

Benjamin Volz
Felix Backhaus
Simon Moskob
Silas Fritz
Sofie Jans

Beleuchtung

Lessing-Gymnasium-Karlsruhe



Gliederung

1. Grundlagen:
 - 1.1. Lichtstrom(Lumen)
 - 1.2. Lichtausbeute (Lumen/Watt)
 - 1.3. Beleuchtungsstärke(Lux)
 - 1.4. Lichtstärke (Candela)
2. Funktionsweisen der Leuchtmittel
 - 2.1. Glühlampe
 - 2.2. Leuchtstofflampe
 - 2.3. Halogenlampe
 - 2.4. LED-Lampe
 - 2.5. Energiesparlampe
3. Lampentypen im Vergleich
4. Wirtschaftlichkeitsberechnung - LED-Lampe vs. Leuchtstoffröhre
5. Messung der Beleuchtungsstärke
 - 5.1. Durchführung der Messung
 - 5.2. Messwerte - Auswertung
 - 5.3. Probleme
6. Mögliche Energiespartipps
7. Überschlagsrechnung
 - 7.1. Tabelle
 - 7.2. Auswertung
8. Automatische Beleuchtungsregler
 - 8.1. Funktionsweise Bewegungsmelder
 - 8.2. Verwendung automatischer Beleuchtungsregler
9. Fazit
10. Fünftklässler-Rallye
11. Quellen



1.1. Lichtstrom - Lumen [lm]

- **Der Lichtstrom gibt an, wie viel Licht eine Lichtquelle nach allen Seiten abstrahlt.**
- Je höher der Lumenwert, desto mehr Licht gibt eine Lampe pro Zeiteinheit ab
- Vom Hersteller angegeben
- Beispiele:
 - Kerze = 12 lm
 - 40 W Leuchtstofflampe = 3000 lm

1.2. Lichtausbeute - [lm/W]

- Gibt die Effizienz einer Lampe an
- Der Lichtstrom einer Lampe im Verhältnis zur ihrer Leistung [lm/W]
- Berechnung: Lichtausbeute [lm/W] = Lichtstrom [lm] / Leistung [W]
- Je höher der Wert, desto effizienter die Lichtquelle
- Beispiele (grobe Richtwerte):
 - Glühbirne = ca. 10 lm/W
 - Halogenlampe = ca. 20 lm/W
 - Leuchtstofflampe = ca. 70 - 90 lm/W
 - LED-Lampe = ca. 60 - 170 lm/W

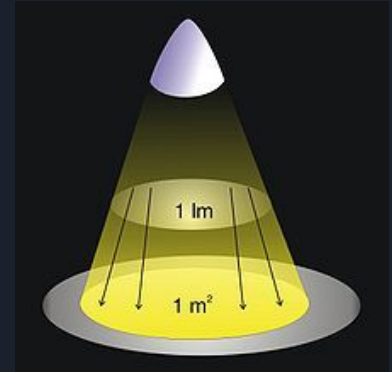
Beispielberechnung:

*40 W Leuchtstofflampe mit
Lichtstrom von 3000 lm*

$3000 \text{ lm} / 40 \text{ W} = 75 \text{ lm/W}$

1.3. Beleuchtungsstärke - Lux [lx]

- Die Beleuchtungsstärke gibt an, wie viel Lichtstrom (Lumen) auf eine bestimmte Fläche trifft
- Verhältnis zwischen auftreffendem Lichtstrom und Fläche [lx]
- wird mit Lux-Meter gemessen
- Berechnung: Beleuchtungsstärke [lx] = Lichtstrom [lm] / Fläche [m²]
 - $\rightarrow 1 \text{ lx} = 1 \text{ lm} / 1 \text{ m}^2$
- Ist abhängig von dem Umfeld (z.B. Möbel, Wände, deren Farbe, ...)
 - $\rightarrow$ stark variabel (auch in gleichem Raum)
 - $\rightarrow$ vom Hersteller nicht angegeben



1.3. Beleuchtungsstärke - Lux

Richtwerte für Beleuchtungsstärken [lx]



