



Lehrplanverortung

Stoffe und Stoffeigenschaften/Ressourcenschonung



Klassen/Jahrgangsstufen

5–7



Fächer

Arbeitslehre/Technik/Wirtschaft
Naturwissenschaften/Physik/Chemie



Fachliche Voraussetzungen

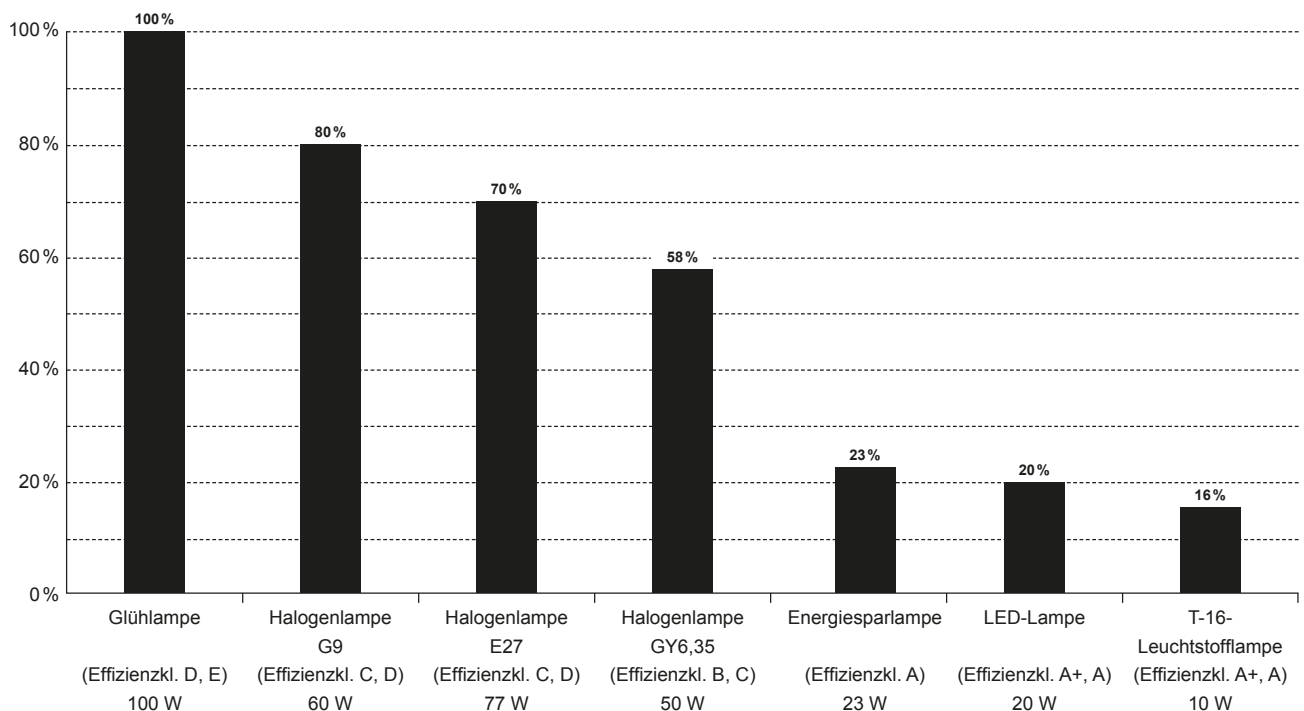
Die Lernenden kennen den Zusammenhang von Rohstoffen und Produkten. Sie wissen, dass Rohstoffe nicht beliebig verfügbar sind und dass von vielen Stoffen eine Gefahr ausgeht, wenn sie unkontrolliert in die Umwelt gelangen.

Die klassische Glühlampe verschwindet

Im Zuge der gestiegenen Anforderungen an Energieeffizienz und Ökologie hat das Thema Leuchtmittel enorm an Komplexität gewonnen. Inzwischen führt jeder Baumarkt ein großes Sortiment unterschiedlicher Leuchtstofflampen, Energiesparlampen und LED-Lampen. Was man in der Regel nicht mehr findet, sind klassische Glühlampen. Aufgrund mangelnder Energieeffizienz fallen diese – übrigens genau wie konventionelle Halogenlampen – unter ein von der EU vorgegebenes Herstellungs- und Handelsverbot. Das sich sukzessive verschärfende Verbot sieht vor, in naher Zukunft nur noch Leuchtmittel zuzulassen, die mindestens Energieeffizienzklasse B erreichen. Ausgenommen sind mit Klasse C zertifizierte Halogenleuchten, weil es für diese zurzeit noch keinen adäquaten Ersatz gibt.

