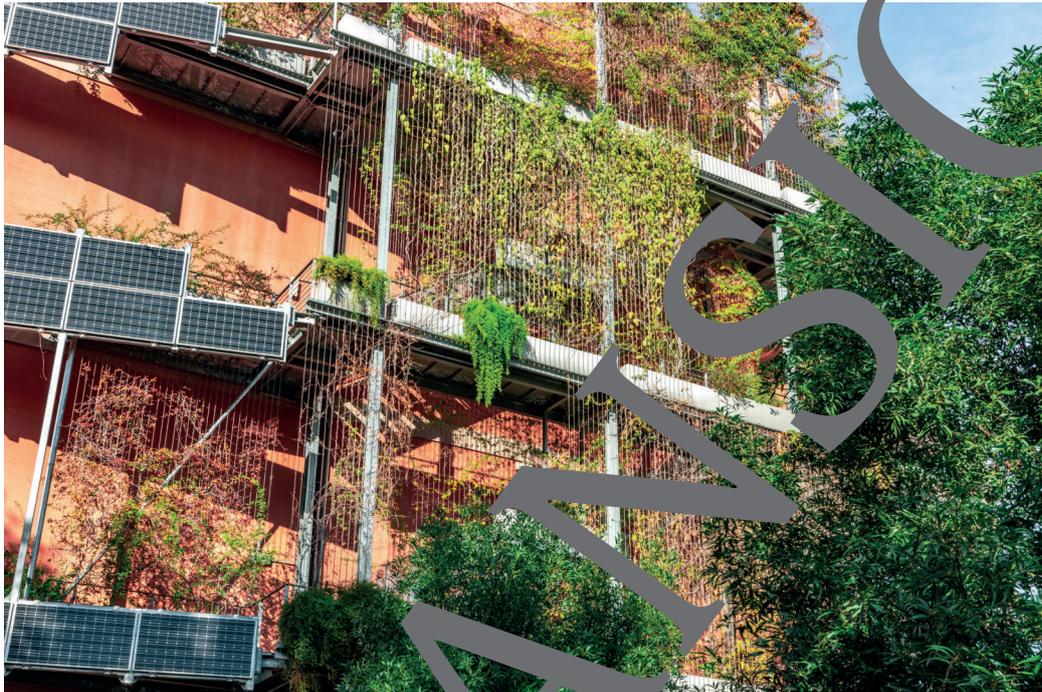


I.D.48

Elektrizitätslehre und Magnetismus

Stromherstellung mit „Balkonkraftwerken“ – ein Lernpfad-Portfolio

Natalie Zimmermann



© RAABE 2023

© Artur Debat/Moment

„Balkonkraftwerke“ sind in der letzten Zeit aufgrund steigender Strompreise und drohender „Black-outs“ ein großes Thema geworden. Können wir mit unserem eigenen „Solar-Kraftwerk“ die Energiewende so einen kleinen Schritt weiterbringen? Für welche Geräte eines Haushaltes reicht die Leistung solcher Minikraftwerke? Wie viel Strom erzeugen die Solarpanels? Und welche Faktoren beeinflussen die Stromerzeugung?

KOMPETENZPROFIL

Klassenstufe: 9/10

Dauer: 12 Unterrichtsstunden (Minimalplan: 7)

Kompetenzen: Sachtexte sinnentnehmend lesen, Überprüfung und Untersuchung der elektrischen Leistung von elektrischen Geräten, Daten zur individuellen Nutzung der Energie auswerten und erklären

Thematische Bereiche: Energie, Leistung, Wirkungsgrad, elektrische Energieversorgung, Solarenergie

Medien: Texte, Bilder, Experimente, digitale Medien, Internet

Selbst Strom produzieren?! – Einstiegsartikel

M 3



Selbst Strom produzieren?! Spätestens im Jahr 2022 ist dies für viele Personen aufgrund der steigenden Strompreise von Interesse. Bisher standen hierbei für Privatpersonen und Eigenheimbesitzer vor allem Photovoltaikanlagen (PV) auf Dachflächen im Vordergrund. Die Möglichkeiten für Mieter waren weniger im Fokus. Doch nun ist alles anders!

