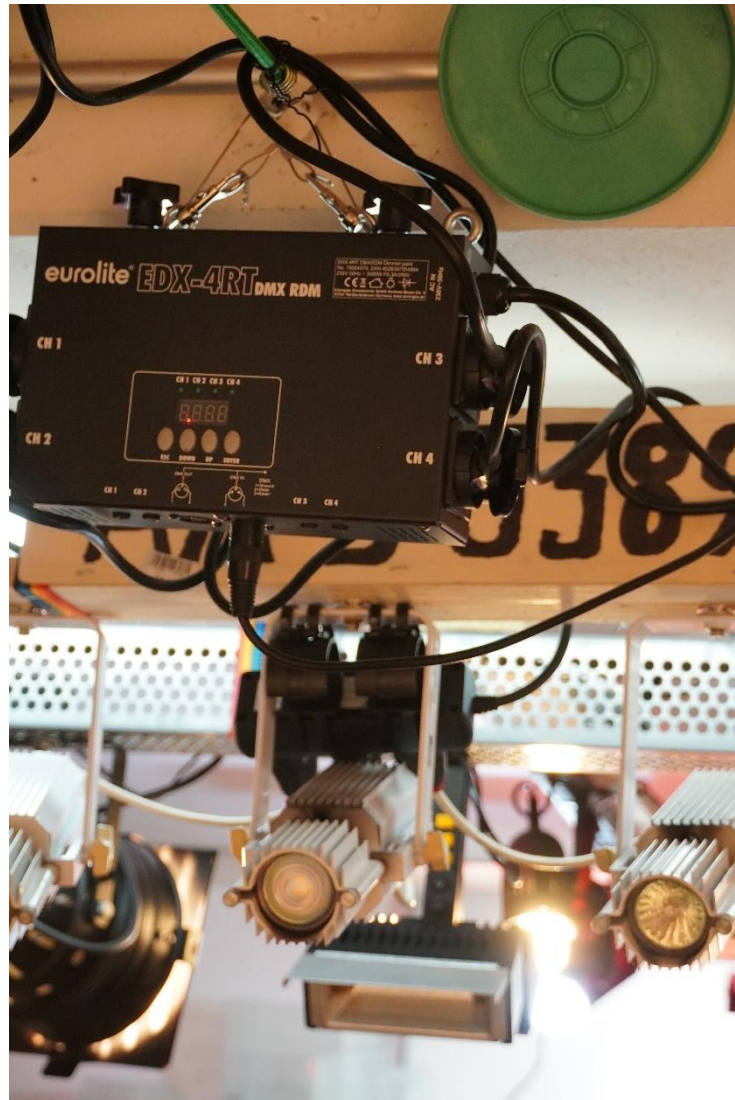


Optimierung der Energieeffizienz der Beleuchtung eines Filmstudios



Teilnehmer: Jannik Grimm (Lück), (15)

Erarbeitungsort: St. Jakobus-Gymnasium Abtsgmünd

Projektbetreuerin/Projektbetreuer: Herr Lachenmaier

Thema des Projekts: Energieeffizienz im Bereich der Beleuchtung

Fachgebiet: Elektrotechnik

Wettbewerbssparte: Jugend forscht

Bundesland: Baden-Württemberg

Wettbewerbsjahr: 2022/23

1 Kurzfassung

Ich habe mir ein Film/Tonstudio in den Keller gebaut, damit ich nicht immer auf Gute Lichtverhältnisse in meinem Zimmer angewiesen bin , das mein Zimmer eine Sehr große Fensterfläche hat , die man nicht abdunkeln kann und somit an sonnigen Tagen gerne mal das Licht ziemlich stark und gebündelt in mein Zimmert trifft .Also habe ich als einzige Möglichkeit gesehen , unsere Werkstatt zu Zweckentfremden und ein Paar Theaterscheinwerfer aufzuhängen , welche diffuses Licht , welches zum Fotografieren spitze ist , produzieren . Aufgrund der gestiegenen Stromkosten versuche ich auf energiesparende Geräte umzustellen. Da ich viele Geräte im Bereich Lighting insbesondere im Front- und Backlight nutze, die noch eine konventionelle Bauweise aufweisen, bietet sich eine Umrüstung und Forschung in diesem Bereich an. Bei den vorhandenen Leuchtmitteln wird der Stromverbrauch und die Abwärme gemessen. im Anschluss wird analysiert, ab welcher Brenndauer sich eine Neuanschaffung des Leuchtmittels lohnt. Im Anschluss wird überprüft, ob sich die Neuanschaffung lohnt.

