Lösung :**

Sie verhindern, dass das Haus im Winter bei Nacht auskühlt oder im Sommer tagsüber zu warm wird.

**Bemerkung zur Punktvergabe:**

Geben Sie den Punkt, außer wenn die Schätzung ganz unrealistisch ist!

**Erläuterung:**

Anfang der 70er Jahre waren die meisten Fenster in Deutschland noch einfach verglast. Ein Fenster mit einer Fläche von ca. 1 m<sup>2</sup> wies jährlich einen Energieverlust auf, der dem Energieinhalt von ca. 60 Litern Heizöl entsprach.

Wegen der Ölkrise wurden vermehrt doppelt verglaste Scheiben eingesetzt, die zu einer deutlichen Reduzierung der Wärmeverluste am Fenster führte.

Moderne Fenster sind heute zusätzlich mit einem wärmeisolierenden Gas gefüllt, so dass nur ein Bruchteil der früheren Energiemenge verloren geht.

## Zu Aufgabe 6:

S	A	M	J	D	B	V	E	U	S
B	O	V	S	X	Z	Ä	I	P	M
T	E	L	S	R	W	S	L	Ö	N
U	E	K	A	I	X	O	K	A	J
M	J	G	Q	R	M	N	B	Y	V
S	L	H	N	Z	Z	N	F	D	P
T	P	A	E	X	D	E	A	R	Z
Z	M	L	D	B	E	T	L	A	L
V	S	J	T	Y	R	M	X	L	S
E	B	N	M	A	J	D	U	T	E

Lösung 6a : Solarzellen

Lösung 6b: Sonne

Lösung 6c: Strom

Lösung 6d: kWh  
(Einheit der elektrischen Energie)

Lösung 6e: 2.445 kg



### Erläuterung:

Auf dem Universum der Energie befindet sich eine Photovoltaik-Anlage. Sie besteht aus Solarzellen und wandelt Lichtenergie der Sonne in elektrische Energie um. Hier wird also nicht wie bei einem Sonnenkollektor, Wasser aufgewärmt! Das Ablesen von Messwerten gehört zu den Kompetenzen, die im Physikunterricht vermittelt werden sollen. Die betrifft sowohl die Erfassung des Messwertes, wie auch die Erfassung der Maßeinheit. Da in diesem Beispiel mehrere Messwerte angezeigt werden, müssen die Schülerinnen und Schüler auch die jeweiligen Größen (elektrische Energie bzw. Menge des eingesparten CO<sub>2</sub>) und deren Einheiten kennen.

## Zu Aufgabe 7:

Lösung : 10 Stunden

Erläuterung: 1 kWh = 1.000 Wh; 1.000 Wh/100 W = 10 h

## Zu Aufgabe 8:

Lösung : Francis-Turbine

### Erläuterung:

Bei allen drei Turbinen handelt es sich um Wasserturbinen. Sie unterscheiden sich in ihrer Funktionsweise und werden je nach Fallhöhe des Wassers und Durchflussmenge eingesetzt.

**Pelton-Turbine:** Große Fallhöhe und vergleichsweise geringe Wassermenge

**Francis-Turbine:** mittlere Fallhöhe und mittlere Durchflussmenge

**Kaplan-Turbine:** Geringe Fallhöhe und hoher Durchfluss

## Zu Aufgabe 9:

Lösung : (1) Kugel – (2) Würfel – (3) Quader – (4) Haus mit Gaube

### Erläuterung:

Je kompakter ein Gebäude ist, desto günstiger ist seine Energiebilanz. Entscheidend hierfür ist das Verhältnis der Außenwandfläche zum beheizten Wohnraum. Daher hat ein besonders verwinkeltes Haus oder, wie in diesem Falle ein Haus mit Gaube, einen höheren Energieverlust als ein Quader oder eine Kugel mit geringerer Außenwandfläche. Dies erklärt auch, weshalb die Iglus der Inuits eine runde Form haben.

## Zu Aufgabe 10:

Lösung 10a: mit Benzin (meist Superkraftstoff)

Lösung 10b: Wasserstoff, Solarstrom, Hybridantriebe, ...

Lösung 10c: (2 Lösungen)

Weil die Erdölreserven und damit die Kraftstoffe verbraucht sein werden. Weil die heutigen Motoren zu viel CO<sub>2</sub> produzieren.



### Erläuterung zu Aufgabe 10a bis 10b:

Der Rennsport übt auf viele Schülerinnen und Schüler eine große Faszination aus. Für Zuschauer von Rennveranstaltungen stehen der Energieverbrauch der Fahrzeuge und deren Antriebe nicht im Mittelpunkt. Es ist Ziel dieser Aufgabe, sich über den derzeitigen Stand der Technik Gedanken zu machen, aber auch Perspektiven für die Mobilität in der Zukunft zu entwickeln. Denn die zur Neige gehenden Erdölvorkommen und der ansteigende Anteil von CO<sub>2</sub> (Klimawandel!) machen einen Technologiewandel notwendig!

