

Rahmenthema: Gütesiegel in der Elektrotechnik – Gruppe 1

(Jan Schüler, Fabian Zachen, Jan Freude, David Kiel)

Der experimentelle Vergleich von Leuchtmitteln unterschiedlicher Energieeffizienzklassen (EEK) und Bautypen



Bild 1: Verschiedene Leuchtmittel, die untersucht wurden (David K., Hannover 10.12.2020)

► Büssingweg 1, 30165 Hannover, Deutschland

Seminarfach / Schwerpunkt: sf1 [ROL] ; Physik_LK [DEK]

Schuljahr: 2020/21

Semester: 13.1

Seminarleitung: Frau Roling

Vorwort:

Das folgende Experiment wurde von der oben genannten Fachprojektgruppe selbstständig organisiert und umgesetzt. Der Koordinator und Sachverständige dieser praktischen Leistung ist Herr Kiel, der auch die nachfolgende Analyse und Auswertung des Experiments übernimmt.

Das Experiment dient als eine Ergänzung bzw. Erweiterung zum Hauptthema der Gütesiegel in der Elektrotechnik.

Der Versuch wurde am 10. und 14. Dezember 2020 im Physikraum 1 des Oberstufengebäudes, der IGS-Büssingweg in Gegenwart eines Fachlehrers der Physik und Mathematik durchgeführt. In diesem Zusammenhang möchten wir ein Lob an Herrn Decker aussprechen, der die relevanten Gerätschaften zur Verfügung gestellt und einen anschaulichen Einstieg in die Bedienung von diesen ermöglicht hat.

1) Fragestellungen / Vermutungen und Hypothesen**Ansatz :**

→ Wie unterscheiden sich Leuchtmittel mit verschiedenen Energieeffizienzklassen in Bezug zur Beleuchtungsstärke¹, zum Lichtstrom², zur Wärmeentwicklung nach einer festgelegten Zeit in „°C“, zum Energieverbrauch in „kWh“ sowie den Wirkungsgrad „ η “ (Lumen pro Watt) und den damit verbundenen Größen wie die Spannung in „V“, Leistung in „W“ und die Stromstärke in „A“.

- ➔ In der Regel kann man davon ausgehen, dass ein Großteil der von den Herstellern angegebenen Werten, v.a. bei den moderneren Leuchtmitteln bis auf ein paar geringe Toleranzen der Richtigkeit entsprechen.

1 flächenbezogener Lichtstrom in LUX, theoretisch Lumen pro Quadratmeter. Beispielsweise würde eine Kerze, die einen Meter von einem Messgerät entfernt steht, eine Beleuchtungsstärke von einem LUX anzeigen. An einem hellen Sonnentag würde ein Wert von circa 100 Tausend LUX generiert werden.

2 für das menschliche Auge wahrnehmbares Licht, das von einer Lichtquelle pro Zeiteinheit von allen Seiten abgestrahlt wird in Lumen. Für eine bessere Vorstellung können die Bilder auf der folgenden Seite helfen.

Da das gegenwärtige Energieeffizienzklassenspektrum Angaben von E bis A++ und damit insgesamt 7 Abstufungen besitzt, kann man von deutlichen Abweichungen hinsichtlich des Energieverbrauchs ausgehen.

Zudem werden die verschiedenen Leuchtmittel mit hoher Wahrscheinlichkeit, rein technisch bedingt (vgl. LED-Lampen, Halogenlampen, Kompaktleuchtstofflampen und Glühbirnen), wesentliche Unterschiede bei den angesetzten Messungen resultieren.



³ → 1000 Lumen

→ 700 Lumen

→ 400 Lumen

2) Material

- verschiedene Leuchtmittel (vorwiegend E27-Normgewinde, aber auch E40 (230V): Glühbirnen, Halogenleuchten, Kompaktleuchtstofflampen und LEDs).
- verschiedene Messgeräte (Voltmeter, Amperemeter, LASER-Temperaturmessgerät, LUX-Meter, Watt-Meter).
- entsprechende Fassungen (für E27, E40-Adapter)
- Kabel, Klemmen und Stative
- Computer (Notizen, Auswertung von Daten, Nutzung von GeoGebra)
- Smartphone (Fotografie)
- Tuch (gegen die Hitze nach der Inbetriebnahme)

³ light11.de GmbH: Lichtstrom erklärt — Wie hell sind 1000 Lumen?.
<https://www.light11.de/lightmag/wie-hell-sind-1000-lumen/> (zuletzt abgerufen am 25.12.2020).

4) Aufbau

A (für Ansatz 1): Allgemeine Messung mit konstanter Wechselspannung ($\approx 230\text{V}$)

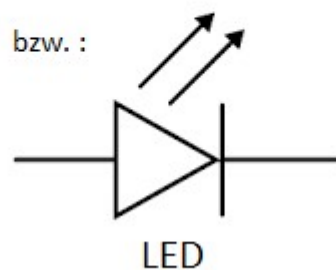
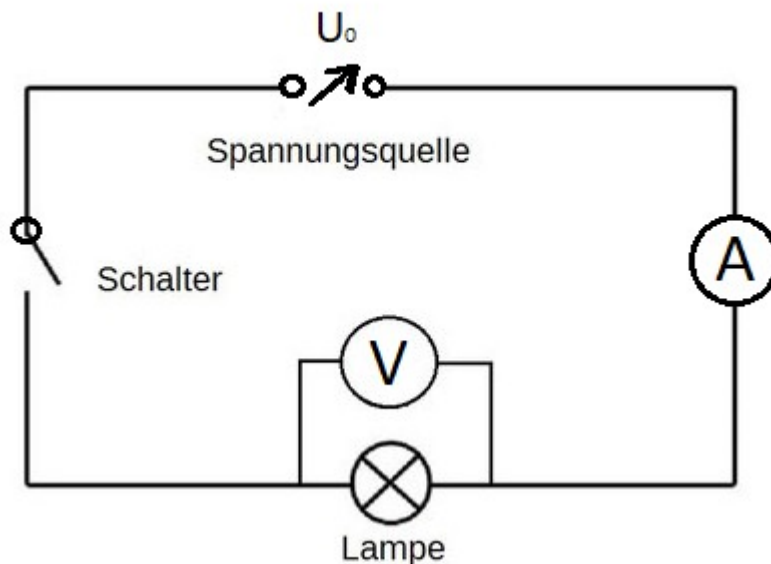


