

Eine Leuchtstofflampe durch eine LED in der Schule ersetzen

(Zusammenfassung für die Schuldirektion)

Ein 1.500 mm lange 58 W Leuchtstofflampe verbraucht 68 W samt Vorschaltgerät. In bestimmten Fällen könnte diese durch eine 23 W verbrauchende LED Leuchte ersetzt werden. Die Kosteneinsparungen (15 bis 20 €/Jahr während den Bürostunden) und die geringere Umweltbelastung sind auf jeden Fall eine Überlegung wert.

[1. Technische Analyse](#)

[2. Schlussfolgerungen: unsere Empfehlungen für eine Schule](#)

[3. Vorschläge zur Installation](#)

[4. Lastenheft](#)

1- Technische Analyse

1. Gesundheit

1.1. Der Blauanteil des Lichts der LED Leuchten kann ungesund für die Netzhaut sein. Kinder sind besonders gefährdet, da ihre Linsen noch sehr klar sind und die schädigenden Lichtanteile kaum herausfiltern.

1.2. Der Blauanteil der LED Lampen ist höher als der Anteil konventioneller Lampen.

1.3. Lampen, die "kaltes Licht" ausstrahlen haben einen größeren Blauanteil, als Lampen mit "warmem Licht".

1.4. Die EN 62471 Norm stuft das photobiologische Risiko der Lampen ein. Es gibt Lampen der Energieklassen RG0 und RG1 (auf einer Skala von RG0 bis RG3, RG3 ist am gefährlichsten), die die Risiken der möglichen Verletzungen der Linsen minimieren. Diese Norm gilt aber nur für Erwachsene und wir wissen nicht, wie sich das auf Kinderaugen auswirkt, die im Prinzip anfälliger sind. Die Hersteller müssen nur Produkte der Risikogruppen RG2 und RG3 entsprechend kennzeichnen. Leuchtprodukte für Innenbereiche dürfen nie ein Risiko darstellen.

1.5. Die starke Leuchtkraft der LED-Chips kann die Netzhaut schädigen. Man darf keine



Punkte einer LED Lampe mit den Augen fixieren. Opale LED Leuchten sind weniger Leuchtstrahl als helle LED Leuchten.

1.6. Man weiß noch nicht sehr viel über die Risiken einer längeren Aussetzung der LED Beleuchtung mit hohem Blauanteil. Erste Studien deuten auf einen höheren Risikofaktor bei weißen LED Leuchten (6500 K) als bei herkömmlichen Leuchtstofflampen hin. Es wird befürchtet, dass die altersbedingte Makuladegeneration (AMD) schon ab 50 statt ab 60 Jahren auftreten könnte.

1.7. Wenn die mit den LED Leuchten verbundenen Risiken so klein wie möglich halten will, empfehlen wir also:

- Leuchten der Klasse RG0 und RG1 (also Leuchten ohne spezielle Kennzeichnung);
- Leuchten mit "warmem Licht" (z. B. mit der Bezeichnung « warm white », oder $T^{\circ} 3.000\text{ K}$ und auf jeden Fall $T^{\circ} \leq 4.000\text{ K}$);
- opalweiße Leuchten oder helle Lampen, die sich in einem opalweißen Leuchter befinden;
- da die Langzeitrisiken noch nicht eingeschätzt werden können, sollte man darauf achten, dass die Kinder dem Licht nicht den ganzen Tag lang ausgesetzt sind - als Präventivmaßnahme sollte man LED Leuchten im Moment also nur in Fluren, Sälen und nur sporadisch benutzten Räumen einsetzen. In Kitas sollten gar keine LED Leuchten zum Einsatz kommen, weil Kinder unter zwei Jahren noch so klare Linsen haben, dass der schädigende Blauanteil nicht herausgefiltert werden kann.

2. Ökologie / Umwelt

2.1. Auch wenn eine LED Leuchte kein Blei enthält (wie eine Neonleuchte), weiß man heute noch nicht, wie lange die darin verwendeten Werkstoffe (seltene Metalle) mittelfristig zur Verfügung stehen werden.

2.2. Bei diesen seltenen Metallen (seltene Erde z.B.) handelt es sich um dieselben, wie bei den Smartphones, PCs, usw.

2.3. Gegenwärtig gibt es auch noch kein organisiertes Recycling für diese Produkte, aber das ist sicher nur eine Frage der Zeit.