10-25 Lux
Parkgarage



50-200 Lux
Wohnzimmer



200-300 Lux
Tischbeleuchtung



500-1000 Lux
Heller Arbeitsplatz



40.000 Lux
Sonnenlicht im Freien

⇒ Für die Schule: Fachunterrichtsräume: 500 lx; normale Unterrichtsräume: 300 lx

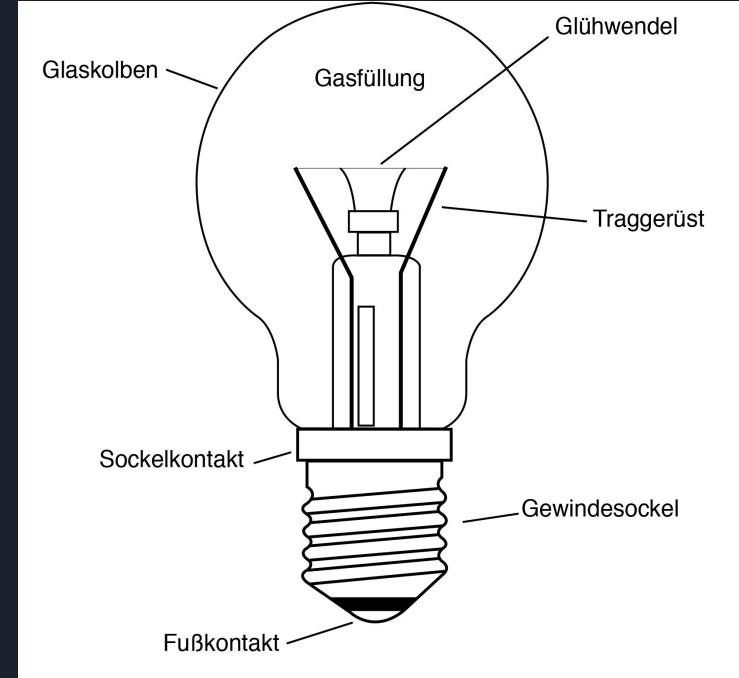
1.4. Lichtstärke - Candela [cd]

- Die Lichtstärke drückt aus, wie viel Lichtstrom auf einen bestimmten Raumwinkel fällt.
- Nicht jedes Leuchtmittel strahlt in jede Richtung die gleiche Lichtstärke ab
- Verhältnis zwischen Lichtstrom und Abstrahlwinkel



2.1. Funktionsweise: Glühlampe

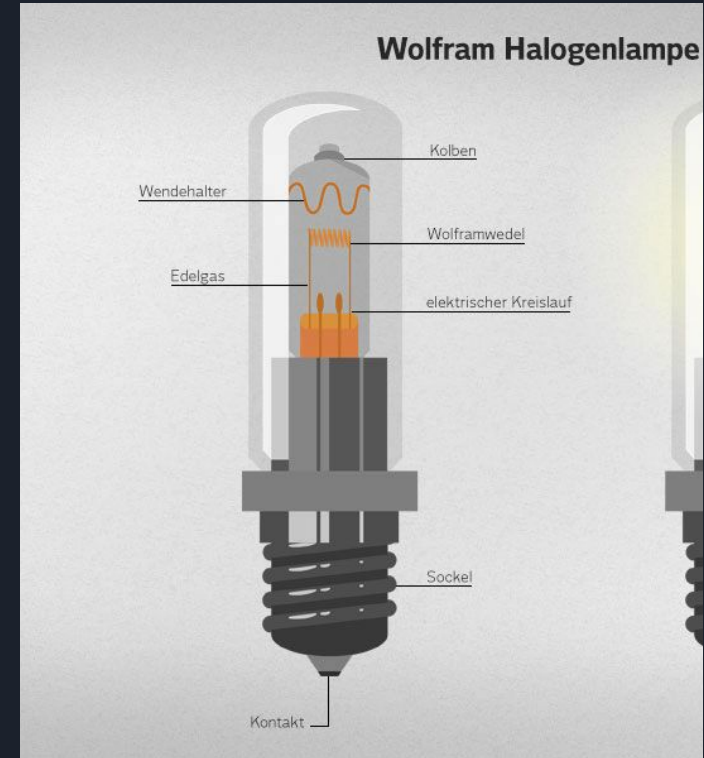
- Metallfaden zwischen beide Pole gespannt
- Bei hoher Spannung beginnt der Draht zu glühen
- ca. 5% der Energie wird dabei als Licht abgegeben, 95% als Infrarotlicht
- Gasfüllung (z.B. Argon) verhindern vorzeitiges Oxidieren



2.2. Funktionsweise: Halogenlampe

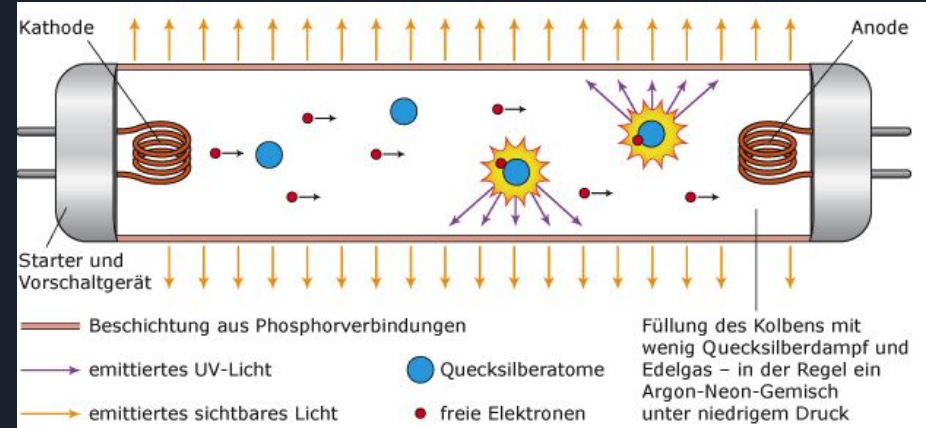
- gleiche Funktionsweise wie bei einer Glühlampe, aber:
- Halogenlampen haben neben Edelgasen auch Halogene im Kolben, welche die verdampfenden Wolframatome binden, und wieder dem Wendel hinzufügen

