

# „Licht aus“ für die Glühbirne?

## Zusammenfassung

In Deutschland, wie in vielen anderen europäischen Ländern auch, wurden konventionelle Glühbirnen abgeschafft. Im Zeitraum zwischen 2009 und 2012 soll die Glühbirne schrittweise aus den Geschäften verschwinden. Diese Aufgabe ermöglicht den Schülerinnen und Schülern die Gründe herauszufinden, aus denen die EU diese Änderungen angestoßen hat.

## Überblick über die Unterrichtseinheit

Gesichtspunkte	Beschreibung
<b>Mathematischer Inhalt</b>	Proportionalität, Rechnungen mit Variablen, Modellieren
<b>Physikalischer Inhalt</b>	Effizienz, Erzeugung von Licht, Helligkeit, Spektren
<b>Alter der Schüler</b>	14 - 15
<b>Anzahl der Stunden in Mathematik</b>	4 - 6
<b>Anzahl der Stunden in Physik</b>	4 - 6
<b>Bezug zum Bildungsplan – NWA (Baden-Württemberg)</b>	Reflektieren – Verknüpfen – Anwenden; Ökologisch verantwortlich handeln; Experimentieren mit Licht (Klasse 8)
<b>Bezug zum Bildungsplan – Mathematik Baden-Württemberg)</b>	Leitidee Funktionaler Zusammenhang Klasse 8/10); Leitidee Daten (Klasse 8/10); Leitidee Modellieren (Klasse 8/10); Leitidee Zahl (ab Klasse 8)

## 1. Überblick über die Unterrichtseinheit

### 1.1 Die Situation

In Deutschland – wie auch in vielen anderen europäischen Ländern – wird die normale Glühbirne verboten werden. Im Zeitraum von 2009 bis 2012 werden die Glühbirnen schrittweise vom Markt verschwinden, angefangen bei den energieintensivsten. Aber Energiesparlampen sind nicht per se die Lösung für alle (Energie)Probleme. So ist u.a. in vielen Energiesparlampen das Schwermetall Quecksilber enthalten und die Herstellung ist wesentlich energieintensiver als die von Glühbirnen (s.h. z. B. Zeitungsartikel Aufgabe 1). Es ist also ein differenzierter Blick auf die Hintergründe der Problematik nötig, um ein fundiertes Urteil für oder gegen das Verbot von Glühbirnen zu fällen.

### 1.2 Übergreifende Fragestellungen

- Wie unterscheiden sich die Glühbirnen und die Energiesparlampen aus physikalischer Sicht?
- Sind Energiesparlampen wirklich so viel effizienter
- Wie viel Geld kann eine Familie oder eine Schule durch den Einsatz von Energiesparlampen einsparen?
- Wie viel Energie kann in einem größeren Rahmen (in einer Stadt, einem Land, einem Kontinent) gespart werden?
- Warum wurden die Glühbirnen verboten?
- Warum gab es Hamstereinkäufe für Glühbirnen?

### 1.3 Endprodukt

Am Ende dieser Unterrichtseinheit sollen die Schüler eine Debatte durchführen, in der die Vorteile und Nachteile des Verbots von traditionellen Glühbirnen diskutiert werden. Dadurch sollen sie lernen, das physikalische und mathematische Wissen, das sie während dieser Unterrichtseinheit erworben haben, anzuwenden, um über eine politische Fragestellung zu entscheiden. Sie sollen lernen, dass politische Diskussionen auf Wissen und Einsichten beruhen, was wiederum nicht automatisch zu einer Entscheidung führen muss. Entscheidungen beinhalten subjektive Aspekte.

### 1.4 Materialien für physikalische Versuche

- Optische Bank
- 2 Lampenfassungen für Verschiebereiter
- 3 Glühlampen (davon eine mit der lt. Herstellerangabe äquivalenten Leistungsaufnahme, eine mit darüber-, eine mit darunter liegender)
- Spannungsquelle für die Lampen
- 2 Verschiebereiter
- Fettfleckfotometer auf einem Verschiebereiter
- Handschuhe (zum Auswechseln der heißen Glühlampen)
- Steckdosenleiste mit Ein/Aus (evtl. FI-Schutzschalter)

### 1.5 Der Ablaufplan

	Mathematik	Physik
1	<b>Aufgabe 1: Einführung des Themas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Warum wurden Glühbirnen verboten?</li> <li>➤ Warum gab es Hamstereinkäufe?</li> </ul>	
2		<b>Aufgabe 2: Wie unterscheiden sich Glühlampen und Energiesparlampe aus physikalischer Sicht?</b> Recherchiere über den Aufbau und die Funktionsweise einer Glühlampe und einer Energiesparlampe. Welche physikalischen Prinzipien spielen hier eine Rolle? Erkläre und vergleiche jeweils den Aufbau und die Funktionsweise. <i>Mögliche Ergänzung:</i> Untersuche das Lichtspektrum von jedem Licht. Recherchiere über den Einfluss von Licht auf Menschen.
3		<b>Aufgabe 3: Wie unterscheidet sich die Effizienz einer Glühlampe von der einer Energiesparlampe?</b> Untersuche die Effizienz einer Glühlampe und einer Energiesparlampe. Recherchiere über Angaben zu Wirkungsgraden und vergleiche diese miteinander. Untersuche die Lichtintensität der Lampentypen zum Beispiel mithilfe des <b>Fettfleckfotometers</b> .
4	<b>Aufgabe 4: Wie viel Geld kann durch den Einsatz von Energiesparlampen eingespart werden?</b> Berechne vergleichend am Beispiel einer vierköpfigen Familie die Kosten für die Beleuchtung der Wohnung mit Glühbirnen und Energiesparlampen. <i>Alternative:</i> Berechne vergleichend am Beispiel unserer Schule die Kosten für die Beleuchtung am Beispiel der Glühbirne und der Energiesparlampe.	
5	<b>Abschluss:</b> Diskussion über die Vor – und Nachteile des Verbots von traditionellen Glühbirnen.	

