

Warum hören Bewegungen nicht auf?

Ein an Alltagsvorstellungen orientierter Einstieg in den Themenkomplex Energie

Von Susanne Weßnigk und Knut Neumann

KLASSE:	6/7
SCHULFORM:	alle
ZEITUMFANG:	eine Schulstunde
THEMA:	Energie
METHODE:	vorwissensaktivierend, erarbeitendes Unterrichtsgespräch über erwartungswidriges Verhalten zweier Experimente
SOZIALFORM:	Gruppenarbeit mit Arbeitskarten
WEITERE MATERIALIEN:	Eine einfache Bauanleitung für die „eigenwillige Dose“ kann angefordert werden bei: s.wessnigk@ipn.uni-kiel.de

Bei der Planung von Unterricht ist der Einstieg in ein neues Thema oft am schwierigsten. Er soll zugleich Interesse wecken, auf vorhandenen Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler aufbauen und nicht zuletzt die Grundlagen für die Entwicklung eines tieferen Verständnisses legen. Dies ist umso schwerer, je komplexer und abstrakter die Thematik ist – wie z. B. im Falle des Themenkomplexes Energie.

Energie ist nicht nur ein zentrales Konzept der Naturwissenschaften, sondern spielt auch in unserem Alltag eine wichtige Rolle. Bei der Erklärung naturwissenschaftlicher Phänomene kommt der Betrachtung der Energiebilanz, d. h. der Analyse der komplexen Vorgänge von Energieumwandlung, -transport und -entwertung sowie der Prämisse der Energieerhaltung, häufig eine besondere Bedeutung zu [1]. Dabei fällt Schülerinnen und Schüler gerade das Verständnis des abstrakten Prinzips der Energieerhaltung schwer [2].

Hinzu kommt, dass die vielen verschiedenen Kontexte, in denen Energie im Alltag eine Rolle spielt, dazu führen,

dass die Schülerinnen und Schüler mit den unterschiedlichsten Vorstellungen von Energie in den Unterricht kommen. Guter Unterricht muss an diese Vorstellungen und damit die Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler anknüpfen [3]. Dabei stehen die in lebensweltlichen, gesellschaftspolitischen oder wirtschaftlichen Kontexten entwickelten Vorstellungen oft nicht im Einklang mit dem naturwissenschaftlichen Verständnis von Energie. Sie können nicht ohne weiteres in fachlich korrekte Konzepte überführt werden [4].

Dies stellt Lehrkräfte bei der Planung des Einstiegs in den Themenkomplex Energie vor eine besondere Aufgabe: Wie lassen sich die Schülerinnen und Schüler für die abstrakte Thematik begeistern? Und: Mit welchem Aspekt sollte ein so komplexes Konzept angegangen werden? Alltagskontexte können zwar das Interesse der Schülerinnen und Schüler wecken, aktivieren aber auch entsprechende Alltagsvorstellungen. Wie lässt sich aus den so vielfältigen Alltagsvorstellungen ein wissenschaftliches Verständnis entwickeln?

Die Frage, was eine Bewegung aufrechterhält, als Unterrichtseinstieg

Der in diesem Beitrag vorgestellte Einstieg in den Themenkomplex Energie wählt einen Zugang über die Frage, warum manche Bewegungen nicht aufhören. Er knüpft damit unmittelbar an die lebensweltlichen Erfahrungen der Schülerinnen und Schüler an: Man muss etwas tun, um eine Bewegung aufrechtzuerhalten.

Aus diesen lebensweltlichen Erfahrungen resultiert bei Schülerinnen und Schülern oft die Vorstellung, dass Energie

verknüpft ist mit der Fähigkeit, selbst aktiv werden zu können, oder dass Energie eine Art universeller Treibstoff ist. Diese Vorstellungen müssen bei der Einführung des Energiebegriffs berücksichtigt werden. Dabei sollen die – für bestimmte Kontexte ja durchaus angemessenen Vorstellungen – nicht einfach durch eine adäquatere Vorstellung ersetzt, sondern in eine wissenschaftliche entwickelt werden.

