



Klimawandel und Energieeffizienz

Konsequenzen für die Glühlampe

Stellungnahme zu den Europäischen Richtlinien

Herausgegeben vom Technisch-Wissenschaftlichen Ausschuss der LiTG
Bearbeitet von: Dr. Gert Wemmer

Inhalt

1. Die Beschlüsse der Europäischen Union zum sog. „Glühlampenverbot“	03
1.1 Der Stufenplan zur Umsetzung der EU-Richtlinie	04
2. Glühlampe und alternative Technologien – Stand der Technik	05
2.1. Die Glühlampe	05
2.2. Alternativen zur Glühlampe	06
2.2.1. Die Halogen-Glühlampe	06
2.2.2. Die Energiesparlampe	07
2.2.3. Die LED Lampe	10
3. Ökobilanz	12
4. Fazit und Empfehlungen	14

Editorial

**Sehr geehrte Leserin,
sehr geehrter Leser,**

die Deutsche Lichttechnische Gesellschaft (LiTG) erstellt und verbreitet Arbeits- und Forschungsergebnisse auf dem Gebiet der Lichttechnik in Form technisch-wissenschaftlicher Publikationen. Wir sind bestrebt durch eine leicht verständliche Ausdrucks- und Darstellungsweise auch komplizierte Sachverhalte verständlich zu machen.

LiTG-Stellungnahmen greifen aktuelle Fragen an die Fachleute der Lichttechnik auf und geben Antworten nach dem jeweiligen Erkenntnisstand, der u.U. auch schnellen Weiterentwicklungen unterworfen sein kann.

Der Technisch-Wissenschaftliche Ausschuß (TWA) der LiTG hat nach einer Satzungsänderung eine Struktur zur Verbesserung der Bearbeitungseffizienz erhalten.

Folgende wichtigen Fachgebiete der Lichttechnik hat der TWA identifiziert:



Prof. Dr. Stephan Völker

Henning v. Weltzien

- | | |
|--------------------------|---------------------------------|
| 1. Außenbeleuchtung | 6. Innenbeleuchtung |
| 2. Biologische Wirkungen | 7. Lichtarchitektur |
| 3. Energieeffizienz | 8. Lichtquellen |
| 4. Fahrzeugbeleuchtung | 9. Messen |
| 5. Farbe | 10. Physiologie und Wahrnehmung |
| | 11. Tageslicht |

Die erste Stellungnahme nach der Neuordnung des TWA haben wir, in dem Wissen um den gravierenden Einschnitt für die Menschen in Europa durch das sog. „Glühlampenverbot“, diesem Thema aus dem Fachgebiet „Lichtquellen“ gewidmet.

**Henning v. Weltzien, Vorsitzender der LiTG
Prof. Dr. Stephan Völker, Vorsitzender des TWA**

**„Was das elektrische Licht betrifft, so ist viel dafür
und viel dagegen gesagt worden.
Ohne Widerspruch befürchten zu müssen, glaube ich
behaupten zu können, dass mit Ende der Pariser Weltaus-
stellung 1900 auch das elektrische Licht enden wird.
Anschließend werden wir nie wieder davon hören.“**

(Professor Erasmus Willsen, Universität Oxford im Jahre 1878)

Mit dieser Stellungnahme will die Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e.V. (LiTG) zur Aufklärung und Versachlichung der Diskussionen beitragen, die Glühlampe und deren Eigenschaften und Alternativen beschreiben und Empfehlungen und Anleitungen geben, worauf beim Einsatz von Glühlampenalternativen zu achten ist. Ziel ist, die angestrebten Bemühungen zur Energieeinsparung zu unterstützen und gleichzeitig eine hohe Lichtqualität gerade auch im Wohnbereich zu gewährleisten.

Der Beschluss der Europäischen Union im Rahmen der Energiegesetzgebung die Glühlampe und weitere Lichtquellen (T8 Leuchtstofflampen mit Halophosphat-Leuchtstoffen, T12 Leuchtstofflampen, Kompaktlampen mit konventionellem Vorschaltgerät, Quecksilberdampflampen, uneffiziente Natriumdampflampen und Halogen-Metaldampflampen), die den heutigen Anforderungen an die Energieeffizienz nicht mehr genügen, zu verbieten, hat zu einer Reihe von widersprüchlichen Beiträgen und Aussagen in den Medien geführt und damit zu einer zunehmenden Verunsicherung der Bevölkerung.

1. Beschlüsse der Europäischen Union zum sogenannten Glühlampenverbot

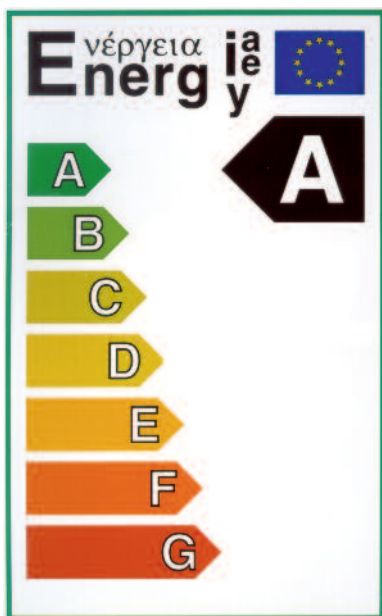
Mit der Unterzeichnung des Kyoto-Protokolls von 1997 hat sich die EU auf klare Ziele zur Reduzierung der CO₂ Emission festgelegt. In diesem Abkommen verpflichtet sich die Europäische Union, ihren Ausstoß an Treibhausgasen im Zeitraum von 2008 bis 2012 um 8% unter das Niveau von 1990 zu senken. Deutschland hat sich bereit erklärt, seine Emission sogar um 21% im Ver-

gleich zu 1990 zu verringern [1]. Das Erreichen dieser Ziele geschieht sowohl durch die Förderung „sauberer“ Energieerzeugung als auch durch den vermehrten Einsatz von energieeffizienten Produkten.

Die EU Richtlinie 2005/32/EG „Eco-Design Requirements for Energy Using Products“ legt in den sog. Durchführungsmaßnahmen (Implementing Measures for Domestic Lighting – auch als „Glühlampenverbot“ bezeichnet) fest, durch welche Maßnahmen und in wel-

chen Schritten die Beleuchtung im Haushalt effizienter werden soll.