## 2 Beschreibung der Unterrichtsstunden

### 2.1 Aufgabe 1 – Einführung des Themas

Die Schüler werden in die Problematik der begrenzten Ressourcen (hier: Elektrische Energie) und das daraus folgende Verbot für Glühbirnen in der Europäischen Union eingeführt. Der Lehrer gibt an die Schüler ein paar ausgewählte Zeitungsartikel (s.h. Arbeitsblätter), die diese Entwicklung kommentieren und die Ideen hinter der Entscheidung der EU beschreiben.

Diese Einführung soll bei den Schülern die Neugier auf diese Situation wecken und sie zur Reflexion anregen.



#### *Schüleraktivität 1*

Lies dir die Zeitungsartikel durch. Diskutiere danach mit deinem Nachbarn folgende Fragen:

- Welche Gründe werden von den Autoren für das Verbot von Glühbirnen genannt?
- Kennst du die Begriffe „100 Watt“ und „40 Watt“? Was bedeuten sie?
- Was bedeutet die Einheit „Megawatt“?
- Was denkst du bedeutet „Glühbirnen produzieren CO<sub>2</sub>“? Produzieren sie wirklich ein Gas?

Nachdem du dich mit deinem Nachbarn ausgetauscht hast, suche dir eine Gruppe mit 5-6 Personen und vergleicht eure Ideen und Ergebnisse (ungefähr 15 min).

Jede Gruppe präsentiert kurz ihre Ideen auf einem Poster.

Nach der Gruppendiskussion entsendet jede Gruppe einen Gruppensprecher, der die Ergebnisse der Klasse präsentiert.

## Arbeitsblätter für Aufgabe 1

### **Geschäfte dürfen ab 2012 nur noch Energiesparlampen verkaufen**

#### **Verbot: EU schafft klassische Glühbirne ab**

Bereits im Sommer sickerten die Pläne der Europäischen Union durch. Jetzt haben Experten aus den 27 EU-Staaten den genauen Zeitplan für das Verbot von Glühbirnen beschlossen. Bis 2012 soll die klassische Glühlampe aus den Regalen der Geschäfte verschwinden. Bereits 2009 verbannt die EU besonders leistungsstarke Glühbirnen. Europaparlament und Ministerrat müssen noch zustimmen.

Auf ihrer Sitzung am 8. Dezember 2008 beschlossen die Sachverständigen des Ökodesign-Regelungsausschusses der EU die schrittweise Abschaffung von Glühlampen zwischen 2009 und Ende 2012. Die Initiative hierzu kommt von der Europäischen Kommission.

#### **Schrittweises Verkaufsverbot ab September 2009**

Die Benutzung der alten Glühbirne wird nicht verboten, sondern nur ihr Verkauf. Bereits ab September 2009 will die EU den Verkauf von Glühlampen mit einer Leistung von mehr als 100 Watt untersagen. Anfang 2010 sollen Glühlampen mit über 40 Watt Leistung aus den Geschäften verschwinden. Ab Ende 2012 dürften nur noch Kompakt-Leuchtstofflampen, die eher als Energiesparlampen bekannt sind, und effiziente Halogenlampen verkauft werden.

Laut EU sparen die Bürger der Mitgliedsländer durch die Umstellung auf Energiesparlampen nahezu 40 Terrawatt ein. Dies entspreche dem ungefähren Stromverbrauch von Rumänien oder von elf Millionen Haushalten. Zehn 500-Megawatt-Kraftwerke könnten vom Netz gehen. Außerdem verringere sich der CO<sub>2</sub>-Ausstoß um jährlich 15 Millionen Tonnen.

*Aus einem Zeitungsartikel vom 9.12.2008*

### **Hamsterkäufe vor dem Abschied der Glühbirne**

#### **... Ansturm auf die Glühbirne**

Das EU-weite Verbot der 100-Watt-Glühbirnen und der matten Modelle ab dem 1. September hatte in den vergangenen Wochen zu Hamsterkäufen in Deutschland geführt. ...„Es gibt einen gewaltigen Run auf Glühbirnen“, berichtet eine Sprecherin der Baumarktkette Praktiker. Seit Anfang Juli sei die Nachfrage nach den künftig nicht mehr hergestellten matten Glühbirnen und den 100-Watt-Birnen um fast 600 Prozent gestiegen.

*Aus einem Zeitungsartikel vom 28.08.2009*

**Werden Energiesparlampen bald verboten?**

*Von Norbert Lossau 27. August 2009, 04:00 Uhr*

Sie enthalten Quecksilber, und das will die UN global verbieten - Leuchtdioden sind langfristig die Alternative

Berlin - Das EU-Verbot von Glühbirnen mit einer Leistung von mindestens 100 Watt sowie aller mattierter Glüh- und Halogenlampen steht vor der Tür. Nach dem 1. September dürfen in den Geschäften nur noch die bestehenden Lagerbestände verkauft werden. Bis 2012 wird das Verbot schrittweise auf alle Glühlampen über 25 Watt ausgeweitet. ...

Doch schon jetzt ist absehbar, dass die heutige Energiesparlampe nur eine Übergangslösung sein wird. Alle im Handel erhältlichen Sparlampen enthalten nämlich das hochgiftige Schwermetall Quecksilber. Auf dem UN-Gipfeltreffen der Umweltminister wurde erst im Februar dieses Jahres vereinbart, die technische Nutzung dieses Schwermetalls weltweit zu verbieten. Würde man also hierzulande diesen Beschluss auf UN-Ebene ernst nehmen und in geltendes Recht umsetzen, so wären die heutigen Energiesparlampen schlicht illegal und müssten - wie derzeit die klassischen Glühbirnen - verboten werden. [...]

"Die Hersteller sind aufgefordert, ihre Sparlampen zu verbessern", fordert der stellvertretende BUND-Vorsitzende Klaus Brunsmeier. Und damit meint er wohl nicht nur die Quecksilber-Problematik, sondern auch die von allen Energiesparlampen abgestrahlten Hochfrequenzwellen. [...]