In diesem Zusammenhang wäre es zum Beispiel erfolgsversprechender, mit den Schülerinnen und Schülern zu erarbeiten, dass der scheinbare Verbrauch von Energie durch die Abnahme des Nutzwerts zustande kommt. Entsprechend sollen die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler von Energie als Fähigkeit, aktiv zu sein, bzw. Energie als universellem Treibstoff in eine wissenschaftlich angemessenere Vorstellung von Energie entwickelt werden.

Dabei nutzt der Einstieg die Alltagsvorstellungen der Schülerinnen und Schüler sozusagen als „Sprungbrett“. In zwei Demonstrationsexperimenten wird den Schülerinnen und Schülern zunächst – ganz erwartungskonform – demonstriert, dass ein in Bewegung versetzter Körper unter normalen Bedingungen (d. h. bei vorliegender Reibung) nach einiger Zeit stehenbleibt. Bei einer Wiederholung der Experimente wird den jeweiligen Körpern nun kontinuierlich Energie zugeführt, so dass sie in Bewegung bleiben.

Durch die scheinbare Widersprüchlichkeit sollen die Schülerinnen und Schüler zu einer Auseinandersetzung mit der im Folgenden aufzuwerfenden Frage motiviert werden. Diese lautet:

- „Warum bewegen sich die Körper weiter?“
- Durch diese Vorgehensweise werden die vorhandenen Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler aktiviert.

Eine anschließende Diskussionsphase schafft die Möglichkeit einer Elaboration der verschiedenen Vorstellungen. Diese Phase soll in der Frage kumulieren:

- „Was muss man tun, damit sich die Körper weiterbewegen?“

In der Folge wird das Energiekonzept eingeführt. Grundlage dafür bildet die Erkenntnis aus der naturwissenschafts-didaktischen Forschung: Das Verständnis von Energie entwickelt sich ausgehend von den beschriebenen Alltagsvorstellungen entlang der hierarchisch geordneten Sequenz von vier Konzeptualisierungen:

1. Energie kann in verschiedenen Formen auftreten und aus verschiedenen Quellen kommen.
2. Energie kann von einer Erscheinungsform in eine andere umgewandelt werden oder von einem Ort zu einem anderen transportiert werden.
3. Energie wird bei jedem Umwandlungs- und Transportprozess entwertet, obwohl
4. die Gesamtenergie eines Systems immer erhalten bleibt [5].

Aus fachdidaktischer Sicht erscheint es daher sinnvoll, ausgehend vom vorhandenen Vorwissen zunächst die Vorstellung, dass Energie in verschiedenen Formen auftreten bzw. aus verschiedenen Quellen kommen kann, zu erarbeiten, um daraus eine Vorstellung von Energieumwandlung und -transport zu entwickeln.

Im Rahmen des hier vorgestellten Einstiegs sollen die Schülerinnen und Schüler ihre Alltagsvorstellungen über Energie als Aktivität bzw. als universellem Treibstoff vor allem dadurch weiterentwickeln, dass sie erkennen, dass einem Körper, der sich bewegt, Energie in ganz verschiedener Form zugeführt werden kann. Diese Energie kann zudem aus ganz unterschiedlichen Quellen stammen.

Anhand von **Arbeitskarten** (s. S. 20–21) sollen die Schülerinnen und Schüler verschiedene Erscheinungsformen bzw. Quellen (Bewegungsenergie, Lageenergie, Spannenergie, Wärme, Lichtenergie, chemische Energie) erkennen und charakterisieren. Dadurch wird auch berücksichtigt, dass manche Schülerinnen und Schüler vielleicht schon mit dem Energiekonzept, d. h. verschiedenen Energieformen oder -quellen, vertraut

sind (z. B. durch den Unterricht in der Grundschule).

Schließlich legt der Einstieg die Grundlagen für den weiteren Ausbau des Energieverständnisses der Schülerinnen und Schüler und bietet die Möglichkeit eines nahtlosen Übergangs zu Energieumwandlungen, wenn an ausgewählten Phänomenen die Veränderung von Energieformen deutlich gemacht wird.