Ein Balkonkraftwerk soll die eigene Stromproduktion für jedermann ermöglichen! Gerade beim Thema Mietwohnungen sind aktuell allerdings noch Hürden vorhanden. Diese sollen ab dem Jahr 2023 beseitigt werden.

Im Handel sind die als Mini-PV, Plug-in-PV oder Stecker-Solargerät bezeichneten „Balkonkraftwerke“ schon länger bekannt. Ihr Einsatz rechnet sich für viele Personen aber erst jetzt durch die steigenden

Strompreise in Kombination mit Förderprogrammen. Die PV-Module der „Balkonkraftwerke“ werden hierfür auf Balkonen oder Terrassen montiert. Alternativ können diese auch ohne feste Installation installiert werden. Die Montage muss in allen Fällen sturmsicher erfolgen. Der erzeugte Strom wird dann über eine Haushaltssteckdose genutzt.



Abbildung: Schuko-Stecker

Technisch gesehen handelt es sich bei den Stecker-Solaranlagen um Haushaltsgeräte und nicht um Anlagen (wie im Falle der Dach-PV). Dies bringt einige Vorteile mit sich. So können die Geräte z. B. von Laien installiert und bei einem Umzug einfach abgebaut und mitgenommen werden. Außerdem ist zu beachten, dass die Geräte rein für den Eigenverbrauch und nicht für die Netzeinspeisung nutzbar sind. An eine Steckdose sollte nicht mehr als ein Wechselrichter bzw. ein Stecker-Solargerät angeschlossen werden.

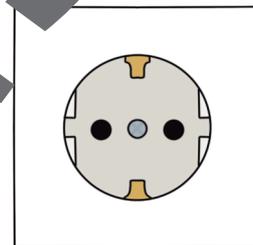


Abbildung: Schuko-Steckdose

Aktuell belaufen sich die Kosten für Komplettpakete auf etwa 500 bis 1200 Euro. Beim Kauf sollte vor allem auf eine Zertifizierung der mitgelieferten Wechselrichter und die Erfüllung der Norm VDE-Ar-N 4105 geachtet werden. Diese Norm legt die wichtigsten Anforderungen an Erzeugung und Speicherung von elektrischer Energie fest. Ausschlaggebend für die mögliche Ersparnis ist neben der Ausrichtung der Anlage die Anzahl der jährlichen Sonnenstunden in der Region. Entsprechend gehen Experten von einer durchschnittlichen Ersparnis zwischen 10–20 % aus.

Um einen schnelleren Anschluss von Solar-Steckergeräten zu ermöglichen, sind von politischer Seite verschiedene Maßnahmen bereits in Vorbereitung. Hierzu gehören unter anderem die folgenden Punkte:

- Verringerung von Mietpflichten und Privilegierung im Wohnungseigentum- und Mietrecht (genereller Anspruch auf Installation eines „Balkonkraftwerks“)
- Übergangsweise Duldung von rückwärtsdrehenden Stromzählern
- Nutzung von Schuko-Steckdosen für die Einspeisung statt Wieland-Steckdosen
- Erhöhung der Wechselrichter-Leistung von 600 auf 800 Watt

Wiederholung der Begriffe: Energie, Leistung und Co.

Kennst du dich aus mit den Begriffen „Stromstärke“, „elektrische Spannung“ oder „Wirkungsgrad“? Hier kannst du dein Wissen überprüfen und auffrischen.



Aufgaben

- Wähle die richtige Aussage zur elektrischen Stromstärke.
 - Durch die elektrische Stromstärke wird angegeben, wie viele Elektronen an einem Messpunkt in einer bestimmten Zeit vorbeifließen.
 - Durch die elektrische Stromstärke wird angegeben, wie viele Elektronen sich in einer Batterie befinden.
 - Durch die elektrische Stromstärke wird angegeben, wie schnell die Elektronen durch einen Messpunkt fließen.
 - Durch die elektrische Stromstärke wird angegeben, wie stark die Elektronen an dem anderen Batteriepol angezogen werden.
- Wähle die richtige Aussage zur elektrischen Spannung.
 - Die elektrische Spannung gibt an, wie viele Elektronen an einem Messpunkt in einer bestimmten Zeit vorbeifließen.
 - Die elektrische Spannung gibt an, wie stark die Elektronen im elektrischen Stromkreis angetrieben werden.
 - Die elektrische Spannung gibt an, wie viele Elektronen sich im Stromkreis befinden.
 - Die elektrische Spannung ist ein Maßstab für die Anzahl der Verbraucher.
- Welcher Aufbau zur Messung der elektrischen Spannung und Stromstärke ist richtig?