Inhalt

1	Kurzfassung	2
2	Einleitung.....	3
3	Materialien, Vorgehensweise und Durchführung	4
3.1	Material	4
3.2	Vorgehensweise	4
3.3	Durchführung	4
4	Ergebnisse.....	5
4.1	Beobachtung	5
4.2	Messergebnisse	5
4.3	Lichtausbeute	5
5	Ergebnisdiskussion	6
5.1	Allgemein.....	6
5.2	Kosteneinsparung.....	6
5.3	Konsequenzen für das Filmstudio	8
6	Zusammenfassung.....	10
7	Quellen	11
8	Unterstützungsleistungen	11

2 Einleitung

In meiner Freizeit filme und fotografiere sehr gerne, jetzt im Winter sehr gerne in meinem Filmstudio. Dieses habe ich in den Weihnachtsferien 2021 gebaut, aus Dingen, die ich daheim hatte und Teilen von Ebay Kleinanzeigen. Durch Ebay bin ich auf alte Theaterscheinwerfer gestoßen, welche aber lange nicht den LED-Standard besitzen. Also habe ich diese mit Spezial- Leuchtmitteln von Thomann ersetzt. Allerdings sind diese Halogen Leuchtmittel, welche natürlich nicht den neusten Standard der Technik spiegeln und zudem auch noch eine Menge Strom verbrauchen. Deshalb habe ich mich mit meinem Equipment zur Steuerung von Konventionellem Licht auf die Suche gemacht, eine bessere, Effizientere Möglichkeit zu finden, mein Hobby mit geringen Stromkosten weiterführen zu können. Da ich mir schon Gedanken gemacht habe, habe ich mir hergeleitet, dass ich am günstigsten mit einer Umrüstung meiner Halogen Scheinwerfer auf LED-Technik mithilfe von neuen Leuchtmitteln fahre. Daher könnte man ja versuchen, die bisher, wie im konventionellem Licht üblich, Halogen Brenner, gegen neue, zeitgemäßer LED Leuchtmittel auszutauschen, und dabei einfach die alten Scheinwerfer-Gehäuse weiterbenutzen. Auch in der jetzigen Situation , mit den steigenden Energiepreisen habe ich mich nochmal stärker damit beschäftigt und so habe ich mich dazu entschieden , darüber zu forschen.

3 Materialien, Vorgehensweise und Durchführung

3.1 Material

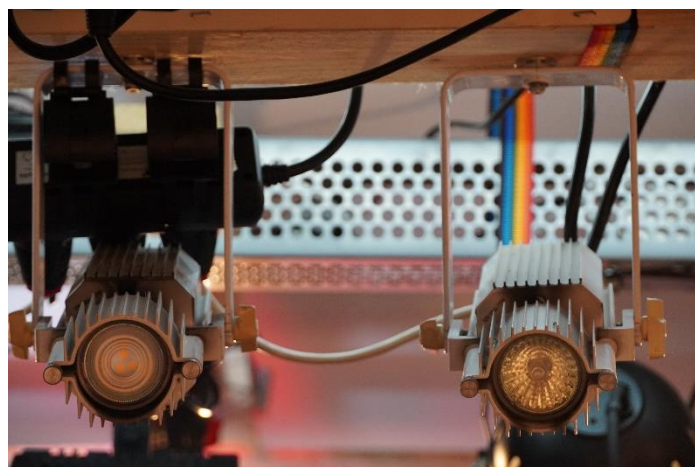
- Eurolite EDX 4 RT DM (Dimmer)
- Lival Itc Spot 75 (Strahler)
- B1 LED Lampe (Led)
- Osram EPV 64633 (Halogen Leuchtmittel)
- Deckentraverse
- Stairville DDC 6 LCD (Steuerpult für Dimmer)
- The Ssnake Dmx Cable (DMX Steuerkabel)
- Stairville Snap (Halterung für LED-Scheinwerfer)
- Leistungsmesser
- Lux Messapp
- Thermometer