Abb. 1: Schaltplan für die Untersuchung eines Leuchtmittels auf Stromstärke und Spannung (David K., 06.12.2020)

Erläuterung zum Schaltplan: Als Spannungsquelle wird der reguläre „Hausstrom“ mit einer Wechselspannung von 230 Volt verwendet. Das Stromstärken-Messgerät wird in Reihe zu dem Verbraucher (Leuchtmittel) geschaltet, da es die Anzahl der Ladungen „Q“ pro Zeiteinheit messen soll. Demgegenüber wird das Spannungsmessgerät parallel zu dem Verbraucher geschaltet, da es die Energiedifferenz zwischen den Ladungen misst, nämlich die Energie pro einzelner Ladung „Q“.

Sobald der Schalter geschlossen wird, starten die Messungen.

5) Durchführung

Grundsätzliche Messungen⁴

Messung von Spannung (in V), Stromstärke (in A) und Leistung (in W):

Das zu untersuchende Leuchtmittel wird in die passende Fassung montiert und in den Stromkreis⁵ mit den typischen Normwerten aus dem Alltag (230 Volt, 16 Ampere-Absicherung, max. etwa 3680Watt)⁶ in Betrieb genommen.

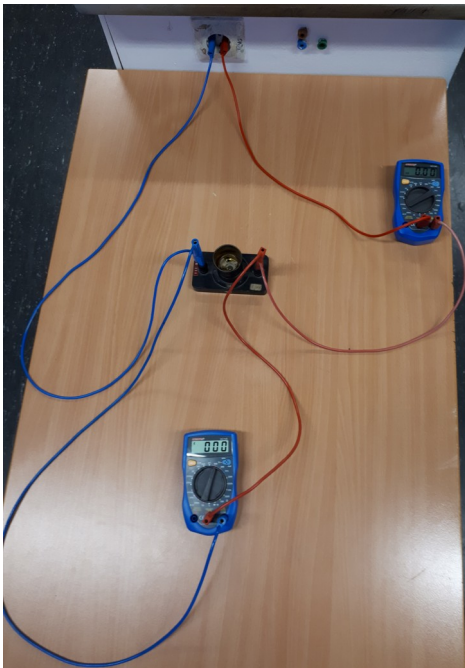


Bild 2: Stromkreis gemäß Schaltplan „A“
(David K., Hannover 10.12.2020)



Bild 3: Ein Leistungsmessgerät mit „Schukostecker“
(David K., Hannover 10.12.2020)

Die Leistungsmessung erfolgt mit einem handelsüblichen Leistungsmessgerät⁷, das direkt in die Steckdose montiert werden kann. Dafür wird ein separates Stromkabel mit fixierter Fassung und „Schukostecker“ verwendet. Daher liegt hierbei ein anderer Stromkreis als in Bild Nummer 2 vor.

Die ermittelten Messwerte von den Geräten werden notiert und Ungenauigkeiten/ Schwankungen mit Hilfe der Erhebung mehrerer Daten aufgezeichnet.

⁴ Es werden i.d.R. immer mehrere Daten für eine Größe, die gerade gemessen wird erhoben. Daraus lassen sich Mittelwerte bilden, die in jeglichen weiterführenden Berechnungen verwendet werden. Messfehler und Fehlerfortpflanzungen werden, wegen der Übersichtlichkeit halber nicht miteinbezogen.

⁵ Vgl. Bild 2 (auf Seite 5).

⁶ Vgl. e-mobileo: Ratgeber. <https://www.e-mobileo.de/die-regulaere-haushalts-steckdose-wieviel-volt-ampere-und-watt/> (zuletzt abgerufen am 25.12.2020).

⁷ Vgl. Bild 3 (auf Seite 5).

Messung der Temperatur (in °C):

Das LASER-Temperatur-Messgerät⁸ wird möglichst senkrecht mit einem idealen Abstand von ungefähr 152 Millimetern zum oberen Zentrum des Leuchtmittels mit Hilfe eines Stativs montiert.

In einem Intervall von 20 Sekunden wird die messbare Temperatur aufgeschrieben. Dies wird 3 Minuten lang für jedes der zentralen 9 Leuchtmittel durchgeführt. Nach etwa 10 Minuten wird ein „maximal Wert“ notiert.

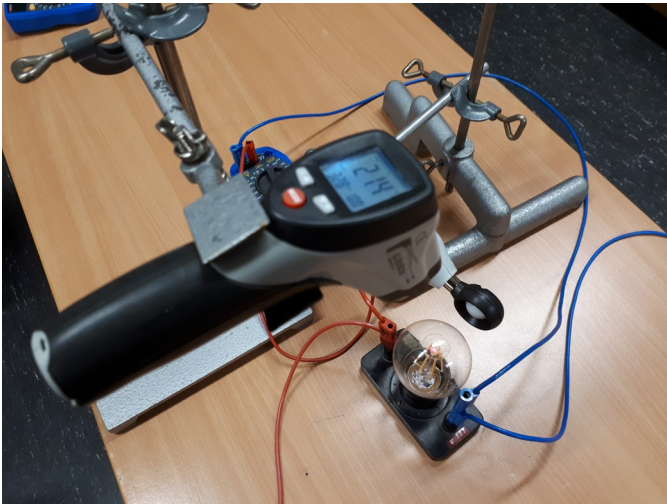


Bild 4: LASER-Temperatur-Messgerät
(David K., Hannover 10.12.2020)

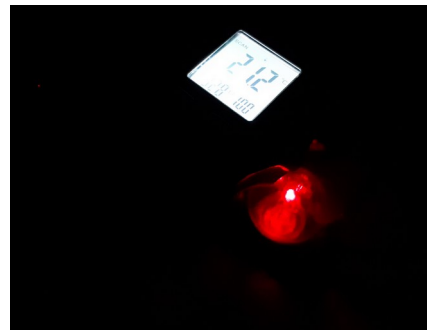


Bild 5: LASER auf dem Leuchtmittel
(David K., Hannover 10.12.2020)

Messung der Beleuchtungsstärke (in LUX – Lumen pro m²):

Das LUX-Meter⁹ wird möglichst senkrecht mit einem Abstand von ungefähr 2 Zentimetern zum Leuchtmittel gehalten. Die Messungen werden pro Leuchtmittel 5 mal durchgeführt und notiert.