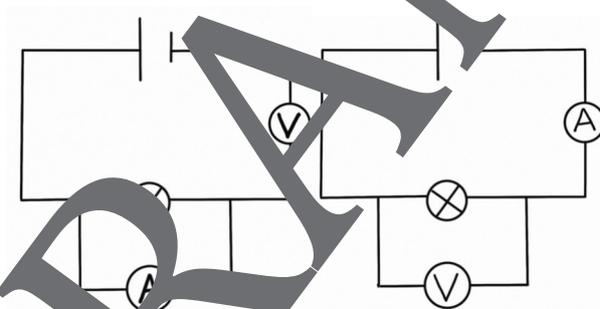


Abbildung 1.10 Die Zimmermann

- Durch welche Aussage wird der Begriff „Energie“ beschrieben?
 - Energie ist die Fähigkeit, Arbeit zu verrichten. Das Formelzeichen der Energie ist E und die Einheit Joule (J).
Energie kann durch Kraftpfeile dargestellt und sichtbar gemacht werden.
 - Energie wird in allen Prozessen verbraucht und verschwindet dadurch für immer.
 - Die Qualität des Ergebnisses ist abhängig von der Qualität der genutzten Energie.

Die elektrische Leistung – Definition und Versuche

M 5

Den Begriff der „Leistung“ kennst du garantiert aus deinem Alltag. Im allgemeinen Sprachgebrauch fallen häufig Sätze wie z. B.: „Der/Die läuft ja gerade wieder zur Höchstleistung auf.“ – „Da hast du dir aber ganz schön was geleistet.“ – „Zu dieser Leistung in der Klassenarbeit kann ich dir gratulieren.“ In der Regel wird hierbei eine Tätigkeit oder das Ergebnis einer Tätigkeit bewertet.

Und was bedeutet dies nun für die Physik?

Die allgemeine Definition der Leistung lautet:

„Leistung ist die Arbeit, die in einer bestimmten Zeit verrichtet wurde.“

Es geht also darum, wie viel Arbeit du als Person beispielsweise verrichtest, wenn du 2 Kisten mit Wasserflaschen in deinen Klassenraum tragen würdest. Um deine Leistung nun mit der eines anderen Schülers/einer anderen Schülerin zu vergleichen, würde dann nur die Zeit, die du für die Tätigkeit benötigst, gestoppt. Mit diesen „Messwerten“ von Arbeit und Zeit könnte nun eure jeweilige Leistung berechnet werden.

Nun befindest du dich thematisch allerdings nicht in der Mechanik, sondern das Thema ist die elektrische Leistung. Bisher hast du dich hier mit der Messung der elektrischen Stromstärke oder elektrischen Spannung und der Berechnung dieser zwei Größen sowie der Berechnung des elektrischen Widerstandes auseinandergesetzt. Doch was hat dies nun mit der „Leistung“ der Geräte zu tun? Wird vielleicht eine ganz neue Größe benötigt? Dies sollst du nun in einem Versuch mit deiner Gruppe herausfinden:

Versuchsanleitung „Die Helligkeit von Lampen“

Material:

Spannungsquelle, Amperemeter, Voltmeter, 6 Kabel und 3 Lampen mit Fassung

Skizze:

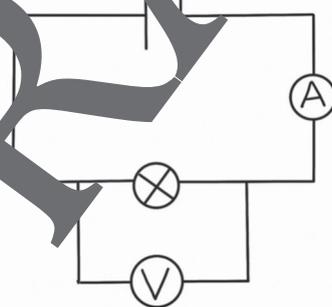


Abbildung: Natalie Zimmermann

Versuchsanleitung:

Beginne zunächst die Schaltung wie in der Skizze auf. Beginne mit der ersten Lampe und lege an diese eine Spannungsquelle von 6 Volt an. Beobachte die Helligkeit der Lampe und notiere dein Ergebnis in der Tabelle.