Schon jetzt ist am technischen Horizont indes erkennbar, welche Technik die Sparlampen, ob mit oder ohne Quecksilber, ablösen wird: Leuchtdioden. Sie sind noch deutlich effizienter, haben eine sehr viel längere Lebensdauer und strahlen keine Hochfrequenzwellen ab. Erste Modelle mit Glühbirnenfassung gibt es schon zu kaufen.

*Aus einem Zeitungsartikel vom 27.08.2009*

**Arbeitsblatt zu "Licht aus für die Glühbirne?" - Einführung**

- Welche Gründe werden vom Autor für das Verbot von Glühbirnen genannt?

- Kennst du die Begriffe "100 Watt" und "40 Watt"? Was bedeuten sie?

- Was bedeutet die Einheit "Megawatt"?

- Was denkst du bedeutet "Glühbirnen produzieren CO<sub>2</sub>? Produzieren sie wirklich ein Gas?"

## 2.2 Aufgabe 2 – Physik: Der Lichteffect

### Das Ziel dieser Aufgabe:

- Vom physikalischen Standpunkt aus gesehen: Wie unterscheidet sich die Glühbirne von der Energiesparlampe?

### Beitrag zur Ausgangsfrage

Um zu klären, warum die Glühbirnen verboten wurden und durch Energiesparlampen ersetzt werden sollen, müssen zunächst die physikalischen Eigenschaften beider Leuchtmittel genauer betrachtet werden. Anschließend werden die im Artikel genannten Einsparungspotentiale in der Mathematik näher untersucht.

Während der Untersuchung der verschiedenen Lampenarten erfahren die Schüler ebenfalls, dass Energiesparlampen einen hohen Anteil an Quecksilber enthalten, was ein Argument gegen das Verbot von regulären Glühlampen liefert.

Optional können die Schüler an Hand der Spektren sehen, dass sich auch die „Art“ des Lichts von Glühbirne und Energiesparlampe unterscheiden.

### Physikalischer Inhalt

- Erzeugung von Licht (der Lichteffect)
- Aufbau von Glühlampen und Energiesparlampen
- Spektren (qualitative Unterschiede Linienspektrum vs. kontinuierliches Spektrum) (optional)



# Arbeitsblätter für Aufgabe 2

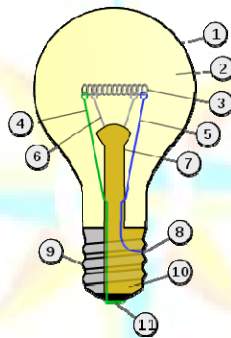
## Arbeitsblatt zum Lichteffect

Beschreibe mit Hilfe der Texte den Aufbau und die Funktionsweise von Glühlampen und Energiesparlampen.

- Welcher Teil der Glühbirne ist „verantwortlich“ für die Erzeugung von Licht?
- Durch welchen Teil der Glühbirne fließt der elektrische Strom?
- Warum denkst du sind Glühbirnen so wenig effektiv?
- Stell dir vor, du müsstest kleineren Kindern (8 – 10 Jahre) erklären, wie Energiesparlampen funktionieren. Was würdest du ihnen sagen?

Versuche schon hier Belege zu finden, die für und gegen ein Verbot der Glühlampen zugunsten der Energiesparlampen sprechen.

## Glühbirnen



1. Glaskolben
2. Glaskolben gefüllt mit Gas (Argon, Neon, Stickstoff)
3. Glühwendel
4. Kontaktdraht (führt aus dem Sockel)
5. Kontaktdraht (führt in den Sockel)
6. Traggerüst
7. Quetschfuß
8. Sockelkontakt (führt in den Sockel)
9. Gewindesockel
10. Isolation (Vitrine)
11. Fußkontakt

In einer Glühlampe wird ein Metallfaden, in der Regel aus Wolfram bestehend und als Glühdraht bezeichnet, durch das Hindurchfließen eines elektrischen Stromes zum Glühen und damit zur Lichtemission gebracht (siehe nebenstehende Abb.). Dieser glühende Metallfaden befindet sich dabei in einem mit Gas (Edelgas-Stickstoff-Gemisch) gefüllten Glaskolben und besitzt eine Temperatur von 2.500 °C bis 3.000 °C. Über den Gewindesockel- und den Fußkontakt wird der Strom zugeführt. Nur etwa 5 % der zugeführten elektrischen Leistung werden in Lichtleistung umgewandelt. Die restlichen 95 % der zugeführten Energie erwärmen die Umgebung der Lampe. Die Lichtausbeute der Glühlampe wird in Lumen pro Watt angegeben. Dabei ist Lumen die Einheit des Lichtstromes und Watt die Leistung. In der Regel beträgt die Lichtausbeute je nach Größe und Bauart etwa 8 bis 20 lm/W. Des Weiteren kann man bei gewöhnlichen Glühlampen mit einer Lebensdauer von etwa 1.000 Stunden rechnen.

Abb. 1 Glühbirne

### **Energiesparlampe**

Als Energiesparlampen werden kompakte Leuchtstofflampen, die ein integriertes Vorschaltgerät besitzen, bezeichnet. Der wesentliche Vorteil von Energiesparlampen gegenüber den Glühlampen ist die hohe Lichtausbeute, denn sie wandeln ca. 25% der zugeführten elektrischen Energie in Licht um. Im Vergleich zu konventionellen Glühlampen, die wie oben angegeben nur 5% Lichtausbeute haben, sind kompakte Leuchtstofflampen dementsprechend erheblich sparsamer. Die Funktionsweise der Leuchtstofflampen basiert darauf, dass unter bestimmten Bedingungen elektrischer Strom auch durch Gase fließen kann. Bei den Leuchtstofflampen werden Elektronen durch eine mit Quecksilber versetzte Gasfüllung geschickt. Diese Gasfüllung aus Quecksilber entsteht dadurch, dass ein hoher Druck aufgebaut wird und das Quecksilber beim Einschalten durch das Vorheizen und der nachfolgenden Eigenerwärmung verdampft. Das hat zur Folge, dass die Energiesparlampen nicht sofort ihre volle Leuchtkraft zur Verfügung steht. Bei den Leuchtstofflampen werden Elektronen durch eine mit Quecksilber versetzte Gasfüllung geschickt.



