

HANNOVER



Handbuch für Lehrkräfte und Schulhausmeister*innen

REISEFÜHRER ENERGIESPAREN AN SCHULEN

Für eine erfolgreiche Durchführung von Energiesparprogrammen

Landeshauptstadt Hannover



**KLIMASCHUTZ
AGENTUR**
REGION HANNOVER

Arbeitsblätter und Tafelbilder

Arbeitsblatt A.01



Unterscheidung Energie und Leistung

Als **Energie (E)** bezeichnet man die Fähigkeit von Körpern, Arbeit zu verrichten. Bei der Verrichtung von Arbeit wird Energie von einem Körper auf einen anderen übertragen oder in andere Energieformen umgewandelt. Energie ist Arbeit mal Zeit.

Formel:	$E = P \cdot t$	z. B. $E = 2 \text{ kW} \cdot 3 \text{ h} = 6 \text{ kWh}$
Einheiten:	Joule (J), Kilojoule (kJ), Wattsekunden (Ws), Wattstunden (Wh), Kilowattstunden (kWh)	
Umrechnung:	$1 \text{ J} = 1 \text{ Ws}$	$1 \text{ kWh} = 3.600 \text{ kJ}$

Leistung (P) ist momentan verrichtete Arbeit. Sie beschreibt die Anstrengung, die unternommen werden muss, um etwas zu tun. Während Leistung zu jedem beliebigen Zeitpunkt gemessen werden kann, wird Energie über eine bestimmte Zeitspanne gemessen.

Formel:	$P = E / t$	z. B. $P = 6 \text{ kWh} / 3 \text{ h} = 2 \text{ kW}$
Einheiten:	Joule pro Sekunde (J/s), Watt (W)	
Umrechnung:	$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$	



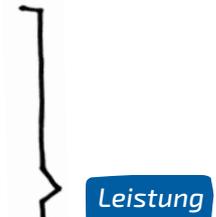
energy

AUFGABE:

Was braucht wie viel Watt (W) Leistung? Was verbraucht bzw. produziert wie viele Wattstunden (Wh) Energie? Ordne die Einheiten mithilfe von Pfeilen zu und rechne die Watt- bzw. Wattstundenwerte in die angegebenen Einheiten um.

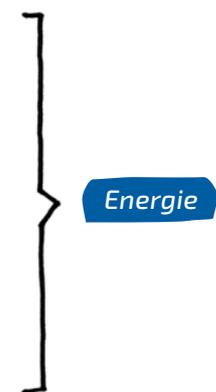
Schnellzug (ICE)
Computer (PC)
20 m ² Photovoltaikanlage
schlafendes Baby
Großkraftwerk (AKW)
großes Blockheizkraftwerk
Gasturbinenkraftwerk
Wasserdurchlauferhitzer
Windkraftanlage

20 W	kW
200 W	kW
2.000 W	kW
20.000 W	kW
200.000 W	kW
2.000.000 W	MW
20.000.000 W	MW
200.000.000 W	MW
2.000.000.000 W	GW



Autofahrt Berlin-Bonn
Fernsehen für 10 Min.
menschlicher Umsatz am Tag
tägliche Sonneneinstrahlung auf 1 Fußballfeld
7 Kohlebriketts
Inhalt von 40 Öltanks
Flug Berlin-Ankara
Photovoltaikanlage im Jahr
Glühlampe in 2 Stunden

20 W	kW
200 W	kW
2.000 W	kW
20.000 W	kW
200.000 W	kW
2.000.000 W	MW
20.000.000 W	MW
200.000.000 W	MW
2.000.000.000 W	GW



Lösungsblatt A.01



Unterscheidung Energie und Leistung

schlafendes Baby	20 W	0,02 kWh
Computer (PC)	200 W	0,2 kWh
20 m ² Photovoltaikanlage	2.000 W	2 kWh
Wasserdurchlauferhitzer	20.000 W	20 kWh
Windkraftanlage	200.000 W	200 kWh
großes Blockheizkraftwerk	2.000.000 W	2 MWh
Schnellzug (ICE)	20.000.000 W	20 MWh
Gasturbinenkraftwerk	200.000.000 W	200 MWh
Großkraftwerk (AKW)	2.000.000.000 W	2 GWh