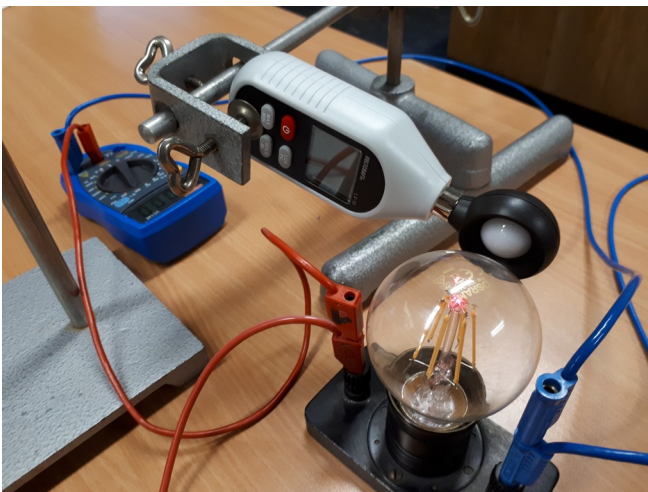
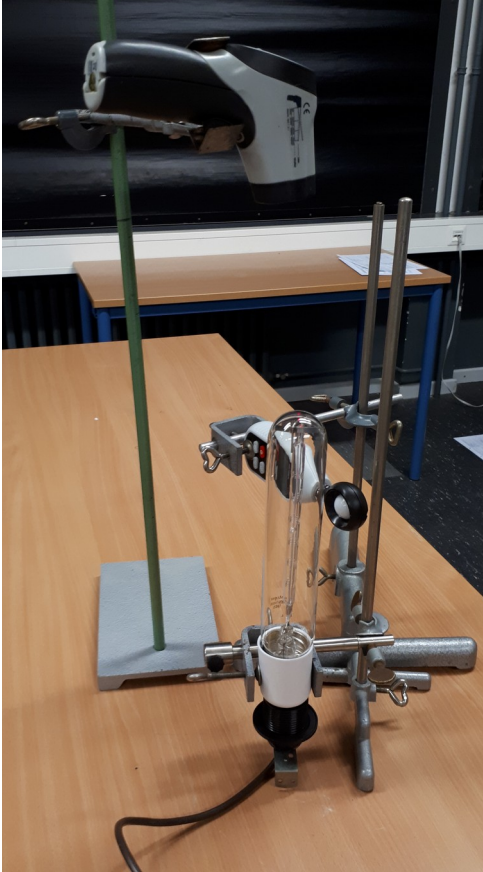


Bild 6: LUX-Meter (David K., Hannover 10.12.2020)

⁸ Vgl. Bild 4 (auf Seite 6).

⁹ Vgl. Bild 6 (auf Seite 6).

Zusätzlich wird die Ausleuchtung des Raumes durch das entsprechende Leuchtmittel qualitativ, in einem Abstand von etwa 6 bis 8 Metern von der Leuchtquelle entfernt durch ein Smartphone fotografiert. Damit wird ein anschaulicher Vergleich ermöglicht.



Die verschiedenen Mess-Ansätze erfolgen nicht zeitgleich.

Jede Untersuchung der einzelnen Leuchtmittel beginnt mit einer Temperaturmessung gefolgt von Spannung, Stromstärke, Beleuchtungsstärke und abschließend erfolgt die Leistungsmessung im sekundären Stromkreis.

Durch jenen einheitlichen Ablaufplan wird ein routiniertes Vorgehen gefördert.

Bild 7: Die 1000-Watt Halogenlampe in Messposition (David K., Hannover 10.12.2020)

6) Beschreibung der Beobachtungen

Die einzelnen Leuchtmittel unterscheiden sich grundsätzlich qualitativ voneinander in Bezug zu den beobachtbaren und spürbaren Größen Temperatur und Helligkeit.

So wurden besonders die Halogenlampen und Glühbirnen innerhalb kürzester Zeit sehr heiß, weshalb man diese nach den Messungen erst wieder ein wenig abkühlen lassen musste, bis man das nächste Versuchsobjekt sicher montieren konnte.

Spitzenwerte müssen dabei die 500-Watt und die 1000-Watt Lampen erzielt haben, zumal man wegen der intensiven Helligkeit nicht in den Lichtsprung schauen konnte und zudem die Wärmestrahlung bereits von wenigen Metern aus wahrnehmen konnte.

Leider wurde jene extreme Wärmeentwicklung bei der 1000-Watt Lampe falsch eingeschätzt, sodass das zwei Zentimeter entfernte LUX-Meter an den dunklen Rändern des Sensors etwas versengt wurde.¹⁰ Diese Tatsache wurde durch aufsteigende Verbrennungsemissionen bemerkt.



Bild 8: Versengtes LUX-Meter (David K., Hannover 10.12.2020)

Ferner wurde bei den meisten Leuchtmitteln eine gut sichtbare Ausleuchtung des Raumes generiert, die im folgenden visuell dargestellt werden soll. Dabei werden zudem die relevantesten Informationen über die Leuchtmittel aufgeführt.

