

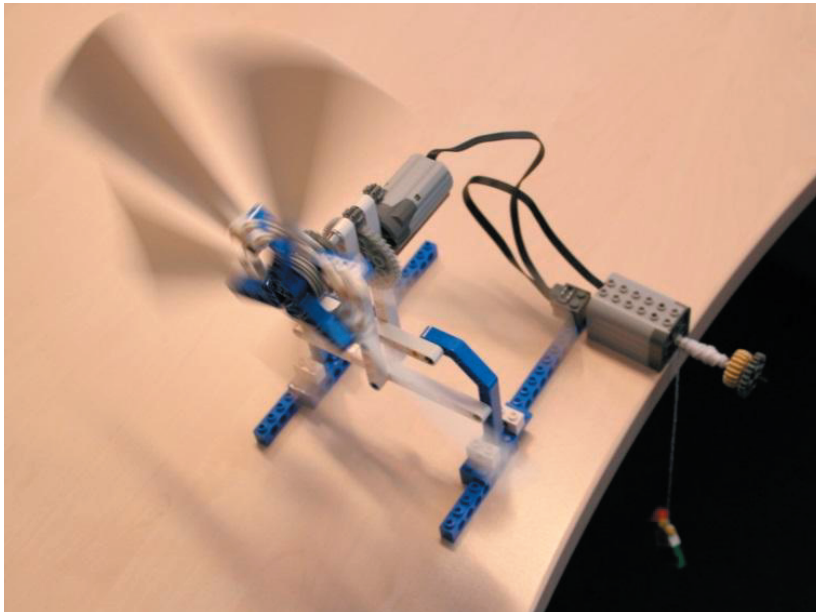
## Ph 15/68 T\_Online-Ergänzung

# Neue Wege zur Energie

Physikunterricht im Kontext Energiewende

////////////////////////////////////  
DAVID HADINEK – SUSANNE WESSNIGK – KNUT NEUMANN  
////////////////////////////////////

## Online-Ergänzung

**1 Aktivität: Windkraftanlage**

Zur Einführung in die Thematik, aber auch als wiederkehrender Anker über die Einheit hinweg, wird das Modell einer Windkraftanlage verwendet. Es soll deutlich machen, dass Prozesse genau dann ablaufen können, wenn entsprechend Energie vorhanden ist. An die Windkraftanlage ist ein Elektromotor angeschlossen, der eine Figur (oder einen anderen Gegenstand) nach oben zieht. Ein Ventilator wird wiederholt an- und ausgeschaltet, wodurch sich die Rotorblätter der Anlage drehen und die Figur mithilfe des Motors nach oben transportiert wird. Im Rahmen einer Diskussion mit den Schüler/innen wird der Zusammenhang zwischen dem Prozess (die Figur wird wie in einem Aufzug nach oben bewegt) und dem Auftreten von Energie (hier in Form von Wind- oder elektrischer Energie) hergestellt. An diese qualitative Betrachtung schließen sich die Versuche zur halbquantitativen Erforschung einzelner Energieformen an.

**Mögliche Impulse zur Diskussion**

- Welche Veränderungen können wir hier beobachten?
- Was passiert, wenn der Wind aufhört zu wehen?
- Was passiert, wenn ich die Kabelverbindung zum Motor trenne?

**Erwartungshorizont und Auswertung**

Die Schüler/innen beschreiben die Bewegung von Windrad und Figur und wie diese vom (durch den Ventilator erzeugten) Wind abhängt. Sie erkennen, dass sich die Figur nur dann nach oben bewegt, wenn der Ventilator betrieben wird. Möglicherweise identifizieren die Schüler/innen an dieser Stelle den Wind oder den Strom aus der Steckdose als Energie oder Energiequelle.

