

Unterrichtseinheit 2:
**Lampentechnologien
und Tageslichtnutzung.**

Bildungsziele, Überblick

Unterrichtseinheit 2: Lampentechnologien und Tageslichtnutzung.

Bildungsziele.

Ziele dieser Unterrichtseinheit sind:

- Die Schülerinnen und Schüler sollen verstehen, dass die Effizienz bei der Umsetzung von Energie in Licht abhängig von der Lampentechnologie ist.
- Gleichzeitig sollen sie ein Bewusstsein dafür entwickeln, dass Tageslicht zur Unterstützung der künstlichen Beleuchtung hinzu gezogen und so Energie gespart werden kann.

Die Unterrichtseinheit 2 im Überblick.

Beobachtungsstationen	Subjektive und objektive Merkmale unterschiedlicher Lampentechnologien
Theoretischer Hintergrund	Lichtausbeute und Wärmewirkung
	Farbtemperatur von Licht
	Verkäuferwissen entlarven
Experiment	Lichtrundgang im Schulgebäude
Forscherfrage	Licht im Dunkeln

Didaktik, Materialien

Unterrichtseinheit 2: Lampentechnologien und Tageslichtnutzung.

Didaktik.

Es werden unterschiedliche Lampentechnologien gleicher Leistung [W] vorgeführt (Glühlampe, Energiesparlampe, Halogenlampe). Die Klasse wird in zwei Gruppen aufgeteilt: Eine Hälfte notiert ihre subjektiven Eindrücke der Beobachtungsstationen, die andere nutzt Messgeräte zur Erfassung von objektiven Kriterien. Die Ergebnisse werden anschließend verglichen.

Die Beobachtungsstationen können bei einer ausreichenden Anzahl von Lampenfassungen parallel in verschiedenen Räumen stattfinden oder auch nacheinander vorgeführt werden.

Die Gruppe der subjektiven Beobachter notiert ihre Beobachtungen hinsichtlich dieser Kriterien:

- empfundene Helligkeit
- empfundene „Gemütlichkeit“ des Lichts
- farbgetreue Wiedergabe des Gegenstands
(im Vergleich zur Betrachtung bei Tageslicht)
- Wärmeabstrahlung der Lichtquelle

Die Gruppe der objektiven Beobachter misst:

- die Beleuchtungsstärke [lx]
- den Stromverbrauch [kWh] und
- die Wärmeentwicklung der Lichttechnologien [°C]

Notwendiges Vorwissen der Schülerinnen und Schüler.

- Gebrauch der Messgeräte (Luxmeter, Strommessgerät, Thermometer)

Materialien für die Beobachtungsstationen.

- 1 abgedunkelter Raum
- 2 Lampenfassungen mit je 1 Glühlampe (25 W) und 1 Energiesparlampe (25 W – warmweiß) und 1 Energiesparlampe (25 W – tageslichtweiß)
- 1 Lampenfassung mit 1 Halogenlampe (25 W)
- 1–2 Thermometer
- 1–2 Luxmeter
- 1 Strommessgerät
- halber Klassensatz: Kopien der Arbeitsblätter 1 und 2

Materialien für die Schülerversuche.

- Luxmeter

Materialien für den theoretischen Hintergrund.

- Foliensatz 2 (bei erweitertem Informationsbedarf)
- Klassensatz: Kopien der Arbeitsblätter 3 und 4

Unterrichtsverlauf

Unterrichtseinheit 2: Lampentechnologien und Tageslichtnutzung.

Beobachtungsstationen: Überblick.

Nacheinander werden identische Betrachtungsgegenstände aus gleicher Entfernung mit unterschiedlichen Lampenarten gleicher Leistung bestrahlt.

Beobachtungsstationen: Durchführung.

Die Beobachtungsstationen müssen in einem abgedunkelten Raum durchgeführt werden.

1. Station.

Der Betrachtungsgegenstand wird mit einer 25-W-Glühlampe aus etwa 2–3 m Entfernung bestrahlt. Die Schülergruppen notieren ihre Beobachtungen in den Arbeitsblättern 1 und 2. Eine Schülerin oder ein Schüler der objektiven Beobachtergruppe fasst die Lampe mit der Hand an und misst den Zeitpunkt, wann der Lampenkolben zu heiß wird (in Sekunden).