3.2 Vorgehensweise

Der Dimmer wird mithilfe des DMX-Kabels an den DDC 6 LCD angeschlossen, an Kanal 1 wird die LED-Leuchte und an Kanal 2 die Halogen Leuchte angeschlossen, das man sie einzeln regeln kann. Der Strommesser wird dann abwechselnd an Kanal 1 und danach an Kanal 2 angeschlossen. Jeweils nach dem Strommessgerät hängt ein LED-Leuchtmittel oder ein Halogen Leuchtmittel. Im nebenstehenden Bild ist der Versuch aufgebaut. Nur die Mittlere Halogen Lampe ist an den Dimmer angeschlossen. Der Leistungsmesser misst also immer nur die Leistung, die die Lampe wirklich verbraucht, da er nach dem Dimmer geschaltet ist und somit der Eigenverbrauch des Dimmers nicht gemessen wird.

3.3 Durchführung

Jeder Kanal wird auf 10 W Leistungsaufnahme gedimmt, dieser wird jeweils nach dem Dimmer gemessen. In 2 m Entfernung zur Lichtquelle wird die Lumen Zahl gemessen. Dies wird als erstes an der Halogenleuchte und danach an der Led-Leuchte durchgeführt. Dadurch entsteht eine Messung von Lichtausbeute, Temperatur und Leistungsaufnahme.



4 Ergebnisse

4.1 Beobachtung

Schon mit dem bloßen Auge ist sichtbar, dass die LED-Leuchte heller ist. Auch beim Anfassen der Leuchten kann man eine deutlich größere Hitze an der Halogenleuchte spüren.

Außerdem hat die LED eine andere Stärke von Licht, die LED strahlt viel gebündelter als die Halogen. Man kann auch beobachten, dass die Lichtfarbe der LED etwas anders ist als die Lichtfarbe der Halogen. Gemessen wurde die Lichtausbeute ca. 1m vor der Lampe. Die Temperatur wurde direkt am Schutzglas der Lampe gemessen, sowohl bei der LED als auch bei der Halogen. Die Temperaturmessung könnte leichte Abweichungen enthalten, da zwar beide Leuchtenkörper aus Glas bestehen, die LED aber ein Kunststoff Deckglas besitzt. Die Stromstärke und die Leistung habe ich mit einem Energiekostenmesser gemessen. Dieser zeigt sowohl Spannung als auch Stromstärke an und berechnet daraus sogar die Leistung.

4.2 Messergebnisse

	Halogen	LED
Spannung in V	230	230
Stromstärke in A	0,048	0,048
Leistungsaufnahme in W	11,04	11,04
Temperatur nach 10 Minuten Betrieb (RT :25*)	73°C	34°C
Lichtstärke in lm	156,678	215,278

Tabella 1: Messergebnisse

4.3 Lichtausbeute

Bei selber Spannung und Stromstärke und damit auch Leistung, erzielt die LED eine um 37% höhere Lichtausbeute. Man kann also mit einer LED 1,37 Halogenstrahler ersetzen, bzw. einen Halogenstrahler durch 0,73 LEDs. Diese Ergebnisse decken sich auch mit meiner Internetquelle, welche besagt, dass LED sehr viel effizienter sind als Glühbirnen. wobei sich die Messergebnisse teilweise stark unterscheiden zu jenen, die im Internet genannt werden.

5 Ergebnisdiskussion

5.1 Allgemein

Man konnte in diesem Versuch sehen, dass die Hitzeentwicklung mit der Lichtausbeute etwas zu tun hat. Die Halogenlampe hat in diesem Versuch mehr Wärme umgewandelt als die LED-Lampe, gleichzeitig war die Halogen Lampe Dunkler als die LED-Lampe. Dies hängt damit zusammen, dass die Halogen Lampe einen Glühdraht besitzt, welche durch eine Gewollte Überlastung zum Glühen gebracht wird und durch den Widerstand wird auch Wärme erzeugt, welche in der Form als Verwendung in einer Lampe sonst keine Aufgabe mehr hat. Die Umwandlung der Energie in Wärme ist also unerwünscht. Da die LED-Lampe weniger warm wird, hat man sichtlich mehr Lichtausbeute. Eine Lampe ist kein Kraftwerk, deshalb muss sich die Eingangsleistung in Wärmeenergie und Lichtenergie aufteilen, diese können aber hier maximal 10 W in Summe haben, und desto mehr Wärme entsteht, desto weniger Licht kann herauskommen.