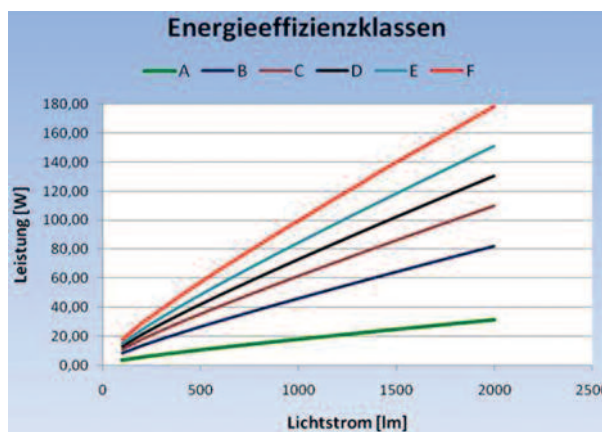
Die Auswertung statistischer Daten von EUROSTAT und laufende Marktforschungsprojekte der EU führen zu der Annahme, dass etwa 1/3 des Stroms für Beleuchtung eingespart werden kann und durch Energiesparmaßnahmen in der häuslichen Beleuchtung bis 2015 der CO₂ Ausstoß um 23 Megatonnen oder 60% gesenkt werden kann. Allerdings beruht die Annahme darauf, dass alle verbotenen Glühlampen konsequent durch Energiesparlampen ersetzt werden. Mögliche Einbußen in der Lichtqualität und im Lichtkomfort werden dabei nicht berücksichtigt. Das alleinige Bewertungskriterium ist die Energieeffizienz.



Energielabel zur Lampenkennzeichnung (Quelle EU Richtlinie)

Die Einteilung von Lampen nach ihrer Wirtschaftlichkeit in die Energieeffizienzklassen A (niedrigste Verbrauchsklasse) bis G (höchste Verbrauchsklasse) ist ein Bestandteil der Durchführungsmaßnahmen der EU und muss dem Verbraucher auf der Verpackung grafisch angezeigt werden. Neben der Energieeffizienzklasse sind auch Lampenlichtstrom und elektrische Leistung zu nennen.

Bei der Berechnung der Energieeffizienzklassen wird jeweils der Lampenlichtstrom zur aufgenommenen elektrischen Leistung in Bezug gesetzt. Daraus ergeben sich die in der folgenden Grafik dargestellten Obergrenzen für die Klassen A bis F.



Einteilung in Energieeffizienzklassen (Quelle we lite)

1.1 Der Stufenplan zur Umsetzung der EU Richtlinie [2]

Zu welchem Zeitpunkt welche Art ineffizienter Lampen nicht mehr in den Verkehr gebracht werden darf, regelt ein fünfstufiger Plan der Richtlinie.

Stufenplan zum sogenannten „Glühlampenverbot“

Stufe 1: 1.9.2009

Matte Lampen: Es werden nur noch Lampen der Energie-Effizienzklasse A zugelassen. Damit werden alle matten Glühlampen verboten. Aber auch Halogen-Glühlampen und Energiesparlampen, welche die Anforderungen der Energie-Effizienzklasse A nicht einhalten, dürfen ab dann nicht mehr in Verkehr gebracht werden.

Klare Lampen: Glühlampen und Halogen-Glühlampen mit 100 W Leistung und darüber müssen die Anforderungen der Energie-Effizienzklasse C, die restlichen Lampen müssen mindestens die Anforderungen der Klasse E erfüllen. Lampen der Energie-Effizienzklassen F und G sind also nicht mehr zugelassen.

Stufe 2 : 1.9.2010

Ab diesem Stichtag wird für Glühlampen und Halogen-Glühlampen ab 75 W Leistung die Energie-Effizienzklasse C gefordert, die restlichen Lampen müssen mindestens die Anforderungen der Energie-Effizienzklasse E erfüllen.

Stufe 3 : 1.9.2011

Eine weitere Verschärfung tritt in Kraft. Ab diesem Datum müssen alle Glühlampen und Halogen-Glühlampen ab 60 W und mehr Leistung die Energie-Effizienzklasse C einhalten. Alle restlichen Lampen müssen mindestens die Anforderungen der Energie-Effizienzklasse E erfüllen.

Stufe 4 : 1.9.2012

Ab jetzt gilt für alle Glühlampen und Halogen-Glühlampen mit 7 W und mehr Leistung die Energie-Effizienzklasse C. Da keine Glühlampe diese Anforderung erfüllt, bedeutet dies das endgültige Ende der Glühlampe für die Allgemeinbeleuchtung.

Stufe 5 : 1.9.2016

Nun müssen auch alle Halogen-Glühlampen mindestens die Energie-Effizienzklasse B haben. Für Halogen-Glühlampen mit Sockel G9 und R7s wird eine Ausnahme gemacht. Für diese Lampen gilt weiterhin Energie-Effizienzklasse C.

Für die einzelnen Lampentypen gilt dabei die folgende Tabelle

z.B. in Haushaltsgeräten zum Einsatz kommen. Diese müssen auf der Verpackung eindeutig als solche gekennzeichnet werden. Ausgenommen sind Stand Frühjahr 2009 auch Reflektorlampen. Für diese ist eine gesonderte Umsetzungsmaßnahme in Arbeit, die bis Ende 2009 als Entwurf vorliegen soll.