3. Rechtssicherheit der Anpassung (1:1) in einer bestehenden Lampe

3.1. Eine LED Leuchte kann doppelt so schwer sein, wie ein Leuchtstoffleuchte T8, aber das Gewicht bleibt unter den erlaubten 500g, die für Leuchtstofflampen vom Typ T8 (norme IEC



62 776) gelten. Plastiklampen vermindern das Verletzungsrisiko, wenn eine Lampe runterfällt und erlauben das Entfernen der teilweise vergilbten und unnützen Schutzhüllen.

3.2. Um jegliches Stromschlagrisiko zu vermeiden, müssen die Leuchten der Norm NBN EN 62560 entsprechen. Das nötige Konformitätszertifikat sollte der Verkäufe zur Verfügung stellen können.

3.3. Der Betrieb der LED Leuchten benötigt weder Starter noch Vorschaltgerät.

3.4. Je nachdem ob eine Neonlampe mit einem elektronischen oder einem elektromagnetischen Vorschaltgerät ausgerüstet ist, ist der Einbau der LED Leuchte verschieden.

3.5. Bei einem elektronischen Vorschaltgerät muss die interne Verkabelung des Geräts geändert werden. In der Regel stellen die Hersteller der LED Leuchten ein entsprechendes Schema zur Verfügung.

3.6. Bei einem elektromagnetischen Vorschaltgerät muss die Verkabelung nicht geändert werden, wenn man eine LED Leuchte wählt, die nur von einer Seite mit Strom versorgt wird und die mit einer "Sicherung" an der Stelle des Starters ausgerüstet ist. Somit ist die Leuchte funktionstüchtig und gesichert für den Fall, dass fälschlicherweise wieder eine Neonleuchte installiert werden sollte. Das Vorschaltgerät wird aber weiterhin mit Strom versorgt und verursacht somit einen Mehrverbrauch von ± 1 Watt. Dieser Mehrverbrauch kann durch eine Überbrückung des Vorschaltgeräts vermieden werden. Dann muss allerdings die Verkabelung angepasst werden, was zu einem Verlust des Versicherungsschutzes im Falle eines durch die Lampen verursachten Brandes führen kann.



Luminaire avec ballast conventionnel

3.7. Man muss sich darüber im Klaren sein, dass jede Veränderung einer Leuchte, den Verlust dessen CE- und ENEC-Konformität zur Folge hat und dadurch die Produktgewährleistung des Herstellers erlischt.

3.8. Die Verantwortung für eine Änderung dieser Art liegt als bei der Person, die die Änderung durchführt oder die Durchführung in Auftrag gibt.

- Wenn die Arbeit vom Haustechniker ausgeführt wurde, steht der Schuldirektor in der Verantwortung. Eine Zertifizierungsstelle kann die Änderung aber anerkennen.
- Wenn die Arbeit durch einen zertifizierten Techniker ausgeführt wurde, ist dieser für



die Arbeiten verantwortlich.

- Interessanterweise kümmern sich einige Hersteller selber um die Installation der LED Leuchten und passen die Lampen nach einem im Vorhinein beglaubigten Verfahren an. Der Hersteller steht hier also in der Verantwortung (Mehrpreis: ± 8 Euro pro Lampe).

3.9. Damit eine LED Leuchte eingesetzt werden kann, sollte die Lampe auch in einem guten Zustand sein, besonders was die Verbindungsstücke der Lampen angeht.

4. Beleuchtungsstärke

4.1. Auch wenn es eine Beeinträchtigung der Helligkeit zur Folge hat, wird das Anbringen einer Schutzhülle wärmstens empfohlen, um übermäßige Blendung zu verhindern.

4.2. Die Anzahl der durch eine LED Leuchte produzierten Lumen hängen von der Marke ab, und sollten ein Auswahlkriterium darstellen.

4.3. Im Prinzip produziert eine LED weniger Licht als eine Neonleuchte (1.900 Lumen gegen 3.000, für eine 1.200 mm lange Leuchte). Aber das ganze Licht der LED Leuchte wird benutzt, weil es nach unten gerichtet ist. Die Rückstrahler können zwar einen Teil des Lichts nach unten leiten, aber bei LEDs werden die Rückstrahler natürlich nicht mehr benötigt.