Der Einstieg in den Themenkomplex Energie konkret

Benötigte Materialien

solarbetriebenes Karussell¹⁾, Lichtwippe²⁾, **Arbeitskarten** (s. S. 20–21)

Voraussetzungen

Für die vorliegende Unterrichtseinheit zur Einführung des Energiebegriffs müssen die Schülerinnen und Schüler keine bestimmten Voraussetzungen mitbringen. Sie sollten aber über Erfahrungen im Bereich Gruppenarbeit und Präsentation verfügen.

Zielsetzung

Diese Unterrichtsstunde soll die Lernenden an das Thema Energie heranzuführen und Energie als physikalisches Basiskonzept einführen.

In diesem Kontext sollen die Jugendlichen erkennen, dass Energie zugeführt werden muss, damit eine reale Bewegung (bei der Reibung vorhanden ist) nicht zum Stillstand kommt.

Des Weiteren sollen die Lernenden verstehen, dass die Energie in unterschiedlichen Formen zugeführt werden kann. Diese erarbeiten die Schülerinnen und Schüler anhand von **Arbeitskarten** (s. S. 20–21).

Mittelfristig soll verstanden werden, dass die beobachteten Phänomene mit der Veränderung der Erscheinungsform der Energie bzw. mit Energietransfer einhergehen.

Beschreibung des Unterrichtseinstiegs

Das erste Experiment besteht aus einem solarbetriebenen Karussell, bei dem die Solarzelle zunächst abgedeckt ist (s. **Kasten 1**). Das zweite Experiment ist die sog. Lichtwippe, bei der die Kerze zunächst nicht angezündet wird (s. **Kasten 1**).

Beide Experimente werden vorne – gut sichtbar für alle Schülerinnen und Schüler – aufgebaut. Die Schülerinnen und Schüler werden gefragt, was sie erwarten, wenn

- das Karussell angestoßen wird und
- der Holzklöppel der Lichtwippe einmal ausgelenkt wird.

Dann wird das Karussell angestoßen. Erwartungsgemäß fängt es an, sich zu drehen und bleibt nach kurzer Zeit stehen. Ebenfalls erwartungskonform klappt die Wippe wieder zurück, wenn der Holzklöppel einmal ausgelenkt wird.

Nun wird die Solarzelle aufgedeckt und die Kerze angezündet. Dabei ist zu beachten, dass sich das Karussell nur dreht, wenn es angestoßen wird. Nach dem Anstoßen soll es sich alleine durch den Lichteinfall weiter bewegen.³⁾ Die Experimente werden ein zweites Mal durchgeführt und die Schülerinnen und Schüler können beobachten, dass die Bewegungen diesmal nicht gleich wieder aufhören, sondern weiterlaufen (s. a. **Kasten 1**).⁴⁾

Nun sind die Schülerinnen und Schüler gefordert. Sie sollen die Frage „Warum bewegen sich die Körper weiter?“ beantworten. An dieser Stelle wird erwartet, dass von einigen Schülerinnen und Schülern lediglich die Solarzelle bzw. die Kerze genannt wird, während andere schon ein Erklärungsmodell liefern (wie z. B. wenn Licht auf die Solarzelle fällt, fließt Strom ...).

Aus diesen ersten Schülervorstellungen heraus leitet die Frage „Was muss man tun, damit sich die Körper bewegen und nicht stehen bleiben?“ auf die Einführung des Energiekonzepts über:

„Einem Körper muss Energie zugeführt werden, wenn die Bewegung nicht zum Stillstand kommen soll und sich der Körper weiter bewegen soll. Körper, die sich bewegen, besitzen Bewegungsenergie.“

(Diese Aussagen können als Merksätze an die Tafel übernommen werden.)

Mit der Einführung des Begriffs bietet es sich auch an, kurz (evtl. in Form eines „Blitzlichts“, vgl. zum Beispiel mit [6]) auf Energie im Alltag und im gesellschaftlichen Kontext einzugehen. Dies soll zusätzlich die Relevanz des Themas unterstreichen und den Schülerinnen und Schülern verdeutlichen, wie wichtig die folgende Auseinandersetzung mit der Thematik ist.

Experimente zum Thema Energie

Experiment 1: Solarbetriebenes Karussell

Material

400 mA Solarzelle, Solarmotor, Drehkörper wie z. B. ein Karussell

Durchführung

Das Karussell wird angestoßen.