2. Station.

Der Betrachtungsgegenstand wird mit einer 25-W-Energiesparlampe (warmweiß) und anschließend mit einer 25-W-Energiesparlampe (tageslichtweiß) aus etwa 2–3 m Entfernung bestrahlt. Die Schülergruppen notieren ihre Beobachtungen in den Arbeitsblättern 1 und 2. Eine Schülerin oder ein Schüler der objektiven Beobachtergruppe fasst die Lampe mit der Hand an und misst den Zeitpunkt, wann der Lampenkolben zu heiß wird (in Sekunden).

3. Station.

Der Betrachtungsgegenstand wird mit einer 25-W-Halogenlampe aus etwa 2–3 m Entfernung bestrahlt. Die Schülergruppen notieren ihre Beobachtungen in den Arbeitsblättern 1 und 2. Eine Schülerin oder ein Schüler der objektiven Beobachtergruppe fasst die Lampe mit der Hand an und misst den Zeitpunkt, wann der Lampenkolben zu heiß wird (in Sekunden).

Fazit:

Der Vergleich der Ergebnisse beider Gruppen ergibt:

- dass bei gleichem Energieverbrauch die Lampen unterschiedlich hell erscheinen (empunden und gemessen)
 - dass das erzeugte Licht der verschiedenen Lampen als unterschiedlich „gemütlich“ empfunden wird
 - dass alle Farben vergleichbar farbtreu wiedergegeben werden (im Vergleich zum Tageslicht)
-

Beobachtungsstationen

Beobachtungsprotokoll (subjektiv).

1. Station.

Eine Glühlampe beleuchtet in einem abgedunkelten Raum einen Gegenstand.
Notiere deine Eindrücke!

a) Die Helligkeit, die durch die Lampe erzeugt wird, ist

- ausreichend. zu dunkel. zu hell.

b) Die Atmosphäre, die das Licht erzeugt, finde ich

- gemütlich. ungemütlich.

c) Gegenstände, die die Lampe bestrahlt, sehen im Vergleich zum Tageslicht

- gleich aus (Farbtöne richtig wiedergegeben). anders aus (Farbtöne falsch wiedergegeben).

2. Station.

Zwei Energiesparlampen (A und B) beleuchten nacheinander in einem abgedunkelten Raum einen Gegenstand.
Notiere deine Eindrücke!

Die Helligkeit, die durch die Energiesparlampe A erzeugt wird, ist

- ausreichend. zu dunkel. zu hell.
 heller als dunkler als gleich hell wie die Glühlampe.

Die Atmosphäre, die das Licht der Energiesparlampe A erzeugt, finde ich

- gemütlich. ungemütlich.
 gemütlicher als ungemütlicher als das der Glühlampe.

Gegenstände, die die Energiesparlampe A bestrahlt, sehen im Vergleich zum Tageslicht

- gleich aus (Farbtöne richtig wiedergegeben). anders aus (Farbtöne falsch wiedergegeben).

Beobachtungsstationen

Beobachtungsprotokoll (objektiv).

1. Station.

Eine Glühlampe beleuchtet in einem abgedunkelten Raum einen Gegenstand. Messt in der Gruppe die Beleuchtungsstärke der Lampe, ihren Stromverbrauch und die Zeit, bis sich der Kolben soweit erhitzt hat, dass er nicht mehr berührt werden kann.

- Beleuchtungsstärke der Glühlampe in 1 m / 4 m Entfernung: _____ / _____ lx
- Stromverbrauch der Glühlampe: _____ kWh
- Zeit, bis der Kolben heiß geworden ist: _____ Sekunden

2. Station.

Zwei Energiesparlampen (A und B) beleuchten nacheinander in einem abgedunkelten Raum einen Gegenstand. Messt in der Gruppe die Beleuchtungsstärke der Lampe, ihren Stromverbrauch und die Zeit, bis sich der Kolben soweit erhitzt hat, dass er nicht mehr berührt werden kann.