Leistung

Fernsehen für 10 Min.	20 W	0,02 kWh
100 W Glühlampe in 2 Stunden	200 W	0,2 kWh
menschlicher Umsatz am Tag	2.000 W	2 kWh
7 Kohlebriketts	20.000 W	20 kWh
Autofahrt Berlin-Bonn	200.000 W	200 kWh
Photovoltaikanlage im Jahr	2.000.000 W	2 MWh
tägliche Sonneneinstrahlung auf 1 Fußballfeld	20.000.000 W	20 MWh
Flug Berlin-Ankara	200.000.000 W	200 MWh
Inhalt von 40 Öltanks	2.000.000.000 W	2 GWh

Energie

Tafelbild T.01



Energieträger und Energieverwendung

Einstieg ins Thema mit folgenden Fragen:
Welche Energieformen gibt es? Wo verwenden wir Energie?

Primärenergie		Endenergie
Fossile Energieträger	Erneuerbare Energieträger	Nutzenergie
Gas	Wasser	Wärme (Heizung)
Kohle (Braun- und Steinkohle)	Sonne	Strom (Fernseher, Handy, Licht ...)
Erdöl	Wind	Bewegung (Auto, Laufen ...)
Nukleare Energieträger	Biomasse (Holz, Pflanzen)	
Atomenergie	Erdwärme	

1. Zuerst die Nennungen der Schüler*innen wie oben in den drei Spalten eintragen
2. Die Überschriften nach den Nennungen der Schüler*innen setzen und erläutern
3. Falls Atomkraft genannt wird, extra stellen, da es sich dabei weder um eine fossile noch eine erneuerbare Energie handelt
4. Danach lässt sich im Gespräch der Energieträger noch in Bezug zu seiner Verwendung (Stromerzeugung, Wärmeerzeugung) setzen

Erneuerbar

Energieträger, die sich nicht verbrauchen und immer zur Verfügung stehen bzw. ständig nachwachsen.

Fossil

Fossile Brennstoffe sind vor Urzeiten wie die Fossilien (Versteinerungen) aus gepressten Pflanzen- und Tierresten entstanden. Sie enthalten Kohlenstoff, den die Pflanzen und Tiere seinerzeit gebunden haben. Sie sind nicht erneuerbar. Kohlenstoff enthält Energie, die durch Verbrennung freigesetzt wird.

AUFGABE:

Im Anschluss kann die weitergehende Frage der Energieumwandlung besprochen werden. Wie wird welcher Energieträger umgewandelt, damit wir ihn verwenden können?

Übliche Verwendung nach der Energieumwandlung:

Gas	→	Strom + Wärme + Bewegung	Wasser	→	Strom
Kohle	→	Strom + Wärme	Sonne	→	Strom + Wärme
Erdöl	→	Wärme + Bewegung	Wind	→	Strom
			Biomasse	→	Strom und Wärme
Atomenergie	→	Strom	Erdwärme	→	Wärme