Miss die Stromstärke und die elektrische Spannung an der Lampe und notiere diese Messwerte ebenfalls in der Tabelle.

Wiederhole die Beobachtung und die Messungen für die zwei weiteren Lampen.

Beobachtung/Messwerte:

Aufgaben

1. Lies die Angaben von der Fassung der Glühbirnen ab und notiere diese.
2. Recherchiere die Bedeutung der Angaben, welche du auf den Glühbirnen abgelesen hast.



Versuchsanleitung „Wer kocht das Wasser schneller?“

Material:

Tauchsieder, Wasserkocher, Becherglas, 1000 ml Wasser, 100-ml-Messzylinder, Stoppuhr, evtl. Stativmaterial zur Befestigung des Tauchsieders

Skizze:

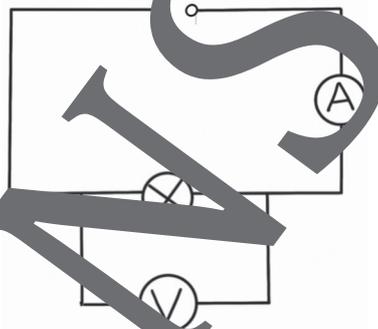


Abbildung: Natalie Zimmermann

Versuchsanleitung:

Fülle zunächst das Becherglas und den Wasserkocher jeweils 500 ml Wasser. Starte den Wasserkocher und stoppe die Zeit, bis das Wasser am Sieden ist. Notiere die gemessene Zeit unter Beobachtung/Messwerte. Wiederhole den Versuch nun mit dem Becherglas und dem Tauchsieder. Notiere ebenfalls deine Ergebnisse.

Beobachtung/Messwerte:

Aufgaben

1. Lies die Angaben des Typenschildes ab und notiere diese.
2. Recherchiere die Bedeutung der Angaben, welche du von den Typenschildern abgelesen hast.



Die elektrische Leistung berechnen

M 6



Wie du bereits weißt, lautet die allgemeine Definition der Leistung: „Leistung ist die Arbeit, die in einer bestimmten Zeit verrichtet wurde.“ In der Elektrizität können dir die Angaben zur elektrischen Spannung und der elektrischen Stromstärke helfen, um die elektrische Leistung zu berechnen. Dazu dient die folgende Formel:

$$P = U \cdot I$$

Einheit: Watt (W) = Volt (V) · Ampere (A)

Es gelten dabei die folgenden Umrechnungen:

$$\begin{aligned} 1 \text{ W} &= 1000 \text{ mW} & 1 \text{ kW} &= 1000 \text{ W} \\ 1 \text{ MW} &= 1000 \text{ kW} & 1 \text{ GW} &= 1000 \text{ MW} \end{aligned}$$

Die elektrische Leistung gibt an, wie viel Energie ein Elektrogerät pro Sekunde umwandeln kann. Hierbei gelten folgende Grundsätze:

- Je höher die elektrische Spannung ist, desto mehr elektrische Energie wird pro Sekunde von den einzelnen Elektronen transportiert.
- Je höher die elektrische Stromstärke ist, desto mehr Elektronen transportieren pro Sekunde die elektrische Energie.
- Je höher die Leistung eines elektrischen Gerätes ist, umso mehr Energie kann dieses Gerät pro Sekunde umwandeln.



Foto: wakila/E+

Abbildung 1: Ein Strommessgerät für die Steckdose kann der aktuelle Stromverbrauch gemessen werden. In der Abbildung kann man gut erkennen, dass das angeschlossene Gerät 4 W Leistung benötigt.