- Beleuchtungsstärke der Energiesparlampe A in 1 m / 4 m Entfernung: _____ / _____ lx
- Stromverbrauch der Energiesparlampe A: _____ kWh
- Zeit, bis der Kolben heiß geworden ist: _____ Sekunden

- Beleuchtungsstärke der Energiesparlampe B in 1 m / 4 m Entfernung: _____ / _____ lx
- Stromverbrauch der Energiesparlampe B: _____ kWh
- Zeit, bis der Kolben heiß geworden ist: _____ Sekunden

3. Station.

Eine Halogenlampe beleuchtet in einem abgedunkelten Raum einen Gegenstand. Messt in der Gruppe die Beleuchtungsstärke der Lampe, ihren Stromverbrauch und die Zeit, bis sich der Kolben soweit erhitzt hat, dass er nicht mehr berührt werden kann.

- Beleuchtungsstärke der Halogenlampe in 1 m / 4 m Entfernung: _____ / _____ lx
- Stromverbrauch der Halogenlampe: _____ kWh
- Zeit, bis der Kolben heiß geworden ist: _____ Sekunden

Diskutiere die Ergebnisse in der Klasse. Gibt es überraschende Ergebnisse? Warum sind diese überraschend und wie sind deine Beobachtungen zu erklären?

Notiere deine Ideen:

Warum ist das so?

Lichtausbeute und Wärmewirkung.

Lampentechnologien erzeugen Licht und benötigen dazu Energie (Strom). Die verschiedenen Lampentechnologien können aus derselben Menge Energie unterschiedlich viel Licht erzeugen. Die Fähigkeit einer Lampe, die ihr zugeführte Energie in Licht umzuwandeln, wird als „Lichtausbeute“ angegeben. Je größer die Lichtausbeute ist, desto mehr Energie wird in Licht und desto weniger in Wärme umgewandelt. Die Wärme, die eine Lampe je Energieeinheit abstrahlt, wird als „Wärmewirkung“ [W/klm] angegeben. Energie, die von einer Lampe in Form von Wärme abgestrahlt wird, ist als Verlustenergie zu betrachten!

Aufgabe.

	Lichtausbeute (lm / W)	Wärmewirkung (W / klm)
Glühlampe (40 W)	12	70
Energiesparlampe (9 W)	60	7

Berechne anhand der Angaben in der Tabelle die Energiemengen, die eine Glühlampe und eine Energiesparlampe jeweils in Form von Wärme und von Licht abstrahlen.

Berechnung: Lichtausbeute
 Glühlampe: $40\text{ W} \times 12\text{ lm/W} = 480\text{ lm}$
 Energiesparlampe: _____ x _____ = _____

Berechnung: Wärmewirkung
 Glühlampe: $480\text{ lm} \times 70\text{ W/klm} = 33,6\text{ W}$
 Energiesparlampe: _____ x _____ = _____

Ergebnis.

	Lichtleistung		Wärmeleistung		Lichtausbeute
	in W	in %	in W	in %	in lm
Glühlampe (40 W)	6,4	16	33,6	84	
Energiesparlampe (9 W)					

Vergleiche die Verhältnisse deiner Ergebnisse mit den Messungen und den subjektiven Einschätzungen. Stimmen sie überein?

Wenn ja, warum? _____

Wenn nein, woran könnte das liegen? _____

Warum ist das so?

Farbtemperatur von Licht.

Manches Licht wirkt „gemütlicher“ (Wohnzimmeratmosphäre) als anderes Licht, das eher kühl bzw. kalt wirkt (Büroatmosphäre). Woher kommt das?

Licht ist das Ergebnis vieler verschiedenfarbiger, sich überlagernder Lichtstrahlen: Es besteht aus einem Spektrum unterschiedlicher Anteile aller Farben, die unser Auge nicht im Detail unterscheiden kann. Weißes Licht gibt es also eigentlich nicht. Es setzt sich aus Lichtspektren zusammen, die mal einen höheren Blauanteil und mal einen höheren Rotanteil haben. Unser Auge nimmt automatisch einen „Weißabgleich“ vor, d. h. es bildet in unseren Köpfen den „weißen“ Gegenstand als rein weiß ab, so dass wir keinen sichtbaren Farbstich wahrnehmen. Weißes Licht mit hohem Rotanteil wird als warmfarbig, mit hohem Blauanteil dagegen als kaltfarbig bezeichnet.