→ längere Lebensdauer



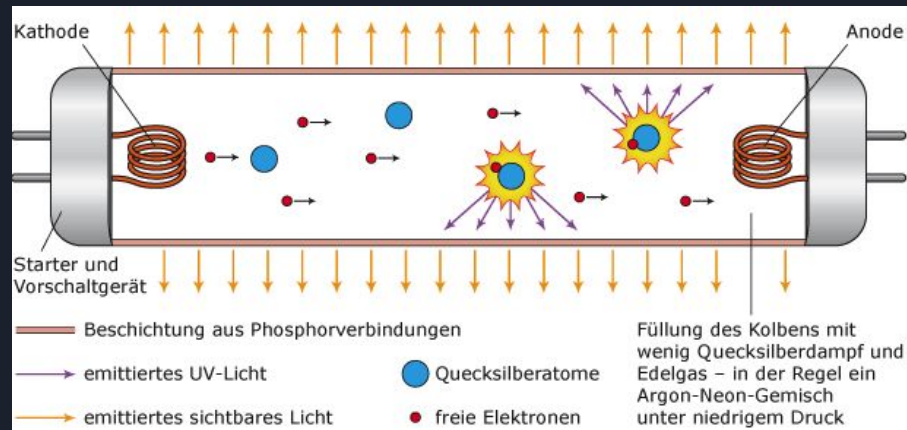
2.3. Funktionsweise: Leuchtstofflampe

- Elektronen werden durch Heißkathode und der Anode beschleunigt
- Sie treffen auf Quecksilberatome, welche UV-Licht emittieren
- Ein Leuchtstoff aus Phosphorverbindungen fluoresziert das UV-Licht zu uns sichtbarem Licht



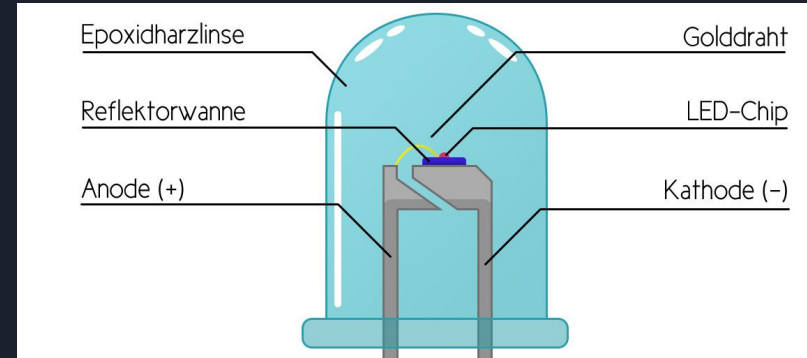
2.4. Funktionsweise: Energiesparlampe

- gleiches Prinzip wie Leuchtstofflampe
- kleiner und kompaktere Glasröhren



2.5. Funktionsweise: LED-Lampe

- Anode und Kathode werden mit Spannung versorgt > Elektronenfluss entsteht
- Energie wird im LED-Chip freigesetzt > kleine Lichtblitze entstehen
- LED strahlt punktförmiges Licht ab (sendet Photonen aus)
- Reflektorwanne lenkt Licht in obere Hälfte der Leuchtdiode
- Kunststofflinse sorgt für Lichtverteilung im Raum



3. Lampentypen im Vergleich

Lampentypen	Glühlampe	Leuchtstofflampe	Halogenlampe	LED-Lampe	Energiesparlampe
Lebensdauer	bis 1 000 h	bis 20 000 h	bis 4 000 h	bis 20 000 h - 40 000 h ^[18]	bis 10 000 h ^[18]
Wirkungsgrad	Ø 5%	Ø 25%	Ø 15%	Ø 30 % bis 40 % ^[18]	Ø 25% ^[18]
Lichtausbeute	ca. 10 lm/W	ca. 70 - 90 lm/W	ca. 20 lm/W	60 - 170 lm/W	ca. 60 - 90 lm/W

