

Energie im Haushalt

Vortrag

Ludwig Schuster, Florian Conrad

Fachbereich Physik an der Freien Universität Berlin

13. Januar 2015

Freie Universität  Berlin

Einleitung

Energie

Energieumwandlung

Wärme

Konvektion

Konvektion und "Anti-Konvektion"

Strom

Energieeffizienz

Energieeffizienz unterschiedlicher Lichtquellen

Nahrungsmittelzubereitung

Wirkungsgrad

Wirkungsgrad unterschiedlicher Kochplatten

Fazit

Anhang

Wozu benötigen wir Energie?

Energetischer Endverbrauch nach Sektor

1 000 Tonnen Roholeinheiten

2012 Deutschland

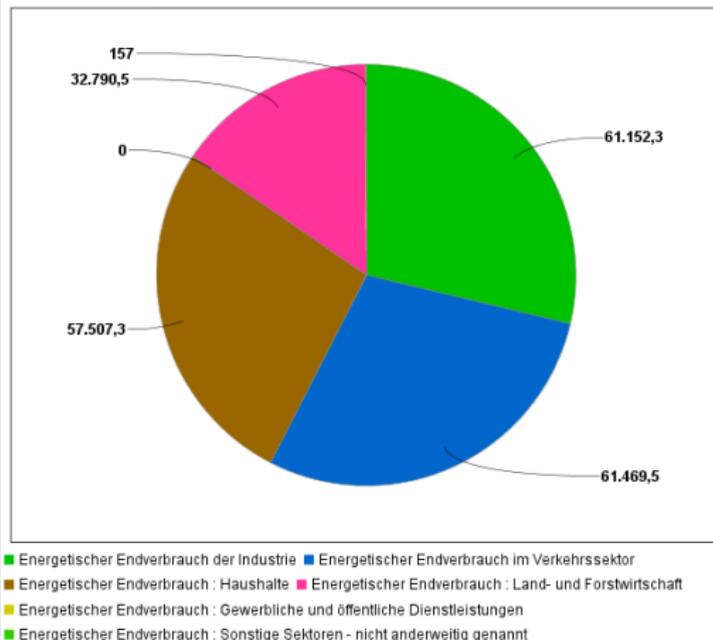


Abbildung: Energieverbrauch in Deutschland nach Sektoren in 2012. [Quelle: [Eur14]]

- ▶ Wie verteilt sich (Wärme-)Energie in meinem Raum?

- ▶ Wie verteilt sich (Wärme-)Energie in meinem Raum?
- ▶ Welche Beleuchtung sollte ich für mein Zimmer wählen?

- ▶ Wie verteilt sich (Wärme-)Energie in meinem Raum?
- ▶ Welche Beleuchtung sollte ich für mein Zimmer wählen?
- ▶ Auf welcher Art Herd koche ich am effizientesten?

Wärme: Mit Wärme wird Konvektion gezeigt.

Wärme: Mit Wärme wird Konvektion gezeigt.

Strom: Mit Lampen wird die Effizienz von
Energieumwandlung betrachtet.

Wärme: Mit Wärme wird Konvektion gezeigt.

Strom: Mit Lampen wird die Effizienz von Energieumwandlung betrachtet.

Kochen: Mit dem Erhitzen von Wasser wird der Wirkungsgrad verschiedener Kochplatten analysiert.



unscharfe Umgangssprache

Energieverbrauch \neq Energieumwandlung



Energie wird nicht “verbraucht”, sondern umgewandelt

Die Energiemenge die während einer Umwandlung in ein System hineingegeben wird, ist nach der Umwandlung die Gleiche. siehe [Rei87]

Beispiele für Energieumwandlungen

- ▶ Heizung
- ▶ Solarzelle
- ▶ Wärmepumpe

Wärme

Physikalisch gesehen ist Wärme die Energie, die zwischen zwei Systemen aufgrund von Temperaturunterschieden übertragen wird (nach [Rei87]).