Die Farbtemperatur einer Lampe gibt an, wie „warm“ das erzeugte Licht wirkt. Sie wird in der physikalischen Einheit Kelvin [K] angegeben. Je höher der Wert ist, desto kälter wirkt das Licht und desto höher ist der Blauanteil.

Farbtemperaturen unterschiedlicher Lichtquellen.

Lichtquelle	Farbtemperatur
Kerzenlicht	1.500–2.000 K
40-W-Glühlampe	2.680 K
200-W-Glühlampe	3.000 K
Sonnenaufgang/Sonnenuntergang	3.200 K
Halogenlampe	3.000 K
Xenon Lampe/Lichtbogen	4.500–5.000 K
Sonniges Tageslicht am Mittag	5.500 K
Bedeckter Himmel	6.500–7.500 K
Blauer Himmel	9.000–12.000 K

Aufgabe

Verkäuferwissen entlarven.

Deine Eltern wollen für das Wohnzimmer eine neue Deckenleuchte kaufen. Der Verkäufer lobt sie für ihren guten Geschmack, als sie sich endlich für eine einfache Hängelampe entscheiden und packt gleich noch einen Stapel Glühlampen (200 W) mit ein. Seiner Meinung nach benötigt die Ausleuchtung eines Wohnzimmers mindestens 150 W, besser seien jedoch 200 W. Zum Glück bist du dabei, denn du weißt: Der Verkäufer redet totalen Blödsinn! Warum ist seine pauschale Aussage, dass die Beleuchtung eures Wohnzimmers 200 W benötigt, unsinnig?

Tipp:

Was weiß der Verkäufer über euer Wohnzimmer und was muss er wissen, um eine solche Aussage treffen zu können. Berücksichtige alle bisher gelernten Zusammenhänge!

Die Aussage ist unsinnig, weil _____

Forscherfrage

Licht im Dunkeln.

Wenn ihr abends durch die Straßen lauft und in die beleuchteten Fenster schaut, ist euch bestimmt schon aufgefallen, dass hinter manchen Fenstern das Licht orange erscheint und hinter anderen weiß. Außerdem kann man genau sehen, wer Fernsehen guckt und wer nicht. Woran liegt das? Und warum haben die „anderen“ farbiges Licht, aber nicht ihr, wenn ihr in eurer Wohnung seid?

Sammelt in der Gruppe Ideen, welche Informationen für die Beantwortung der Frage wichtig sind. Fehlen euch Informationen? Wenn ja, welche? Dokumentiert eure Überlegungen und markiert die Annahmen, die ihr momentan aufgrund eurer Informationslage treffen müsst. Begründet die Annahmen und ihre Wichtigkeit für euer Ergebnis.

Wichtige Informationen zur Beantwortung der Frage sind	haben wir schon	brauchen wir noch
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Mögliche Lösungsvorschläge.

Das Licht hinter den Fenstern erscheint bunt, weil

1. _____

2. _____

3. _____

Zugrunde liegende Annahmen.

Vorschlag 1 _____

Vorschlag 2 _____

Vorschlag 3 _____

Schülerspicker

Das solltest du über Licht wissen.

- Licht ist Energie.
- Energie geht nie verloren, sie kann jedoch in eine andere Energieform umgewandelt werden (z. B. Licht, Wärme, Bewegung).
- Unterschiedliche Lampentechnologien wandeln die ihnen zugeführte Energie unterschiedlich gut in Licht um:
 - Glühlampen nutzen nur fünf Prozent der ihr zugeführten Energie zur Lichterzeugung. 95 Prozent der Energie geben sie in Form von Wärme ab.
 - Halogenlampen wandeln ca. zehn Prozent der Energie in Licht um und 90 Prozent in Wärme.
 - Energiesparlampen sind sehr energieeffizient: Sie nutzen 20–35 Prozent der ihr zugeführten Energie zur Lichterzeugung (je nach Bauart), der Rest wird in Form von Wärme an die Umgebung abgegeben.