**2 Aktivität: Bewegungsenergie**

Diese Aktivität dient der Erarbeitung der Bewegungsenergie als Energieform im Rahmen einer Stationenarbeit. Für zwei Stationen wird jeweils eine Rollbahn mit Wagen sowie die dazugehörigen Massestücke benötigt. Zur Bestimmung der Geschwindigkeit mithilfe einer Stoppuhr sollten sich an der Rollbahn zwei Markierungen im Abstand von mindestens 50 cm befinden. Am Ende der Rollbahn wird eine Knetstange so positioniert, dass sie beim Aufprall des Wagens verformt wird und den Wagen dabei bis zum Stillstand abbremst. Form und Größe der Knetstange sollte bei den einzelnen Versuchsdurchführungen möglichst immer gleich sein. Bei der ersten Station (Geschwindigkeit) sollen die Schüler/innen den Wagen mehrmals unterschiedlich stark anstoßen und mit einer Stoppuhr die Zeit bis zum Aufprall messen. Beim Aufprall wird die Knete verformt. Es wird die verbleibende Länge gemessen und zusammen mit der Zeit vom Anstoßen des Wagens bis zum Aufprall notiert. Bei der zweiten Station (Masse) wird die Laufbahn schräg hingestellt, so dass der Wagen von alleine hinunterrollt. Die Schüler/innen prüfen mithilfe der Stoppuhr, dass die Zeit jeweils gleich ist. Hier wird nun die Masse (über die Massestücke) variiert. Die Länge der Knetstange nach dem Aufprall und die Masse werden notiert. Die Schüler/innen sollen erkennen, dass die Menge der Bewegungsenergie des Wagens (gemessen durch die Verformung der Knetstange) von der Geschwindigkeit und der Masse des Wagens abhängig ist.

**Mögliche Arbeitsaufträge**

Siehe die Stationskarten auf den folgenden Seiten.

**Erwartungshorizont und Auswertung**

Die Schüler/innen führen die Versuche durch und protokollieren die gewonnenen Daten in Tabellen. Die gewonnenen Daten werden anschließend grafisch ausgewertet – z.B. in einem vorbereiteten Diagramm an der Tafel (oder einer entsprechenden Software). In der folgenden Diskussion sollen die Schüler/innen erkennen, dass man einem Körper genau dann eine von Null verschiedene Bewegungsenergie zuschreibt, wenn er eine von Null verschiedene Geschwindigkeit besitzt und dass die Bewegungsenergie mit der Geschwindigkeit bzw. der Masse wächst. Es ist möglich, aber nicht notwendig, den überproportionalen Zusammenhang zwischen Energie und Geschwindigkeit zu thematisieren.

## 2 Experimente

Bei diesem Experiment sollt ihr an verschiedenen Stationen etwas über die sogenannte „Bewegungsenergie“ eines Gegenstandes herausfinden. Dazu stehen euch ein Wagen, eine Laufbahn, mehrere Massestücke, Knete und eine Stoppuhr zur Verfügung

### 2.1 Station *Bewegungsenergie*

Aufgabe: Lasst die Wagen gegen eure Knetstangen fahren und beobachtet, wie stark sich die Knete verformt. Die Verformung zeigt an, wie viel Bewegungsenergie im Wagen gesteckt hat. Eine genaue Beschreibung des Experiments findet ihr auf der nächsten Karte.

Wenn ihr mit beiden Experimenten fertig seid, diskutiert in der Gruppe folgende Fragen:

- Wann tritt Bewegungsenergie auf?
- Welche Beispiele gibt es aus dem Alltag, bei denen Bewegungsenergie auftritt?
- Fallen euch Beispiele ein, bei denen Bewegungsenergie im Zusammenhang mit „erneuerbarer Energie“ auftritt?
- Wann hat ein Gegenstand *keine* Bewegungsenergie?

## 2.2 Station *Geschwindigkeit*

Aufgabe: Bei dieser Station ändert ihr die Geschwindigkeit des Wagens. Ihr seht zwei Markierungen auf der Strecke. Der Wagen ist schneller, wenn er weniger Zeit für die Strecke zwischen den Markierungen benötigt. Um diese Zeit zu messen, liegt eine Stoppuhr bereit.

- Bereitet mehrere Knetstangen vor, die ihr an dem Stoppblock anbringen könnt!
- Lasst den Wagen mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten gegen die Knete fahren! Stoppt dabei mit der Stoppuhr die Zeit, die der Wagen von der ersten Markierung zur zweiten benötigt!
- Führt eine Versuchsreihe mit gleich geformten Knetstangen durch!
- Notiert in einer Tabelle, wie lange der Wagen gebraucht hat und wie weit die Knete jeweils eingedrückt wurde!

**2.3 Station Masse**

Aufgabe: Bei dieser Station ändert ihr die Masse des Wagens. Die Masse könnt ihr verändern, indem ihr mehr Massestücke auf den Wagen legt. Die Geschwindigkeit soll immer gleich bleiben. Dies ist der Fall, wenn der Wagen immer von der gleichen Höhe losgelassen wird. Überprüfe dies zunächst mit der Stoppuhr und führe dann das Experiment durch.