Bei der Led-Lampe ist es gleich. Die LED-Lampe wird nicht so heiß wie die Halogen Lampe. Dadurch ist in Betrachtung der Lichtausbeute die LED effizienter. Man muss also, wenn man die Effizienz der Lampe wissen will, immer die Wärmeabstrahlung und die Lichtausbeute verrechnen, um ein richtiges Ergebnis zu bekommen.

	Halogen	LED
Leistungsaufnahme in W	11,04	11,04
Lichtstärke in lm	156,678	215,278
lm/ W	14,1918	19,4998
Wirkungsgrad	4,05%	5,57%

Tabelle 2: Wirkungsgrad

Zur besseren Vergleichbarkeit habe ich die Lichtstärke pro Watt ausgerechnet, um die Effizienz der einzelnen Leuchten besser vergleichen zu können. Um den Wirkungsgrad berechnen zu können, habe ich das Ergebnis durch das physikalische Maximum von ca. 350 lm / W dividiert¹.

Die LED ist also deutlich effizienter.

Der Wirkungsgrad ist vergleichsweise niedrig. Dies liegt vermutlich an der Ungenauigkeit der Mess-App, da diese Freeware ist und mit der Handykamera funktioniert , und da Handys nicht die Genauste Kamera Technik haben , kann es in diesem Punkt zu Fehlern beim Messen kam. Außerdem ist die Einheit in der App nicht eindeutig. Die App misst in Einheiten.

Da für die weitere Berechnung nur die Messergebnisse verglichen werden, sollte sich der Messfehler ausgleichen.

5.2 Kosteneinsparung

Es gibt zwei Ansätze: Entweder man vergleicht zwei Leuchten mit derselben Lichtausbeute, oder man vergleicht (wie ich) zwei Leuchten mit derselben Leistung.

¹ <https://www.gluehbirne.de/led-ratgeber-wirkungsgrad-effizienz-led-lampen>

Ziel ist in beiden Fällen, eine vergleichbare Lichtausbeute zu erhalten, dabei aber weniger Watt Leistung zu verbrauchen.

Meine Testleuchten verbrauchen gleich viel Strom.

Für eine neue LED, berechnen sich die Kosten y in Abhängigkeit der Nutzungsdauer x in kwh auf $y = 2 + 0,33\text{€} \cdot x$, da unser Tarif 33cent pro kwh kostet und die Anschaffung einer LED 2€ kostet.

Oder ohne Einheit in €: $y = 2 + 0,33x$

Damit kann man 1,37 bestehende Halogenstrahler ersetzen.

Die Kosten für 1,37 Halogenstrahlen belaufen sich auf: $h: y = 0,33 \cdot x \cdot 1,37$, also $y = 0,4521 \cdot x$

In der folgenden Abbildung sieht man, dass sich die Anschaffungskosten nach ca. 16,5kwh amortisiert haben.

Setzt man die beiden Gleichungen gleich, so erhält man $0,4521x = 2 + 0,33x \Leftrightarrow 0,1221x = 2$, also $x=16,38$.

Nach 16,38 kwh hat sich also die Anschaffung 1 neuer LED und die Ersetzung von 1,37 Halogenleuchtmittel gelohnt.