Die nachfolgende Tabelle zeigt, wie viel Watt eine Energiesparlampe haben muss, um genau so hell zu leuchten, wie eine Glühlampe.

Glühlampe	Energiesparlampe
15 W	3–5 W
25 W	5–7 W
40 W	7–9 W
60 W	11–16 W
75 W	15–20 W
100 W	20–23 W
120 W	23–26 W

Schülerspicker

Energiesparlampen.

Funktionsweise.

Bei Energiesparlampen beruht die Lichterzeugung auf einer elektrischen Gasentladung, die durch Vorheizen und Zünden des Gases ausgelöst wird. Bei dieser Gasentladung werden UV-Strahlen ausgesendet, die bei ihrem Kontakt mit dem an der Innenwand der Lampe angebrachten Leuchtstoff zu leuchten beginnen – es wird Licht erzeugt.

Lichtausbeute.

Energiesparlampen benötigen für die Lichterzeugung (bei gleicher Lichtstärke) etwa 80 Prozent weniger Strom als Glühlampen.

Lebensdauer.

Energiesparlampen haben eine Lebensdauer von etwa 5.000 bis 15.000 Betriebsstunden. Wenn man annimmt, dass eine Lampe im Schnitt drei Stunden am Tag leuchtet, dann ergibt das eine Lebensdauer von ca. 5 bis 14 Jahren (ohne Ferienzeiten).

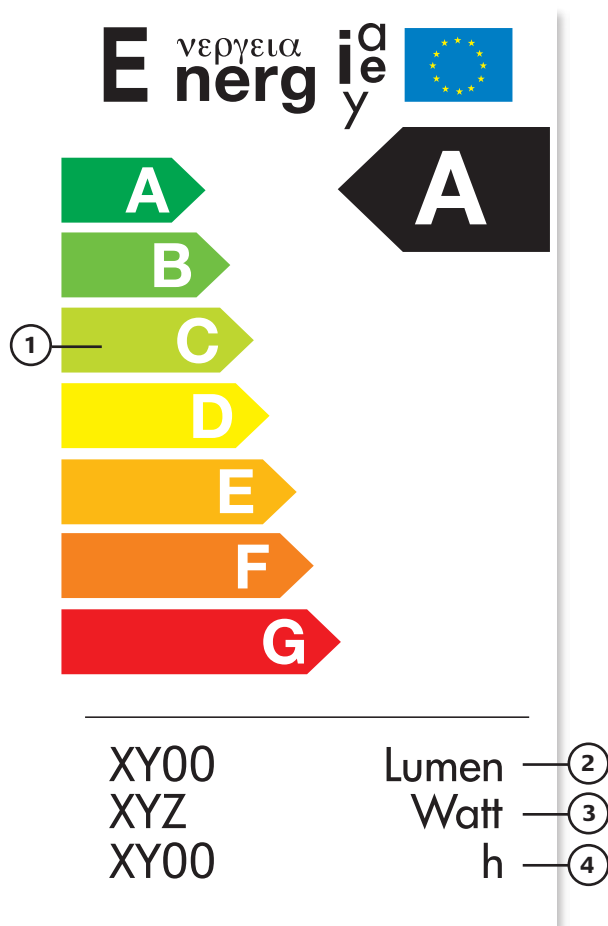
Schaltfestigkeit.

Durch die Entwicklung von Energiesparlampen mit einer so genannten Vorheizfunktion wurde die Lebensdauer von Energiesparlampen erheblich erhöht. Die Vorheizfunktion ermöglicht einen Warmstart der Energiesparlampen und somit ein schonendes Zünden des Gases. Energiesparlampen mit Warmstart sind schaltfest und haben eine doppelt so hohe Lebensdauer wie normale Energiesparlampen: Sie können über 190.000-mal an- und ausgeschaltet werden. Man erkennt Energiesparlampen mit Vorheizfunktion daran, dass sie mit etwas Verzögerung zu leuchten beginnen (0,5 – 2 Sekunden nach dem Anschalten). Die Lebensdauer einer älterer Modelle der Energiesparlampen wurde durch häufiges An- und Ausschalten gemindert. Deshalb sollten ältere Energiesparlampen mindestens sechs Minuten leuchten und ein erneutes Anschalten der Lampe frühestens nach zwei Minuten erfolgen.