**Abb. 2** Glühlampe (links) und Energiesparlampe

Die Elektronen prallen auf die Quecksilberatome mit der Folge, dass Energie freigesetzt wird, die dann als ultraviolette Strahlung austritt. Eine Umwandlung der UV-Strahlung in sichtbares Licht erfolgt über die Leuchtstoffbeschichtung an der Innenseite des Glaskörpers. Zum Betrieb von Leuchtstofflampen werden entsprechende Vorschaltgerät verwendet, die einen Starter für die Zündung und eine Drossel (Spule) für die Begrenzung des Stromflusses enthalten. Am effizientesten sind elektronische Vorschaltgeräte, da sie einen flimmerfreien Sofortstart ermöglichen und die Lebensdauer von der Schalzhäufigkeit unabhängig machen.

Jedoch ist bei den Energiesparlampen auch zu bedenken, dass neben dem Quecksilber in der Glasröhre sich in diesen Lampe, im Starter und der Elektronik weitere problematische Stoffe befinden können. Beispielsweise wurden bei älteren Lampen Blei, Chrom und Cadmium verwendet (Herstellung vor Juli 2006). Derartige Materialien sind heutzutage verboten. Ferner dürfen die Energiesparlampen aus Gründen des Umweltschutzes nicht mit dem Hausmüll oder in den Glascontainer entsorgt werden. Vielmehr sind diese Lampen zum Sondermüll zu zählen. Das bedeutet, dass nicht mehr funktionsfähige Energiesparlampen fachgerecht und getrennt vom Hausmüll und hausmüllähnlichem Gewerbeabfall entsorgt werden müssen. Dabei können das Quecksilber und andere Rohstoffe wie zum Beispiel Kupfer, Aluminium und Zinn sowie die Leuchtstoffe teilweise wiederverwertet werden. Für Quecksilber gilt dies jedoch nur, wenn der Glaskolben nicht beschädigt ist, da ansonsten das Quecksilber bereits verdunstete.

Als Argument gegen das Verbot von Glühbirnen könnte zum Beispiel die Gesundheitsgefährdung durch das Verwenden von Quecksilber und bei den älteren Lampen von Blei, sowie die Entsorgungsproblematik angeführt werden. Je nach Zeit, könnte sich einerseits eine Experimentierphase zum Lichtspektrum der einzelnen Lampen anschließen. Mit den Untersuchungen zu den Spektren können die Hamsterverkäufe verdeutlicht werden. Während die Glühlampe ein kontinuierliches Spektrum aussendet ist dies bei der Energiesparlampe nicht der Fall. Bei Energiesparlampen ist ein diskontinuierliches Spektrum zu beobachten. Dies ist auch die Ursache, für die unterschiedliche Wirkung der verschiedenen Lampen auf den Menschen. Manche Menschen empfinden das Licht der Glühlampe für sich als wärmer und angenehmer und möchten deshalb nicht darauf verzichten. Dies führt dazu, dass sich diese Menschen einen Vorrat an Glühlampen anlegen. Das heißt, hier kann eine Recherche über Wirkungen des Lichts der einzelnen Lampentypen auf den Menschen integriert werden.

Als Ergänzung zur Funktionsweise von Glühbirne und Energiesparlampe können die unterschiedlichen Spektren, die durch die unterschiedliche Art der Lichtgewinnung entstehen, miteinander verglichen werden.

Minimale Voraussetzung für das Verständnis ist, dass die Schüler bereits wissen, dass man, zum Beispiel durch ein Prisma, weißes Licht in seine verschiedenen Bestandteile zerlegen kann.

Ist kein Spektrometer in der Sammlung der Schule vorhanden, kann auch zusammen mit den Schülern mit einfachen Mitteln eines gebaut werden:

z.B. [http://www.wdr.de/tv/quarks/global/pdf/Q\\_Spektrometer.pdf](http://www.wdr.de/tv/quarks/global/pdf/Q_Spektrometer.pdf) .



*Optionale Schüleraktivität: Spektren untersuchen*

Untersuche mit einem Spektrometer das Spektrum einer Glühbirne und einer Energiesparlampe.

- Beschreibe die beiden Spektren.
- Wie unterscheiden sie sich?
- Kannst du dir vorstellen, dass dies Auswirkungen und die Wahrnehmungen des Lichts hat? Begründe deine Meinung.

Betrachtet man das Licht einer Glühbirne mit einem Spektrometer, so sieht man ein kontinuierliches Spektrum, ähnlich zum Spektrum des Sonnenlichts. Dieses Spektrum entsteht dadurch, dass Licht, das durch das Glühen des Drahts entsteht, eine kontinuierliche Energieverteilung aufweist, was zu einer kontinuierlichen Abdeckung der Wellenlängen führt.

Bei einer Energiesparlampe hingegen erhält man ein Linienspektrum, also nur eine gewisse Anzahl scharf voneinander abgegrenzter farbiger Linien (je nach Typ der Lampe unterschiedlich). Die Farbe bzw. Lage der Linien wird durch die Energieübergänge festgelegt, welche beim Zusammenstoß von Elektronen und z.B. Quecksilberatomen entsteht.

Durch den Vergleich mit dem Spektrometer erfahren die Schüler auf sehr anschauliche Weise, dass sich das Licht von Glühbirne und Energiesparlampe auf elementare Weise voneinander unterscheiden. Die Vermutung liegt nun auch nahe, dass das auch Auswirkungen auf die (unbewusste) Wahrnehmung der „Lichtqualität“ hat: Licht von Energiesparlampen kann als „unnatürlich“ oder weniger „angenehm“ wahrgenommen werden.