Beobachtung

Mit dem Anstoß beginnt es, sich zu drehen. Es dreht sich immer weiter.



Experiment 2: Die Lichtwippe

Material

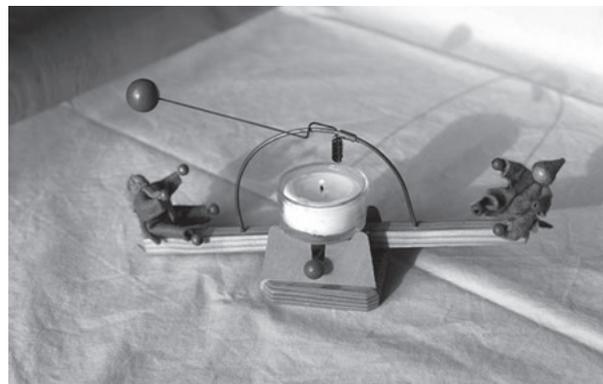
Lichtwippe (erhältlich z. B. bei Spielzeug Kraul)

Durchführung

Die Kerze wird angezündet.

Beobachtung

Die Wippe bewegt sich, der Klöppel schlägt immer hin und her. Die Bewegung hört nicht auf, solange die Kerze brennt.



In der anschließenden Erarbeitungsphase erhalten die Schülerinnen und Schüler zunächst die Information, dass einem sich bewegenden Körper Energie in verschiedener Form zugeführt werden kann, um die Bewegung aufrechtzuerhalten.

Diese Energieformen sollen in Gruppenarbeit herausgearbeitet werden. Dafür erhält jede Gruppe den gleichen Stapel an **Arbeitskarten** (s. Kopiervorlage auf S. 20–21). Auf den Arbeitskarten sind sieben verschiedene Energieformen bzw. -quellen grafisch dargestellt, die alle einen Alltagsbezug haben und dadurch das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler aktivieren.

Die Aufgabe der Jugendlichen ist es, die Karten zu gruppieren. Dabei muss der Hinweis gegeben werden, dass nicht alle Gruppen gleich groß sind. Des Weiteren sollen die Schülerinnen und Schüler die Charakteristika der jeweiligen Gruppen nennen bzw. herausarbeiten, nach welchen Merkmalen sie

ihre Gruppen gebildet haben. Über die Gruppierung der Arbeitskarten und die Herausarbeitung der Merkmale sollen dann die spezifischen Energieformen eingeführt werden:

- Bewegungsenergie,
- Lageenergie,
- Spannenergie,
- elektrische Energie,
- chemische Energie,
- Lichtenergie,
- Wärme.

Insgesamt gesehen treffen die Schülerinnen und Schüler damit in bekannten Kontexten auf das neue Konstrukt Energie.

In der anschließenden Auswertungsphase werden die Gruppenergebnisse präsentiert und diskutiert (das Ergebnis kann z. B. als Mindmap auf einem großen Plakat sichtbar für alle in der gesamten Unterrichtseinheit festgehalten werden). Die verschiedenen Energieformen werden zusätzlich als Merksätze im Heft festgehalten.

Hinweise zum Material

- *Bewegungsenergie*: Balancieren über Baumstamm, im Schwimmbad eine Bahn schwimmen, im Sportunterricht 100 m laufen, auf einem Garagenhof Waveboardfahren
 - *Lageenergie*: im Wald oben auf einem Hochsitz, im Schwimmbad oben auf einem Sprungturm, im Sportunterricht ein Tau hochgeklettert, auf einem Garagenhof oben auf einer Garage
 - *Spannenergie*: auf einem Federtier stehen, einen Expander ziehen, beim Bogenschießen einen Bogen spannen, einen Kugelschreiber drücken
 - *Elektrische Energie*: Monozelle, Flachbatterie, Steckdose, Strommast
 - *Chemische Energie*: Banane, Schokoriegel, Energydrink
 - *Strahlungsenergie und Wärme*: Kerze, Lagerfeuer, Heizungskörper, Glühlampe, Sonne
- In Bezug auf Lichtenergie und Wärme könnten die Schülerinnen und Schüler