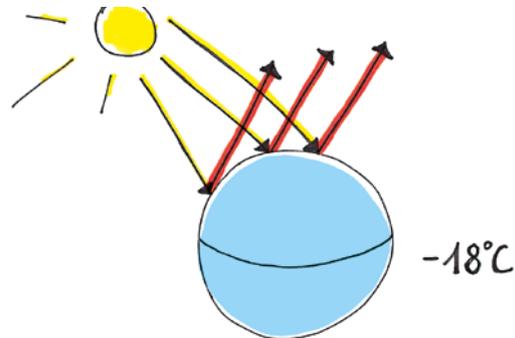
Tafelbild T.02



Treibhauseffekt

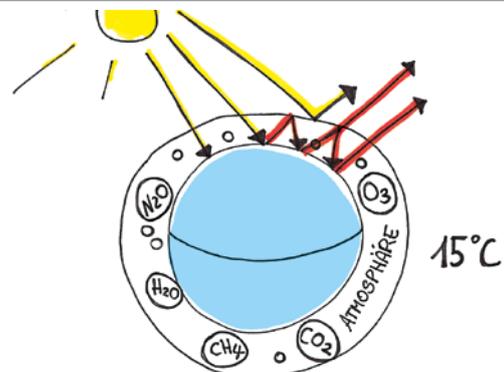
So wäre die Erde ohne Atmosphäre.

Die durchschnittliche Temperatur läge bei -18°C . Leben wäre unter diesen Bedingungen nicht möglich. Die Sonnenstrahlen würden auf der Erdoberfläche auftreffen, dort in Wärme umgewandelt und diese „verschwände“ im Weltall.



Dies ist die Erde mit Atmosphäre.

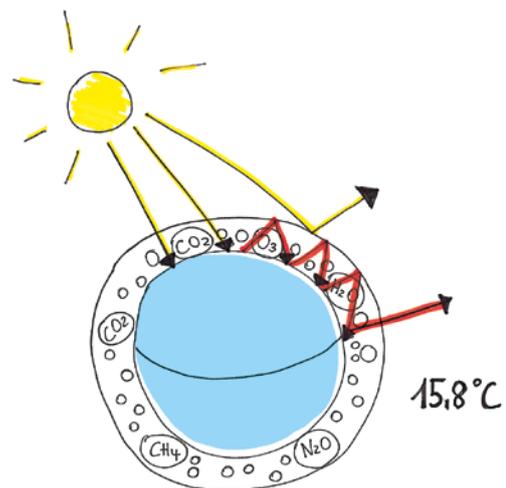
Die Punkte symbolisieren Moleküle verschiedener Treibhausgase, z. B. Kohlendioxid, Methan. Das Sonnenlicht trifft auf die Erdoberfläche und wird in Wärme umgewandelt. Ein Teil der Wärmeenergie wird ins Weltall abgestrahlt, ein anderer wird durch die Treibhausgase in der Atmosphäre festgehalten. Die durchschnittliche Temperatur liegt aufgrund der Atmosphäre bei $+15^{\circ}\text{C}$. Durch die Atmosphäre gibt es den natürlichen Treibhauseffekt, der das Leben auf der Erde möglich macht.



Dies ist die Erde mit Atmosphäre und deutlich erhöhter Menge an Treibhausgasen.

Aufgrund menschlicher Aktivitäten, z. B. das Verbrennen fossiler Rohstoffe, die Kohlenstoff enthalten, erhöht sich der CO_2 -Gehalt in der Atmosphäre. Durch die erhöhte Treibhausgaskonzentration wird weniger Wärme ins Weltall abgestrahlt und mehr in der Atmosphäre festgehalten. Deshalb wird es auf der Erde wärmer. Innerhalb der vergangenen hundert Jahre ist die Durchschnittstemperatur bereits auf $+15,8^{\circ}\text{C}$ gestiegen.

Dies ist der anthropogene, d. h. vom Menschen verstärkte Treibhauseffekt.



Zur Veranschaulichung können auch noch Autos, Gebäude, Fabriken etc. auf die Erde gezeichnet werden.



TIPP

Der Regenwald im Gurkenglas. Ein kleines leicht nachzubauendes Experiment des Schulbiologiezentrums Hannover. Hier werden über längere Zeit die Erde als eigene Biosphäre und die Funktion der Atmosphäre veranschaulicht. Die Anleitung dazu findet sich auf der Website www.schulbiologiezentrum.info
→ Kapitel 7.7, Seite 97

Arbeitsblatt A.02



Energierundgang – das Schulgebäude

Allgemein

Datum: _____ Außentemperatur: _____

Gibt es für das Gebäude einen Energieausweis? Ja Nein

Wenn ja, schaut in der Schule, ob er aushängt, oder fragt in der Schule oder beim Schulträger, ob ihr eine Kopie bekommen könnt.

