



Ziele der Unterrichtseinheit

- Die Schüler/innen analysieren den Energiegehalt von Akkus, Lebensmitteln und Brennstoffen.
- Die Schüler/innen festigen die Kompetenz im Umrechnen gängiger Energieeinheiten (kcal, J, kWh) und vergleichen so Energiespeicher/Energieträger.
- Die Schüler/innen erarbeiten das Konzept der Energiedichte anhand von Alltagsmaterialien.
- Die Schüler/innen recherchieren und diskutieren die enormen Unterschiede in der Energiedichte verschiedener Energiespeicher/Energieträger und daraus folgende Konsequenzen für unsere Mobilität.

Fächer und Altersstufe

- Physik, Chemie, Biologie
- Ab der 9. Schulstufe

Dauer der Einheit

2 Unterrichtsstunden

Benötigte Materialien

Zutaten für das Einstiegsexperiment:

- 1 Stück Bitterschokolade
- 1 rohes Ei + etwas Speiseöl
- Dünnwandiges Metallpfännchen, Pinzette, Kerze/ Holzstäbchen, feuerfeste Unterlage
- Internetzugang zum Recherchieren (Computer oder Smartphones)

Möglicher Unterrichtsverlauf

- 1 Einstiegsexperiment: Welchen Brennwert hat Schokolade?
- 2 Brainstorming: Energiespeicher im Alltag
- 3 Ranking: vermuteter Energiegehalt pro kg
- 4 Recherche: Energiegehalt und Gewicht der Speicher
- 5 Umwandlung der Energieangaben in kJ und Erstellen des korrekten Rankings
- 6 Diskussion: Vergleich von Vermutungen und Fakten
- 7 Vergleich der Energiedichte eines Bleiakku mit jener von Diesel
- 8 Zeit für Feedback

Durchführung Einstiegsexperiment

Das im Kühlschrank vorgekühlte Schokoladestück mit der Pinzette hochkant halten und mit dem brennenden Holzstäbchen vorsichtig seitlich ankohlen, ohne die Schokolade zu stark zu erweichen. Noch einmal im Kühlschrank durchkühlen, dann kann die Schokolade leicht angezündet und auf der feuerfesten Unterlage abgebrannt werden. Die freiwerdende Wärmeenergie reicht aus, um das aufgeschlagene Ei mit etwas Fett im Pfännchen über der Flamme zu braten.

Am einfachsten lässt sich Schokolade mit 99% Kakaoanteil entzünden. Als Unterlage bewährt sich dicker Karton als Isolierschicht mit einer feuerfesten Auflage aus Alufolie, damit die wertvolle Hitze nicht in die Unterlage entweicht, sondern möglichst vollständig genutzt werden kann.

Hintergrundinformationen

Ein wesentlicher Faktor für Alltagstauglichkeit und Wirtschaftlichkeit verschiedener Mobilitätssysteme ist die Energiedichte des verwendeten Treibstoffs bzw. Energiespeichers. Je mehr Energie pro kg des Speichermaterials genutzt werden kann, desto größer sind Reichweite und Effizienz des Fahrzeugs. Die Schüler/innen untersuchen und vergleichen die Energiedichte von unterschiedlichen Energiespeichern, Nähr- und Brennstoffen aus ihrem Alltag (Benzin, Autobatterie, Handyakku, Schokolade, Traubenzucker, Gaskartusche ...). Eine eingangs erstellte Hypothese („Ranking der Energiespeicher“) wird in einer empirischen Untersuchung durch Recherche der Nährwerttabellen/technischen Daten und einfaches Abwiegen der Gegenstände geprüft und korrigiert.

Dabei festigen die Schüler/innen einerseits ihre Kompetenz im Umrechnen zwischen den gebräuchlichen Einheiten (kcal, kJ, kWh), andererseits entwickeln sie eine konkrete Vorstellung von den enormen Größenordnungsunterschieden in der Energiedichte fossiler Brennstoffe und elektrischer Akkus, aber auch im Wirkungsgrad der Umwandlung der gespeicherten, für die Bewegung benötigten, Energie.

Kalorientabellen, Nährwertangaben von Lebensmitteln sowie die Akkukapazitäten verschiedener Handymodelle und Laptops sind den Schüler/innen meist sehr vertraut. Dass all diese Angaben letztendlich dieselbe physikalische Größe beschreiben und ineinander umgerechnet werden können, ist jedoch kaum bewusst. Durch das Einstiegs- experiment kann bereits augenfällig demonstriert werden, dass die „Brennwert“-Angabe auf der Schokoladenverpackung auch durchaus wortwörtlich zu verstehen ist.

$$1 \text{ cal} \approx 4,2 \text{ J}$$

Damit lässt sich die Energiedichte von Lebensmitteln direkt mit jener von Treib- und Brennstoffen vergleichen. Entsprechende Listen findet man unter dem Suchbegriff „Energiedichte“ problemlos im Internet. Um auch die in Akkus gespeicherte Energiemenge mit jener von Lebensmitteln und Brennstoffen vergleichen zu können, ist ein bisschen physikalisches Basiswissen nötig:

Die in Akkus gespeicherte Energiemenge wird üblicherweise in Amperestunden angegeben. 20 mAh bedeutet, dass dem voll geladenen Akku eine Stunde lang ein Strom von 20 mA (oder natürlich auch 20 Stunden lang ein Strom von 1 mA) entnommen werden kann. Die mit diesem Strom erreichbare Leistung ist umso größer, je höher die (Nenn-)Spannung des Akkus ist.