2. Glühlampe und alternative Technologien

2.1. Die Glühlampe

Die Glühlampe ist ein Temperaturstrahler, dessen Licht durch Stromfluss in einer Glühwendel entsteht. Sie strahlt ein kontinuierliches Spektrum ab, das durch das Planck'sche Strahlungsgesetz beschrieben wird (siehe Abb.) Mit ihren über 100 Jahren ist sie die älteste, aber auch unwirtschaftlichste aller elektrischen Lichtquellen. Etwa 95% der aufgenommenen elektrischen Leistung werden in Wärme umgewandelt und tragen nicht zur Beleuchtung bei. Lediglich etwa 5% der elektrischen Energie werden als Licht abgestrahlt. Damit ergibt sich für Glühlampen eine typi-

General Lighting Services/ Allgebrauchslampen Halogen	September							
	2009*	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
clear/klar	15W 25W 40W 60W 75W 100W	15W 25W 40W 60W 75W 100W	15W 25W 40W 60W 75W 100W	15W 25W 40W 60W 75W 100W	Ban on all clear GLS lamps Verbot aller klaren GLS-Lampen			
non clear/matt	Non clear GLS lamps to be replaced by CFLI (A) Matte GLS-Lampen werden von CFLI (A) ersetzt							
	<60 lm 60 lm 450 lm 725 lm >950 lm	<60 lm 60 lm 450 lm 725 lm >950 lm	<60 lm 60 lm 450 lm 725 lm >950 lm	<60 lm 60 lm 450 lm 725 lm >950 lm	Ban on all clear Halogen Class DSE Verbot aller klaren HAL, Klasse DSE		Ban on Class C** Verbot Klasse C**	
	Non clear GLS lamps to be replaced by Energy Class A products Matte GLS-Lampen werden von Produkten der Energieklasse A ersetzt							

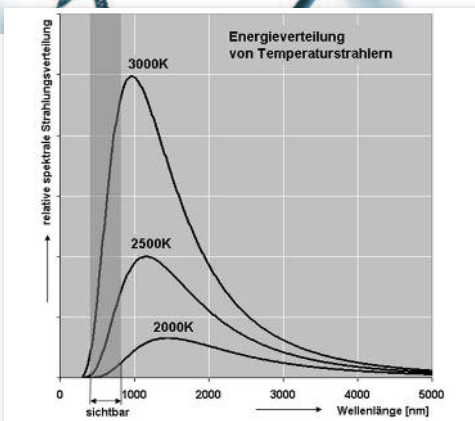
Stufenplan zum sog. „Glühlampenverbot“ (Quelle OSRAM)

Nicht betroffen von der Richtlinie und den damit verbundenen Durchführungsmaßnahmen sind Speziallampen wie sie

sche Effizienz von 10 bis 14 Lumen/Watt. Eine Steigerung der Effizienz ist prinzipiell möglich, geht aber zu Lasten



Lebensdauer von nur 1.000 Stunden



Energieverteilung von
Temperaturstrahlern
(Quelle OSRAM)

der Lebensdauer. Diese ist bei Standard Glühlampen für den Europäischen Markt ohnehin mit 1.000 Stunden vergleichsweise knapp bemessen. Eine Verbesserung der Effizienz ist in den nächsten Jahren nicht zu erwarten.

Die Glühlampe wird trotz ihrer geringen Effizienz auch heute weltweit gerne als bevorzugte Lichtquelle im Haushalt eingesetzt, da sie hohen Komfort und gute Lichtqualität bietet:

- Warmweißes Licht (2.700 K) mit hohem Rotanteil schafft eine warme und gemütliche Atmosphäre, was besonders bei niedrigen Beleuchtungsstärken als angenehm empfunden wird.
- Sehr gute Farbwiedergabe mit $R_a = 99$ aufgrund des kontinuierlichen Spektrums
- Maximaler Lichtstrom sofort nach dem Einschalten

- Problemlos mit einfachen Dimmern zu betreiben. Außerdem verändert sich die Lichtfarbe beim Dimmen zum Orange-Rot, was an Sonnenuntergang oder an das Farbverhalten von Feuer erinnert.
- Geringste Anschaffungskosten aller Lichtquellen.

2.2. Alternativen zur Glühlampe

Derzeit gibt es drei alternative Lampenarten, die als Austauschprodukt für Glühlampen eingesetzt werden können:

- Halogen-Glühlampen
- Energiesparlampen, kompakte Leuchtstofflampen mit integriertem Vorschaltgerät
- LED Lampen mit Schraubsockel

2.2.1. Die Halogen-Glühlampe

Die Lampenindustrie bietet eine Reihe von Ersatzlösungen an sowohl als Netzspannungsvariante als auch mit 12 V Halogen-Glühlampen und integriertem elektronischen Transformator. Klare Halogen-Glühlampen mit der Energie-Effizienzklasse C sind bis 2016 zugelassen.

Mattierte Halogen-Glühlampen dürfen ab September 2009 nicht mehr in Verkehr gebracht werden. Die Halogenlampe ist wie die Glühlampe ein Temperaturstrahler. Durch Zusatz von Halogengasen wird aus der Glühlampe eine Halogen-Glühlampe. Der sogenannte Halogen-Kreisprozess sorgt dafür, dass das Lampenglas deutlich weniger schwärzt und die Glühwendel stärker belastet werden kann.

Daher können die Lampen kleiner und kompakter als Glühlampen gebaut werden und der Fülldruck in der Lampe kann erhöht werden. Das führt zu folgenden verbesserten Eigenschaften im Vergleich zur Glühlampe:

- Warmweißes Licht mit einer Farbtemperatur um 3.000 K anstelle von 2.700 K, also etwas weißer und brillanter als die Glühlampe
- Mit einer mittleren Lebensdauer von 2.000 Stunden halten die Hochvolt-Halogen-Glühlampen als direkter Ersatz von Glühlampen also doppelt so lang. Ersatzlösungen, die mit Halogen-Niedervoltlampen arbeiten, erreichen Lebensdauern bis zu 4.000 Stunden.
- Die Energieeinsparung liegt zwischen 20 und 30 Prozent.



Halogen Energy Saver (Quelle OSRAM, PHILIPS)

Die aufwändigere Herstellung führt zu höheren Herstellkosten. Dafür erhält man eine Energieeinsparung und mindestens doppelte Lebensdauer. Ansonsten verhalten sich Halogen-Glühlampen im Betrieb wie wir es von den Glühlampen gewohnt sind.