Leuchtmittel und ihre Energieeffizienzklassen

Verglichen wird die Standardglühlampe (100 Prozent) mit Lampen vergleichbaren Lichtstroms.



Zunehmende Herausforderungen für das Recycling

Die Energieeffizienzklasse von Leuchtmitteln sagt nichts über ihre Recyclbarkeit aus. Im Gegenteil: Gerade das Aufbereiten von besonders energiesparenden Varianten wie LED-Dioden oder Leuchtstofflampen gestaltet sich schwierig, weil hier neben den klassischen Bestandteilen Glas und Metall auch Seltene Erden und zum Teil Schadstoffe (Quecksilber) verbaut sind. Infolgedessen dürfen nicht alle Leuchtmittel gleich entsorgt werden. Lediglich konventionelle Glüh- und Halogenlampen gehören in den Restabfall. Alle anderen Leuchtmittel müssen an Wertstoffhöfen oder mobilen Sammelstellen abgegeben werden. Zudem ist der Handel verpflichtet, nicht über den Restabfall entsorgbare Leuchtmittel zurückzunehmen. Industrielle Großverbraucher können Lampen direkt abholen lassen.

Fraktionsreine Trennung als Vorstufe der Aufbereitung

Ziel der Recyclingverfahren ist es, die Bestandteile der Lampen sauber zu trennen und die Reststoffe so weit wie möglich wiederzuverwenden. Sauberes Glas wird zur Produktion neuer Lampen eingesetzt, Mischglas wird dem Glasrecycling zugeführt. Metallteile gehen in die Metallverwertung und Kunststoffe werden meist thermisch verwertet. Leuchtstoffe werden ausgeblasen oder ausgewaschen und können ebenso wie der separierte Quecksilberanteil wieder der industriellen Produktion zugeführt werden.

Innovative Verfahren erhöhen die Recyclingquote

Die sortenreine Gewinnung der Lampenbestandteile Glas und Metall durch moderne Recyclingverfahren reduziert den anfallenden Restmüll um bis zu 95 Prozent. Dennoch lohnt es sich, die Prozesse des Recyclings weiterzuentwickeln und die Anteile der noch verbleibenden Reststoffe so gering wie möglich zu halten. Hierbei geht es vor allem um Seltene Erden, die zur Herstellung des Leuchtstoffs in Leuchtstofflampen benötigt werden. Chemiker der Technischen Universität Bergakademie Freiberg haben jetzt ein neues Verfahren zum Recycling Seltener Erden entwickelt. Die Forscher isolieren die Metalle in reiner Form voneinander – ohne unzählige Trennstufen, wie dies in der herkömmlichen Aufbereitung üblich ist.

Einsatzgebiete Seltener Erden in Leuchtstofflampen

Blauspektrum: Europium (Eu)

Rotspektrum: Europium (Eu), Yttrium (Y)

Grünspektrum: Cerium (Ce), Lanthan (La), Terbium (Tb)

Eu Europium	Y Yttrium	Ce Cerium	La Lanthan	Tb Terbium
-----------------------	---------------------	---------------------	----------------------	----------------------

So werden Seltene Erden aus Leuchtmitteln zurückgewonnen

Im ersten Schritt werden die Schichten, die Seltene Erden wie Yttrium, Gadolinium und Europium enthalten, mit Salzsäure vom Glas der Röhren abgewaschen. Es entsteht ein Brei, der mit Schwefelsäure versetzt wird. Diese verbindet sich mit Calcium zu Gips bzw. mit Barium zu Schwerspat. Übrig bleiben die in Salzsäure gelösten Seltene Erden. Diese werden per Diffusionsdialyse voneinander getrennt. Das funktioniert ähnlich wie bei einer künstlichen Niere. Eine teildurchlässige Membran lässt nur Seltene Erden durch. Dabei werden z. B. Yttrium und Europium in einzelnen Fraktionen zurückgewonnen. Die gelösten Stoffe werden in feste Metalloxide umgewandelt; die Metalloxide werden reduziert, so dass zum Schluss die Seltene Erden als Metalle vorliegen und wieder für die Produktion neuer Leuchtmittel eingesetzt werden können. Auch die bei der Aufbereitung verwendete Salzsäure wird zurückgewonnen und wieder in den Recyclingprozess eingespeist.

Aufgabe: Erstellung einer Mindmap zum Thema Leuchtmittel

Generelle Zielsetzung

Die Schülerinnen und Schüler setzen sich mit der Vielfalt von Leuchtmitteln in Alltag und Technik auseinander und erfahren, welche Materialien hier Verwendung finden und warum Sammlung und Recycling notwendig sind.