Mathematisch ausgedrückt:

$$\text{Leistung (W)} = \text{Spannung (V)} \cdot \text{Stromstärke (A)}$$

Zur Umrechnung in Joule benötigt man nur noch die einfache Beziehung:

$$1 \text{ Joule} = 1 \text{ Wattsekunde} \text{ bzw. } 1 \text{ J} = 1 \text{ Ws} = 1 \text{ VA}$$

Ein Handyakku mit den Angaben „3,8V Li-Ion 2100 mAh“ speichert also folgende Energiemenge:

$$3,8 \text{ V} \cdot 2100 \text{ mAh} = 3,8 \cdot 2100 \text{ mWh} = \\ = 7980 \text{ mWh} \approx 8 \text{ Wh}$$

$$1 \text{ h} = 60 \text{ m} = 60 \cdot 60 \text{ s} = 3600 \text{ s}$$

$$8 \text{ Wh} = 8 \cdot 3600 \text{ Ws} = 28800 \text{ Ws} = 28800 \text{ J} = 28,8 \text{ kJ}$$

Bei einem Gewicht von 40g benötigt man 25 Akkus für 1 kg. Für die Energiedichte dieses Handyakkus ergibt sich daher:

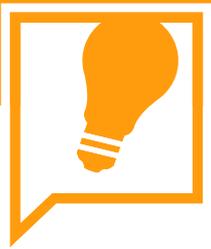
$$25 \cdot 28,8 \text{ kJ/kg} = 720 \text{ kJ/kg} = 0,72 \text{ MJ/kg}$$

Zum Vergleich: Schokolade hat (je nach Sorte) einen Brennwert von 20–25 MJ/kg.

Weiterführende Ideen und Links

Aufbauend eignet sich die Unterrichtseinheit I2, **Energy-Contest: Motor- vs. E-Roller**, um den Themenkomplex Wirkungsgrad und Energieeffizienz in der Mobilität anhand konkreter Szenarien aus der Alltagserfahrung der Schüler/innen zu erarbeiten.

Schokolade oder Handyakku?



Nicht nur unser Körper braucht ständig Energie! Auch Handy, Moped und Heizung funktionieren nur mit gut gefülltem Energiespeicher. Aber wie speichert man Energie am effizientesten? Wo steckt mehr Energie drin: Im Handyakku oder im Schokomuffin? In einer Autobatterie oder im Mopedtank?

CHECKLIST

- **Energiespeicher im Alltag**
Stellt eine Liste aller Energiespeicher zusammen, die euch einfallen.
- **Ranking der Energiespeicher**
Diskutiert, welche dieser Lebensmittel, Akkus oder Brennstoffe am meisten/am wenigsten Energie pro kg speichern können. Ordnet die gesamte Liste nach dem von euch vermuteten Energiegehalt/kg.
- **Kalorientabelle, Kilojoule oder Megawatt?**
Recherchiert Gewicht und Energiegehalt jedes Energiespeichers. Die unübersichtliche Vielfalt an Einheiten (kJ, kcal, mAh, kWh) wird den Vergleich zunächst unmöglich machen ...
- **Bringt Ordnung in den Einheitenschungel!**
Wandelt alle Energieangaben in kJ um (► **Tipps**), rechnet dann für jeden Speicher den Wert für 1 kg Material aus und stellt das korrekte Ranking auf.
- **Vergleicht Vermutungen und Fakten**
Welche Energiespeicher habt ihr in der ersten Vermutung besonders stark über- oder unterbewertet? Woran könnte diese Einschätzung liegen?
- **Akku gegen Benzintank**
Besonders extrem ist der Unterschied zwischen Akkus und fossilen Brennstoffen. Vergleicht eine herkömmliche Autobatterie (Bleiakku) mit einem Reservekanister, gefüllt mit Diesel. Der Treibstoff hat genau dasselbe Gewicht wie die Batterie. Um wie viel Mal mehr Energie ist im Diesel gespeichert?



TIPPS

- + **Bringt Ordnung in den Einheitenschungel!**
Die physikalische Einheit der Energie ist Joule (J). Die Kalorie (cal) ist eine veraltete Einheit. Sie wird im Alltag aber noch oft benutzt und lässt sich leicht in Joule (J) umrechnen:

$$1 \text{ cal} \approx 4,2 \text{ J} \text{ bzw. } 1 \text{ kcal} \approx 4,2 \text{ kJ}$$

Bei Akkus ist der Energiegehalt meist in Milli-Ampere-Stunden (mAh) und die Spannung in Volt angegeben. Um deinen Handyakku mit deiner Lieblingsschokolade vergleichen zu können, benötigst du den Zusammenhang zwischen Watt (W), Volt (V) und Ampere (A):

$$1 \text{ W} = 1 \text{ V} \cdot \text{A} = 1 \text{ VA}$$

Die Umrechnung von Wattstunden (Wh) in Joule (J, kJ oder MJ) basiert auf:

$$1 \text{ J} = 1 \text{ Ws} = 1 \text{ VAs}$$

Und natürlich:

$$1 \text{ h} = 60 \cdot 60 \text{ s} = 3600 \text{ s}$$

- + **Akku gegen Benzintank**
Bei Brennstoffen wird der Energiegehalt üblicherweise als „Brennwert“ bezeichnet und kann leicht im Internet recherchiert werden.

WEITERFÜHRENDE IDEEN

Diese Unterrichtseinheit kann mit I2, Energy-Contest: Motor- vs. E-Roller kombiniert werden.