2.2.2 Die Energiesparlampe

Die Energiesparlampe als Glühlampenersatz ist seit 25 Jahren auf dem Markt. Sie ist eine kompakte Leuchtstofflampe und erzeugt ihr Licht mit Hilfe einer Quecksilber-Niederdruckentladung und einer Leuchtstoffschicht, die die ultravioletten Strahlungsanteile der Quecksilberentladung (insbesondere die 254 nm Linie) in sichtbares Licht umwandelt. Verschiedene Leuchtstoffanteile, die 3-Banden Leuchtstoffe bestehend aus blauen, grünen und roten Anteilen, lassen sich so mischen, dass weißes und gleichzeitig sehr energiesparendes Licht entsteht. Anders als bei Temperaturstrahlern sind bei Energiesparlampen unterschiedliche Lichtfarben möglich. Daher decken diese Lampen die ganze Palette der Lichtfarben von warmweiß über neutralweiß bis tageslichtweiß ab.

Farbtemperaturbereich	Bezeichnung der Lichtfarben
< 3.300 K	warmweiß
3.300 K - 5.300 K	neutralweiß
> 5.300 K	tageslichtweiß

Als Entladungslampe ist die Energiesparlampe auf möglichst geringen Energieverbrauch hin entwickelt. So sparen diese Lampen im Vergleich zu Glühlampen etwa 80 % an Energie und damit Stromkosten. Die Tabelle auf Seite 8 zeigt deutlich das große Einsparpotenzial der Energiesparlampen gegenüber Glühlampen. Die darin gemachten Annahmen für 11 Watt Energiesparlampe und 60 W Glühlampe beruhen auf Werten Stand Frühjahr 2009 [3].

Allerdings zeigen Energiesparlampen während ihres Betriebes einige deutliche Unterschiede zu Glühlampen, so dass es beim Ersetzen der Glühlampe zu unliebsamen Überraschungen kommen kann, wenn die Eigenschaften der Alternativen nicht hinreichend bekannt sind.

Kostenvergleich Energiesparlampe – Glühlampe

	Energiesparlampe		Glühlampe
Leistung [Watt]	11	11	60
Lebensdauer [h]	10.000	6.000	1.000
Betriebsdauer [h]	10.000	10.000	
Energieverbrauch [kWh] bei 10.000 h	110	110	600
Stromkosten bei 0,18 €/kWh	19,80 €	19,80 €	108,00 €
benötigte Lampen für 10.000 h	1	1,7	10
Lampenkosten bei 10.000 h	13,00 €	12,90 €	8,00 €
Gesamtkosten (Energie + Lampen)	32,80 €	32,70 €	116,00 €
Einsparung	83,20 €	83,30 €	

Anlaufverhalten:

Energiesparlampen benötigen nach dem Einschalten im kalten Zustand einige Zeit, bis der maximale Lichtstrom erreicht wird. Je nach Fabrikat und Lampenleistung dauert dieser Zeitraum zwischen 30 Sekunden und 2 Minuten. Daher wirkt ihr Licht direkt nach dem Einschalten noch dunkel und trübe. Diese Eigenschaft kann besonders in Räumen, in denen das Licht nur kurz eingeschaltet wird, zu Unzufriedenheit mit der Beleuchtung führen. Hier ist die Halogen-Glühlampe die bessere Lösung.

Temperaturabhängigkeit des Lichtstroms:

Energiesparlampen sind für einen optimalen Betrieb bei 25°C Umgebungstemperatur ausgelegt. Bei höheren oder tieferen Temperaturen nimmt der Lichtstrom stetig ab. Nur Energiesparlampen mit sogenannter Amalgamtechnologie (anstatt in flüssiger Form

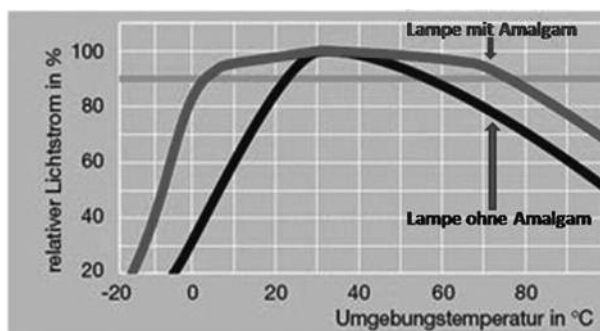
wird das Quecksilber in im Festkörper gebundener Form in die Lampe eingefüllt) zeigen eine deutlich geringere Temperaturabhängigkeit des Lichtstroms und geben in einem weiten Temperaturbereich von 5° bis 70°C mit 90% des maximalen Lichtstroms nahezu konstantes Licht. Lediglich bei Temperaturen unter 5°C, d.h. im Außenbereich, kommt es zu einem sichtbaren Lichtstromrückgang.

Größe:

Energiesparlampen sind zum Teil noch größer als die im Lichtstrom vergleichbaren Glühlampen. Während die Durchmesser denen der Glühlampe ähnlich sind, sind insbesondere die Längen der Energiesparlampen je nach Leistung zwischen 15 mm und 40 mm länger. Das muss beachtet werden, wenn Glühlampen ersetzt werden sollen, die in Leuchten betrieben werden, die nur für die Größe von Glühlampen ausgelegt sind. Die Energiesparlampe sollte nicht über den Leuchtschirm hinaus ragen und Blendung verursachen.

Brillanz:

Da Energiesparlampen immer eine matte Oberfläche besitzen und anders als die Glühlampe (auch die matte) ihr Licht nicht durch eine sehr kleine Wendel („Lichtpunkt“) generieren, fehlt ihnen die Brillanz eines Temperaturstrahlers.



Temperaturabhängigkeit des Lichtstroms (Quelle OSRAM)

Farbtemperaturen und Farbempfinden:

Mit Leuchtstoffen lassen sich alle üblichen Farbtemperaturen herstellen, also auch die warmweiße Glühlampenfarbe (2.500 K) und die Farbtemperaturen von Halogen-Glühlampen (2.800 bis 3.200 K). Um eine hohe Energieeffizienz zu erreichen, ist allen Energiesparlampen gemeinsam, dass die Rotanteile des Spektrums im Vergleich zur Glühlampe sehr niedrig gehalten sind. Das führt in der Praxis dazu, dass das Licht von Energiesparlampen häufig als grünstichig empfunden wird.