3. Lampentypen im Vergleich

Lampentypen	Glühlampe	Leuchtstofflampe	Halogenlampe	LED-Lampe	Energie sparlampe
Anschaffungskosten (Preis vom 18.06.2020 kann stark variieren)	ca. 0,60€ - 1€ ^[13]	ca. 3,50 € ^[14]	ca. 3,70 € ^[15]	ca. 4,50 € ^[16]	ca. 4 € ^[17]
Besonderheiten	-Herstellungs- und Vertriebsverbot (für Glühlampen mit schlechter Energieeffizienzklasse) in der EU, China usw.	-Einsatz häufig in Büros, Schulen, Werkstätten, etc.	- Weiterentwicklung der alten Glühbirne - gute Farbwiedergabe	-bis dato das Effizienteste bzw. das Energiesparenste - sofortige Helligkeit nach Einschalten - robust ^[18]	-enthalten Quecksilber → bei Austritt umwelt- und gesundheits-schädlich ^{[18][19]}

4. Wirtschaftlichkeitsberechnung LED-Lampe vs. Leuchtstoffröhre

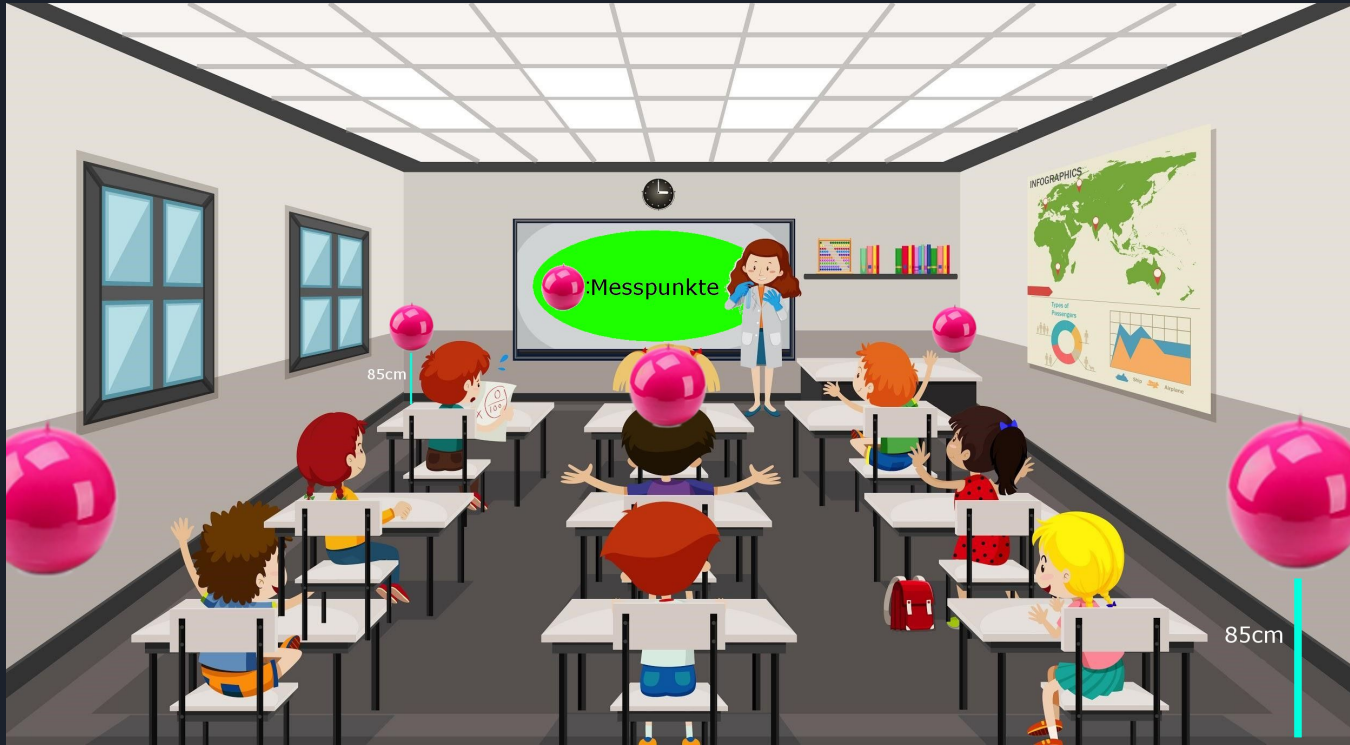
Voraussetzungen:			
Lichtstrom [lm]:		5000	
Betriebszeit [h]:		30000	(entspricht 15a mit ca. 5,5h/d)
Stromkosten:		0,28€/kWh	
	LED-Lampe		Leuchtstoffröhre
Lichtstrom [lm]	790		5000
Lebensdauer [h]	30000		15000
Leistungsaufnahme [W]	9		58
Anschaffungspreis [€]	6,9		1,6
(Preise vom 6.05.2020)			
Anzahl:	6		1
Erstatz:	0		1
gesamte Anschaffungskosten:	41,40€		3,20€
gesamte Leistungsaufnahme:	54W		58W
gesamter Verbrauch:	1620kWh		1740kWh
Energiekosten:	453,60€		487,20€
Gesamtkosten:	495€		490,40€
LED-Ersparnisse gegenüber:			-4,60€
			-0,94%

Die Ersetzung der
Leuchtstoffröhren durch
LED-Lampen lohnt sich nicht.