Mögliche erste Argumente für die Diskussion können sein:

„Pro“ Verbot von Glühbirnen	„Contra“ Verbot von Glühbirnen
	Gesundheitsgefährdung aufgrund des Quecksilbers
	Probleme mit der Entsorgung der Energiesparlampen als Sondermüll
	Das Licht ist weniger „angenehm“
	...

## 2.2 Physik – Aufgabe 2: Effizienz

### Das Ziel dieser Aufgabe:

- Vergleich der Effizienz von Glühbirnen und Energiesparlampen, durch die Anwendung eines Fettfleckfotometer

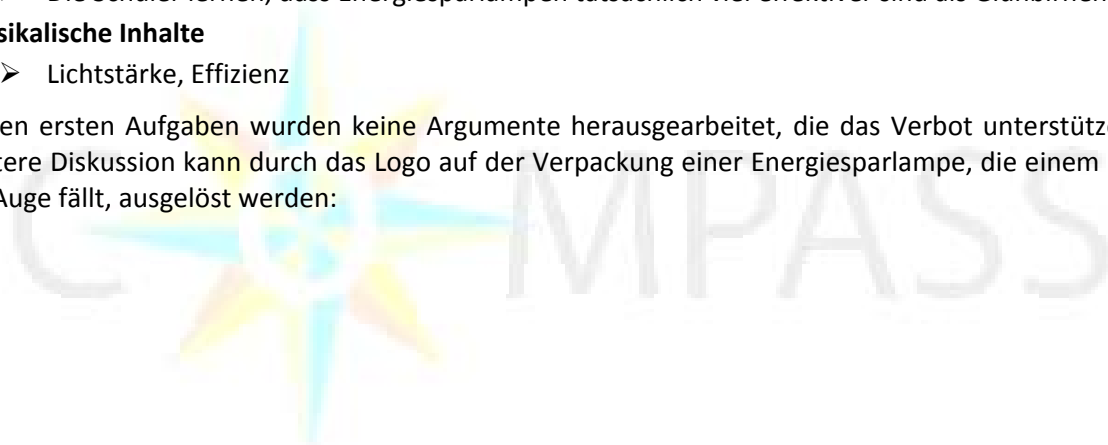
### Beitrag zur Ausgangsfrage

- Die Schüler lernen, dass Energiesparlampen tatsächlich viel effektiver sind als Glühbirnen.

### Physikalische Inhalte

- Lichtstärke, Effizienz

In den ersten Aufgaben wurden keine Argumente herausgearbeitet, die das Verbot unterstützen. Eine weitere Diskussion kann durch das Logo auf der Verpackung einer Energiesparlampe, die einem definitiv ins Auge fällt, ausgelöst werden:





### Schüleraktivität 1

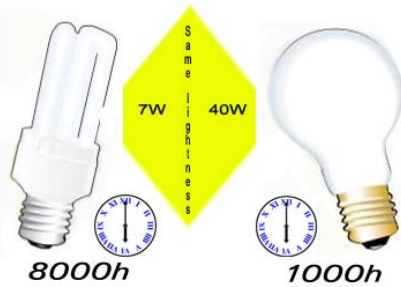


Abb. 3: Glühbirnen

Laut dem Logo leben Energiesparlampen länger und benötigen weniger Energie. Eine 40Watt Glühbirne kann durch eine 7Watt Energiesparlampe ersetzt werden.

- Ist diese Art von Werbung physikalisch korrekt?
- Welche Probleme können genannt werden, wenn man sich von jetzt an nur noch auf Energiesparlampen konzentriert?

Das Beantworten dieser Fragen durch Schülerinnen und Schüler, kann Teil der Abschlussdebatte sein, in der die gesammelten Vor- und Nachteile von Glühbirnen und Energiesparlampen diskutiert werden.

Im nächsten Schritt bietet sich experimentelle Untersuchung der Lichtausbeute an. Diese Untersuchungen ermöglichen genauere Aussagen darüber, welche Glühbirne mit welcher Lichtstärke welcher Energiesparlampe mit welcher Lichtstärke entspricht. Im Nachfolgenden wird ein Vergleich der Helligkeit einer Glühlampe mit der einer Energiesparlampe vorgestellt.

#### Energiesparlampen contra Glühbirnen

Vergleich der Helligkeit mit dem Fettfleckfotometer; Effizienzvergleich

# Arbeitsblatt für Aufgabe 2

## Arbeitsblatt „Effizienz“

Mit einem Fettfleckfotometer werden die Herstellerangaben bezüglich der Helligkeit (Beleuchtungsstärke) einer Kompaktleuchtstofflampe (Energiesparlampe) im Vergleich zu handelsüblichen Glühlampen überprüft.

### Materialien

- Optische Bank
- 2 Lampenfassungen für Verschiebereiter
- 3 Glühlampen (davon eine mit der lt. Herstellerangabe äquivalenten Leistungsaufnahme, eine mit darüber-, eine mit darunter liegender)
- Spannungsquelle für die Lampen
- 2 Verschiebereiter
- Fettfleckfotometer auf einem Verschiebereiter
- Handschuhe (zum Auswechseln der heißen Glühlampen)
- Steckdosenleiste mit Ein/Aus (evtl. FI-Schutzschalter)



Abb. 1: Gesamter Versuchsaufbau

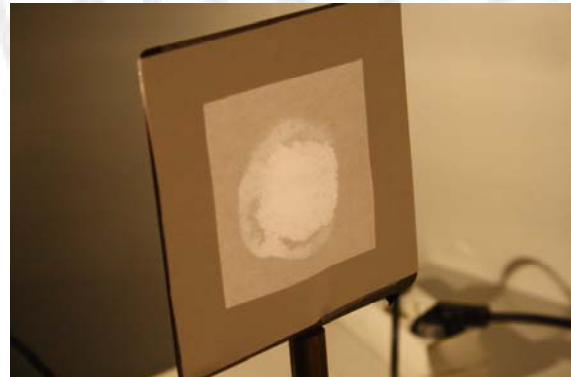


Abb. 2: Fettfleckfotometer

Das Experiment sollte ein bis zwei Stunden vorher aufgebaut werden, da mit einem frischen, feuchten Fleck kein Experiment möglich ist.