- Bereitet mehrere Knetstangen vor, die ihr an dem Stopblock anbringen könnt!
- Beladet den Wagen mit verschieden vielen Massestücken!
- Lasst den Wagen immer von ganz oben gegen die Knetstangen rollen!
- Führt eine Versuchsreihe mit gleich geformten Knetstangen durch!
- Notiert in einer Tabelle, wie schwer der Wagen war und wie weit die Knete jeweils eingedrückt wurde!

### 3 Aktivität: Pumpspeicherkraftwerk



Dieses einfache Modell eines Pumpspeicherkraftwerks soll die Energieumwandlung von elektrischer in Lageenergie und von Lageenergie in elektrische Energie verdeutlichen. Das Modell besteht aus zwei Kunststoffbehältern als oberes und unteres Bassin, Wasserschläuchen mit Verbindern und einer Flügelzellenpumpe mit Antrieb. Die Materialien sind kostengünstig im Baumarkt bzw. im Internet zu bekommen und kosten insgesamt weniger als 25 €. Optional kann anstelle der hier verwendeten Windkraftanlage als Generator auch ein Wassergenerator (ca. 10 €) verwendet werden. Der Versuch wird hier als Demonstrationsversuch durchgeführt, kann jedoch auch gut als Station im Rahmen einer Stationsarbeit eingesetzt werden. Um das Wasser aus dem unteren Bassin in das obere zu pumpen wird ein Akkuschauber verwendet. Die Schüler/innen sollen beobachten, dass die Höhe des Wassers zunimmt, während die Ladung des Akkus abnimmt. Beim Hochpumpen des Wassers wird also chemische Energie des Akkus in Lageenergie des Wassers umgewandelt. Ist das obere Bassin voll, kann der Ablauf geöffnet werden und das Wasser strömt wieder nach unten. Die Höhe des Wassers nimmt ab, die Geschwindigkeit nimmt zu. Lageenergie wird in Bewegungsenergie umgewandelt, die mittels des Windrades in elektrische Energie umgewandelt wird.

#### Mögliche Arbeitsaufträge

In einem Pumpspeicherkraftwerk wird Wasser in ein hoch gelegenes Becken gepumpt. Das Kraftwerk ist ans Stromnetz angeschlossen und funktioniert bei Energieüberschuss im Netz als Abnehmer und bei Mangel als Lieferant von Energie. Beschreibe, was aus energetischer Sicht passiert, also welche Energieformen an diesem Prozess beteiligt sind und wie sie sich verändern.

Vielleicht helfen dir folgende Fragen beim Beantworten der Fragestellung:

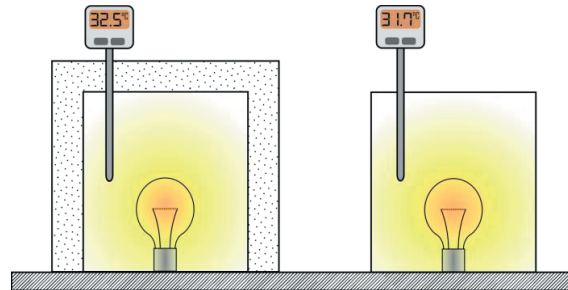
- Welche Energieformen beobachtest Du?
- Wie verändern sich diese Energieformen?
- Welche Energieformen werden wie ineinander umgewandelt?



**Erwartungshorizont und Auswertung**

Die Schüler/innen beschreiben den Prozess der Energieumwandlung. Sie identifizieren die relevanten Energieformen anhand bestimmter Indikatoren, in diesem Fall Lageenergie (das Wasser verändert seine Höhe), Bewegungsenergie (das Wasser und die Pumpen- bzw. Generator Teile bewegen sich) elektrische Energie (umgewandelt aus der chemischen Energie des Akkus und später als „gewonnene“ Energie durch den Generator) sowie ggf. chemische Energie des Akkus (häufig über eine Ladestandsanzeige erkennbar). In der Diskussion sollte ein Bezug zur Realität hergestellt und die Unterschiede zwischen Modell und Realität herausgearbeitet werden. Dort wird die Energie nicht vor Ort genutzt, sondern in das Netz eingespeist und auch für das Hochpumpen aus dem Netz entnommen.