- großflächige Ausleuchtung
- benötigt für gleiche Helligkeit zu viele LEDs
- gesamte Leistungsaufnahme der 6 LEDs entspricht ca. der Leistungsaufnahme der einen Leuchtstoffröhre

=> Leuchtstoffröhren sind zur Zeit die beste Option für Schulen, Büros,...

5.1. Durchführung der Messung





5.1. Durchführung der Messung

- Beleuchtung 10 min vor Messung einschalten
- Messung bei Dunkelheit/vollständiger Abdunklung oder alternativ bei Tageslichteinfall
- Messungen in den Ecken des Raumes und in der Mitte des Raumes in 85cm Höhe
- Mittelwert aller Messwerte bilden
- Vergleich mit Anforderungswerten z.B.: 50 Lux: Überdachte Pausenbereiche, 200 Lux: Mensen, 300 Lux: Klassenzimmer, etc., 400 Lux: Sporthallen (Wettkampfbetrieb), 500 Lux: Fachunterrichtsräume, etc.
- Zulässige Abweichung einzelner Werte: 0,80 - 1,2 x Anforderungswert

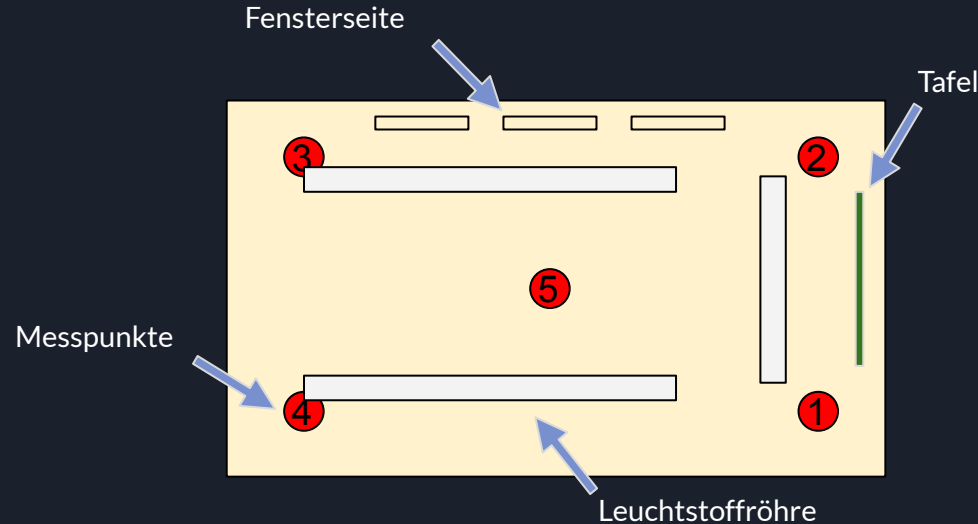
Wenn es zu hell ist:

- teilweise Lampen entfernen

Wenn es zu dunkel ist:

- Lampen, Abdeckungen, Wannen und Reflektoren reinigen
- Alte Lampen austauschen entweder gegen identische oder stärkere
- Begrenzungsflächen in helleren Farben ausführen

5.2. Messwerte - Beispielraum (Geografie)



Messwerte der
Beleuchtungsstärke [lx]

①	90 lx
②	101 lx
③	96 lx
④	82 lx
⑤	95 lx
	464 lx

Durchschnittliche Beleuchtungsstärke:

$$464 \text{ lx} / 5 = 92,8 \text{ lx}$$

Abweichung = $1 - (\text{Beleuchtungsstärke} / \text{Richtwert})$

Abweichung = $1 - (92,8 \text{ lx} / 300 \text{ lx})$

Abweichung $\approx 0,69 \approx 69\%$

=> deutlich zu dunkel für optimales, konzentriertes Arbeiten

5.2. Messwerte - Auswertung

	durchschnittliche Beleuchtungsstärke [lx] (Differenzbildung)	durchschnittliche Beleuchtungsstärke [lx] (absoluter Wert - mit Licht)
Raum 310	85,2	120,6
Raum 309	92,8	92,8
Lehrerzimmer	89	146,67
Sporthalle	92	113,2
Lehrerbibliothek	199,75	331,25
Raum 322	158	588,33
Chemie-Hörsaal	93,75	229
NwT 3	40,4	126,2
Treppe	13,8	59,4

	Differenzwert	Absoluter Wert
gesamte* durchschnittliche Beleuchtungsstärke [lx]	108,41	233,55
Richtwert [lx]	300	300
Abweichung [%]	63,86	22,15

Auswertung:

- die Klassenzimmer und Fachräume im Altbau sind zu dunkel
- die Räume im Neubau sind besser ausgeleuchtet, trotzdem sind die Werte beim Abzug des Tageslichteinfalls zu klein
- durch die großen Fenster im Neubau werden sehr gute Werte erreicht
- die Sporthalle und die Gänge und Treppen sind etwas zu dunkel
- bei der Differenzbildung der Beleuchtungsstärke wird im durchschnitt eine zu hohe Abweichung erreicht (siehe 5.4. Probleme)
- mit Tageslichteinfall wird eine befriedigende Beleuchtungsstärke im durchschnitt erreicht, trotzdem sollte die Beleuchtung ohne Tageslicht die gewünschten Werte (ca. 300 lx) erreichen

=> keine optimale, zu dunkle Beleuchtung



5.3. Probleme bei unseren Messungen

Keine optimale Testbedingungen, da:

- Klassenräume nicht abdunkelbar
- Teilweise schnelle Änderung der Helligkeit durch Tageslicht
- Differenz-Rechnung teilweise fehlerhaft, kann zu großen Abweichungen führen
- Unterschiede durch Ausrichtung der Räume



6. Mögliche Energiespartipps

- in allen genutzten Leuchten energieeffiziente Leuchtstofflampe bzw. Leuchtstoffröhre verwenden (verbrauchen 20 % weniger Energie, bei dem gleichen Lichtstrom)/ LED statt Glühlampe
- Licht aus bei Abwesenheit
- Allgemeinbeleuchtung sparsam, helles Licht gezielt an Arbeitsplätzen
- Helligkeit der Nutzung anpassen
- in Büros und Arbeitszimmern, sollte es heller sein als in allgemeinen Wohnbereichen (Wohnzimmer etc.)
- Bewegungsmelder und Dämmerungsschalter für Außenbeleuchtung, und wenig genutzte Orte (Schule, Toilette)
- getrennte Lichtschalter für Lichtbänder
- Licht an der Fensterseite bzw. vorne am Pult ausgeschaltet lassen

7.1. Überschlagsrechnung

Arten der Klassenzimmer	Anzahl der Zimmer	Insgesamte Anzahl der Leuchtstoffröhren	Insgesamte Anzahl der Energiesparlampen	Leuchtzeit pro Tag pro Raum [h]	gesamter Stromverbrauch [kWh/a]	gesamte Stromkosten [€/a]
Klassenräume	30	360	0	4	17280	4838,4
Fachräume	12	360	0	4	17280	4838,4
Lehrerzimmer & Sekretariat	1	30	9	6	2354,4	659,232
Mensa	1	14	0	2	336	94,08
Aula	1	20	0	5	1200	336
Sporthalle	1	80	0	5	4800	1344
Toilette (Bewegungsmelder)	12	72	0	1,5	1296	362,88
Schulgänge	4	0	160	4	2304	645,12
Aufenthaltsräume	4	24	0	2	576	161,28
Sonstiges	4	16	0	4	768	215,04
Neubau	1	30	0	5	1800	504

	Stromverbrauch [kWh/a]	Stromkosten [€/a] mit 0,28 €/kWh
Beleuchtung	48194,4	13494,432
Gesamt	146000	40880
Anteil in Prozent	33,01	33,01

Leistungsaufnahme der Leuchtstoffröhren: 60W
 Leistungsaufnahme der Energiesparlampen: 18W
 Stromkosten[€/a]: 0,28 €/kWh
 Ein Schuljahr: 200 Tage

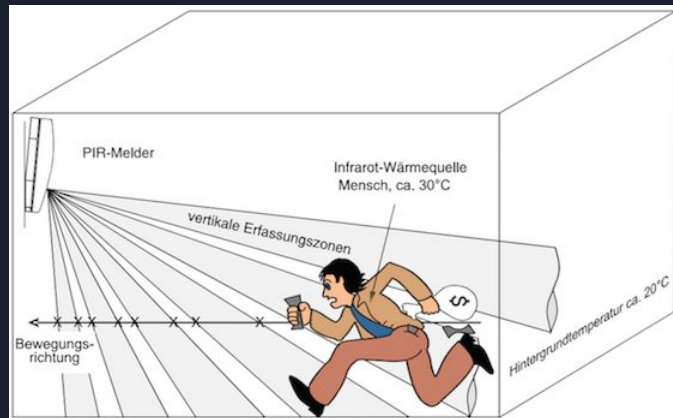


7.2. Auswertung der Überschlagsrechnung

- Klassenzimmer und Fachräume machen den Großteil des Stromverbrauchs aus
- Sporthalle verbraucht als einzelner Raum am meisten Energie
- Beleuchtung macht ca. 33 Prozent des gesamten Stromverbrauch der Schule aus
- Sichtbare Einsparung bei Bewegungsmeldern auf den Toiletten
- Kosten insgesamt ca. 13.500 Euro/Jahr
 - Kosten relativ gering, wenig Verbesserungsmöglichkeiten