Leuchtmittel – Bezeichnung + Angaben des Herstellers	Foto des Leuchtmittels mit dem EEK-Siegel -> (Quelle: David K., Hannover 10.12.2020)	Foto der Ausleuchtung (in etwa 7 Meter Entfernung) -> (Quelle: David K., Hannover 10.12.2020)
[EEK A++] → Osram LED (Birnenform) - 8 W - 1055 lm - 2700 K		

¹⁰ Vgl. Bild 8 (auf Seite 8). Das LUX-Meter hat glücklicherweise nur einen äußerlichen Schaden erlitten. Der weiße Messsensor funktioniert nach wie vor einwandfrei.

[EEK **A+**]

→ Osram LED
(Birnenform)

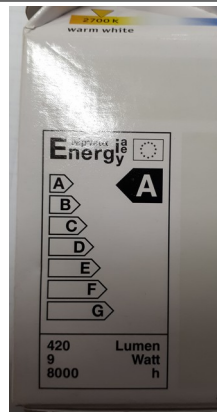
- 10 W
- 806 lm
- 2700 K



[EEK **A**]

→ Paulmann
Energiesparlampe (Spiralform)

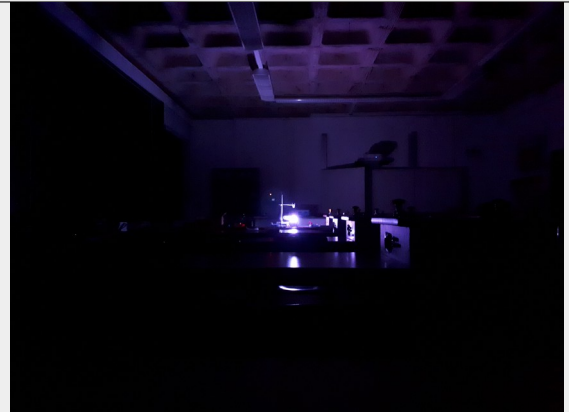
- 9 W
- 420 lm
- 2700 K



[EEK **B**]

→ Voltolux LED
(Birnenform)

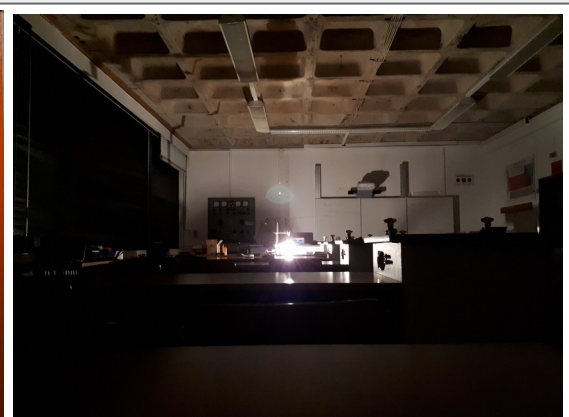
- 3 W
- untersch.



[EEK **C**]

→ LEDmaxx
Halogenlampe
(Birnenform)

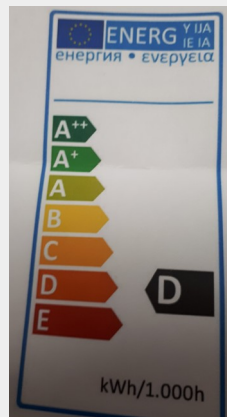
- 100 W
- 1791 lm
- 2700 K



[EEK **D**]

→ NCC-Licht
Halogenlampe
(Zylinderform)

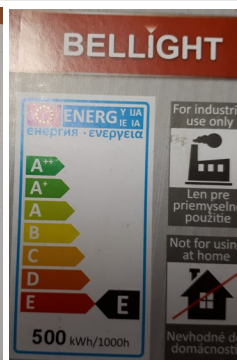
- 1000 W
- 24000 lm
- 2900 K



[EEK **E**]

→ BELLIGHT
Glühbirne
(Birnenform)

- 500 W
- 8820 lm
-



[EEK **E**]

→ TECHLAMP
Glühbirne
(Birnenform)

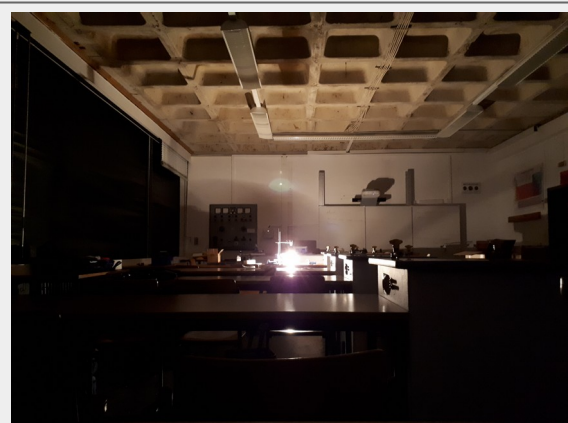
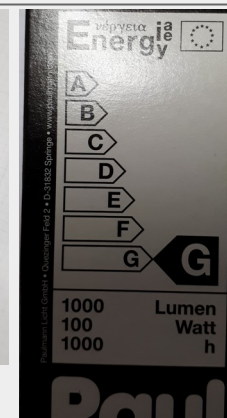
- 60 W
- 710 lm
-



[EEK **G**]

→ Paulmann
Glühbirne
(Kugelform)

- 100 W
- 1000 lm
-



Jegliche der erhobenen Rohdaten wurden in der folgenden Tabelle notiert. In der ersten Spalte wurden die zentralen Angaben des Herstellers eingetragen, die auf den Verpackungen also für den Verbraucher wahrnehmbar sind. Dabei können teilweise Angaben wegen fehlender Auszeichnung zu dem Lichtstrom (in Lumen) oder der Farbtemperatur (in Kelvin) fehlen.

Ferner geben die fett-markierten Werte die wichtigsten Messwerte an, um sich einen kurzen Überblick zu verschaffen. So wurde auch in der Tabelle bereits der Mittelwert „ \bar{x} “ für mehrere Rohdaten berechnet.