Heizkörper

Die Wärmeverteilung wird durch den Temperaturunterschied der Luftschichten in der Nähe des Heizkörpers und dem restlichen Zimmer begünstigt.

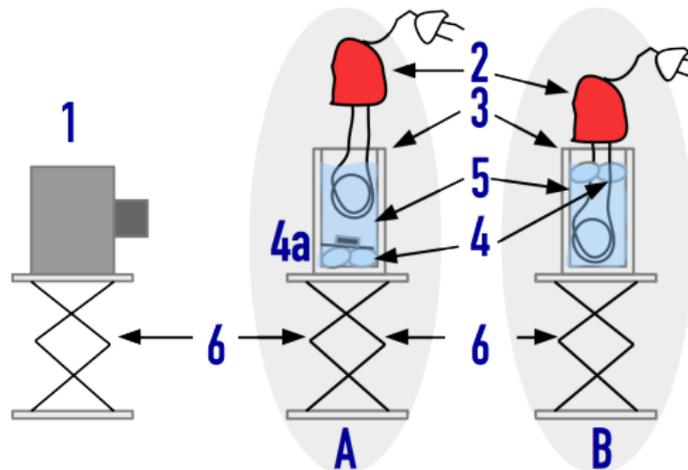


Abbildung: Die Schematische Skizze zum Experiment Konvektion zeigt beide Teile des Experiments. A zeigt den Aufbau für die “Anti-Konvektion” und B den Aufbau für die Konvektion.

Abbildung: Konvektion, also die Durchmischung von Flüssigkeiten aufgrund von Temperaturdifferenzen.

Abbildung: “Anti-Konvektion”, also die nicht Durchmischung von Flüssigkeiten trotz Temperaturdifferenzen.

(Energie) Effizienz

Das Verhältnis $\frac{\text{Energieaufwand}}{\text{Nutzen}}$ beschreibt Effizienz.

Funktionsprinzip verschiedener Leuchtmittel

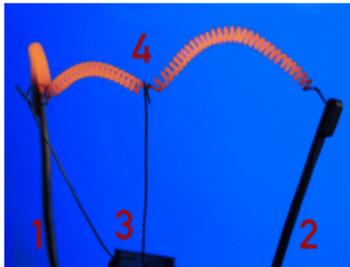


Abbildung: Eine vergrößerte Darstellung des Glühdrahtes einer Glühlampe mit Anode und Kathode (1+2), den elektr. neutralen Stützdrähten (3) und dem Glühdraht (4) [Quelle: [Arn14]]

Glühlampe

- ▶ Wolframdraht wird mit Strom durchflossen

Funktionsprinzip verschiedener Leuchtmittel

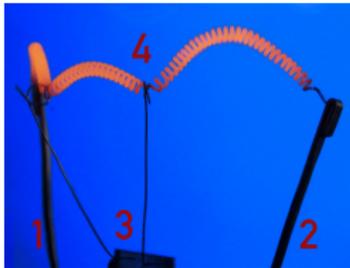


Abbildung: Eine vergrößerte Darstellung des Glühdrahtes einer Glühlampe mit Anode und Kathode (1+2), den elektr. neutralen Stützdrähten (3) und dem Glühdraht (4) [Quelle: [Arn14]]

Glühlampe

- ▶ Wolframdraht wird mit Strom durchflossen
- ▶ glüht bei $1500-3000^{\circ}\text{C}$

Funktionsprinzip verschiedener Leuchtmittel

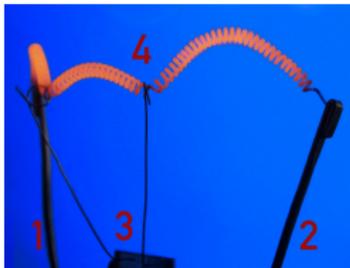


Abbildung: Eine vergrößerte Darstellung des Glühdrahtes einer Glühlampe mit Anode und Kathode (1+2), den elektr. neutralen Stützdrähten (3) und dem Glühdraht (4) [Quelle: [Arn14]]

Glühlampe

- ▶ Wolframdraht wird mit Strom durchflossen
- ▶ glüht bei $1500\text{-}3000^\circ\text{C}$
- ▶ elektromagnetische Strahlung wird emittiert.