8.1. Funktionsweise Bewegungsmelder (PIR)

- Passiv-Infrarot-Melder (PIR-Prinzip):
 - vor allem im Außenbereich
 - reagieren auf Veränderungen der auftreffenden Wärmestrahlung
 - Veränderungen der auftreffenden Wärmestrahlungen entstehen durch die Eigenwärme von Objekten
 - um Bewegungen erkennen zu können, müssen die bewegten Objekte Wärme abstrahlen (reagieren hauptsächlich auf Menschen/Tiere)
- in Gebäuden vor allem Präsenzmelder
 - sensibler auf Veränderungen der Umgebungswärme
 - basieren auch auf dem PIR-Prinzip





8.2. Verwendung automatischer Beleuchtungsregler

Bewegungsmelder:

- derzeit nur in Toiletten und Umkleiden in der Schule montiert
- sinnvoll, da große Einsparungen wegen kürzerer Brenndauer
- weiterer Ausbau der Bewegungsmelder an der Schule wenig sinnvoll:
 - langer Aufenthalt in den meisten Räumen
 - in Gängen, zu großer Abdeckungsbereich => benötigt viele Bewegungsmelder
 - Anschaffungskosten im Vergleich zu Ersparnissen in den meisten Räumen unrentabel

Helligkeitssensoren + Zeitschaltuhr:

- in mehreren Klassenzimmern verbaut
- Beleuchtung kann nicht versehentlich eingeschalten werden

=> Energieersparnisse



9. Fazit

- Stromverbrauch für Beleuchtung insgesamt relativ gering durch Energiesparlampen, Leuchtstoffröhren, die für großflächige Ausleuchtung am rentabelsten und effizientesten sind (siehe Präsentation 4.), automatische Beleuchtungsregler
- Beleuchtung in den meisten Räumen nicht ausreichend, um die gewünschten Richtwerte zu erreichen (ca. 300 lx), jedoch können starke Abweichungen in unseren Messungen vorhanden sein (siehe Präsentation 5.3.) →

erklärt den geringen Stromverbrauch:

- benötigt mehr Leuchtmittel bzw. neue Leuchtmittel mit einem höheren Lichtstrom, um die Beleuchtungsstärke zu erhöhen
- Verbesserungen:
 - meist an der Wandseite dunkler als am Fenster: getrennte Lichtbänder nicht nur für Tafel und Schüler, sondern auch Fenster- und Wandseite
 - evtl. automatisch-dimmbare Leuchtmittel, um für optimale Helligkeit zu sorgen und Energie zu sparen (Sporthalle: Leistung der Lichtbänder anpassbar - Leistung bei halber Beleuchtung halb so groß)
 - optimales, konzentriertes Arbeiten: mehr, stärkere Leuchtmittel; Reflektoren abstauben; Licht auf die Tische konzentrieren



10. Fünftklässler-Rallye: Versuch

- Wir beschränken uns auf drei Lampentypen: LED-Lampe, Halogenlampe und Leuchtstoffröhre

→ Übersicht groß genug

- Versuche mit den Fünftklässlern:
 - Welche Lampen sind am hellsten?
 - Welche Lichtfarbe haben sie?
 - Verifizierung durch Messung mithilfe des Luxmeter
- Weitere Information zu der durchschnittlichen Lebensdauer

→ folgende Informationen wurden also gesammelt.

10. Fünftklässler-Rallye

Lampentypen	Leuchtstoff-lampe	Halogenlampe	LED-Lampe
Helligkeit unter der Lampe	sehr hell	hell	relativ hell
Helligkeit neben der Lampe	sehr hell	relativ hell	eher dunkel
Luxwert	x	y	z
Ø Lebensdauer	Ø 10000 - 20000 Stunden	Ø 4000 Stunden	Ø 20000 - 25000 Stunden

Luxwert schwankt stark
→ keine allgemeinen Werte möglich



10. Fünftklässler-Rallye: Auswertung

- Durch lange Lebensdauer befinden sich die LED-Lampen für kleine Räume auf Platz 1
- Leuchtstoffröhren sind für große Räume auf Platz 1, da es auch neben der Lampe sehr hell ist.
- Halogenlampen sind durch die alte Technik und die geringe Effizienz auf dem letzten Platz

- Fazit:
 - Für Zuhause: LED-Lampen → Eltern fragen ob bei ihnen bereits LED-Lampen verbaut sind
 - Für große Räume wie in der Arbeit: Leuchtstoffröhren verbauen