### Vorbereitung

Die Kompaktlampe und eine Glühlampe werden im Abstand von 1 Meter auf der optischen Bank befestigt. Der Reiter mit dem Fettfleckfotometer wird zwischen den beiden Lampen verschiebbar angebracht. Es muss sichergestellt sein, dass der Reiter verschiebbar ist (Abb. 1). Die Lampen und der Fettfleck sollten sich auf gleicher Höhe befinden. Der Raum wird abgedunkelt.

### Durchführung

Der Fettfleckfotometer wird langsam zwischen den Lampen verschoben. Dabei erscheint der Lichtfleck dunkler bzw. heller (Abb. 2) als das ihn umgebende Papier. Dazwischen gibt es einen Bereich von zwei

bis drei Zentimetern, in dem der Fettfleck zu verschwinden scheint. In diesem speziellen Bereich ist die Helligkeit der beiden unterschiedlichen Lampen gleich stark. Diese „Mittelposition“ muss bestimmt werden. Diese Position des Schirmes wird notiert und der Versuch mit einer anderen Glühbirne wiederholt. Wegen der Verbrennungsgefahr an den Glühbirnen sollten hierbei Handschuhe verwendet werden.



**Ergebnisse**

Bei der Durchführung mit einer 7 W Kompaktleuchtstofflampe und 25, 40, 60 und 75 W Glühlampen ergeben sich bei Kompaktstoffleuchtlampe in Position 0 cm und Glühlampe in Position 100cm die in der Tabelle dargestellten Werte. Der Punkt, an dem der Fettfleck sich nicht mehr von seiner Umgebung abhebt, liegt bei Lampen gleicher Beleuchtungsstärke bei 50cm, andernfalls näher an der lichtschwächeren Quelle.

Das Experiment bestätigt die Herstellerangaben, dass die Beleuchtungsstärke der 7 W Kompaktlampe der einer 40 W Glühlampe entspricht.

Lampenleistung (In Watt)	Position des Fotometers/cm
75	40
60	45
40	50
25	67



*Alternative*

Da die Leuchtintensität sich umgekehrt proportional zu dem Quadrat der Entfernung verhält, könnten Schülerinnen und Schüler den Zusammenhang zwischen Abstand und Helligkeit nicht erkennen.

Um das zu vermeiden, könnte man den Fettfleck auf die Position von 50 cm setzen und beobachten, welche Energiesparlampe gleich hell wie eine reguläre Glühlampe ist. Am Schluss könnte Ergebnis wie folgt aussehen:

Glühlampe		Energiesparlampe	
Leistung	Energieverbrauch nach 1000 Stunden	Leistung	Energieverbrauch nach 1000 Stunden
25 W	25 kWh	5 W	5 kWh
40 W	40 kWh	7 W	7 kWh
60 W	60 kWh	11 W	11 kWh
75 W	75 kWh	15 W	15 kWh
100 W	100 kWh	20 W	20 kWh
125 W	125 kWh	25 W	25 kWh

Die Schülerinnen und Schüler haben nun herausgefunden, dass für die gleiche Helligkeit eine Glühlampe benötigt wird, die eine größere Leistung hat als eine entsprechende Energiesparlampe (z.B. 100 W Glühlampe vs. 20 W Energiesparlampe).

Ist der Begriff „Wirkungsgrad“ bereits bekannt, kann diese Erkenntnis im Folgenden durch eine kurze (Internet)Recherche der Schülerinnen und Schüler zum Wirkungsgrad von Glühlampe und Energiesparlampe vertieft werden. Hierbei kann auch darauf geachtet werden, wie viel Energie zur Herstellung der Glühlampe bzw. der Energiesparlampe benötigt wird, um die Ersparnis durch die Energiesparlampe den höheren Produktionskosten gegenüber zu stellen.





**Schüleraktivität 2**

- Was versteht man unter „Wirkungsgrad“ einer Lichtquelle?
- Wie groß ist der Wirkungsgrad einer a) Glühbirne b) Energiesparlampe?
- Wie viel Energie wird benötigt um eine a) Glühbirne b) Energiesparlampe herzustellen?

Bei einer Internetrecherche finden sich folgende Werte:

	Energie zur Herstellung	Wirkungsgrad
<b>Glühbirne</b>	1MJ	5%
<b>Energiesparlampe</b>	10MJ	25%

Quellen:

Glühbirne: Wirkungsgrad (z.B. <http://www.umweltlexikon-online.de/RUBsonstiges/Wirkungsgrad.php>); Energie zur Herstellung (z.B. <http://www.nabu.de/themen/energie/energieeffizienz/10471.html>)

Energiesparlampe: Wirkungsgrad (z.B. <http://www.umweltlexikon-online.de/RUBsonstiges/Wirkungsgrad.php> ); Energie zur Herstellung (z.B. <http://www.nabu.de/themen/energie/energieeffizienz/10471.html>)

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Energiebilanz der Energiesparlampe unter der Berücksichtigung des Energieverbrauchs für die Produktion dieser Lampe gegenüber den Glühlampen positiv ausfällt. Für die Produktion einer Energiesparlampe wird ca. die zehnfache Energiemenge wie für die Herstellung einer Glühlampe benötigt.

Dies wird durch den höheren Wirkungsgrad der Energiesparlampe kompensiert. Durch die längere Lebensdauer der Energiesparlampe wird die positive Energiebilanz gegenüber der Glühlampe erreicht. Mithilfe dieser Untersuchungen kann ein Argument für das Glühlampenverbot herausgearbeitet werden.