Farbwiedergabe:

Die Farbwiedergabe liegt bei einem Farbwiedergabeindex R_a von 80 bis 85 und ist für die normale Innenraumbeleuchtung durchaus geeignet. Die Messlatte mit ihrem optimalen R_a 99 im warmweißen Farbtemperaturbereich stellen allerdings Glühlampen und Halogen-Glühlampen dar. Durch den ho-

schaltgerät speziell dafür entwickelt wurde. Das bedeutet höheren Aufwand und führt zu höheren Kosten im Vergleich zur nicht dimmbaren Energiesparlampe.

Licht und Gesundheit:

Immer wieder gibt es Beiträge, die von gesundheitsschädlichen Wirkungen durch Kompaktleuchtstofflampen berichten. Jetzt, wo das Ende der Glühlampe absehbar ist, häufen sich die Stimmen der Kritiker [4,5]. Tatsache ist, dass trotz der Kritik der Nachweis fehlt, dass Energiesparlampen die Gesundheit schädigen oder dass Glühlampen „gesünderes“ Licht abstrahlen. Diese Thematik wird in einem Fachbeitrag von Steffen Franke und seinen Mitarbeitern [6] vom Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie in Greifswald ausführlich und behandelt.

Die wichtigsten Kritikpunkte sind darin klargestellt und es gibt durch Fakten



Energiesparlampen (Quelle OSRAM, PHILIPS)

hen Rotanteil bei Temperaturstrahlern werden warme Farbtöne überhöht wiedergegeben, was Räumen speziell bei niedrigen Beleuchtungsstärken eine stimmungsvolle Atmosphäre verleiht, fast vergleichbar mit Kerzenschein oder Kaminfeuer.

Dimmen:

Die meisten im Markt vorhandenen Energiesparlampen sind nicht dimmbar. Nur solche lassen sich dimmen, bei denen das integrierte elektronische Vor-

untermauerte Antworten, die wie folgt zusammenfasst werden können:

„Das Licht einer Glühlampe ist weder natürlicher noch gesünder als das Licht einer Energiesparlampe, nur weil sie das Spektrum eines Planck’schen Strahlers (Temperaturstrahlers) hat.“

„Licht ist lebenswichtig. Aber natürliches wie auch künstliches Licht haben ein gesundheitsschädliches Potenzial. Auf die richtige Dosierung kommt es an.“

„Das menschliche Auge braucht kein Planck'sches Spektrum (kontinuierliches Spektrum eines Temperaturstrahlers), um Farben gut zu erkennen.“

Auf die Frage nach dem Blauanteil von Lichtquellen wird festgestellt:

„Leuchtstofflampen (also auch Energiesparlampen) mit warmweißer Lichtfarbe senden nicht mehr blaues Licht aus als Glühlampen.“

„Blaues Licht ist notwendig für das Farbsehen sowie für physiologische Vorgänge im menschlichen Körper.“

„Eine Blaulichtgefahr durch Energiesparlampen besteht nicht.“

Die geringen Mengen an blauem Licht, wie sie in der häuslichen Beleuchtung vorkommen, muss ohnehin niemand fürchten. Selbst an einem mit 500 Lux beleuchteten Büroarbeitsplatz erreicht uns am Tag nicht einmal halb so viel blaues Licht wie bei einem kurzen Spaziergang über den Firmenparkplatz [7]. Im Wohnbereich liegen die Beleuchtungsniveaus üblicherweise deutlich unter 500 Lux.

2.2.3 Die LED Lampe

Die rasante Entwicklung der weißen Leuchtdioden führte dazu, dass die LED (Light Emitting Diode) häufig als die künftige Alternative zu einer Reihe heutiger Lampentechnologien betrachtet wird. Das gilt auch für den Ersatz der Glühlampe.

Die Leuchtdiode ist ein Halbleiter-Kristall, der durch einen Stromfluss zwischen zwei unterschiedlich geladenen Halbleiterschichten zum Leuchten angeregt wird. LED erzeugen farbiges Licht, das charakteristisch für das eingesetzte Halbleitermaterial ist. Um weißes Licht zu erzeugen, wird entweder das Licht einer roten, einer grünen und einer blauen LED überlagert oder das Licht einer blau strahlenden Diode wird – ähnlich wie in Leuchtstofflampen – mit einem meist gelben Leuchtstoff zu weißem Licht kombiniert.

Ähnlich wie bei der Energiesparlampe muss man auch bei der Vielzahl von angebotenen LED Lampen sehr sorgfältig auf die Eigenschaften achten.

Was kann die LED?

Und was kann sie noch nicht?

Unbestritten ist, dass in Zukunft die LED in vielen Beleuchtungsanwendungen eine dominante Rolle spielen wird. Stand heute lassen sich LED Lampen noch nicht in Breite einsetzen. Die Lichtausbeuten von sog. radialen LED liegen bei Massenartikeln im Bereich der Halogen-Glühlampen. Sogenannte High Power LED mit 1W, 2W oder 3W Leistungsaufnahme erreichen bei warmweißen Lichtfarben mit etwa 50 - 60 lm/W momentan die Wirtschaftlichkeit der Energiesparlampen.

Lichtausbeuten von über 100 lm/W, wie sie von den LED Herstellern bereits publiziert werden, sind als wirklicher Glühlampenersatz noch einige Jahre



LED Lampen (Quelle OSRAM, PHILIPS)

entfernt. Denn die hohe Lichtausbeute wird bei hohen Farbtemperaturen („kalten Lichtfarben“) mit einer Farbwiedergabe $R_a < 80$ erkauft, ein Wert, der in der Innenbeleuchtung nicht ausreicht.

Der entscheidende Faktor zum massenhaften Einsatz von LED Produkten ist jedoch der Preis. Solange die Kosten für LED Licht (€/Lumen) um ein Vielfaches höher liegen als vergleichbare Lampentechnologien, werden sich LED Anwendungen zunächst nur in Spezialanwendungen weiterentwickeln. Dabei sprechen neben dem großen Energiesparpotential weitere Eigenschaften wie lange Lebensdauer oder Anlaufverhalten des Lichtstromes für die LED.

Lebensdauer:

Die Lebensdauer der LED ist theoretisch sehr hoch. In vielen Publikationen der letzten Jahre liest man von 100.000 Stunden oder zumindest 50.000 Stunden.