#### 4 Aktivität: Modellhäuser



Zur Beobachtung von Energieentwertungsprozessen wird ein Versuch mit zwei Modellhäusern eingesetzt. Diese Modellhäuser bestehen je aus einem Quader der Größe  $10 \times 10 \times 15 \text{ cm}^3$  mit dünnen, festen Wänden, etwa Holz- oder Metallplatten. Eines der Modellhäuser verfügt außen zusätzlich über eine dicke Schicht Styropor. In beiden Modellhäusern befindet sich eine Glühlampe. Die Glühlampen werden zeitgleich eingeschaltet und leuchten für zwei Minuten, sodass sich die Temperatur in beiden Modellhäusern deutlich erhöht. Dann werden beide Lampen abgeschaltet. Nachdem die Lampen abgeschaltet wurden, wird 5 Minuten lang alle 60 Sekunden die Temperatur in beiden Modellhäusern gemessen und notiert. Die Schüler/innen sollen beobachten, dass die Temperatur in beiden Modellhäusern zunächst steigt (Achtung: Es kann vorkommen, dass die Temperatur im isolierten Haus zunächst weniger schnell steigt, da der Klebstoff gerade bei sehr dünnen Wänden die Wärmekapazität zusätzlich erhöht. Nach ca. 2 Minuten sollte die Temperatur jedoch ähnlich sein). Beim Abkühlen kann beobachtet werden, dass sich das isolierte Haus deutlich langsamer abkühlt. Da die beiden Lampen identisch sind und gleich lang betrieben wurden, wurde die gleiche Menge Wärmeenergie in beide Häuser übertragen. Dies zeigt sich in einer annähernd gleichen Temperatur. Am Ende der Messzeit ist die Temperatur im nicht isolierten Haus geringer, es muss also mehr Energie an die Umgebung übertragen worden sein. Dieser Prozess ist nicht reversibel und für ein erneutes Aufheizen der Häuser wird wieder elektrische Energie benötigt. In beiden Fällen wurde also die Energie entwertet.

#### Mögliche Arbeitsaufträge

Siehe die Arbeitsmaterialien für die Schüler/innen auf den folgenden Seiten.

#### Erwartungshorizont und Auswertung

Die Schüler/innen beobachten das Ansteigen der Temperatur während der Heizphase. Durch die Lampen wird also elektrische Energie in Wärmeenergie umgewandelt. Nachdem die Lampen ausgeschaltet sind, beobachten die Schüler/innen, dass die Temperatur in beiden Häusern sinkt. Es muss also Wärmeenergie an die Umgebung übertragen werden. Die Schüler/innen schließen aus den Daten, dass das isolierte Haus aufgrund des langsameren Temperaturrückgangs die Wärmeenergie langsamer an die Umgebung überträgt. Die Frage nach der Nutzung soll die Schüler/innen zu der Erkenntnis anregen, dass die an die Umgebung übertragene Wärmeenergie zu einem so geringen Temperaturanstieg führt, dass eine Nutzung technisch faktisch nicht möglich ist. Die Frage nach der Temperaturregelung zielt darauf, dass im Fall des nicht isolierten Hauses (pro Zeit) mehr elektrische Energie in Wärmeenergie umgewandelt werden muss als im Fall des isolierten Hauses. In der Folge wird also mehr Energie entwertet.

**4.1 Arbeitsblatt Modellhäuser**

Du siehst zwei Modellhäuser. Setze das jeweilige „Dach“ auf und schalte die „Heizung“ für etwa zwei Minuten an, bis die Temperatur merklich gestiegen ist. Miss dann einmal pro Minute die Temperatur in beiden Häusern und trage die Werte in die Tabelle ein:

Zeit:	Temperatur Haus 1	Temperatur Haus 2
0 Minuten		
1 Minute		
2 Minuten		
3 Minuten		
4 Minuten		
5 Minuten		

Wie verändert sich die Energie der Modellhäuser während der Heizphase?

---



---

Was passiert in der Abkühlphase mit der Energie der Modellhäuser? Steht diese Energie noch für eine weitere Nutzung zur Verfügung?