Zusammenfassung der bisherigen Ergebnisse:

„Pro“ Verbot von Glühbirnen	„Contra“ Verbot von Glühbirnen
Lebensdauer: 1000 Stunden im Vergleich zu 8000 Stunden bei Energiesparlampen	Gesundheitsgefährdung aufgrund des Quecksilbers
Lichtausbeute: 5 % im Vergleich zu 25 % bei Energiesparlampen	Probleme mit der Entsorgung der Energiesparlampen als Sondermüll
...	Licht ist weniger „angenehm“
	...

Jedoch um zu einer kritischen Entscheidung zu gelangen, sind immer mehrere Kriterien und Punkte zu beachten und abzuwägen. Demzufolge sollten in einer weiteren Rechercherunde Pro- und Contra-Argumente für das Verbot der Glühlampen gesammelt werden.

## 2.3 Mathematik – Aufgabe 3: Mikro Perspektive

### Das Ziel dieser Aufgabe:

- Wie viel Geld kann durch den Gebrauch von Energiesparlampen eingespart werden?

### Beitrag zur Ausgangsfrage

- Mikro Perspektive: Was bedeutet es für mich, wenn ich verschiedene Lichtquellen benutze?

### Mathematischer Inhalt

Im Mathematikunterricht stehen daher nun die beiden folgenden Fragestellungen im Zentrum:

- Welche Kosten spart ein Haushalt, wenn er statt Glühbirnen Energiesparlampen verwendet? Hier können die Schüler alternativ die Kostenersparnis für den Haushalt ihrer Eltern berechnen oder man wendet sich im Unterricht der Kostenersparnis für die Schule zu. Hier betrachtet man die Sachlage (Verbot von Glühlampen) von einer Mikroebene, man nimmt die persönliche Perspektive an.

### Mikroperspektive: Private Einsparungen



#### Schüleraktivität 1

- Berechne am Beispiel einer vierköpfigen Familie die Kosten für die Beleuchtung der Wohnung mit a) Glühbirnen b) Energiesparlampen.
- Berechne am Beispiel unserer Schule die Kosten für die Beleuchtung am Beispiel der Glühbirne und am Beispiel der der Energiesparlampe.

Die Effizienz der Lampen sowie ihr Wirkungsgrad wurden im Physikunterricht behandelt. Hier müssen die Schüler zunächst noch recherchieren, wie viel Energiesparlampen – im Vergleich zu Glühlampen -kosten. Ebenso sollten sie gebeten werden, herauszufinden, wie viel 1 kWh Strom kostet.

Wir gehen im Folgenden von folgenden Annahmen aus: Bedingt durch den Aufbau einer Energiesparlampe wird bei der Herstellung mehr Energie verwendet als für eine Glühlampe. Sie ist deswegen mit ca. 8 € viel teurer als eine Glühlampe, die in der Regel nur einen Euro kostet. 1 kWh Strom kostet ca. 17 Cent.

Entweder behandelt man alternativ die eine oder die andere Fragestellung (s.o.), oder man behandelt sie nacheinander. Möglich ist auch die Frage zur eigenen Wohnung als Hausaufgabe zu geben. Man kann auch arbeitsteilig die eine Hälfte der Klasse an der einen Fragestellung, die andere Hälfte der Klasse an der anderen Fragestellung arbeiten lassen.

Wir wenden uns zunächst der ersten Fragestellung zu. Auch hier bietet sich im Unterricht zunächst ein Brainstorming an, bei dem an der Tafel oder dem OHP mögliche Lösungsansätze gesammelt werden. Basierend auf den Ergebnissen des Brainstormings können die Schüler in Gruppenarbeit eine mögliche Vorgehensweise erarbeiten. Wahrscheinlich taucht dabei das Problem auf, dass die Schüler nicht genau wissen, welche Leuchtmittel mit welcher Leistung bei Ihnen in den einzelnen Räumen vorhanden sind. Daher sollte sich nun eine "Datenerhebung" zuhause anschließen: Welche Leuchtmittel gibt es in welchem Zimmer? Wie lange brennen diese täglich durchschnittlich? Dabei sollte diskutiert werden, dass das in den einzelnen Jahreszeiten natürlich unterschiedlich ist. Der Sommer eignet sich kaum zur Erhebung, ebenso wenig der Winter. Es erscheint sinnvoll eine Woche im Herbst oder Frühling für die

Erhebung auszuwählen. Alternativ können sich die Schüler auch für alle Jahreszeiten überlegen, ab wann es dunkel wird und wie lange die Lampen brennen.

Eine mögliche Lösung könnte so aussehen:

Wir gehen von einer 4-Zimmer-Wohnung aus. Man kann z. B. von folgender Verteilung der Lampen ausgehen:

Raum	Licht	Dauer der Nutzung
<b>Wohnzimmer</b>	1 Deckenlampe (100W)	2h
	2 Stehlampen (60W)	zusammen 1h
<b>Schlafzimmer</b>	1 Deckenlampe (100W)	2h
	2 Nachtlampen (60W)	Zusammen 1h
<b>Kinderzimmer</b>	1 Deckenlampe (100W)	2h
	1 Schreibtischlampe (60W)	1h
	1 Nachtlampe (60W)	0.5h
<b>Büro</b>	1 Deckenlampe (100W)	1h
	1 Schreibtischlampe (60 W)	1h
	1 Leselampe (60 W)	0.5h
<b>Badezimmer</b>	1 Deckenlampe (100W)	1h
	2 Spiegellampen (60 W)	2h zusammen
<b>Küche</b>	1 Deckenlampe (100W)	2h
	Küchenbel. 3 · 100 W	1h
<b>Flur</b>	1 Deckenlampe (100W)	1h

Daraus ergibt sich ein Gesamtverbrauch pro Monat von  $30 \cdot (12 \text{ h} \cdot 100 \text{ W} + 7 \text{ h} \cdot 60 \text{ W}) = 48,6 \text{ kWh} \approx 49 \text{ kWh}$  und damit Kosten von ca. 8 €. Bei einem konsequenten Einsatz von Sparbirnen entsteht ein Verbrauch von  $30 \cdot (12 \text{ h} \cdot 20 \text{ W} + 7 \text{ h} \cdot 11 \text{ W}) \approx 9,6 \text{ kWh}$  und damit Kosten von ca. 1,6 €.