Efficacité lumineuse de différentes configurations de luminaires et de tubes

4.4. Bei einem Austausch wird der Vergleich vorher / nachher also sehr stark abhängen:

- 1° - von der Qualität der Lampe: wenn schon Rückstrahler vorhanden sind, wird es mit den LEDs etwas weniger hell sein, wenn nicht, werden die LEDs für etwas mehr Licht sorgen.
- 2° - vom Alter der Leuchtstofflampe: nach 10.000 Stunden Gebrauch verliert die Leuchte $\pm 20\%$ ihrer Strahlkraft. Umso heller wird einem die neue LED vorkommen. Bei einem Test vergleicht man also alt mit neu und sollte darauf achten, dass man die zukünftigen Leistungsverluste der Lampen mit in Betracht zieht.

4.5. Die Lichtverteilung an Arbeitsplätzen ist nicht so einheitlich wie den klassischen Leuchtstofflampen ("Fledermaus"-Kurve).

4.6. Es wird also empfohlen, das Resultat der neuen Leuchten in einer Klasse zu testen, ehe



man das Projekt auf alle Klassen ausweitet. So kann man sicher sein, dass weiterhin genug Licht in allen Klassen zur Verfügung stehen wird.

5. Rentabilität

5.1. Die Rentabilität hängt vom Kaufpreis, der Länge, dem kWh-Preis, dem Installationspreis, den Unterhaltskosten und Laufzeitkosten (je im Vergleich zu den alten Leuchten) der neuen Leuchten ab.

5.2. Die Lebensdauer ist im Moment noch schwer zu bestimmen, da die Hersteller selten deutlich machen, ob sich die Lebensdauer auf die LED-Chips, die Elektronik oder die Leuchte als Ganzes bezieht. Die angegebene Lebensdauer ist im Prinzip die Dauer, in der die Leuchtkraft der LED-Chips über 70% der ursprünglichen Leuchtkraft bleibt (unter normalen Nutzungsbedingungen). LED-Chips sind sehr empfindlich was die Funktionstemperatur angeht und die Tatsache, dass sie in einem Rohr stecken ist sicher nicht ideal. Die Lebensdauer kann also durchaus beeinträchtigt werden, und man sollte sich nach den Garantieangaben des Herstellers richten.

5.3. Einige Hersteller geben an, dass eine 3-Stundenleuchte nach 8 Stunden ausgeschaltet werden muss, um eine Überhitzung zu vermeiden und die angegebene Lebensdauer zu erreichen.

5.4. Wenn man die Installations- und Unterhaltskosten außer Acht lässt, amortisiert sich die Investition für eine Klasse in 3 bis 7 Jahren (1.000 Stunden Betrieb pro Jahr, wenn das Licht während eines ganzen Schuljahres brennt), für ein Büro in 2 bis 3 Jahren (2.000 Stunden Betrieb pro Jahr), und in weniger als einem Jahr für eine Leuchte, die immer an sein muss (8.760 Stunden im Jahr).

Übersichtstabelle der verschiedenen Umgebungen:

Länge der Leuchte	Einkaufspreis	Niederspannungstarif (~0.22€/kWh)	Hochspannungstarif (~0.15€/kWh)
1200 mm (ex-36W)	29€ TVAC	4 500 h	6 500 h
1500 mm (ex-58W)	34€ TVAC	2 500 h	4 000 h



2- Schlussfolgerungen: unsere Empfehlungen für die Schule

Es gibt inzwischen LED Leuchten zu kaufen, die, bei ausreichender Beleuchtung ohne zu blenden, ein Drittel einer Leuchtstofflampe verbrauchen.

Die Entscheidung, ob es zu einem Austausch kommen soll, hängt davon ab, wie vertrauenswürdig die Angaben zur Lebensdauer des Herstellers sind und wie lange die bestehenden Geräte noch aus eine ausreichende Beleuchtung der Räume aufrecht erhalten können.