Die Angabe der Lebensdauern von LED ist jedoch nicht so pauschal möglich. Mehr als bei allen anderen bekannten Lichtquellen hängt die Lebensdauer sehr empfindlich von den Betriebsbedingungen ab, wie bei Halbleitern bekannt. Ausschlaggebend ist dabei die sogenannte Junction-Temperatur an der Grenzfläche der beiden halbleitenden Materialien im Inneren einer LED. Da diese Temperatur nicht direkt messbar ist, geben seriöse Hersteller mittlerweile die Lebensdauer von LED in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur an.

Anlaufverhalten:

Der Lichtstrom von LEDs erreicht unmittelbar nach dem Einschalten seinen vollen Wert, sogar schneller als bei Glühlampen.

Dimmen:

LED Lampen lassen sich mit passenden Dimmern dimmen, jedoch nicht mit den heute vielfach vorhandenen Dimmern für Glühlampen oder Halogen-Glühlampen. Allerdings gibt es auch bei LED Lampen einige Eigenschaften, die ähnlich wie bei der Energiesparlampe beim Einsatz beachtet werden müssen.

Farbtemperaturen:

Auch bei LED Lampen lassen sich durch die Wahl des Leuchtstoffs alle üblichen Farbtemperaturen herstellen, also auch die warmweiße Glühlampenfarbe (2.700 K) und die Farbtemperaturen von Halogen-Glühlampen (2.800 bis 3.200 K). Da die warmweiße LED jedoch nicht die Lichtausbeute der Varianten mit kälteren Farbtemperaturen erreicht, findet man im Handel – speziell bei Fernost Angeboten – überwiegend Lampen mit Farbtemperaturen von 4.500 K bis 6.500 K.

In unseren gemäßigten und in den nördlichen Klimazonen Europas empfindet man diese Lichtfarbe im Wohnraum als zu kalt und daher eher als ungeeignet.

Farbwiedergabe und Farbempfinden:

Die Farbwiedergabe liegt bei den effizienten LED Lampen mit hoher Farbtemperatur gerade mal bei $R_a = 80$, häufig auch darunter. Nur bei warmweißen Lampen liegt die Farbwiedergabe darüber. Der Rotanteil ist im Vergleich zur Glühlampe deutlich reduziert und lässt rote Farben fahl aussehen. Das führt dazu, dass auch warmweiße LED Lampen mit einer Farbtemperatur von 3.000 K leicht bläulich und kalt empfunden werden.

3. Ökobilanz

Bei der Verbrennung von fossilen Brennstoffen zur Stromerzeugung, welche in fast allen Ländern dominiert, entstehen je nach Brennstoff unterschiedlich große Mengen des klimaschädlichen Gases Kohlenstoffdioxid (CO₂). Da der Einsatz von Energiesparlampen im Vergleich zu Glühlampen sehr viel Strom spart, helfen diese indirekt, den CO₂-Ausstoß zu verringern.

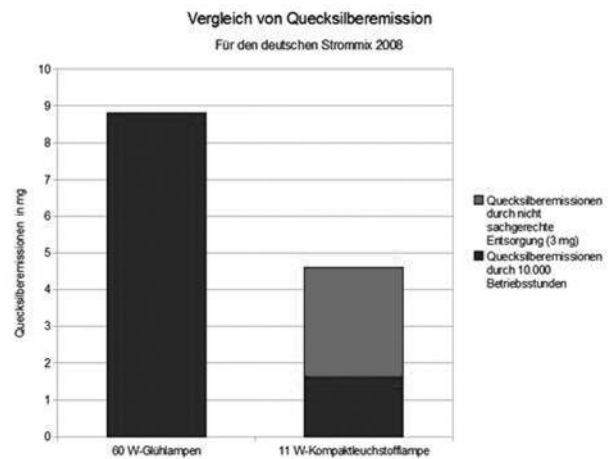
So spart eine 11-Watt-Energiesparlampe, mit der eine 60-Watt-Glühlampe ersetzt wird, im Laufe von 10.000 Stunden etwa 490 kWh. Um diese Menge an Energie zu erzeugen, müssten zum Beispiel 550 kg Braunkohle zu 1,3 t CO₂ verbrannt werden. Hinzu kommt die Emission von Schwermetallen wie z.B. Quecksilber, die in der Kohle enthalten sind, sowie die bei der Verbrennung entstehenden Gase Schwefeldioxid und Stickoxide und gegebenenfalls die ungenutzte, bei der Produktion des Stromes angefallene Abwärme [8].

Quecksilber reduzieren

Wie alle Leuchtstofflampen enthalten Energiesparlampen Quecksilber. Markenfabrikate kommen heute mit 2,5 mg Hg und weniger aus. Ziel der Lampenhersteller ist es, diesen Wert weiter zu reduzieren, 1,5 mg scheinen bereits möglich zu sein. Nach der RoHS-Richtlinie [9] gilt in der EU zur Zeit eine Höchstmenge von 5 mg je Lampe. Da das Quecksilber von Energiesparlampen, wie auch bei anderen Gasentladungslampen, hermetisch dicht eingeschlossen ist, gelangt es bei ordnungsgemäßer Entsorgung nicht in die Umwelt; im Gegensatz zu dem Quecksilberanteil, der durch Kohleverbrennung in die Atmosphäre entweicht.

Bei der Stromerzeugung in Kohlekraftwerken wird neben anderen Schadstoffen Quecksilber freigesetzt. Beim deutschen Strommix werden pro Kilowattstunde erzeugten Stroms etwa 0,0147 mg Quecksilber freigesetzt [10].

Dies bedeutet, dass 60 W Glühlampen in 10.000 Betriebsstunden die Emission von etwa 8,8 mg Quecksilber verursachen. Eine 11 W Energiesparlampe verursacht im gleichen Zeitraum nur 1,6 mg Quecksilber. Aufgrund des für die Lichterzeugung notwendigen Quecksilbers und wegen der integrierten Elek-



tronik-Platine dürfen Energiesparlampen – im Gegensatz zur Glühlampe und Halogen-Glühlampe – nicht im Hausmüll entsorgt werden. Sie unterliegen den Bestimmungen der Europäischen WEEE-Richtlinie 2002/96/ EC (Waste of Electrical and Electronic Equipment: Elektro- Elektro Altgeräte Verordnung) und dürfen seit 2006 nur noch über die öffentlichen und privaten Entsorgungsträger der Gemeinden, Städte und Landkreise entsorgt werden.