Der Preisunterschied ist auf den Monat bezogen bereits recht deutlich. Er erhöht sich, wenn mehr Lampen in der Wohnung sind oder die Brenndauer höher ist. Dies ist z.B. der Fall, wenn mehr Dekorationsbeleuchtung an Wänden oder in Schrankwänden eingesetzt wird. Das gleiche gilt, wenn es in der Wohnung Räume ohne Fenster oder sehr dunkle Räume gibt.

Allerdings lohnt sich eine Energiesparlampe nicht, wenn eine Beleuchtung häufig an und ausgemacht wird, da sie erst dann Energie spart, wenn sie länger leuchtet.

Eine Energiesparlampe kostet nach den obigen Angaben etwa 8-mal so viel wie eine normale Glühbirne, hält aber auch ca. 8-mal so lange. D.h. auch ohne Berücksichtigung der Energieeinsparung entstehen keine Mehrkosten.

Einige ausgewählte Schülerlösungen können am Schluss präsentiert werden. Dabei ist es wichtig, wirklich unterschiedliche Schülerlösungen zuzulassen. Die Schülerlösungen können entweder durch mündliche Präsentationen von den Schülern vorgestellt werden oder aber durch Poster – die anschließend in einem „Gallery walk“ angeschaut werden.

Die Überlegungen für die gesamte Schule sehen ähnlich aus. Allerdings sind die Verhältnisse hier wahrscheinlich weniger übersichtlich als in der elterlichen Wohnung. Wie kann hier vorgegangen werden?

Die Schüler sollten sich zunächst wieder überlegen, wie man vorgehen kann – hier bietet sich die gute Gelegenheit, das Prozesswissen, das die Schüler bei der ersten Aufgabe erworben haben, zu vertiefen – eine gute Wiederholung für Schüler, für die das neu ist. Das könnte zum Beispiel mit der Methode „Ich-du-wir“ passieren. Die Schüler denken zunächst alleine über das Vorgehen nach, dann mit dem Nachbarn und schließlich in der Klasse.

Zur Berechnung können die Schüler unterschiedlich vorgehen: Sie können die Räume zählen und hier von einer gleichen Beleuchtung ausgehen und Beleuchtungsdauer ausgehen oder für jeden Raum extra die Beleuchtungsart ermitteln und die Beleuchtungsdauer schätzen.

Die Berechnungen zeigen, dass der Umstieg auf Energiesparlampen sinnvoll ist – aus der Perspektive des Einzelnen bzw. des Trägers eines einzelnen Gebäudes. Dennoch hätten viele Menschen – wie die Zeitungsartikel mit den Hamsterkäufen zeigen – gerne weiter Glühbirnen benutzt, eben wegen der als angenehmer empfundenen Beleuchtung und unabhängig von den höheren Energiekosten. Eine individuelle Entscheidung – die durch das neue EU-Gesetz unterbunden wurde! Ist diese Entscheidung sinnvoll? Dazu muss man die Perspektive wechseln: Von der individuellen Betrachtung (Mikroperspektive) auf die Ebene der globalen Betrachtung (Makroperspektive).



## 2.4 Abschluss: Rückgriff auf die übergreifenden Fragestellungen

### Ziel dieser Aufgabe:

- Sammlung der möglichen Antworten für die übergreifende Fragestellung

Zum Abschluss dieser fächerübergreifenden Unterrichtseinheit sollte man – im Idealfall mit beiden Lehrenden gemeinsam – auf die übergreifende Fragestellung zurückkommen:

### **Warum wurde die Glühbirne verboten?**

Die Liste der im Unterricht gesammelten Argumente kann dann z. B. so aussehen:

„Pro“ Verbot von Glühbirnen	„Contra“ Verbot von Glühbirnen
Lebensdauer: 1000 Stunden im Vergleich zu 8000 Stunden bei Energiesparlampen	Gesundheitsgefährdung aufgrund des Quecksilbers
Lichtausbeute: 5 % im Vergleich zu 25 % bei Energiesparlampen	Probleme mit der Entsorgung der Energiesparlampen als Sondermüll
Makroperspektive: zehn 500 Kilowatt Kraftwerke können in Europa geschlossen werden	Licht ist weniger „angenehm“
Weniger CO <sub>2</sub> Ausstoß	

Nachdem dann entsprechend Argumente zu der Debatte des Verbots gesammelt wurden, können die Schülerinnen und Schüler diese in einer Podiumsdiskussionen o. Ä. vorstellen.

Dadurch lernen die Schülerinnen und Schüler, dass es eine Entscheidung, die eindeutig richtig ist, nicht geben kann, da es immer Gründe für und gegen Glühbirnen geben wird. Es wird aber auch deutlich, dass es viele Gründe für das Verbot der Glühbirne gibt. Politische Entscheidungen, in diesem Fall der EU, werden so deutlich gemacht.

Deutlich werden sollte hier auch der Unterschied zwischen den einzelnen Perspektiven, die man einnehmen kann: Wenn man an die öffentliche Debatte um die Glühbirnen und die Energiesparlampen denkt, so wird deutlich, dass manche Menschen nur bezogen auf ihren eigenen Nutzen argumentieren (Mir gefällt das Licht besser) während es auch wichtig ist, globale Folgen zu betrachten. Dass die Einführung der Energiesparlampe wegen deren Quecksilbergehaltes nicht unkritisch zu sehen ist, muss natürlich auch bedacht werden. Dies ist ein Beispiel dafür, dass die Debatte hier noch nicht abgeschlossen ist, sondern weiterzuführen ist, wie auch der dritte Zeitungsartikel zeigt.

An Stelle einer Diskussion kann auch alternativ ein Zeitungsartikel für eine Schülerzeitschrift geschrieben werden, in denen die Schülerinnen und Schüler die Argumente „Für“ und „Gegen“ das Verbot von Glühbirnen beschreiben.