Kaufkriterium: EU-Label für energieeffiziente Lampen.

Die Europäische Union hat ein Label entwickelt, das die Energieeffizienz von Haushaltslampen angibt. Diese Kennzeichnung ist auf der Lampenverpackung angegeben. Die Energieeffizienzklassen werden durch die Buchstaben A bis G dargestellt und zeigen an, wie gut die Lampe den zugeführten Strom in Licht umwandelt. Lampen der Energieklasse A sind besonders energieeffizient. Energiesparlampen haben immer die Energieeffizienzklasse A oder B.

Das EU-Label für Lampen.



- ① Farbbalken zur Kennzeichnung der Energieeffizienz von A = grün bis G = rot.
- ② Lichtstrom der Lampe, ausgedrückt in Lumen (lm).
- ③ Eingangsleistungsaufnahme der Lampe, ausgedrückt in Watt (W).
- ④ Mittlere Lebensdauer der Lampe, ausgedrückt in Stunden (h). Diese Angabe ist nicht verpflichtend.

Lehrerspicker

Lösungen und Hintergründe.

Arbeitsblätter.

Zur Beantwortung der Fragen sollen die Schülerinnen und Schüler ihr gelerntes Wissen anwenden: Die gleiche Leistung erzeugt in Abhängigkeit von der Lichtausbeute der Lichtquelle eine unterschiedliche Lichtstärke (Unterrichtseinheit 2). Aber auch der Ort der Lichtquelle (Deckenleuchte oder Stehlampe) und die Lichtreflexion (durch Wände und Möbel) beeinflusst die Helligkeit des Lichts (Unterrichtseinheit 1).

Schülerexperiment:

Lichttrundgang im Schulgebäude.

Die Schüler erhalten Luxmeter zur Messung der Beleuchtungsstärke im Schulgebäude. Geeignete Orte zur Erfassung und Dokumentation der Helligkeit im Schulgebäude sind:

- Klassenräume
- Flure
- Treppenhäuser
- Küche/Kantine
- Schulclub
- Schulhof
- Turnhalle
- Lehrerzimmer

Die Messung sollte idealerweise kurz vor oder nach und in der Dämmerung (morgens oder im Winter nachmittags) stattfinden, um die Nutzung und Sinnhaftigkeit der künstlichen Beleuchtung sowie die Nutzung von Tageslicht zu bewerten.

Variationen der Messungen.

- Erfassung der Beleuchtungsunterschiede innerhalb eines Klassenraums (Türseite, Mitte, Fensterseite)
- Erfassung und vergleichende Auswertung der Helligkeit mit künstlicher Beleuchtung und bei Tageslicht

Bei der Auswertung des Ist-Zustands sollten folgende Fragen berücksichtigt werden:

- Wie viele Lampen gibt es in der Schule?
- Wo und wie sind die Lampen in den Klassenräumen, Fluren oder anderen Orten installiert (Beleuchtungskonzept)?
- Welche Lampen werden wie und wann genutzt?
- Ist die installierte Leistung ausreichend und wird sie richtig genutzt (Vergleich mit Beleuchtungsrichtwerten nach DIN)?
- Welche Lampen sind überflüssig oder werden nicht gebraucht?

Die Ergebnisse des Lichttrundgangs können für die Aktion „Optimierung der Schulbeleuchtung“ im Rahmen eines Projekttags genutzt werden.

Forscherfrage.

Das Licht in den Wohnungen wird von außen in ihren tatsächlichen Farbtemperaturen wahrgenommen, da sich der Betrachter außerhalb des Systems im Dunkeln befindet und das Auge aufgrund der unterschiedlichen Lichtfarben keinen natürlichen Weißabgleich vornehmen kann. Wenn sich der Beobachter im Haus bzw. der Wohnung befindet, so dominiert jeweils eine Farbtemperatur (je Raum oder innerhalb des Raums), so dass das Auge den natürlichen Weißabgleich automatisch vornimmt.