Funktionsprinzip verschiedener Leuchtmittel

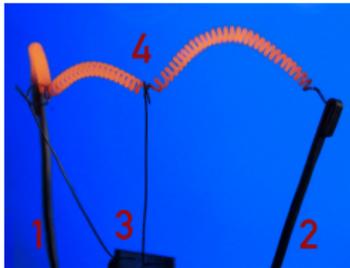


Abbildung: Eine vergrößerte Darstellung des Glühdrahtes einer Glühlampe mit Anode und Kathode (1+2), den elektr. neutralen Stützdrähten (3) und dem Glühdraht (4) [Quelle: [Arn14]]

Glühlampe

- ▶ Wolframdraht wird mit Strom durchflossen
- ▶ glüht bei $1500-3000^{\circ}\text{C}$
- ▶ elektromagnetische Strahlung wird emittiert.
- ▶ Großteil Infrarot- (Wärme) und ca 5% Licht-Strahlung

Funktionsprinzip verschiedener Leuchtmittel

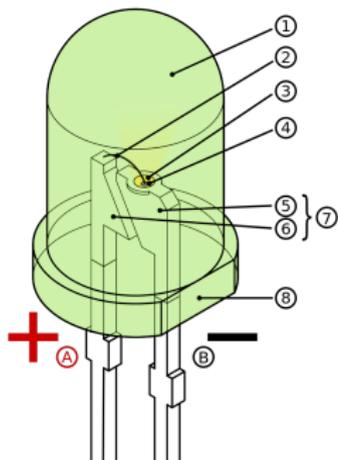


Abbildung: Eine LED Lampe mit Gehäuse (1), dem Bonddraht (2), Reflektor (3), Halbleiterkristall (4), Anode (6/A) und Kathode (5/B)
[Quelle: [Ind14]]

LED-Lampe

- ▶ sehr dünner (Bond-) Draht

Funktionsprinzip verschiedener Leuchtmittel

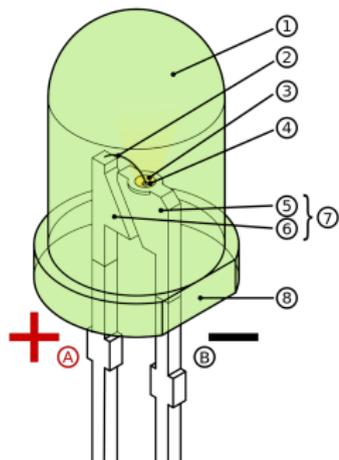


Abbildung: Eine LED Lampe mit Gehäuse (1), dem Bonddraht (2), Reflektor (3), Halbleiterkristall (4), Anode (6/A) und Kathode (5/B)
[Quelle: [Ind14]]

LED-Lampe

- ▶ sehr dünner (Bond-) Draht
- ▶ leitet Elektron auf Halbleiter

Funktionsprinzip verschiedener Leuchtmittel

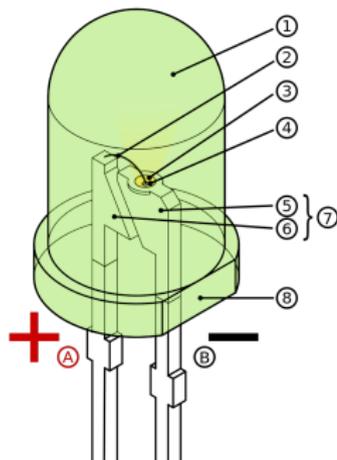


Abbildung: Eine LED Lampe mit Gehäuse (1), dem Bonddraht (2), Reflektor (3), Halbleiterkristall (4), Anode (6/A) und Kathode (5/B)
[Quelle: [Ind14]]

LED-Lampe

- ▶ sehr dünner (Bond-) Draht
- ▶ leitet Elektron auf Halbleiter
- ▶ Licht (Photonen) wird beim direkten Übergang eines Elektrons vom Leitungsband zum Valenzband emittiert (Elektronen-Loch-Rekombination).