---



---

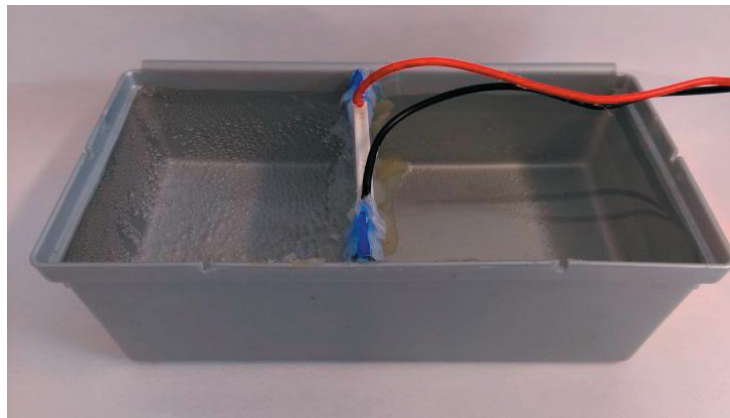
Was müsste getan werden, damit in den Modellhäusern immer die gleiche Temperatur herrscht? Wie unterschieden sich die Modellhäuser? Bei welchem der beiden Modellhäuser wird in der gleichen Zeit mehr Energie „entwertet“?

---



---

## 5. Aktivität: Kältemaschine



In einfachen Campingkühlboxen werden zur Kühlung Peltier-Elemente verwendet. In diesem Versuch wird ein Peltier-Element so in einen kleinen Behälter eingesetzt, dass zwei Kammern entstehen. Beide Kammern werden mit Wasser befüllt. Mit Hilfe zweier Thermometer wird jeweils die Temperatur des Wassers in den beiden Kammern gemessen. Dann wird das Peltier-Element aktiviert. Die Temperatur in der einen Kammer steigt, die in der anderen sinkt. Offensichtlich wird durch das Peltier-Element Wärmeenergie von einer Kammer in die andere übertragen. Dies geschieht unter Aufwendung elektrischer Energie. Nach einiger Zeit sinkt die Temperatur in der entsprechenden Kammer nicht weiter. Hier finden verschiedene zu berücksichtigende Prozesse statt: der Transport von Wärmeenergie von der kalten auf die warme Seite, die Umwandlung von elektrischer Energie in Wärmeenergie und der Austausch von Wärmeenergie mit der Umgebung. Hier ist darauf zu achten, dass die Energie auch nachdem die Wärmeenergie durch das Peltier-Element gepumpt wurde nicht vernachlässigt wird, da sie wieder zurück auf die kalte Seite fließt. Auch aus der Umgebung wird Wärmeenergie auf die kalte Seite übertragen und von der warmen Seite an die Umgebung abgegeben. Die Intensität beider Prozesse steigt mit der Temperaturdifferenz, sodass nach einiger Zeit der Rückfluss der Wärmeenergie pro Zeiteinheit der durch das Peltier-Element übertragenen Wärmeenergie in dieser Zeiteinheit entspricht. Aus einer genauen Betrachtung dieser Vorgänge lässt sich dann erklären, warum die Temperatur auf der kalten Seite irgendwann nicht mehr sinkt.

### Mögliche Arbeitsaufträge

Siehe die Arbeitsmaterialien für die Schüler/innen auf den folgenden Seiten.

### Erwartungshorizont und Auswertung

Die Schüler/innen beobachten, dass die Temperatur in der einen Kammer abnimmt, während die Temperatur auf der anderen Seite zunimmt. Aus den vorangegangenen Stunden ist bekannt, dass sich hierbei die Wärmeenergie auf der kalten Seite verringert, während sie sich auf der warmen Seite erhöht. Die Schüler/innen schließen also, dass Wärmeenergie von der kalten Kammer in die warme übertragen wird. Sie identifizieren die von der Umgebung an die gekühlte Kammer übertragene Wärmeenergie, deren Fluss mit der steigenden Temperaturdifferenz ebenfalls ansteigt, als Ursache für das Gleichbleiben der Temperatur. Starke Schüler/innen können hier auch die zusätzlich aus der elektrischen Energie umgewandelte Wärmeenergie als relevante Energiemenge identifizieren.

**5.1 Arbeitsblatt Kältemaschine**

Du siehst ein Bauteil, welches eine Seite der Kammer abkühlen und die andere erwärmen kann, wenn man es mit elektrischer Energie versorgt.

Wie verändert sich die Wärmeenergie in der gekühlten Kammer? Wie die in der erwärmten Kammer? Was passiert also mit der Energie?

---

---

Warum sinkt die Temperatur in der gekühlten Kammer irgendwann nicht weiter?

---

---

Welche beiden Energien machen gemeinsam die Menge der Wärmeenergie aus, die auf der warmen Seite ankommt?

---

---