In den Spalten für den dritten Aspekt wird nur eine ungefähre Angabe für die Stromstärke „I“ in Ampere verwendet, da das Messgerät kontinuierliche Schwankungen zwischen negativen und positiven Zahlen angezeigt hat. Dabei wurde der größte Wert notiert, der innerhalb einer kurzen Zeit vom Display abgelesen werden konnte.

Mit Hilfe der Formel „ $P=U \cdot I$ “ lässt sich schließlich die Leistung „P“ berechnen. Die Angabe in den eckigen Klammern direkt neben der Stromstärke, basiert auf dieser Berechnung.

Die letzteren Werte für die Leistung wurden mit dem Leistungsmessgerät ermittelt, welches über den sekundären Stromkreis betrieben wird.

Leuchtmittel – Bezeichnung + Angaben des Herstellers	1. Aspekt <u>Temperatur (in °C)</u> <u>(Anfang, 20-Sekunden- Intervall, höchster Wert nach etwa 10 Minuten)</u>	2. Aspekt <u>Beleuchtungsstärke (in LUX – Lumen pro m²)</u>	3. Aspekt <u>Spannung „U“ (in V), Stromstärke „I“ (in A), Leistung „P“ (in W)</u>
[EEK A++] → Osram LED (Birnenform) - 8 W - 1055 lm - 2700 K	20/ 21,7/ 24,3/ 27,4/ 30,9/ 34,4/ 37,5/ 40,1/ 42,1/ 44/ 51	3025 ; 3021 ; 3020 ; 3019 ; 3018 → \bar{x} = 3020,5 LUX	- 231 V ; 232 V → \bar{x} = 231,5 V - \approx 0,04 A → [9,26 W] - 8,1W ; 8W ; 8,2W → \bar{x} = 8,1 W

[EEK A+] → Osram LED (Birnenform) - 10 W - 806 lm - 2700 K	20,4/ 20,7/ 21,2/ 21,8/ 22,3/ 22,7/ 23/ 23,3/ 23,6 / 23,8 / 25	2783 ; 2780 ; 2777 ; 2774 ; 2771 → \bar{x} = 2777 LUX	- 232 V ; 232 V → \bar{x} = 232 V - \approx 0,05 A → [11,6 W] - 10W ; 10W ; 10,1W → \bar{x} = 10 W
[EEK A] → Paulmann Energiesparlampe (Spiralform) - 9 W - 420 lm - 2700 K	20/ 20,7/ 22,9/ 25,1/ 28,1/ 31,5/ 34,9/ 37,4/ 39,9/ 42,1/ 54,3	1330 ; 1332 ; 1331 ; 1329 ; 1328 → \bar{x} = 1330 LUX	- 232 V ; 232 V → \bar{x} = 232 V - \approx 0,05 A → [11,6 W] - 7,6W ; 7,5W ; 7,4W → \bar{x} = 7,5 W
[EEK B] → Voltolux LED (Birnenform) - 3 W - -	20/ 20,4/ 20,5/ 20,8/ 21,2/ 21,6/ 21,9/ 22,2/ 22,5/ 22,9/ 25	3167 ; 3161 ; 3156 ; 3151 ; 3140 → \bar{x} = 3155 LUX	- 232 V ; 232 V → \bar{x} = 232 V - \approx 0,015 A → [3,48 W] - 2,1W ; 3W ; 2,9W → \bar{x} = 2,7 W
[EEK C] → LEDmaxx Halogenlampe (Birnenform) - 100 W - 1791 lm - 2700 K	20/ 33,4/ 45,8/ 61,8/ 75,8/ 94/ 106,6/ 117,9/ 122,3/ 134,6/ 159,7	3674 ; 3696 ; 3700 ; 3706 ; 3770 → \bar{x} = 3709,2 LUX	- 227V ; 227V → \bar{x} = 227 V - \approx 0,45 A → [102,2 W] - 75,7W ; 75,8W ; 75,5W → \bar{x} = 75,7 W
[EEK D] → NCC-Licht Halogenlampe (Zylinderform) - 1000 W - 24000 lm - 2900 K	22,7/ 23,3/ 45,1/ 54/ 65/ 78,5/ 94,5/ 108/ 126,9/ 143/ 158,5 (von der Seite: 370)	6440 ; 6505 ; 6485 ; 6440 ; 6405 (in etwa 10cm Entfernung) → \bar{x} = 6455 LUX	- 229V ; 228V → \bar{x} = 228,5 V - \approx 4,55 A → [1039,8W] - 982,6W ; 983,2W ; 986,6W → \bar{x} = 984,1 W

[EEK E] → BELLIGHT Glühbirne (Birnenform) - 500 W - 8820 lm -	20,6/ 137,8/ 188,8/ 222,2/ 247,2/ 263,8/ 272,3/ 280,8/ 284,6/ 288,9/ 300	9265 ; 9234 ; 9240 ; 9220 ; 9211 → \bar{x} = 9234 LUX	- 228V ; 229V → \bar{x} = 228,5 V - \approx 2,3 A → [525,6 W] - 516,7W ; 516,2W ; 514W → \bar{x} = 515,6 W
[EEK E] → TECHLAMP Glühbirne (Birnenform) - 60 W - 710 lm -	21,9/ 86,6/ 119,6/ 141,8/ 156,4/ 163,4/ 168,2/ 171,2/ 173,2/ 174,7/ 178,2	2430 ; 2424 ; 2420 ; 2419 ; 2422 → \bar{x} = 2423 LUX	- 228V ; 228V → \bar{x} = 228 V - \approx 0,3 A → [68,4 W] - 63W ; 63,6W ; 63,9W → \bar{x} = 63,5 W
EEK G → Paulmann Glühbirne (Kugelform) - 100 W - 1000 lm -	25/ 58,4/ 80,1/ 95,1/ 104,4/ 111,6/ 116,6/ 120,4/ 123,6/ 131,6/ 155,9	7065 ; 7031 ; 7200 ; 7141 ; 7120 → \bar{x} = 7111,4 LUX	- 230V ; 230V → \bar{x} = 230 V - \approx 0,3 A → [69 W] - 58,8W ; 59,4W ; 59,2W → \bar{x} = 59,1 W

Mit Hilfe den erhobenen Daten können in dem Auswertungstool „GeoGebra“ übersichtliche Graphen, vornehmlich für den Temperaturverlauf erstellt werden, die eine abschließende Auswertung erleichtern.