([DH09] S. 1291 ff)



Abbildung: bei der additiven Überlagerung von Farben addieren sich Rot, Grün und Blau zu Weiß.

Herausforderungen von LED-Lampen im Alltag

Weißes Licht und Lichtstärke sind bei LED-Lampen eine technische Herausforderung, die immer noch für den alltäglichen Gebrauch optimiert werden muss.

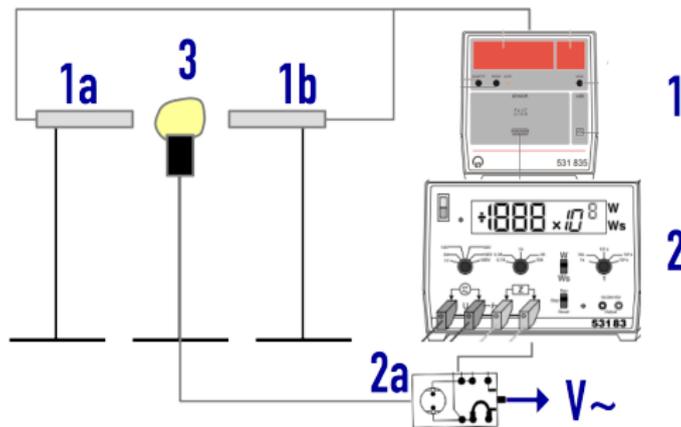


Abbildung: Schematischer Aufbau zur Energieeffizienz unterschiedlicher Lichtquellen

Effizienz und Wirkungsgrad

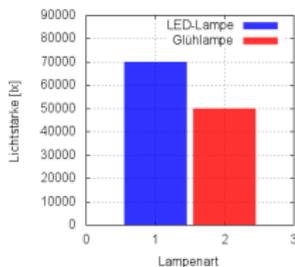
Das Verhältnis der Lichtleistung und der aufgewendeten Energie beschreibt den Wirkungsgrad η und die Lichtleistung ergibt sich aus dem Verhältnis der Lichtstärke pro Leistung (Watt).

$$\text{Wirkungsgrad} = \frac{\text{Lichtstärke} \cdot \text{Fläche}}{\text{Leistung}}$$

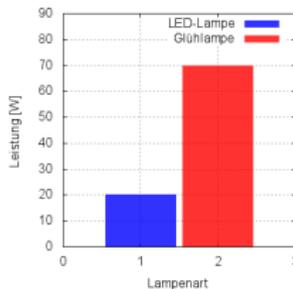
	LED-Lampe	Glühlampe
Leistung[W]	20	70
Temperatur[°C]	24	40
Lichtstärke[klx]	70	50
Fläche[m]	0,02	0,02
Lumen[lm]	1400	1000
Lichtausbeute[$\frac{lm}{W}$]	70	14
Wirkungsgrad[%]	35	2

Tabelle: Verbrauchswerte einer LED-Lampe im Vergleich mit einer Glühlampe.

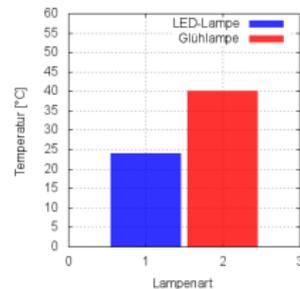
Exp. Lampen



(a) Vergleich der Lichtstärke.



(b) Vergleich der Leistungsaufnahme.



(c) Vergleich der Temperatur.

Abbildung: Verbrauchswerte einer LED-Lampe im Vergleich mit einer Glühlampe. Die Grafiken veranschaulichen das Verhältnis von Temperatur und Leistung zur abgegebenen Lichtstärke. Die Temperaturangabe erfolgt zur besseren Lesbarkeit in °C

Der **Wirkungsgrad** wurde bereit unter dem Thema Strom in Folie 15 mit dem Begriff der (Energie) Effizienz betrachtet.