Aufgaben

1. Ordne die folgenden Angaben nach ihrer Größe, beginne mit der Kleinsten:
1 GW, 20 kW, 1000 mW, 2 MW, 3 W
2. Eine Spülmaschine hat eine Leistung von durchschnittlich 1,8 kW pro Programm. Berechne die benötigte Stromstärke bei einer Spannung von $U = 230 \text{ V}$.
3. Berechne die Leistung der Geräte/Glühlampen aus dem vorherigen Versuch. Vergleiche anschließend die berechneten Leistungen mit den aufgedruckten Leistungsangaben und begründe Unterschiede zwischen den Werten.
Ergänze durch eine geeignete Recherche Beispiele, in welchen Bereichen die einzelnen Größenordnungen der elektrischen Leistung genutzt werden. Zum Beispiel befindet sich die Angabe Watt auf Glühlampen.



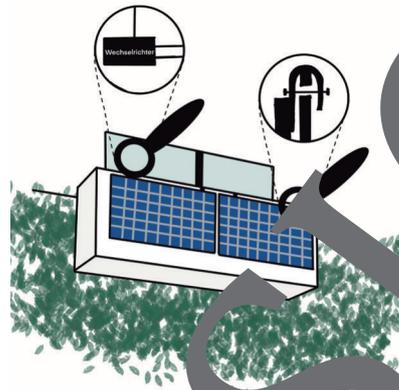
M 7



Funktionsweise von „Balkonkraftwerken“

Bei einem „Balkonkraftwerk“ handelt es sich kurz und knapp gesagt um eine kleine Solaranlage, normalerweise aus 1 bis 2 Solarmodulen besteht. Die Anzahl und Größe der Module ergibt sich aufgrund der aktuell gültigen gesetzlichen Vorgaben. Hier bieten die Hersteller der Systeme möglichst passgenaue Systeme an.

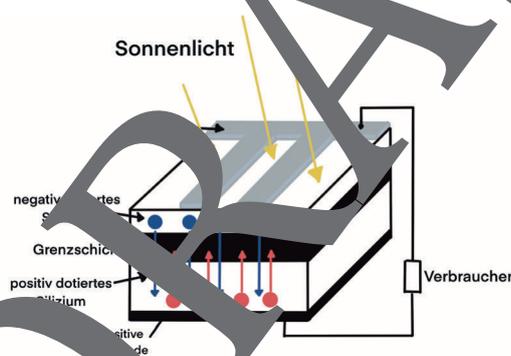
Neben den Solarmodulen werden ein sogenannter Wechselrichter und teilweise auch Bauteile zur Montage der Anlage mitgeliefert. Wo bzw. wie solche Anlagen beispielhaft installiert wurden, siehst du in der folgenden Skizze.



Abbildungen: Natalie Zimmermann

Wie produzieren die Solarmodule nun Strom (stark vereinfacht)?

Ein Solarmodul besteht aus mehreren Solarzellen (bestehen aus Silizium). Es wird die Energie der Sonne in elektrische Energie umgewandelt. Innerhalb der Solarzelle befinden sich nun verschiedene Schichten, von denen eine weniger Elektronen enthält als die andere.



Trifft die Sonnenstrahlung nun auf die Solarzelle, werden die beweglichen Elektronen in das sogenannte Leitungsband (die Grenzschicht) gehoben. Von hier aus können sie durch einen Verbraucher fließen.

Wofür ist der Wechselrichter zuständig?

Umwandlung des vom Solarmodul produzierten Gleichstroms in Wechselstrom. Die Ausgangsspannung ist dabei etwas höher als die Netzspannung der folgenden Steckdose.

Was passiert mit dem produzierten Strom?

Der Wechselrichter wird über ein Kabel mit einer Steckdose der Wohnung verbunden. Alle Geräte, die an das Stromnetz des Haushalts angeschlossen sind und Strom benötigen, nutzen dann vorrangig den eingespeisten Solarstrom.

Aufgabe

Ergänze die Skizze um Informationen zu den einzelnen Komponenten eines Balkonkraftwerkes.

Leistung von „Balkonkraftwerken“

M 8



Die Frage, ob sich die Anschaffung eines „Balkonkraftwerkes“ wirklich lohnt, stellt sich wie bei jeder anderen Anschaffung von selbst. Ob die Anschaffung sich bezahlt macht, hängt unter anderem von dem Standort und dem Nutzungsverhalten ab.