Unsachgemäße Entsorgung von Altlampen

Eine von „Lightcycle“, der Gesellschaft, die im Auftrag der Lampenhersteller die Rücknahme und Entsorgung von Altlampen in Deutschland organisiert, im Jahr 2007 durchgeführte Marktstu-

die zeigt allerdings, dass sehr große Mengen an Altlampen nach wie vor unsachgemäß entsorgt werden. Trotz der gestiegenen Rücknahmemengen muss noch immer mit etwa 80 Mio. falsch entsorgter Altlampen pro Jahr gerechnet werden.

In den deutschen Haushalten liegt die korrekte Entsorgung für Energiesparlampen lediglich zwischen 10 und 20%.

Mehr als 80% der Lampen landen noch immer im Hausmüll [11]. Die zukünftig stark zunehmenden Mengen neu in Verkehr gebrachter Energiesparlampen in privaten Haushalten erfordern die stetige Verbesserung der Entsorgung, verstärkte Aufklärung der Verbraucher und eine weitere Erhöhung der Rücknahmequoten.

Mehr Infos: www.lightcycle.de

Verbesserte Ökobilanz



4. Fazit und Empfehlungen

Klimaforscher gehen davon aus, dass die Erwärmung unserer Erde bis 2100 abhängig von den Zuwachsraten der Treibhausgase zwischen 1,1°C und 6,4°C betragen wird und auch nicht mehr umkehrbar ist [12]. Alle bisher unternommenen Anstrengungen dienen lediglich der Schadensbegrenzung. Um die Risiken und Folgen des Klimawandels zu minimieren und unsere Erde nicht vollkommen aus dem Gleichgewicht geraten zu lassen ist es logisch und notwendig, dass jeder Einzelne seinen Anteil zur Reduzierung von Treibhausgasen beiträgt.

Politik reagiert

Die internationale Staatengemeinschaft hat mit ihrer Verpflichtung zur Reduzierung des Treibhausgasausstoßes – wie im Kyoto Protokoll festgelegt – einen ersten notwendigen Schritt getan. Konzepte zur Energie-Einsparung sind dabei eine wichtige Komponente dieser Bemühungen. Neben den Bereichen elektrische Antriebssysteme, Bürogeräte,

Unterhaltungselektronik, Wärmeerzeugung, Haushaltsgeräte und gewerbliche Heizung/Lüftung/Klima ist die Beleuchtung in der EU mit 16% am Verbrauch elektrischer Energie beteiligt – deswegen ist also das Ende der ineffizienten Standardglühlampe im Haushalt beschlossene Sache und energiesparende Alternativen sind verfügbar.

Dennoch dürfen die Bemühungen, Energie einzusparen und damit einen Beitrag zur CO₂ Reduzierung zu leisten nicht dazu führen, die Lichtqualität außer Acht zu lassen. Denn neben der zunehmenden Bedeutung der Effizienz von Lampen und Leuchten, gibt es eine Reihe von Güte Merkmalen, die für die richtige Wohnatmosphäre maßgebend sind:

- Die richtige Wahl der Farbtemperatur
- Eine gute Farbwiedergabe
- Blendfreie Beleuchtung
- Ausreichende Beleuchtungsstärke, auch sofort nach dem Einschalten des Lichts.
- Stufenlose Dimmbarkeit



Die Alternative, die der Glühlampe am nächsten kommt, ist die Halogen-Glühlampe. Ihr einziger sichtbarer Unterschied ist mit 3.000 K (gegenüber 2.700 K bei der Glühlampe) die etwas höhere Farbtemperatur. Daher wirkt Halogenlicht etwas weißer und frischer als Glühlampenlicht. Ansonsten ersetzt sie die Glühlampe ohne unerwünschte Kompromisse eingehen zu müssen. Allerdings sind diese Halogen-Glühlampen ebenfalls von der EU Richtlinie betroffen. Ab dem 1.9.2016 müssen diese Lichtquellen eine Energie-Effizienzklasse C erreichen.

Energiesparlampen mit der größten Sparwirkung

Neben den LED Lampen, die sich in einem noch sehr frühen Stadium der Entwicklung befinden und daher noch kein Massenprodukt darstellen, bleiben die Energiesparlampen auf lange Sicht die Alternative mit der größten Sparwirkung. Das bedeutet jedoch, dass in vielen Fällen ein Eins-zu-eins Ersatz der Glühlampe nicht ohne Einbußen in der Lichtqualität möglich ist, da die Eigenschaften der am meisten Energie sparenden Lichtquellen von denen der Glühlampe zum Teil deutlich abweichen.

Die Lösung mit der größten Energieersparnis bedeutet fast immer einen Kompromiss und geht immer zu Lasten eines Gütemerkmals der Beleuchtung. Daher ist es wichtig, beim Ersetzen von Glühlampen sich die Art der Anwendung klar zu machen und die derzeit geeignetste Alternative einzusetzen. Hier nun einige Empfehlungen für typische Lichtsituationen im Haushalt:

Am sinnvollsten ist der Einsatz von Energiesparlampen in Leuchten, die diffuses Licht abstrahlen, also einen Lampenschirm besitzen, mit einer matten Glas- oder Kunststoffabdeckung versehen sind oder indirektes Licht abstrahlen. Typische Beispiele sind Tisch- oder Stehleuchten mit Schirm und Wand-

oder Deckenleuchten mit matter Abdeckung oder an die Zimmerdecke gerichtete Lichtabstrahlung.

Kommt zu dieser typischen Beleuchtung auch noch eine längere Betriebsdauer als wenige Minuten dazu, so ist dies der ideale Fall für eine Anwendung von Energiesparlampen. Der Anwender merkt im Betrieb bis auf das Anlaufverhalten keinen Unterschied zur bisher eingesetzten Glühlampe.