Wirkungsgrad

- ▶ Maß für die Effizienz von Energieumwandlungen und Energieübertragungen

Wirkungsgrad

- ▶ Maß für die Effizienz von Energieumwandlungen und Energieübertragungen
- ▶ dimensionslose Größe

Wirkungsgrad

- ▶ Maß für die Effizienz von Energieumwandlungen und Energieübertragungen
- ▶ dimensionslose Größe
- ▶ Verhältnis der Nutzleistung P_{ab} zur zugeführten Leistung P_{zu}

Wirkungsgrad

- ▶ Maß für die Effizienz von Energieumwandlungen und Energieübertragungen
- ▶ dimensionslose Größe
- ▶ Verhältnis der Nutzleistung P_{ab} zur zugeführten Leistung P_{zu}
- ▶ üblicherweise η

Es gilt:

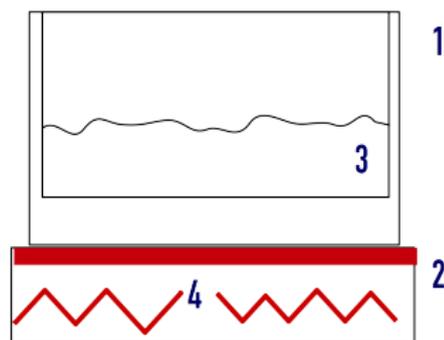
Der Wirkungsgrad wird nie größer als 1. Das entspricht 100%.

$$\frac{E_{ab}}{E_{zu}} = \eta \quad \text{und} \quad \eta \leq 1$$

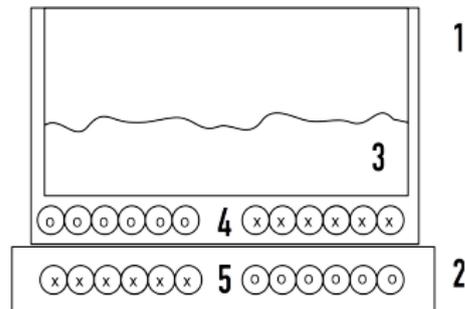
Für eine Kochplatte lässt sich zur Berechnung von η folgende Gleichung aufstellen:

$$\text{Wirkungsgrad} = \frac{\text{Wärme}}{\text{elektr. Energie}}; \quad \frac{Q}{W_{el}} = \frac{m \cdot c_{H_2O} \cdot \Delta T}{P \cdot t}$$

Funktionsprinzip von Herdplatten



(a) Schematische Ansicht der Funktionsweise einer E-Herdplatte.



(b) Schematische Ansicht der Funktionsweise einer Induktionsplatte.

Abbildung: Veranschaulichungen der Funktionsweise von E-Herd- und Induktionskochplatten

Maxwell Gleichungen

Induktionsgesetz

$$\nabla \times E = -\frac{\delta B}{\delta t}$$

Durchflussgesetz

$$\nabla \times B = \mu_0 \cdot j + \mu_0 \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{\delta E}{\delta t}$$

Exp. Kochplatten

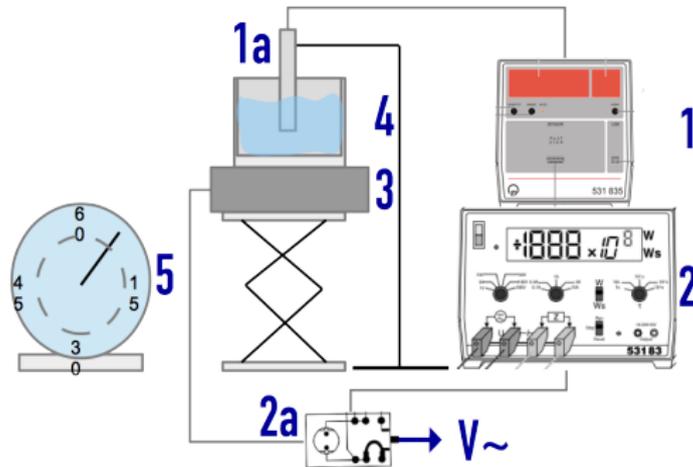


Abbildung: Schematischer Aufbau des Experiments zum Wirkungsgrad unterschiedlicher Kochplatten