11. Quellen

- [1] <https://www.lampe.de/magazin/lumen/> (Abgerufen am 06. Mai 2020)
- [2] <https://www.lampe.de/magazin/lichtausbeute/> (Abgerufen am 18. Juni 2020)
- [3] <https://www.lampe.de/magazin/was-ist-beleuchtungsstaerke/> (Abgerufen am 18. Juni 2020)
- [4] https://www.optikum.at/wp-content/uploads/2015/11/Beleuchtungsst%C3%A4rken_2.jpg (Abgerufen am 18. Juni 2020)
- [5] <https://www.lampe.de/magazin/was-bedeutet-lichtstaerke/> (Abgerufen am 18. Juni 2020)
- [6] <https://www.lampe.de/magazin/gluehlampen/> (Abgerufen am 18. Juni 2020)
- [7] <https://elife.vattenfall.de/gewusst-wie/halogenlampe-funktion-vorteile-nachteile/> (Abgerufen am 18. Juni 2020)
- [8] <http://www.vip-bremen-nord.de/Wissen/Kompaktleuchtstofflampe.html> (Abgerufen am 18. Juni 2020)
- [9] <https://ledtipps.net/funktionsweise/> (Abgerufen am 06. Mai 2020)
- [10] <https://ledtipps.net/funktionsweise/#led-aufbau> (Abgerufen am 06. Mai 2020)
- [11] https://www.leuchtmittelmarkt.com/philips-master-tl-d-58w865-860-super-80-leuchtstoffroehre-frueher-58w54-765?qclid=CjwKCAjwwMn1BRAUEiwAZ_inEvMVIHk8ifuj2C_cxkY56GYeGEEQQ-IG3z47H_uwN-rY-ZDon8ELN_xuhoCqDEQAvD_BwE (Abgerufen am 18. Juni 2020)
- [12] <https://www.lampenwelt.de/e27-9w-830-led-lampe-in-gluehlampenform-warmweiss.html> (Abgerufen am 18. Juni 2020)
- [13] <https://www.gluehbirne.de/gluehbirnen> (Abgerufen am 06. Mai 2020)
- [14] <https://www.hornbach.de/shop/Leuchtmittel/Leuchtstofflampen/S2224/artikelliste.html?searchTerm=leuchtstofflampen> (Abgerufen am 18. Juni 2020)
- [15] <https://www.hornbach.de/shop/Leuchtmittel/Halogenlampen/S2090/artikelliste.html?searchTerm=halogenlampen> (Abgerufen am 18. Juni 2020)
- [16] https://www.hornbach.de/shop/Leuchtmittel/LED-Lampen/S2220/artikelliste.html#/?ev=Julioxl_CJ2aWV3ljoiz2FsbGVyeSIsImxpc3RDcm0ZXJpYSI6eyJwYVdlTnVtYmVvIjoxLjCwYVdlU2I6ZSI6NzIsInNvcnRPOmRlcil6InNvcnRnb2RlRHYfSwiYWNoaXZlRmlsdGVvcyVl6W1sibXZlYzcxNSIsIkUxNjCjdXSwidXsVmVvIjoyfQ== (Abgerufen am 18. Juni 2020)
- [17] <https://www.hornbach.de/shop/Leuchtmittel/Energiesparlampen/S2223/artikelliste.html?searchTerm=energiesparlampen> (Abgerufen am 18. Juni 2020)
- [18] <https://www.co2online.de/energie-sparen/strom-sparen/energiesparlampen-leds/energiesparlampen-oder-led/> (Abgerufen am 18. Juni 2020)
- [19] <https://gluehbirne.ist.org/vergleich.php> (Abgerufen am 18. Juni 2020)
- [20] <https://ledtipps.net/lebensdauer/> (Abgerufen am 18. Juni 2020)
- [21] <https://ledtipps.net/wirkungsgrad/#:-text=Diese%20elektronischen%20Schaltungen%20sind%20je.die%20Umgebung%20ausgekoppelt%20werden%20kann.> (Abgerufen am 18. Juni 2020)
- [22] <https://www.licht.de/de/grundlagen/beleuchtungstechnik/traditionelle-lichtquellen/lichtausbeute/> (Abgerufen am 06. Mai 2020)
- [23] Basierend auf den Angaben von KEA
- [24] <https://www.wikipedia.de/de/licht-fuer-zuhause/so-sparen-sie-energie/> (Abgerufen am 18. Juni 2020)
- [25] <https://www.co2online.de/energie-sparen/strom-sparen/energiesparlampen-leds/> (Abgerufen am 06. Mai 2020)
- [26] <https://www.sat1.de/ratgeber/wohnen-garten/strom-gas/so-waehlen-sie-das-richtige-leuchtmittel> (Abgerufen am 06. Mai 2020)
- [27] **Überschlagsrechnung-Beleuchtung** (Link zur schreibgeschützten Tabelle von uns)
- [28] <https://www.elektro-wandelt.de/ratgeber/Wie-funktionieren-eigentlich-Bewegungsmelder/> (Abgerufen am 02. Juli 2020)
- [29] <https://www.ata-electronic.de/sicherheitstechnik/einbruchmeldeanlagen/tierimmune-bewegungsmelder.html> (Abgerufen am 02. Juli 2020)
- [30] **Messungen-Beleuchtungsstärke** (Link zur schreibgeschützten Tabelle von uns)