Um dies zu beurteilen, werden verschiedene Leistungsangaben benötigt. Schau dir im folgenden Abschnitt zunächst die Produktionsseite an:

Das typische „Balkonkraftwerk“ hat eine Größe von 1 x 1,70 Meter und eine Leistung von ca. 300 Watt. Das bedeutet eine maximale Stromproduktion von 200 bis 300 kWh pro Jahr bei einem Modul. Dieser Wert bezieht sich auf eine optimale Ausrichtung der Anlage. Um den höchsten Ertrag der Anlage zu erzielen, sollte das Sonnenlicht möglichst viele Stunden im rechten Winkel auf die Solarzellen treffen.

Aktuell kann eine maximale Leistung von 600 Watt in Form eines „Balkonkraftwerkes“ erzielt werden. Die Geräte können häufig mindestens 20 Jahre genutzt werden.

Da der Strom nicht gespeichert werden kann, muss er direkt genutzt werden. Dies ist sehr wichtig bei der Fragestellung, ob sich ein Balkonkraftwerk rentiert oder nicht. Eine Speicherung des Stroms ist aktuell noch nicht vorgesehen.



Foto links: amriphoto/E+, Foto rechts: Die Zimmermann

Aufgaben

1. Nenne Punkte, die bei der optimalen Ausrichtung eines Solarmoduls zu beachten sind.
2. Beschreibe die Dinge bei der Entscheidung, ob ein „Balkonkraftwerk“ sich für eine Person lohnt, beachten werden sollte.
3. Beurteile, ob sich bei den aktuellen Strompreisen die Anschaffung eines Balkonkraftwerkes für den folgenden Musterhaushalt lohnen würde. Berechne, wie lange es circa dauern wird, bis die Kosten für ein solches Kraftwerk eingespart wären. Sollte es eine Förderung für die Anschaffung geben, kann diese in deiner Rechnung berücksichtigt werden.

Musterhaushalt:

- Jährlicher Stromverbrauch von 3500 kWh
- In der Wohnung werden durchschnittlich 5,5 kWh verbraucht
- Anschaffungskosten für „Balkonkraftwerk“ mit 600 W Nennleistung = 500 Euro
- Optimale Ausrichtung der Anlage ist möglich, wodurch ein durchschnittlicher Ertrag von 80 kWh pro 100 Watt Nennleistung erreicht werden kann.



M 10

Energie und Leistung – Stromfresser im Haushalt?

Hast du dich schon mal gefragt, welche Geräte und Tätigkeiten bei dir zu Hause am meisten Energie benötigen? Und was bedeuten eigentlich diese Angaben wie A+++ in den Prospekten der Elektronikmärkte? Die Antwort auf diese Fragen sollst du dir nun erarbeiten.



Abbildung: daniel karasu/E+

Aufgaben

1. Erstelle eine Auflistung, welche elektrischen Geräte du täglich verwendest. Vergleiche die Auflistung mit deinen Gruppenmitgliedern und ergänze deine eigene Liste um fehlende Geräte.
2. Recherchiere und ergänze die elektrische Leistung der genannten Geräte. Hierfür kannst du entweder bei dir zu Hause direkt auf den Typenschildern der Geräte schauen oder im Internet nach ihnen suchen.



Versuch „Elektrische Energie messen“

Material:

verschiedene Elektrogeräte, Stoppuhr, Energiemessgerät

Skizze:

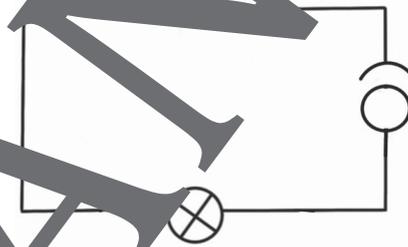


Abbildung: Natalie Zimmermann

Versuchsanleitung

Schließe alle der zur Verfügung stehenden Elektrogeräte über das Energiemessgerät an eine Steckdose an. Starte die Stoppuhr und schalte zeitgleich das Gerät ein. Notiere die Messwerte des Energiemessgerätes nach 1 min, 2 min, 3 min, ... in der unten stehenden Tabelle. Wiederhole die Messung mit einem weiteren Elektrogerät.