## Zu Aufgabe 11:



**Lösung 11a:** Die Energie wird mit Hilfe von Schleifkontakten übertragen.

### Erläuterung zu Aufgabe 11a:

Auf den Schienen des EP-Express sind Leitungen angebracht. Über diese werden Schleifkontakte, die sich an der Unterseite des EP-Express befinden, gezogen. Schleifkontakte sind Stromabnehmer, die an beweglichen Teilen befestigt sind. Um einen Kontakt mit einer stromführenden Leitung zu schließen, werden die Schleifkontakte durch eine Feder angedrückt. Dadurch kann ein Stromfluss erzeugt werden, ohne dass eine feste Verbindung vorhanden ist.

**Lösung 11b:** Beim Eintritt in das Wasser

### Erläuterung zu Aufgabe 11b:

Wie bei den meisten Achterbahnen wird bei der Wasserattraktion „Poseidon“ nur zu Beginn der Fahrt Energie eingesetzt. Mit Hilfe von starken Elektromotoren werden die Boote auf den höchsten Punkt der Bahn gehoben. Den Rest macht die Gravitation der Erde! Durch das Anheben bekommen die Boote Lageenergie („potentielle Energie“), die nach Beginn der „Talfahrt“ in Bewegungsenergie („kinetische Energie“) umgewandelt wird. Der Reiz solcher Fahrten besteht natürlich darin, dass man die Bewegungsenergie zwischendurch wieder in Lageenergie umwandelt, um die Fahrzeuge wieder auf einen höheren Punkt zu bringen. Durch Reibung (Fahrzeug mit Fahrbahn und Luftwiderstand) verliert das Fahrzeug immer mehr an Energie, so dass die Bahnkurve immer flacher wird.

Bei der „Poseidon“ ist die größte kinetische Energie beim Eintreten in das Wasser vorhanden. Dann bremst das Fahrzeug ab und überträgt die Bewegungsenergie größtenteils auf das Wasser, das zur Freude der Insassen und Zuschauer, mit großer Gischt emporspritzt.

## Zu Aufgabe 12:



**Lösung 12a:** Wind bzw. Windenergie

**Lösung 12b:** Windmühle

### Erläuterung zu Aufgabe 12a und 12b:

Die Bereitstellung von Energie war eine wichtige Voraussetzung für die technologische und wirtschaftliche Entwicklung von Ländern. Dies kann auch aus der Sicht des Faches Geschichte einmal näher betrachtet werden. So konnten sich die landwirtschaftlich geprägten Gesellschaften der letzten Jahrhunderte erst dann richtig weiterentwickeln, als die Bereitstellung von Energie in den verschiedenen Formen möglich war. Die Elektrifizierung bzw. die Gewinnung von fossilen Brennstoffen, wie auch die Entwicklung von Energiemaschinen (Kraftfahrzeugmotoren, Elektromotoren etc.) waren unabhängig voneinander nicht möglich. Dies kann z. B. sehr

deutlich am Beispiel der Landwirtschaft gezeigt werden.

Die Nutzung regenerativer Energien ist jedoch keine neuzeitliche Entwicklung – im Gegenteil. Frühere Generationen nutzen die Energie aus Wind- und Wasserkraft schon sehr früh, nur mit einem wesentlich geringeren Wirkungsgrad.

## Zu Aufgabe 13:

**Lösung:** Weiße Farbe reflektiert das Licht besser. Die Häuser heizen sich daher nicht so stark auf.

### **Erläuterung:**

In den südlichen Regionen Europas ist im jährlichen Mittel die Sonneneinstrahlung sehr hoch. Daher heizen sich Gebäude dort in den warmen Jahreszeiten stark auf.

Weißer Oberflächen reflektieren Licht erheblich besser als schwarze oder farbige. Die Absorption von Licht ist bei schwarzen Flächen am höchsten. So heizen sich Autos mit schwarzer Lackierung bei Sonneneinstrahlung sehr stark auf und wurden daher in der Vergangenheit eher weniger genutzt. Erst seitdem auch Autos mit Klimaanlage ausgestattet werden können, nimmt der Anteil schwarz lackierter Fahrzeuge wieder zu. Aus ökologischer Sicht also eher ein Rückschritt!

## Zu Aufgabe 14:



### **Lösung 14a:** Solarzellen

(Wenn jemand „Batterien“ angibt, so kann man das auch werten, weil sicher ein paar von ihnen im Einsatz waren.)