Aufgabenstellung

Die Lernenden erstellen auf Basis ausgewählter Informationen eine Mindmap, mit der die verschiedenen Arten von Leuchtmitteln und ihre stoffliche Zusammensetzung vorgestellt werden können.

Methodische Hinweise

Die Arbeit mit Maps, insbesondere in Form von Mindmap oder Ideenigel (Cluster), erfreut sich bei Lernenden der Altersstufe großer Beliebtheit. Zugleich haben sich solche Verfahren als ausgesprochen lernwirksam erwiesen. Die Erstellung einer Mindmap kann in vielerlei Formen erfolgen: mit Papier und Schreibgerät, indem zuerst Zettel mit den gesammelten Begriffen erstellt werden (Cluster), die anschließend in eine sinnvolle Ordnung gebracht werden, an Tafel oder Whiteboard oder am Computer. Für Letzteren gibt es kostenlose Programme (zum Beispiel FreeMind), die in der Regel intuitiv zu bedienen sind und sich so für die in Frage kommenden Klassen sehr gut eignen. An vielen Schulen wird seit Jahren mit dem Programm MindManager Smart gearbeitet. Version 11 des Programms können Sie als Lehrkraft kostenlos herunterladen. Den Link finden Sie im Downloadbereich zum Lernmaterial auf wertstoffprofis.de. Alternativ existieren rein browserbasierte Angebote wie MindMeister, für die keinerlei Installation nötig ist.

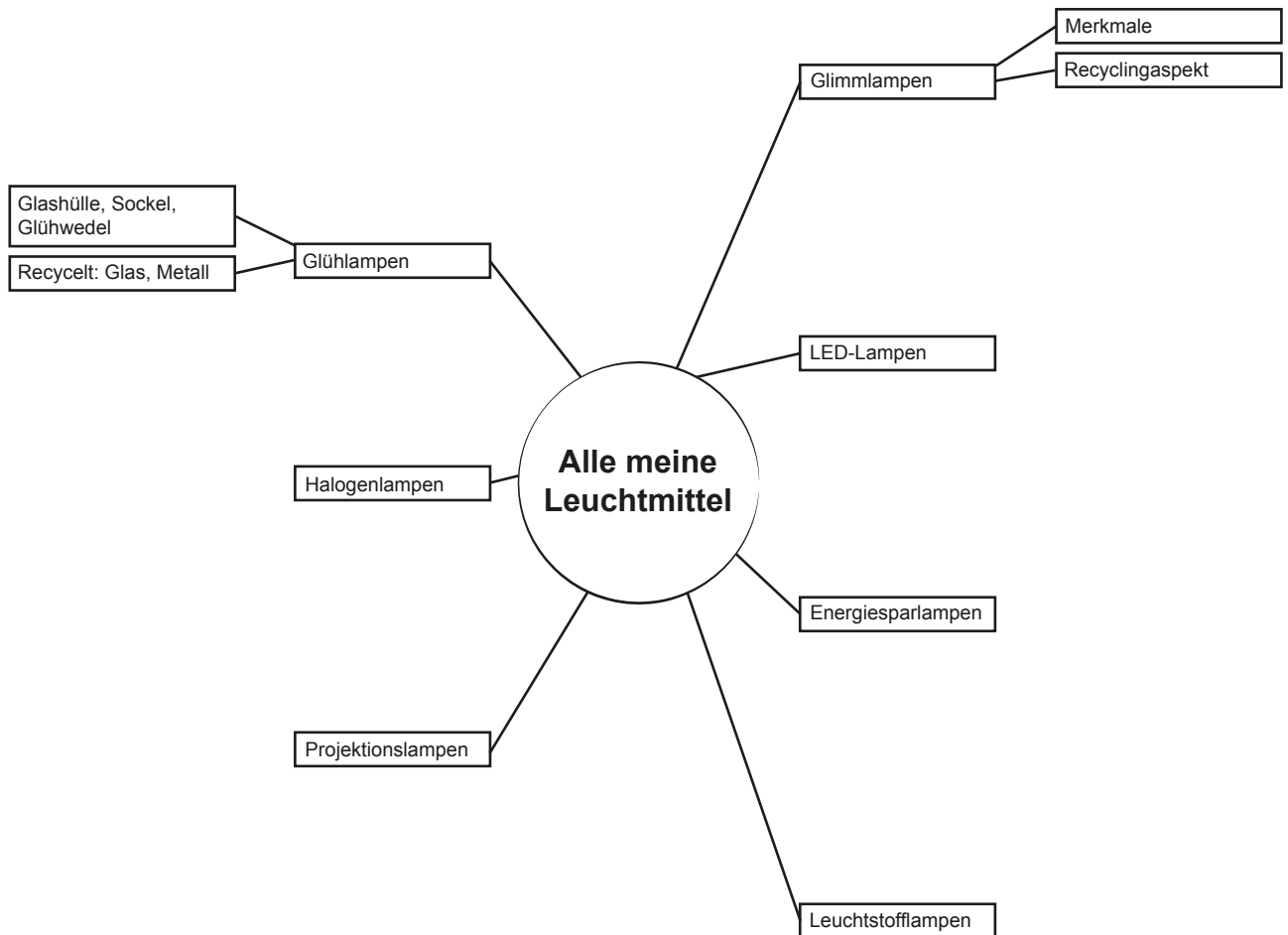
In Bezug auf die Leuchtmittel sollen die Schülerinnen und Schüler eine Mindmap anlegen bzw. vervollständigen, bei der sie die wichtigsten Arten von Lampen mit Informationen zu den verwendeten Materialien und deren Recycling verknüpfen. Die Maps werden dann entweder ausgedruckt und zum Vergleich aufgehängt oder projiziert. Daran sollte sich im Unterricht die Thematisierung einiger gängiger Recyclingverfahren anschließen. Hintergrundinformationen hierzu finden Sie auf dem Blatt „Recyclingverfahren“.