Beobachtung und Messwerte:

Elektrogerät	Leistung	Messwerte/Energiebedarf									
		1 min	2 min	3 min	4 min	5 min	6 min	7 min	8 min	9 min	10 min

Ergebnis:

Deine Messwerte kannst du nun nutzen, um die Energiekosten der Geräte mithilfe der folgenden Formel zu berechnen.

$$\text{Stromkosten} = \text{Energiebedarf} \cdot \text{Energiepreis pro kWh}$$

Da nicht immer und jederzeit ein Energiemessgerät zur Verfügung steht, gibt es einen weiteren Weg, die Kosten für den Energiebedarf E eines Gerätes zu berechnen. Hierfür benötigst du die Leistung P des Gerätes und die Betriebsdauer t . Dabei kannst du den Energiebedarf über die folgende Gleichung berechnen:

$$E = P \cdot t$$

Beispiel: Für das Trocknen deiner Haare benötigst du 10 min mit einem Föhn, der 800 W Leistung hat. Daraus folgt zunächst:

$$P = 800 \text{ W} = 0,8 \text{ kW}$$

$$t = 10 \text{ min} = 10 \cdot 1/60 \text{ h} = 10/60 \text{ h} = 0,17 \text{ h}$$

Nun kann die Energie in kWh berechnet werden:

$$E = P \cdot t = 0,8 \text{ kW} \cdot 0,17 \text{ h} = 0,14 \text{ kWh}$$

Aufgaben

- Berechne die Stromkosten für folgende Tätigkeiten am Tag und pro Jahr. Der Strompreis pro kWh soll bei 45 Cent liegen.
 - Akku laden: 4 Stunden mit 10 Watt
 - Kaffee kochen: 20 min mit 500 Watt
 - Staub saugen: 15 min mit 600 Watt
- Recherchiere, welche Aussagen mithilfe des Energielabels über eine Waschmaschine und einen Kühlschrank getroffen werden können.

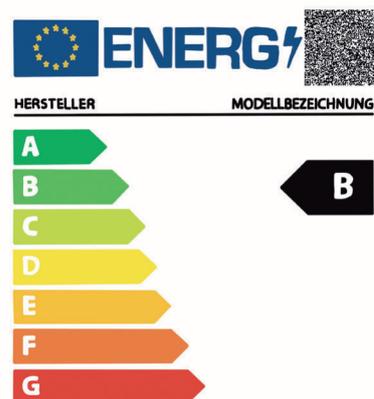


Foto links: Chris Cantón/Moment, Abbildung rechts: Natalie Zimmermann



M 11



Ergebnisse unseres Lernpfades – ein Plakat

Stellt die Ergebnisse eures Lernpfades in Form eines Plakates dar. Folgende Themen soll euer Plakat behandeln:

- Die Bedeutung der elektrischen Leistung im täglichen Leben
- Die Kontrolle der jährlichen Energierechnung
- Funktionsweise eines Balkonkraftwerks



Abbildung: Mysondanube/DigitalVision Vectors



Für Schnelle: Ergänzt Stromspartipps für alle

Meine Stromspartipps:

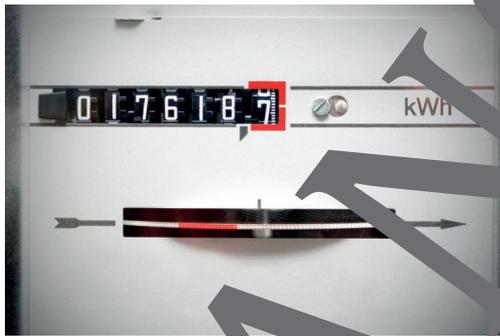
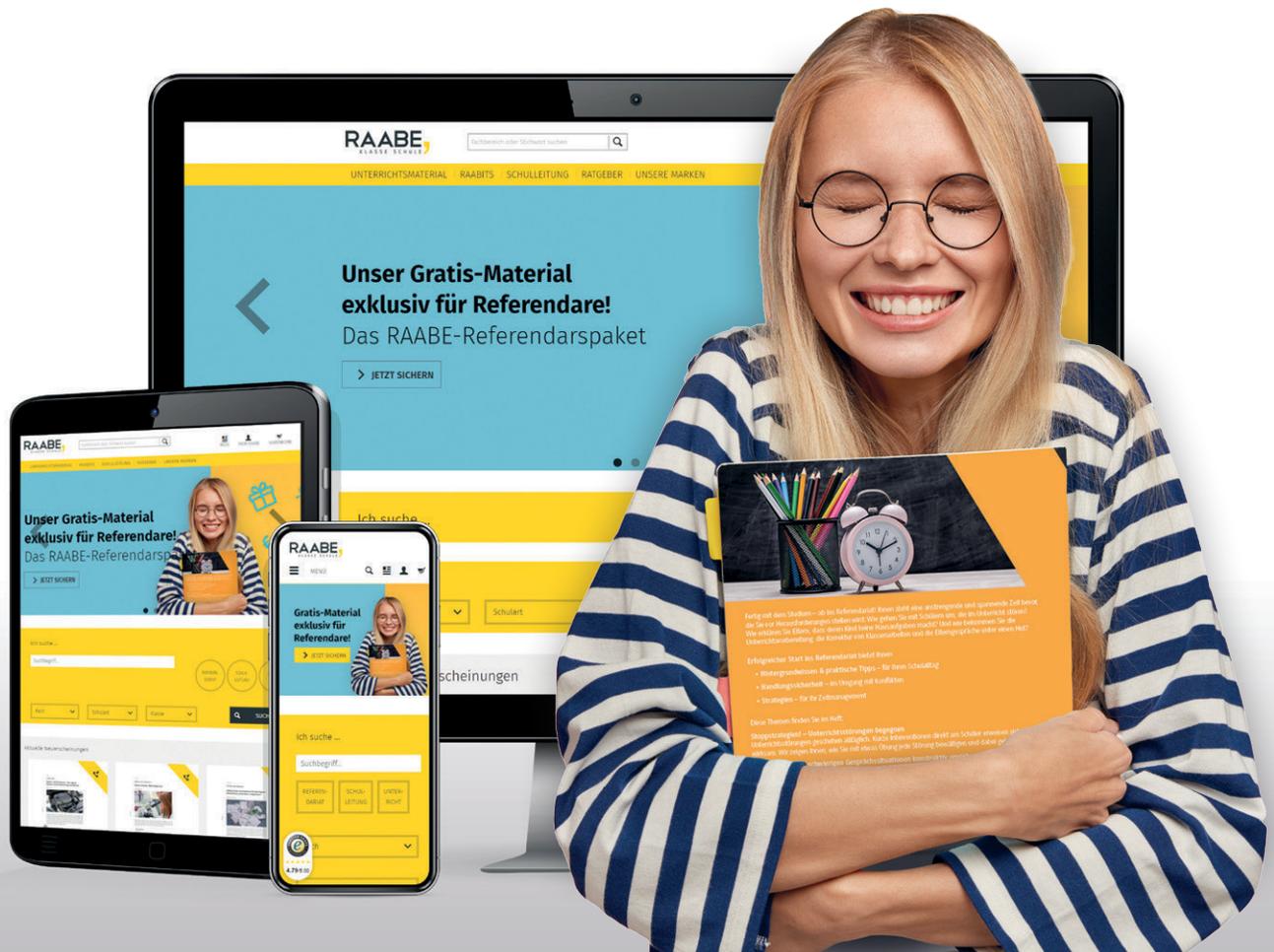
	

Foto links: schulzie/iStock/Getty Images Plus, Foto rechts: Jorg Greuel/DigitalVision

Sie wollen mehr für Ihr Fach?

Bekommen Sie: Ganz einfach zum Download im RAABE Webshop.



✓ **Über 5.000 Unterrichtseinheiten**
sofort zum Download verfügbar

✓ **Webinare und Videos**
für Ihre fachliche und
persönliche Weiterbildung

✓ **Attraktive Vergünstigungen**
für Referendar:innen
mit bis zu 15% Rabatt

✓ **Käuferschutz**
mit Trusted Shops

Jetzt entdecken:
www.raabe.de