Gebäude

Baujahr: _____ Grundfläche: _____ Beheizte Fläche: _____

Keller

Keller beheizt? Ja Nein

Kellerdecke gedämmt? Ja, ca. _____ cm Nein

Dachboden

Gibt es einen Dachboden? Ja Nein

Wird der Dachboden genutzt (beheizt) Ja Nein

Wenn nein: Dachboden gedämmt? Ja Nein

Wärmedämmung

Ist die Außenfassade gedämmt? Ja, ca. _____ cm Nein

Außenbeleuchtung

Es gibt _____ Lampen, von denen _____ angeschaltet sind.

Fenster

Es gibt _____ Fenster, davon sind _____ offen und _____ gekippt.

Türen

Es gibt insgesamt _____ Außentüren, davon schließen _____ von alleine und _____ müssen von Hand geschlossen werden. _____ Türen stehen (ständig) offen. _____ Türen schließen schlecht.

Wasser

Wird das Regenwasser gesammelt? Ja Nein

Versickert das Wasser auf dem Gelände? Ja Nein



Arbeitsblatt A.03



Energierundgang – die Versorgungstechnik

Wie wird die Schule beheizt?

- Fernwärme
- Heizöl
- Blockheizkraftwerk mit _____
(z. B. Holz, Pflanzenöl, Biogas, Erdgas, Erdöl)
- Erdgas
- Solarenergie
- Holzpellets
- Sonstiges: _____

Was wird alles beheizt?

- Hauptgebäude
- Nebengebäude
- Turnhalle
- Kindergarten
- Nebengebäude
- Sonstiges: _____

Jahresverbrauch

Wärmeenergie: _____ Kilowattstunden (kWh) pro Jahr

Die Heizungsrohre im Keller sind gedämmt nicht gedämmt

Steuerung der Schulheizungsanlage:

Eine Schule muss nicht rund um die Uhr beheizt werden. Wann wird eure Schule beheizt?
*Fragt den*die Schulhausmeister*in!*

Heizbetrieb tagsüber von _____ bis _____ Uhr

→ Soll-Temperatur Klassen: _____

Sparbetrieb nachts, am Wochenende und in den Ferien Ja Nein

→ Soll-Temperatur im Sparbetrieb: _____

Wie wird das warme Wasser erzeugt?

- zentral über Heizung
- in den Räumen über elektrische Geräte (z. B. Durchlauferhitzer)
- über eine solarthermische Anlage (deckt ca. 60 % des Warmwasserbedarfs)

Woher kommt der Strom?

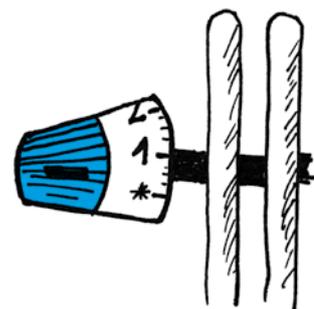
- Strommix aus dem öffentlichen Stromnetz
- Ökostrom von einem alternativen Stromanbieter
- Photovoltaikanlage → Ertrag Photovoltaikanlage: _____ kWh
- Blockheizkraftwerk mit _____
(z. B. Holz, Pflanzenöl, Biogas, Erdgas, Erdöl)

Aktueller Stromzählerstand: _____ kWh

Jährlicher Stromverbrauch: _____ kWh

Gibt es eine Lüftungsanlage?