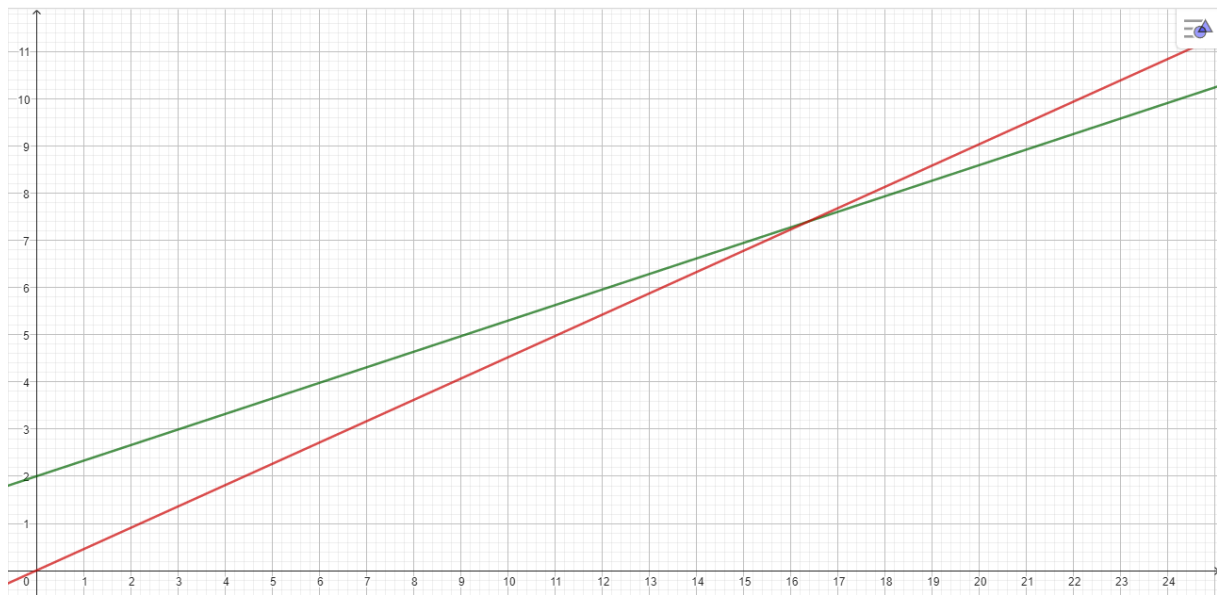


Abbildung 1: Kosten y in Abhängigkeit von kwh

5.3 Konsequenzen für das Filmstudio

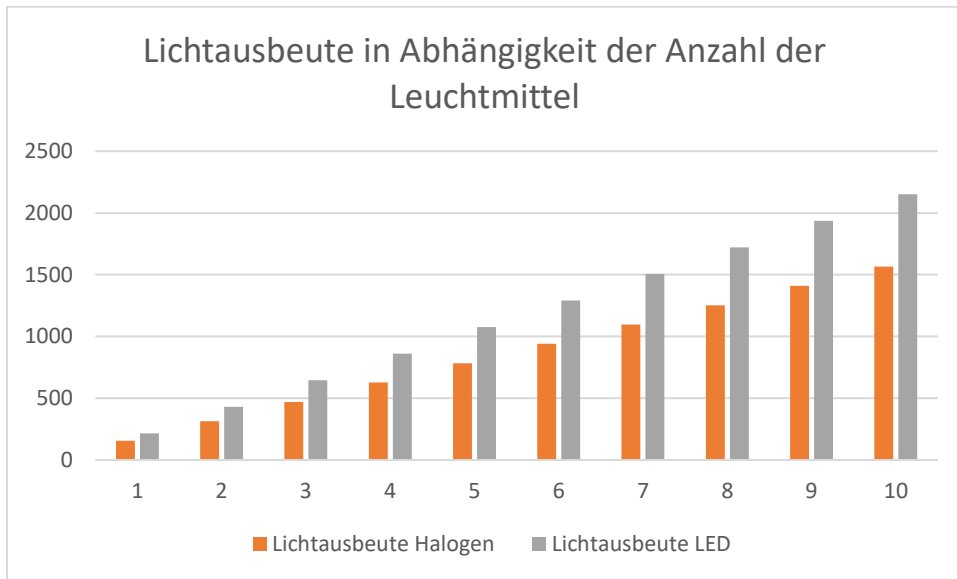


Abbildung 2: Lichtausbeute in Abhängigkeit der Anzahl der Leuchtmittel

In dem Säulendiagramm sieht man die Lichtausbeute in lm in Abhängigkeit der Anzahl der Leuchtmittel. So kann man beispielsweise erkennen, dass drei LEDs eine etwas höhere Lichtausbeute haben als vier Halogenstrahler.