In diesem letzten Abschnitt des Experiments werden zudem die weiteren Messungen miteinander verglichen und Aussagen zum Energieverbrauch gemacht.

Finalisierend wird ein Bezug zu der Energieeffizienzklasse hergestellt und eine entsprechende Evaluierung dieses Siegels angesetzt, um eine prägnante Verbraucherempfehlung auszusprechen.

7) Auswertung (Analyse der Ergebnisse)

Aus den Werten für die Temperatur von dem ersten Aspekt der oberen Tabelle wurde für jedes Leuchtmittel ein Graph erstellt, der im Folgenden präsentiert wird. Um die einzelnen Graphen besser auseinanderzuhalten, wurden sie farblich, gemäß der Energieeffizienzklasse markiert. So steht zum Beispiel die Farbe „■“ für „A++“ und die Osram-LED, wohingegen „■“ für die ältere Paulmann-Glühbirne mit der Energieeffizienzklasse „G“ steht.

Im vorliegenden Diagramm wird die Temperatur in Abhängigkeit zu der Zeit gesetzt. Dabei gibt die x-Achse die Zeit in Sekunden von 0 bis 600, in 50 Sekunden-Schritten an. Die y-Achse beschreibt hingegen die Temperatur von 0 bis 300 Grad, in 50 Grad Celsius-Schritten.

Dabei wurden für jeden der neun Graphen die zentralen Werte am Anfang, nach einer, zwei und drei Minuten sowie abschließend nach 10 Minuten gekennzeichnet.

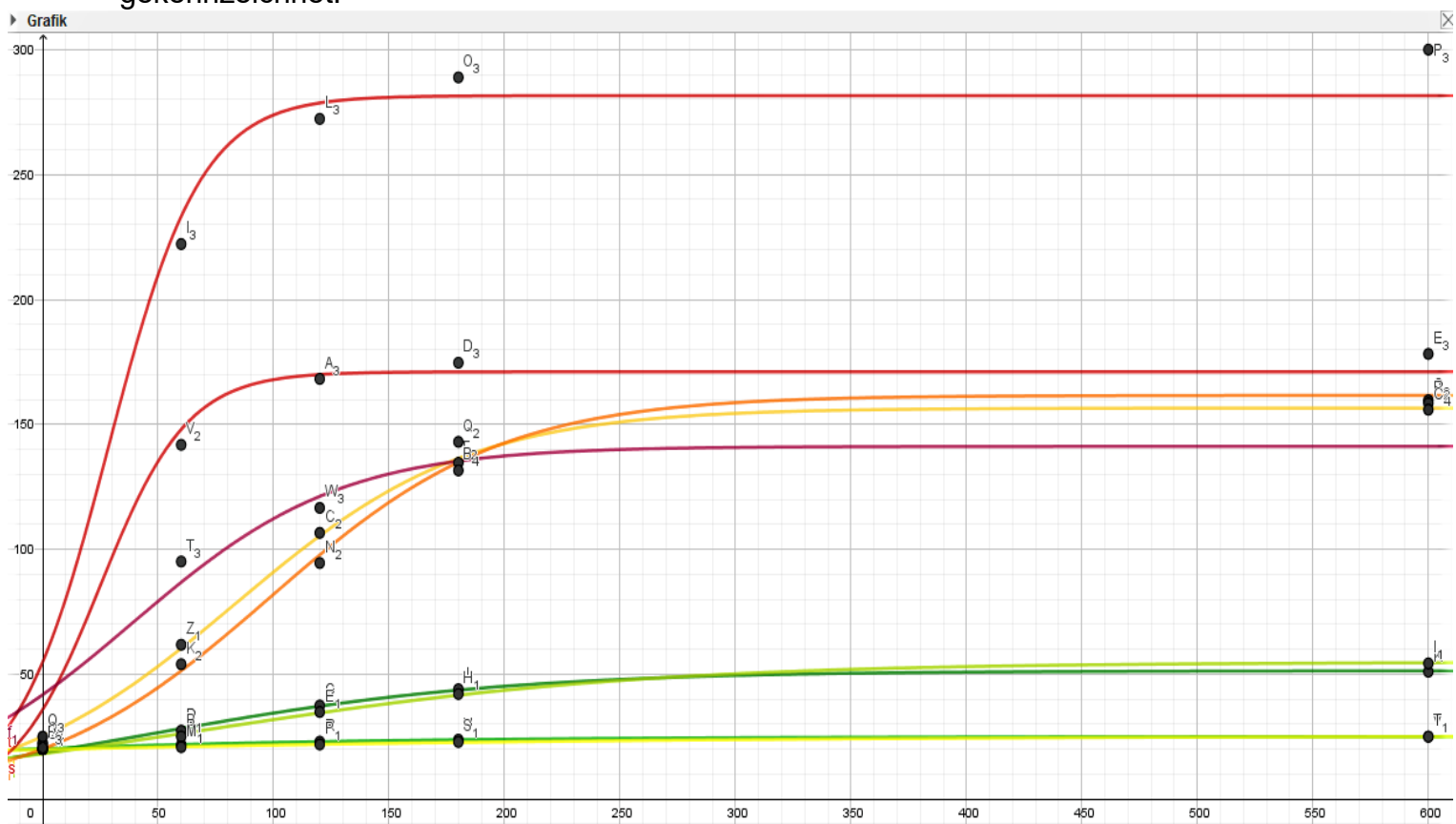


Abb. 2: Der Temperaturverlauf unterschiedlicher Leuchtmittel und ihren zugehörigen „EEK“ (David K., Hannover 25.12.2020) → Erstellt mit GeoGebra und einer „logistischen Trendfunktion“.