- Ja Nein



Arbeitsblatt A.05



Raumluftqualität und richtiges Lüften

Der CO_2 -Gehalt in der Luft steigt durch die Anwesenheit von Personen in einem Raum. Er wird in „Partikel pro Million“ (ppm) angegeben. Die Praxiserfahrung hat gezeigt, dass eine CO_2 -Konzentration in Räumen bis 1.500 ppm noch akzeptabel ist. Ab 2.000 ppm sollte aber auf jeden Fall frische Luft zugeführt werden.

Die nötige Frischluftmenge kann anhand des CO_2 -Gehaltes gemessen oder auch berechnet werden.

Durchschnittlich 30 Kubikmeter Frischluft pro Stunde (m^3/h) benötigt eine erwachsene Person. Kinder brauchen weniger (ca. $20 \text{ m}^3/\text{h}$).



AUFGABE:

- 1 Berechne den ungefähren Rauminhalt (Volumen) eures Klassenraums. Trage den Wert in die Tabelle ein.
- 2 Berechne anhand des Rauminhalts und der Anzahl der Schüler*innen den Frischluftbedarf eurer Klasse für eine Zeitstunde (60 Min.) und für eine Schulstunde (45 Min.).
- 3 Rechne aus, wie oft gelüftet werden muss, damit die notwendige Frischluft in den Raum gelangt.
- 4 Miss die CO_2 -Konzentration im Raum mit einem CO_2 -Messgerät oder einer CO_2 -Ampel. Stell das Gerät dafür so auf, dass es von Raumluft umströmt wird.

Frischluftbedarf im Klassenraum

Rauminhalt in m^3	Anzahl der Personen	Frischluftbedarf in 60 Min. in m^3	Frischluftbedarf in 45 Min. in m^3	Anzahl der Lüftungen pro Stunde/Schulstunde

In manchen Schulen gibt es Lüftungsanlagen, die diesen Frischluftbedarf kontrolliert regulieren. Sie sorgen dafür, dass immer genug frische Luft in die Klassen strömt. Ist keine Lüftungsanlage vorhanden, müssen Schüler*innen und Lehrkräfte selbst daran denken, regelmäßig zu lüften.

Richtig zu lüften heißt, eine Stoßlüftung oder besser eine Querlüftung durchzuführen. Dabei werden alle Fenster und Türen, bei denen das möglich ist, für eine kurze Zeit so weit wie möglich geöffnet. Die Thermostatventile der Heizung werden vorher sofern möglich auf 0 gedreht. Die Fenster zu kippen bringt nicht den nötigen Luftaustausch und sollte daher zumindest in der Heizperiode nicht gemacht werden.

AUFGABE:

Gibt es Hinweisschilder, wie richtig gelüftet werden soll? Ja Nein
Wenn nicht, dann entwerft eins.

Arbeitsblatt A.06



Energieverbrauch elektrischer Geräte

Datum: _____ Name: _____

Zur Stromverbrauchsmessung benötigt ihr Zugang zu den Steckdosen, an denen elektrische Geräte angeschlossen sind. Bevor ihr den Stecker zieht, schaltet das Gerät richtig aus.

Führt die Messung unter den verschiedenen Betriebszuständen durch.

Bezeichnung des Geräts	Leistung in unterschiedlichen Betriebszuständen (in Watt)		
	Es arbeitet mit ...	Im Stand-by-Betrieb wartet es mit ...	Ausgeschaltet verbraucht es ...
Whiteboard	150 Watt	12 Watt	0 Watt

Beispiel

Mithilfe der Leistung elektrischer Geräte könnt ihr leicht ausrechnen, wie viel Energie über einen bestimmten Zeitraum gebraucht wird und wie viel sie kostet.

AUFGABE:

- 1 Sucht euch ein Gerät für eine Beispielrechnung aus.
- 2 Überlegt euch, wie lange dieses Gerät in der Regel an einem Tag, in einem Monat, in einem Jahr genutzt wird.
- 3 Berechnet die Menge an benötigter Energie in Kilowattstunden (kWh).
- 4 Findet heraus, was 1 kWh Strom kostet, und rechnet aus, wie teuer die Nutzung an einem Tag, in einem Monat und in einem Jahr ist.