Sinnvoller Einsatz von Energiesparlampen

Weniger empfehlenswert ist es, Energiesparlampen in Räumen einzusetzen, in denen das Licht nur bei Bedarf für wenige Minuten eingeschaltet ist, oft typisch für Nebenräume wie zum Beispiel Keller, Kammern aber auch Flure und Treppenhäuser. Bevor die Energiesparlampe ihren vollen Lichtstrom erreicht hat, wird sie wieder abgeschaltet. Hier bietet sich als Ersatz die Halogen-Glühlampe an, die dieselben Eigenschaften wie die Glühlampe aufweist.

Zwar ist das Einsparpotential bei diesen Lampen mit etwa 20% am geringsten, aber bei den kurzen Einschaltdauern in Nebenräumen ist der Energieverbrauch vernachlässigbar im Vergleich zum restlichen Haushalt. Auch die heutigen LED Lampen kämen für diese Anwendung prinzipiell in Frage. Doch durch die hohen Anschaffungskosten und bei den niedrigen jährlichen Einschaltdauern rechnet sich der Einsatz dieser Lampen hier nicht.

Zusätzliche Einsatzmöglichkeiten

Auch im Außenbereich ist zu überlegen, ob der Betrieb von Energiesparlampen sinnvoll ist. Speziell bei Leuchten, die mit Bewegungsmelder gekoppelt sind, ergeben sich dieselben Kurzzeit – Eigenschaften wie bei Nebenräumen. Die Wahl des geeigneten Leuchtmittels – Energiesparlampe oder Halogen-Glühlampe bzw. LED Lampe – hängt daher von der Betriebsdauer ab.

Viele Glühlampenwendungen im Haushalt werden heute gedimmt. Beim Ersetzen der bisherigen Lichtquelle soll die Dimmbarkeit natürlich beibehalten werden. Das ist mit dimmfähigen Energiesparlampen möglich, kostet aber etwas mehr als der Einsatz von nicht dimmbaren.

Beim Einsatz von Energiesparlampen ist vor dem Kauf die Größe der Leuchte zu berücksichtigen. Da Energiesparlampen noch immer meist größer (insbesondere länger) sind als die Glühlampe mit der gleichen Lichtleistung, ist zu prüfen, ob die Ersatzlampe in die Leuchte passt. Es sollte auch vermieden werden, dass die Energiesparlampen über den Leuchtenrand hinausragen, da dies zu anderer Lichtverteilung und vor allem zu Blendung führen kann. Typische Beispiele hierfür sind Pendelleuchten über dem Esstisch oder mehrarmige Deckenleuchten mit Schirmen, die für die Dimension der Glühlampe ausgelegt sind.

Realistisches Farbklima

Die Optimierung von Energiesparlampen hinsichtlich Energie-Effizienz wird mit Kompromissen bei der spektralen Zusammensetzung erkaufte. Besonders reduziert ist im Vergleich zur Glühlampe der Rotanteil. Speziell Wohnambiente mit warmen Farbtönen kann mit Energiesparlampen nur dann vergleichbar beleuchtet werden, wenn die Leuchterschirme oder -abdeckungen selbst nicht reinweiß sind, sondern z.B. einen cremefarbenen oder ähnlichen Ton aufweisen.

Eigenverantwortung ist gefordert

Gegen koordinierte Bemühungen, Energie zu sparen und den Ausstoß von schädlichen Treibhausgasen zu reduzieren, lässt sich nichts einwenden. Mit der Befolgung des stufenweisen Handelsverbots der Glühlampe trägt jeder Europäische Bürger seinen Anteil zum Umweltschutz bei. Was bei allen Bemühungen, Energie zu sparen, jedoch nicht außer Acht gelassen werden darf, sind Lichtqualität und Komfort.

Die Diskussion um den Ersatz von Glühlampen darf nicht einseitig zu Gunsten des Energiesparens oder der Güte der Beleuchtung geführt werden, sondern nur das Zusammenspiel beider Aspekte führt zur Zufriedenheit des Anwenders. Wichtig sind Aufklärung wie diese Stellungnahme und fachlich richtige Beratung, um die Anwender umfassend zu informieren.

Nur so haben wir die Chance, mit den heute zur Verfügung stehenden Lampen unsere Klimaziele zu unterstützen und gleichzeitig das Niveau der gewohnten Lichtqualität beizubehalten.

Literaturnachweis

- [1] [Umweltdatenbank.de](http://umweltdatenbank.de): Kyoto Protokoll 1997
- [2] Verordnung (EG) Nr. 244/2009 der Kommission zur Durchführung der Richtlinie 2005/32/EG
- [3] Lichtwissen 14, Ideen für gutes Licht zum Wohnen, Fördergemeinschaft Gutes Licht, 2009
- [4] Lingenfelder, M: Teuer, sinnlos, gefährlich. Forscher warnen vor EU-Glühlampenverbot, Report München, BR, 05.01.2009
- [5] Mai, A.: Test Energiesparlampen, ÖKO-TEST 10/2008, 154 ff.
- [6] Franke S.: Wie gesund sind Glühlampen?, Licht 3/2009, 198 ff
- [7] Lang D.: Blaulicht ist nicht gleich Blaulicht, Licht 7/8/2008, 700 ff
- [8] Wikipedia: Ökobilanz
- [9] Richtlinie 2002/95/EG der EU (RoHS: Reduction of Hazardous Substances)
- [10] Deutsche Umwelthilfe: Informationsblatt 10032-070, Energiesparlampen, Wertvoll für den Klimaschutz – zu wertvoll für den Müll, Berlin 2008
- [11] Lightcycle Retourlogistik und Service GmbH: Jahresbericht 2007, München 2008
- [12] Al Gore: Eine unbequeme Wahrheit – Die drohende Klimakatastrophe und was wir dagegen tun können. Riemann, München 2006

Impressum

Herausgeber und verantwortlich: Technisch-Wissenschaftlicher Ausschuss (TWA)
der Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft e.V. (LiTG)

Fotonachweis: LiTG

Realisation: crossalliance.at

Druck: Hutter Druck

Abdruck nur mit Urhebervermerk und nur für Presse honorarfrei!



Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e.V.

Burggrafenstraße 6

10787 Berlin

Tel.: +49 30 2601-2439

Fax: +49 30 2601-1255

Email: info@litg.de

www.litg.de