### **Erläuterung zu 14a:**

Die Analyse von Anlagen, Maschinen und Geräten im Unterricht ist sehr reizvoll, scheitert jedoch oft am Fehlen von Originalen. Man behilft sich zumeist mit der bildlichen Darstellung. Im Europa-Park jedoch besteht für Schulklassen die einmalige Chance, reale Raumfahrttechnik selbst in Augenschein zu nehmen. Eine Trainingsversion, der vor einigen Jahren verglühten russischen Raumstation MIR, kann außen und innen intensiv begutachtet werden.

Raumfahrzeuge müssen energetisch autark sein, weil sie nicht mit den auf der Erde vorhandenen Energiesystemen verbunden werden können. Bestimmte Energieträger schließen sich aus, weil die dafür notwendigen Umgebungsbedingungen fehlen. So können Verbrennungsmotoren im luftleeren Weltraum nicht verwendet werden, außer man nimmt den für die Verbrennung notwendigen Sauerstoff in der Rakete mit. Für Langzeitmissionen im Weltall werden chemische Energieträger nur für den Antrieb von Raketen verwendet.

Elektrische Energie wurde auf der MIR durch große Solarzellenflügel erzeugt. Im Europa-Park sind die Flügel jedoch aus Platzgründen eingeklappt (siehe Abb.).

**Lösung 14b:** Erdumkreisungen: rund 91.091, zurückgelegte Strecke: 3.650.486.400 km

### **Erläuterung zu 14b:**

Die Formel zur Berechnung der Erdumkreisungen lautet:

$$\frac{\text{Geschwindigkeit der MIR} \times 5.511 \text{ Tage} \times 24 \text{ Stunden}}{\text{Erdumfang}}$$

Also:

$$\frac{27.600 \text{ km/h} \times 5.511 \times 24 \text{ h}}{40.075 \text{ km}} = 91.091,36 \text{ Erdumkreisungen}$$

Die Formel zur Berechnung der Strecke lautet:

$$\text{Geschwindigkeit der MIR} \times 5.511 \text{ Tage} \times 24 \text{ Stunden}$$

Also:

$$27.600 \text{ km/h} \times 5.511 \times 24 \text{ h} = 3.650.486.400 \text{ km}$$

## Zu Aufgabe 15:

**Lösung 15a:** Erdgas lagert tief unter der Erde und wird im eiskalten Sibirien von den GAZPROM-Mitarbeitern bei Temperaturen um die  $-40^{\circ}\text{C}$  gefördert.

**Lösung 15b:** 4 Mal würde das Netz um den 40.075 km langen Äquator passen.

**Lösung 15c:** a) 23 Atomkraftwerke, b) 55 Kohlekraftwerke

**Bemerkung zur Punktvergabe:** Geben Sie den Punkt, außer wenn die Schätzung sehr unrealistisch ist!

### **Erläuterung:**

Bei dieser Aufgabe sollen die Schüler eine Schätzung vornehmen. Sehr oft unterschätzen Erwachsene und Jugendliche den Energiegehalt von Erdgas und sein klimafreundliches Potenzial im Vergleich zu anderen fossilen Energieträgern wie Kohle und Atomkraft.

**Lösung 15d:** Bei dieser Aufgabe erhalten die Schüler Punkte für ihre rechnerischen Fähigkeiten. Russland verfügt mit über 44,4 Billionen Kubikmeter über die größten Erdgasreserven der Welt. Die nachgewiesenen Welterdgasreserven beliefen sich 2009 auf rund 187,5 Billionen Kubikmeter. 187,5 Billionen Kubikmeter entsprechen 100 Prozent. Mit einer Dreisatzrechnung kann ermittelt werden, wie viel Prozent 44,4 Billionen Kubikmeter entsprechen.  $(100\% \times 44,4 \text{ Billionen Kubikmeter}) / 187,5 \text{ Bill. m}^3 = \text{rund } 23,7\%$  Demzufolge hat Russland einen Anteil von rund 23,7 Prozent an den weltweiten Erdgasvorräten.

## Zu Aufgabe 16:

**Lösung:** Gesamtkapazität: 1.800 Personen/Stunde.

### **Erläuterung:**

Die Fahrt dauert 3 Minuten und 20 Sekunden, dies entspricht 200 Sekunden. Pro Stunde kann ein Zug also 18 mal fahren, denn:

$$\frac{3.600 \text{ sek.}}{200 \text{ sek.}} = 18$$

Diese Zahl wird nun mit den 5 Zügen und den 20 Personen, die pro Zug fahren können, multipliziert ( $18 \times 5 \times 20 = 1.800$ ).