Die Informationsbeschaffung soll von den Lernenden mittels Internetrecherche erfolgen. Onlineangebote, die sich bestens eignen, sind zum Beispiel das Lichtlexikon auf www.licht.de oder die Website www.lightcycle.de. Zudem können die Schülerinnen und Schüler aufgefordert werden, eigene Google-Recherchen zu betreiben. Geeignete Suchbegriffe hierfür sind zum Beispiel „Leuchtmittel Recycling“.

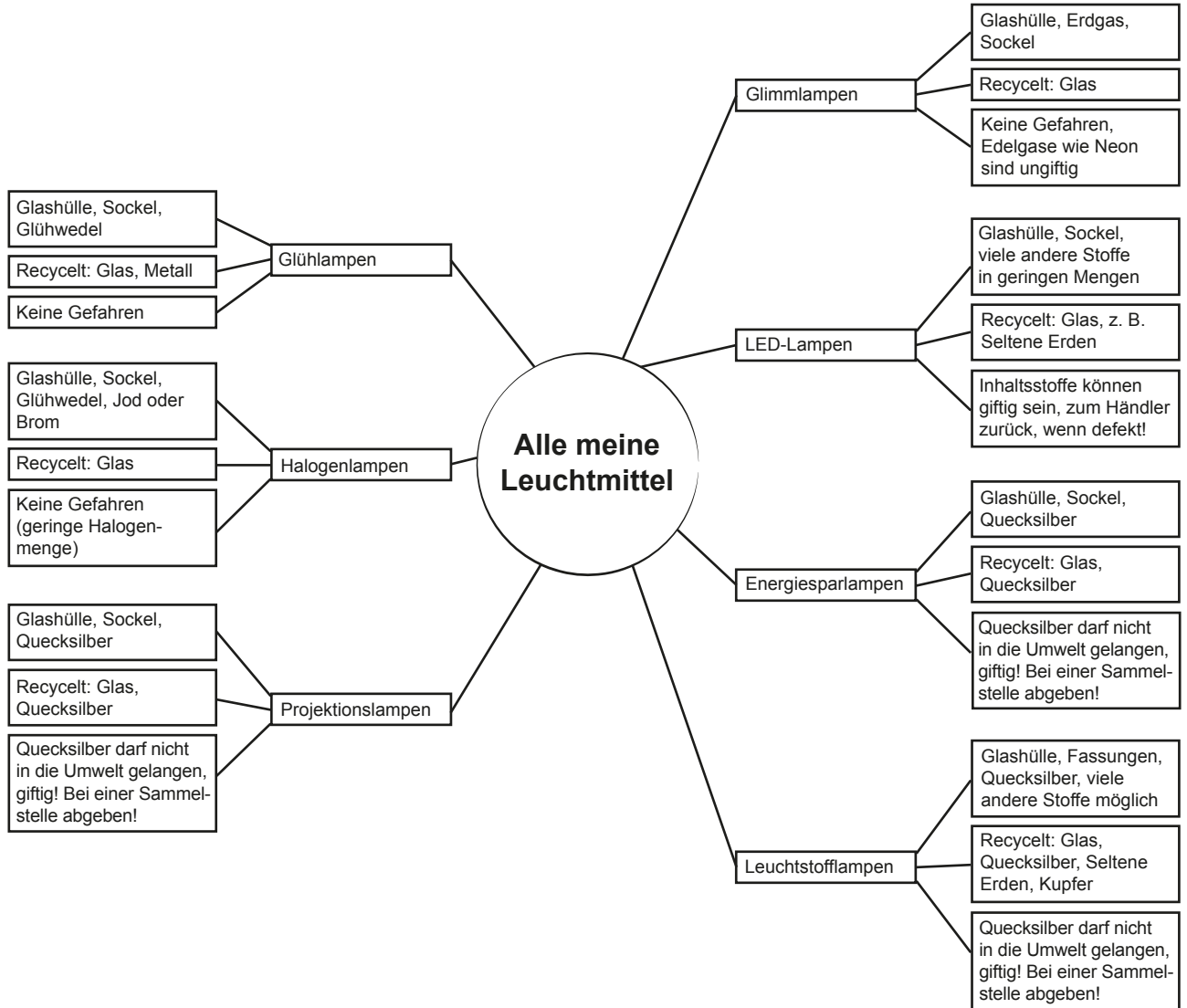
Hinweise zur Differenzierung

Da bei den meisten Programmen zur Erstellung von Maps Zwischenstände gespeichert und weitergegeben werden können, bietet sich hier eine Abstufung von Hilfen an: Leistungsstarke Lerner können eine Map selbstständig entwickeln. Für schwächere Lerngruppen gibt man die Grundstruktur vor und kann zusätzlich Teile der Äste bereits ausfüllen (siehe die im Material enthaltene Vorlage). Eine weitere Möglichkeit stellt das Angebot eines Wortfeldes dar: Dabei werden die in der Map zu verwendenden Begriffe unsortiert auf einem Arbeitsblatt angeboten.

Mindmap mit Vorgabe der Hauptäste



Komplette Mindmap



Detailinfos zu den gängigsten Recyclingverfahren für Leuchtmittel

Kapp-Trenn-Verfahren

Dieses Verfahren wurde für stabförmige Leuchtstofflampen entwickelt und erreicht heute die höchsten Recyclingquoten aller Verfahren. Dabei werden bis zu 90 Prozent des Glases wieder direkt der Lampenproduktion zugeführt. Zunächst werden die Enden der Lampen abgetrennt und die enthaltenen Metall- und Bleiglas-Bestandteile zurückgewonnen. Der quecksilberhaltige Leuchtstoff wird in Ausblasstationen aus der verbleibenden Glasröhre ausgeblasen und gesammelt. Die gereinigte Röhre wird zerkleinert und die so entstehenden Glasscherben werden mit