Wirkungsgrad η der beiden Kochplatten:

$$\eta = \frac{W_{ab}}{W_{zu}} = \frac{Q}{W_{el}} = \frac{m \cdot c_{H_2O} \cdot \Delta T}{P \cdot t}$$

E-Herd Platte

$$\eta = \frac{W_{ab}}{W_{zu}} = \frac{Q}{W_{el}} = \frac{m \cdot c_{H_2O} \cdot \Delta T}{P \cdot t} = \frac{0,4 \text{ kg} \cdot 4,19 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 80 \text{ } ^\circ\text{C}}{1400 \text{ W} \cdot 600 \text{ s}} = 0,16$$

Induktionsplatte

$$\eta = \frac{W_{ab}}{W_{zu}} = \frac{Q}{W_{el}} = \frac{m \cdot c_{H_2O} \cdot \Delta T}{P \cdot t} = \frac{0,4 \text{ kg} \cdot 4,19 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 80 \text{ } ^\circ\text{C}}{1400 \text{ W} \cdot 120 \text{ s}} = 0,80$$

Fragestellungen zu Beginn

- ▶ Wie verteilt sich (Wärme-)Energie in meinem Raum?

Fragestellungen zu Beginn

- ▶ Wie verteilt sich (Wärme-)Energie in meinem Raum?

Erkenntnis aus den Experiment.

Konvektion

- ▶ Die Erwärmung eines Raumes erfolgt durch Konvektion
- ▶ Konvektion wird durch Temperaturdifferenzen begünstigt.

Fragestellungen zu Beginn

- ▶ Welche Beleuchtung sollte ich für mein Zimmer wählen?

Fragestellungen zu Beginn

- ▶ Welche Beleuchtung sollte ich für mein Zimmer wählen?

Erkenntnis aus den Experiment.

Energieeffizienz

- ▶ Strom zum Betrieb elektrischer Geräte sollte im Idealfall komplett in die gewünschte Funktion umgewandelt werden.
- ▶ (Glüh)lampen wandeln über 90% des Stroms in Wärme um, LED-Lampen wandeln immerhin bis zu 70% des Stroms in Wärme um. Das ist immerhin 6 mal so effizient wie eine Glühlampe.

Fragestellungen zu Beginn

- ▶ Auf welcher Art Herd koche ich am effizientesten?

Fragestellungen zu Beginn

- ▶ Auf welcher Art Herd koche ich am effizientesten?

Erkenntnis aus den Experiment.

Wirkungsgrad

- ▶ Ein Wirkungsgrad von 1 also 100% ist kaum zu erreichen
- ▶ Induktionsherde sind mit ca. 80% rund 4 mal besser als E-Herde mit ca. 20%

Vielen Dank für zuhören, es folgen die Quellenangaben.



ARNOLDIUS:

Glühdraht einer Glühlampe.

Version: 2014.

[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/35/
Electric_bulb_filament.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/35/Electric_bulb_filament.jpg)



DAVID HALLIDAY, Jearl W. Robert Resnick R.

Robert Resnick:

Halliday Physik.

2. Auflage.

Weinheim : Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2009. –
ISBN 978-3527406456



EUROSTAT:

Energetischer Endverbrauch nach Sektor.

Version: 2014.

<http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/graph.do?tab=graph&plugin=1&pcode=tsdpc320&language=de&toolbox=data>



INDUCTIVELOAD:

Aufbau einer LED-Lampe.

Version: 2014.

[http://commons.wikimedia.org/wiki/File%3ALED%2C_5m%2C_green_\(int\).svg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File%3ALED%2C_5m%2C_green_(int).svg)



REIF, Frederick:

Statistische Physik und Theorie der Wärme.

3. Auflage.

Berlin, New York : de Gruyter, 1987. –

ISBN 3–11–011383–X