Auffällig ist, dass die Energieeffizienzklassen „A++“ bis „B“ nur sehr geringe Temperaturen erreichen und dafür eine relativ hohe Zeitspanne benötigen. Demgegenüber erreichen die untersuchten Leuchtmittel von „C“ bis „E“ viel höhere Temperaturen und wurden, unter Berücksichtigung der hohen Steigung der jeweiligen Graphen, wesentlich schneller warm. In diesem Bereich der Energieeffizienzskaala fallen jegliche Arten von Halogen- und Glühbirnen, die Bauart und Technik-bedingt sehr viel der vorhandenen elektrischen Energie in Wärmeenergie umsetzen und deshalb überaus ineffizient sind und als „potenzielle Gefahr“, durch die teils immense Hitzebildung betrachtet werden können (vgl. Versengtes LUX-Meter).

Ein Vergleich¹¹ unter den Leuchtmitteln der Klassen „A++“ und „B“ kann eine weitere Differenzierung in Bezug zu der Produktempfehlung bieten. So wurde im Zuge des Experiments ermittelt, dass die Kompaktleuchtstofflampe(Energiesparlampe) zwar einen sehr ähnlichen Energieverbrauch wie die beiden LEDs von Osram besitzt, jedoch mehr als die Hälfte weniger Licht generiert und zugleich eine höhere Temperatur¹² erreicht. Zwischen den beiden getesteten LEDs lassen sich jedoch auch Unterschiede ermitteln:

Beide generieren eine angemessene Ausleuchtung des Raumes, die kaum voneinander zu unterscheiden ist.¹³

Bei der Betrachtung der Messdaten fällt jedoch ein um etwa 2 Watt geringerer Stromverbrauch des Leuchtmittels mit der Auszeichnung „A++“ auf. Gleichzeitig muss man auch anmerken, dass die spezifische Bauart¹⁴ der anderen LED-Lampe, mit einer mehrfachen Abdeckung der tatsächlichen Leuchtquelle einen positiven Einfluss auf die Hitzeentwicklung hat. So konnte man bei den Messungen wahrnehmen, dass sie nicht mehr als 25 Grad Celsius an der Oberfläche erreicht hat, was aus Sicherheitstechnischer Sicht vorteilhaft für Haushalte, insbesondere mit Kindern ist.

11 Jegliche der hier angeführten Vergleiche stützen sich auf die Tabelle mit den Messdaten auf den Seiten 11 bis 13.

12 Vgl. Abbildung 3 (auf Seite 16).

13 Vgl. Tabelle (auf Seite 8 bis 9).

14 Vgl. Bild des Leuchtmittels (auf Seite 9).

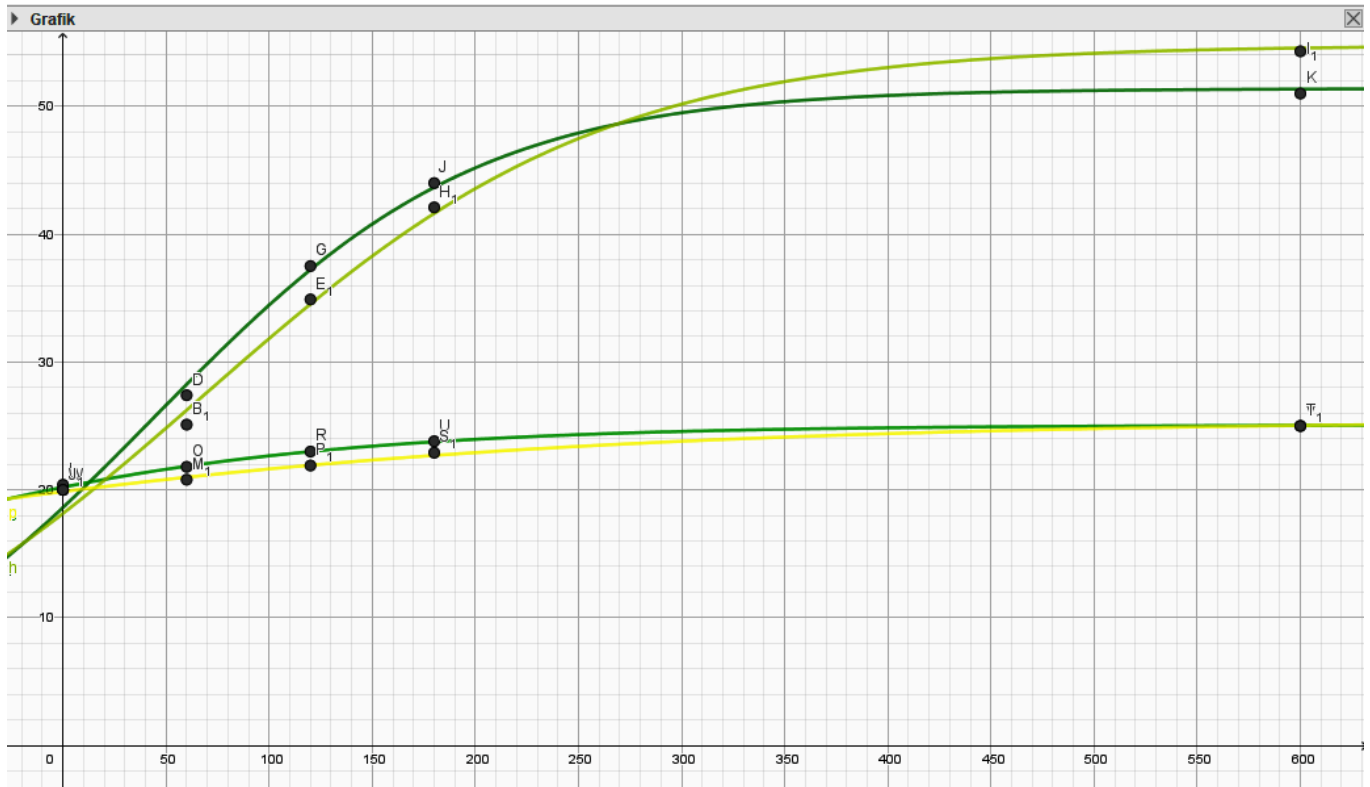


Abb. 3: Der Temperaturverlauf von den Leuchtmitteln der EEK „A++“ bis „B“ (David K., Hannover 25.12.2020)

Schließlich kann eine Beispielrechnung den energetischen Vorteil von LEDs aufzeigen.