STROM

Gerät: _____

	1 Tag	1 Monat	1 Jahr
Nutzungsdauer			
Energie in kWh			
Kosten in €			

7.3 Checklisten

Checkliste c.01



Bildung eines Energie-Teams

Folgende Checkliste soll Ihnen helfen, die verschiedensten Aspekte bei der Vorbereitung und Bildung des Energie-Teams zu bedenken und sich der Unterstützung durch die Schulleitung versichern zu können.

1. Energie-Team

- Den*die Schulhausmeister*in als Mitglied des Energie-Teams gewinnen
- Bereitschaft zur Mitwirkung des Kollegiums in der Dienstberatung erfragen und möglichst Kolleg*innen werben
- Schüler*innenseitige Zusammensetzung (aus einer/verschiedenen Klassen und/oder Jahrgängen?) festlegen
- Größe des Energie-Teams bestimmen
- Aufgaben und Zuständigkeiten innerhalb des Energie-Teams festlegen
- Informationsfluss/Kommunikation überlegen bzw. abstimmen

2. Organisation

- Häufigkeit der Treffen des Energie-Teams und anderer Aktivitäten bestimmen
- Raum für Team-Treffen festlegen
- Ausstattung (Anzahl, Art und Zustand der Messgeräte) festlegen

3. Projektinhalt

- Interesse und Kompetenzen der potenziell teilnehmenden Schüler*innen einschätzen und ggf. abfragen
- Beginn, Dauer und Umfang des Programms festlegen
- Schwerpunkt der Aktivitäten festlegen

4. Anreizsystem

- Bewertung und/oder Belohnung der Teilnahme festlegen

5. Sonstiges

- Bedarf an zusätzlicher Unterstützung feststellen (personell, materiell, finanziell, ideell)



Checkliste c.02



Wärme

Raumtemperatur optimieren

- Heizkörperventile richtig nutzen (Sollwerte für Temperaturen beachten)
- Heizzeiten und Soll-Temperaturen in der Heizungssteuerung richtig einstellen (Temperaturabsenkung nachts, an Wochenenden und in den Ferien)
- Defekte Heizkörperventile austauschen
- Zugestellte Thermostatventile freiräumen

Heizen unnötiger Räume verhindern

- Nicht genutzte Räume nicht bzw. weniger beheizen
- Raumbelastung optimieren (zeitliches und örtliches Zusammenlegen von Veranstaltungen wie zum Beispiel im Winter feste Wochentage für Elternabende etablieren)

Luftzug vermindern

- Dichtungen von Fenstern und Türen überprüfen und nachrüsten*
- Fenster und Türen (auch zwischen Treppenhäusern) nach dem Unterricht richtig schließen

Außerdem

- Richtige Kleidung wählen
- Richtig lüften (Stoßlüftung/Querlüftung)
- Vor dem Stoß- und Querlüften Thermostatventil herunterdrehen
- Lüften mithilfe einer CO₂-Ampel üben

Wärmeerzeugung optimieren

- Kesselabgastemperatur regelmäßig kontrollieren; bei Überschreiten der minimalen Abgastemperatur um ca. 40° C Kessel reinigen
- Heizkesseloberfläche dämmen*

Wärmeverteilung und -abgabe optimieren

- Armaturen und Rohrleitungen in unbeheizten Gebäudeteilen (z. B. Keller) isolieren*
- Wärmeabgabe der Heizkörper durch Reinigung und Entlüftung erhöhen
- Prüfen, ob vorhandene Rollläden, Fensterläden, Vorhänge, Möbel etc. die Wärmeabgabe der Heizkörper behindern
- Außenflächen hinter Heizkörpern dämmen*