auf die Idee kommen, einige Karten beiden Formen zuzuordnen. Über diese nicht ganz eindeutige Zuordnung in eine Diskussion zu kommen, ist erwünscht. Es kann insofern Vorsorge getroffen werden, dass die Lehrkraft für diesen Fall doppelt kopierte Arbeitskarten parat hat. So können bestimmte Karten auch verschiedenen Energieformen zugeordnet werden (z. B. kann die Kerze in die Gruppe Lichtenergie und in die Gruppe Wärme eingeordnet werden). Dies kann in der beschriebenen Stunde oder auch in einer der folgenden aufgegriffen werden. Dasselbe gilt für die Karten „Balancieren über einen Baumstamm“ (kinetische Energie oder auch Lageenergie), „Federtier“ (Spannenergie oder auch Lageenergie).⁵⁾

Der folgende Unterricht im Überblick

In den folgenden Unterrichtsstunden bietet sich die Thematisierung von Umwandlungsprozessen an. Dadurch wird der Umgang mit den Energieformen gefestigt.

Aufgrund der Befunde der fachdidaktischen Forschung zum Energieverständnis ist der nächste konsequente Schritt die Entwicklung der Konzeptualisierung von Energieumwandlung und -transfer. Für die Beschreibung von Umwandlungsprozessen ist keinesfalls eine Mathematisierung notwendig. Vielmehr kann eine abstraktere mathematische Betrachtung im Rahmen von Bilanzierungsprozessen erst später mit der Einführung der Energieerhaltung vorgenommen werden. Durch diese Vorgehensweise wird verhindert, dass Energie zu früh, ohne jedes Verständnis warum, auf eine Bilanzierungsgröße reduziert wird.

Konkret sollen die Schülerinnen und Schüler Umwandlungsprozesse explorieren. Es gibt zahlreiche Experimente und Phänomene, an denen Umwandlungen zwischen den eingeführten Energieformen behandelt werden können. Man denke an eine Weihnachtspyramide, das Muckenfuß-DynaMot oder ein Aufziehauto. Auch die Lichtwippe in **Kasten 1**, der Schluckspecht⁶⁾, die eigenwillige Dose⁷⁾ oder das solarbetriebene Karussell (s. **Kasten 1**) bieten sich an. Zusätzlich zu

den Experimenten könnten auch Abbildungen wie z. B. ein Stabhochspringer verwendet werden.⁸⁾

Methodisch bietet sich ein Stationenlernen an. Die **Arbeitskarten** (s. Kopiervorlage auf S. 20–21) können beim Lernen an Stationen für das Legen von Energieflussdiagrammen genutzt werden. Dabei könnten sich die Schülerinnen und Schüler beispielsweise im Vorfeld einigen, welches Symbol jeweils stellvertretend für eine bestimmte Energieform verwendet werden soll.

Im weiteren Verlauf der Unterrichtseinheit wäre es denkbar, mit den Schülerinnen und Schülern auch das Konzept der Energieentwertung anzureißen – z. B. mit der Frage, warum Bewegungen überhaupt zum Stillstand kommen und was mit der (Bewegungs-)Energie dabei passiert.

Ausgehend von diesen Betrachtungen kann in höheren Jahrgängen durch die systematische Analyse von Entwurfsprozessen schließlich das Prinzip der Energieerhaltung entwickelt werden [7].

Fazit

Durch diesen Unterrichtseinstieg in die Thematik Energie sind die Schülerinnen und Schüler, aufbauend auf die Beobachtung von erwartungskonformem und erwartungswidrigem Verhalten, quasi nebenbei mit verschiedenen Energieformen in Kontakt gekommen (*Solarkarussell*: Lichtenergie, elektrische Energie, Bewegungsenergie; *Lichtwippe*: chemische Energie aus dem Kerzenwachs, Wärme, Spannenergie durch die unterschiedliche Ausdehnung der beiden Metalle im Bimetall⁹⁾, Bewegungsenergie, Lageenergie).