Hilfe eines Metallabscheiders von Metallresten getrennt. Bei besonders sorgfältiger Aufarbeitung wird das Glas noch weiter gereinigt, so dass praktisch keine Quecksilberreste mehr enthalten sind. Dann wird es wieder bei der Herstellung neuer Leuchtstoffröhren eingesetzt. Die bleihaltigen Glasanteile gehen in eine Bleihütte. Die Metallteile finden in der Metallverwertung Verwendung. Die Leuchtschicht, die auch das Quecksilber enthält, wird als Sonderabfall entsorgt.

Schredder-Verfahren

Mit dem Schredder-Verfahren lassen sich sowohl alle Entladungslampen als auch Lampenbruch und Produktionsabfälle verarbeiten. Es ist besonders geeignet für die Verwertung von Altlampen, die aus unterschiedlichen Formen und Glassorten bestehen. Nach dem Separieren von Leuchtstoffen, Kunststoffen und Metallen kann das Glas für Produkte mit niedrigeren Anforderungen an Reinheit verwendet werden.

Glasbruchwaschverfahren

Bei diesem Prozess werden große Volumen von unsortierten Leuchtstofflampen sowie Lampenbruch in einer automatischen Anlage zerkleinert. In einem geschlossenen Kreislauf werden Leuchtstoffe ausgewaschen und vom Quecksilber durch Destillation befreit. Danach werden die restlichen Bestandteile gesiebt und nach Materialart getrennt. Anschließend wird das Glas wieder für die Neuproduktion von Lampen verwendet.

Zentrifugal-Separation

Hierbei handelt es sich um ein Verfahren für alle Kompaktleuchtstofflampen und nicht-stabförmigen Entladungslampen, bei dem in einer Zentrifuge Fassungen, Elektronikteile, Metalle und Kunststoffe vom Glasanteil separiert werden. Das Glas geht wieder in die Herstellung von Glasprodukten, Metall in die Metallverwertung. Kunststoffe werden thermisch verwertet.