- Fälle, in den man sofort auswechseln sollte:
 - Der Sportsaal mit seiner hohen Decke und hohen Unterhaltskosten, wobei sichergestellt werden sollte, dass überall genug Licht vorhanden sein wird.
 - Lampen, die 24 Stunden am Tag in Betrieb sind, wenn der Hersteller garantiert, dass diese dafür geeignet sind.
 - Lampen, die regelmäßig an- und ausgemacht werden (Toiletten, Duschen, usw.)
 - "Nackte" Leuchten
- Fälle, die sehr günstig für eine Wechsel sind:
 - 1,5 M lange Leuchten (58 W) in Lampen, die noch über gute Vorschaltgeräte verfügen.
 - Kleine Schulen, die noch über Niederspannung versorgt werden (0,22 €/kWh)
 - Wenn Klassen und Räume zu stark beleuchtet werden > 20% (Klassen, mit mehr als 400 Lux pro Arbeitsfläche)
 - Fluren und Räume, in denen das Licht sehr lange brennt (weil z.B. nach Norden gerichtet)

Da man in den seltensten Fällen über das nötige Budget verfügt, um alle Leuchten zu ersetzen, sollte man sich in einem ersten Schritt auf diese Fälle beschränken. Einige Hersteller bieten auch Miet- oder Leasinglösungen an.

Sollte man renovieren, wenn die Beleuchtung in einem sehr schlechten Zustand ist (alte Geräte mit vergilbten Schutzhüllen, usw.):

- Eine neue T5-Installation ?
- Eine neue Installation mit LED Leuchten (Lampen, die mit Neon- und LED Leuchten ausgerüstet werden können)?
- Eine neue Installation mit LED Leuchten (ausschließlich)?

In diesem Fall ist es ratsam, sich nicht auf die Auswechslung einzelner Geräte zu



beschränken, sondern eine entsprechende Studie in Auftrag zu geben, um den genauen Bedarf zu bestimmen und die beste Lösung auszuarbeiten.

3- Vorschläge zur Installation

1. Ein Elektriker über den Zustand der bestehenden Beleuchtung und den Beleuchtungsgrad (300 Lux sind für jeden Arbeitsplatz vorgeschrieben, abzüglich des Tageslichts) und je nachdem wie gleichmäßig das Licht ist (Verhältnis Minimalbeleuchtung durch Durchschnittsbeleuchtung > 60%).
2. Der Schulträger entscheidet, ob er auf einen externen Dienstleister zurück greift oder eine interne Lösung bevorzugt.
3. Der Schulträger lässt sich vom Hersteller oder Lieferanten bestätigen, dass alle LED Leuchten den im Lastenheft geforderten Kriterien entsprechen.
4. Der Techniker führt eine erste Testinstallation in einer Klasse aus, um die Leuchtintensität und -uniformität einschätzen zu können.

Wenn es sich um einen hausinternen Techniker handelt, reicht der Ankauf einiger Testleuchten aus, ehe ein größerer Ankauf ins Auge gefasst werden kann. Wenn dieser Ankauf über eine Ausschreibung laufen muss, kann er schon angeben, welche Geräte sich im Test bewährt haben und ausreichen.

4. Lastenheft

Die LED Leuchten müssen den geltenden gesetzlichen Normen entsprechen, d. h. im Besonderen:

- Die Stromschlagrisiken minimieren nach der Norm NBN EN 62560 (LED-Lampen mit eingebautem Vorschaltgerät für Allgemeinbeleuchtung für Spannungen > 50 V) oder IEC 62776 (zweiseitig gesockelte LED-Lampen mit Sockeln G5 und G13, die für den Ersatz von Leuchtstofflampen mit denselben Sockeln vorgesehen sind).
- Die LED-Chips müssen so beschaffen sein, dass sie nur nach unten leuchten (keine "double-side").
- Die LEDs müssen den Klassen RG0 oder RG1 der Norm N 62471 (photobiologische Risiken) entsprechen.
- Die LEDs müssen über warmes Licht verfügen: $T^{\circ} \leq 4.000 \text{ K}$ oder besser 3.000 K .



- Die LEDs müssen opalweiß sein, wenn sie sich nicht in einer Schutzhülle befinden oder in einer mit einer Schutzhülle ausgerüsteten Lampe installiert werden.
- Die LEDs müssen für eine permanente Betriebsdauer garantiert sein, wenn sie dafür bestimmt sind.
- Die LEDs müssen eine Leistungsfähigkeit verfügen, die 100 Lumen/Watt übertrifft.
- Die LEDs müssen über einen Farbwiedergabeindex von über 80 verfügen.

Vom Hersteller wird verlangt, die Größe der Leuchten, das Montageschema und das nötige Zubehör im Preisangebot mit zu berücksichtigen und zu beziffern.

Weitere Infos :

- <https://www.beleuchtungdirekt.de/wechsel-zu-led/>