Die sich daraus ergebende Frage „*Wie kann eine Bewegung am Laufen gehalten werden?*“ führt zum Energiebegriff hin. Die Alltagssituationen, die auf den **Arbeitskarten** dargestellt sind, werden als Ausgangspunkt für die Erarbeitung der verschiedenen Energieformen und ihrer Merkmale verwendet.

Im weiteren Verlauf erfolgt die Auseinandersetzung mit verschiedenen Umwandlungsprozessen, zu deren Beschreibung die **Arbeitskarten** erneut eingesetzt werden können.

Anmerkungen

- 1) Die Bauteile sind z. B. zu beziehen bei www.niils-isfh.de.
- 2) Die Lichtwippe ist z. B. bei Spielzeug Kraul zu beziehen.
- 3) Dies lässt sich nach eigenen Erfahrungen gut realisieren, indem der Raum im Zweifelsfall etwas abgedunkelt wird.
- 4) Durch die Wahl der komplexeren Experimente, bei denen die Jugendlichen schon quasi nebenbei auf verschiedene Energieformen treffen, wird vermieden, dass Energie immer nur mit Mechanik oder Elektrik in Verbindung gebracht wird.
- 5) Variation: Anstatt der oben geplanten umfassenden Einführung in sieben verschiedene Energieformen wäre es auch denkbar, mit einer deutlich eingeschränkten Zahl von Energieformen zu arbeiten. Bei einer eher leistungsschwachen Klasse ist auch eine Beschränkung auf Bewegungsenergie und Lageenergie denkbar. Der vorgestellte Unterrichtseinstieg wurde aber bewusst vielfältiger gewählt, damit die Schülerinnen und Schüler den Energiebegriff nicht nur mit der Mechanik verbinden.
- 6) Eine fachlich sehr umfassende Analyse des Bewegungsprozesses ist in Jahrgang 6 oder 7 noch nicht möglich. Es kann jedoch verdeutlicht werden, dass Energie umgewandelt wird.
- 7) „Die eigenwillige Dose“ ist ebenfalls ein Experiment, das erwartungswidrig verläuft. Dieses einfach aus Haushaltutensilien zusammengebaute Experiment besteht im Wesentlichen aus einer Chipsdose. Wird diese angestoßen, rollt sie zunächst in eine Richtung, dann kommt es zu einer Richtungsänderung und die Dose rollt hin und her. Anhand des Experiments kann gezeigt werden, dass es durch Zuführung von Energie auch zu einer gewissen Eigenartigkeit einer Bewegung kommen kann. Das Experiment könnte als Einstieg in die Thematik Umwandlungsprozesse dienen. Eine Bauanleitung (sehr einfach mit Haushaltutensilien) kann angefordert werden: s.wessnigk@ipn.uni-kiel.de
- 8) Für weitere Ideen zu Umwandlungsprozessen siehe auch NiU Physik 101.
- 9) Ein Teil der Wärme ist in Form von Spannenergie verfügbar.

Literatur

- [1] Duit, R.: Energie. Ein zentraler Begriff der Naturwissenschaften und des naturwissenschaftlichen Unterrichts. In: NiU Physik 18 (2007), Nr. 101, S. 4–7.
- [2] Duit, R.: Der Energiebegriff im Physikunterricht. Kiel: IPN, 1986.
- [3] Meyer, H.: Was ist guter Unterricht? Berlin: Cornelsen Scriptor, 2005 (3. Aufl.).
- [4] Muckenfuß, H.: Das Basiskonzept Energie im Elektrizitätsunterricht der Sekundarstufe I. – <http://www.na-hessen.de/downloads/09n119vortragsskript.pdf> [26.11.2013].
- [5] Neumann, K.; Viering, T.; Boone, W. J.; Fischer, H. E.: Towards a learning progression of energy. In: Journal of Research in Science Teaching 50 (2013), N° 2, pp. 162–88.
- [6] Greving, J.; Paradies, L.: Unterrichts-Einstiege. Ein Studien- und Praxisbuch. Berlin: Cornelsen Scriptor, 2009 (7. Aufl.).
- [7] Kröger, J.: Entwicklung von Experimenten zur Einführung der Energieentwertung und Energieerhaltung im Physikunterricht der Mittelstufe. Masterarbeit. Kiel: Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 2012.