Momentan hingen bei mir zehn Halogen Spots. Um die gleiche Lichtausbeute zu erhalten, benötige ich also 7,3 Spots. Um nicht weniger Lichtausbeute zu haben, brauch ich also acht neue LEDs. Diese benötigen 88,32W im Vergleich zu 110,4W.

	Anzahl	Anschaffungskosten pro Leuchte	Anschaffungskosten	Watt	kw
Halogen	10	0€	0€	110,40	0,11040
LED	8	2,00 €	16€	88,32	0,08832

Tabelle 3: Anschaffungskosten und Leistung

Nutzungsdauer in h	0	300	600	900	1200	1500	1800	2100
10 Kosten Halogen	0€	10,93 €	21,86 €	32,79 €	43,72 €	54,65 €	65,58 €	76,51 €
Kosten 8 LED	16€	24,74 €	33,49 €	42,23 €	50,97 €	59,72 €	68,46 €	77,21 €

Tabelle 4: Nutzungsdauer und Kosten von 10 bestehenden Halogenstrahlern bzw. 8 neuen LEDs

Man sieht also, dass sich erst nach ca. 2100h Nutzungsdauer die amortisiert hat – und man helleres Licht sowie weniger Abwärme hat.

Oder genau: $h: y = 0,1104 \cdot 0,33 \cdot x$ (Kosten y in €, Nutzungsdauer x in h) bzw.

$l: y = 16 + 0,08832 \cdot 0,33 \cdot x$

$16 + 0,08832x = 0,1104x \Leftrightarrow x = 2198,87$

Reduziert man die Anzahl der neuen LED-Leuchten auf 7, so ergibt sich ein anderes Bild:

Nutzungs- dauer in h	0	300	600	900	1200	1500
Kosten 10 Halogen	0,00 €	10,93 €	21,86 €	32,79 €	43,72 €	54,65 €
Kosten 7 LED	14,00 €	21,65 €	29,30 €	36,95 €	44,60 €	52,25 €

Tabelle 5: Nutzungsdauer und Kosten von 10 vorhandenen Halogenstrahlern bzw. 7 neue LEDs

Hier würden sich die Anschaffungskosten bereits nach 1281h lohnen. Dafür hätte man nur ca. 96% des Lichts.

Da ich pro Woche ca. 2-3 Stunden in meinem Studio verbringe, lohnt sich ein sofortiges Umrüsten nicht, sondern eher eine Neuanschaffung von LEDs, wenn die Glühbirnen kaputt sind, dies ist auch nachhaltiger. Auf lange Zeit gesehen würde es sich erst sehr spät lohnen, wenn man jetzt schlagartig alle Halogenleuchtmittel auf LED umrüstet. Somit würden sehr hohe Kosten auf mich zukommen. Da ich aber die Frontlichter, die den größten Teil des Studio Lichtes ausmachen, bereits auf LED umgebaut habe, und die anderen Lichter nur zur Schattenkorrektur da sind und deshalb nicht, oder nur sehr selten auf voller Leistung fahren, ist diese Aufstellung schon sehr effizient und es besteht keine Notwendigkeit zur sofortigen Umrüstung.

6 Zusammenfassung

Durch das Vergleichen der Leuchtmittel konnte ich feststellen, dass es effizienter ist, seine Wohnung, wenn man nicht gleichzeitig Wärme produzieren will, mit LED-Lampen zu beleuchten. Dies senkt auch wie in meinem Fall die Energiekosten, was zur Folge hat, dass man ebenfalls nicht so viele einzelne Leuchtmittel benötigt, um die gleiche Menge an Licht zu produzieren. Was auch schon bei den Anschaffungskosten bemerkbar machen kann. Jedoch werden in Fällen, wo Wärme, also das Nebenprodukt der Lichtproduktion durch Halogen Leuchtmittel benötigt wird, LEDs nicht den Anklang finden, den sie in Privathaushalten, oder auch in Studios bekommt.

7 Quellen

<https://www.gluebirne.de/led-ratgeber-wirkungsgrad-effizienz-led-lampen> (letzter Zugriff 15.01.2023)

8 Unterstützungsleistungen

Bei den Berechnungen und Anfertigen der Arbeit haben mir Frau Pomp und Herr Lachenmaier tatkräftig Unterstützung geleistet.