Checkliste Außenjalousien

- Sich mit der Funktionsweise vertraut machen
- Unterschied zwischen der Funktion der Außenjalousie (Wärmeschutz) und dem ggf. zusätzlichen innen liegenden Blendschutz erläutern
- Zeitprogrammierung optimieren

* mit Kosten verbunden

Checkliste C.03



Beleuchtung

Beleuchtungssituation der Schule klären und auswerten

- Beleuchtungsstärke der verschiedenen Lampen im ganzen Schulgebäude messen
- Kontrollieren, ob die Beleuchtungsstärken mit den Richtwerten übereinstimmen
- Nicht benötigte Lampen stilllegen (z. B. durch Herausdrehen des Leuchtkörpers) oder Leuchtkörper mit geringerer Leistung wählen*
- Lampenabdeckungen bzw. Leuchtkörper reinigen lassen (Erhöhung der Lichtausbeute)
- Einsatz effektiverer Beleuchtungssysteme (Verantwortlichkeit: Schulträger)*

Sparsame Verwendung von künstlichem Licht

- Lampen nicht unnötig eingeschaltet lassen (z. B. bei ausreichend Tageslicht, in Pausen ab 5 Min. und in der unterrichtsfreien Zeit ausschalten)
- Lichtschalter markieren, um eine bessere Zuordnung zwischen Schalter und Lampen für die bedarfsgerechte Beleuchtung zu ermöglichen
- Raumgestaltung so verbessern, dass weniger Licht benötigt wird (z. B. möglichst helle Raumgestaltung, Einfall von Licht durch die Fenster nicht behindern, saubere Fensteroberflächen)
- Beleuchtungsschaltung in Fluren und Treppenhäusern ändern, um dauerhaft angeschaltete Bereiche zu vermeiden*
- Zeitschaltuhren und Bewegungsmelder in Räumen einsetzen, in denen häufig unnötig Licht brennt, z. B. Toiletten*
- Nutzungen in den Abendstunden auf Teilbereiche konzentrieren

Effizientere Beleuchtungssysteme verwenden

- Bisher vergessene Glühlampen/Halogenlampen durch LED ersetzen (v. a. ab 2 Stunden Einschaltdauer pro Tag)*
- Elektronische Vorschaltgeräte einbauen lassen*

* mit Kosten verbunden

Checkliste C.04



Elektrische Geräte

„Stromfresser“ identifizieren und Alternativen erörtern

- Elektrische Heizung oder Warmwasserbereitung ersetzen (Zuständigkeit: Schulträger)*
- Beim Neukauf von Elektrogeräten energiesparende Modelle bevorzugen*

Nicht benötigte Geräte ganz oder zeitweise ausschalten

- Schaltbare Steckdosenleisten anschaffen und nutzen*
- Computer-Bildschirme und elektronische Whiteboards/Beamer bei längeren Pausen (ab ca. 20 Min.) abschalten
- Getränkeautomaten in der schulfreien Zeit abschalten
- Nicht oder selten benötigte Warmwasserboiler abschalten
- Kaffeemaschinen nicht im Dauerbetrieb lassen, sondern Kaffee in Thermoskannen füllen
- Bei Vorhandensein mehrerer Kühlschränke Inhalte zusammenlegen
- Stand-by-Verbrauch vermeiden: Stecker ziehen oder eine schaltbare Steckdosenleiste verwenden

Geräte energiesparend betreiben

- Warmwasserboiler auf möglichst niedrige Temperatur einstellen
- Stromverbrauch von älteren Heizungs-Umwälzpumpen durch Nachrüsten von Pumpensteuerungen und/oder Leistungsreduzierung minimieren*
- Energiespartasten bzw. Energiemanagement-Systeme von Geräten nutzen
- Kühltemperatur (Kühlschränke, Getränkeautomaten) vernünftig wählen (mit Messgeräten auf richtige Temperatur achten)
- Energiesparend kochen

* mit Kosten verbunden