Auf dem gegenwärtigen EKK-Siegel findet man neben der farblichen Skala eine Angabe zum Energieverbrauch pro Jahr. Dieser Wert basiert auf der Annahme, dass die Lampen jeden Tag etwa 2 bis 3 Stunden angeschaltet sind. Dies würden etwa 1000 Stunden pro Jahr entsprechen.

Die Energie berechnet sich mit der Formel „ $E=P \cdot t$ “. Da die Watt-Angabe auf den Leuchtmitteln auf einer Stunde basiert, kann direkt mit den Stunden gerechnet werden. Geht man nun von einem Strompreis von 30,91 Cent¹⁵ pro „kWh“ aus, dann resultieren für unsere getesteten Leuchtmittel folgende Preise pro Jahr (Die Werte vom Watt-Meter werden genutzt):

„A++“(1.055lm): 2,50€	„A+“(806lm): 3,09€	„A“(420lm): 2,32€	„B“(–): 0,83€
„C“(1.791lm): 23,40€	„D“(24.000lm): 304,19€	„E“-500W(8.820lm): 159,37€	
„E“-60W(710lm): 19,63€	„G“(1.000lm): 18,27€		

Schließlich lassen sich die LEDs als „Sieger“ dieses Vergleichs betiteln.

¹⁵ Basiert auf durchschnittlichen Werten vom Juli 2020.

Quelle: Finanztip Verbraucherinformation GmbH: Warum Du bislang wenig durch die Energiewende sparst.

<https://www.finanztip.de/stromvergleich/strompreis/> (zuletzt abgerufen am 25.12.2020).

Abschließend kann gesagt werden, dass mit der verpflichtenden Verordnung „874/2012/EU zur Energieverbrauchskennzeichnung bei Lampen und Leuchten“¹⁶ im Jahr 2012, mit dem Spektrum „E“ bis „A++“ eine zielführende visuelle Orientierung für den Verbraucher geschaffen wurde, die auf dem Verhältnis zwischen dem Lichtstrom (in Lumen) und der elektrischen Leistung (in Watt) basiert.¹⁷ Dadurch muss der Verbraucher keine umständlichen eigenen Berechnungen zwischen den einzelnen Daten auf den Leuchtmittelverpackungen anfertigen und kann sich besser orientieren und eine gezielte Kaufentscheidung treffen.

Da allerdings im Zuge effizienterer Technologien, ineffiziente Leuchtmittel immer weniger auf dem Markt zu finden sind und gekauft werden, könnte über eine Anpassung der Definitionen und Relationen auf dem EEK-Siegel diskutiert werden.

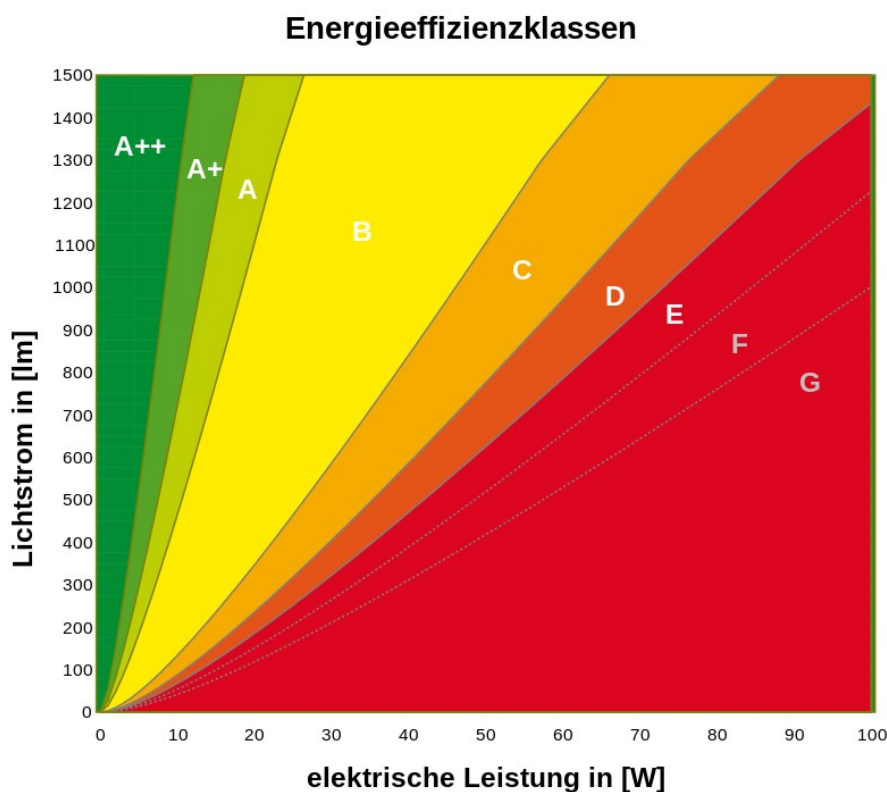


Abb. 7: Relative Grenzen der Energieeffizienzklassen für Leuchtmittel

16 Umweltbundesamt: Lampen und Leuchten.
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/energiesparen/energieverbrauchskennzeichnung/lampen-leuchten#birne-lampe-oder-leuchte> (zuletzt abgerufen am 25.12.2020).

17 Vgl. Abbildung 4 (auf Seite 17).
 Quelle: homeandsmart GmbH: Energieeffizienzklassen im Smart Home.
<https://www.homeandsmart.de/energieeffizienzklassen-energieverbrauch-smart-home> (zuletzt abgerufen am 25.12.2020).