

Texte zu den geplanten neuen EU-Regelungen zur umweltgerechten Produktgestaltung und zur Energieverbrauchs-kennzeichnung in der Beleuchtung – Zusammenstellung * des Umweltbundesamtes (UBA), Deutschland



Anforderungen an die Stromeffizienz

Hintergrundtext:

Wahl einer für die Bewertung der Stromeffizienz tauglichen Kenngröße (Vortrag, April 2009)

EN: Information on the coming EU Lighting Regulations – Ecodesign and Energy Labelling – Compilation * of the Federal Environment Agency (UBA), Germany

Requirements on Energy Efficiency

Background information: Choosing an index which is suitable for setting energy efficiency requirements (presentation, April 2009)

Please notice: The document, presented here, contains a text in German language, only.

FR: Informations sur les futures réglementations de l'UE concernant l'éclairage – l'écoconception et l'étiquetage énergétique – Compilation * de l'Agence Fédérale de l'Environnement (UBA), Allemagne

Exigences d'efficacité énergétique

Informations de fond: Sélectionner un indice qui est bon pour développer exigences d'efficacité énergétique (exposé, avril 2009)

Indication: Veuillez noter que le présent document contient un texte allemand.

* <http://www.eup-network.de/de/eup-netzwerk-deutschland/offenes-forum-eu-regelungen-beleuchtung/dokumente/texte/>

Die folgenden Seiten enthalten Bilder zu einem Vortrag, der im Jahre 2009 bei einer Tagung gehalten wurde. Vorangestellt sind allgemeine Informationen zu der Tagung und deren Programm.

Es folgt ein unveränderter Originaltext.

EN: The following is an unmodified original text.

FR: Ce qui suit est un texte original.

Hinweise: Diese und die folgende Seite enthält aus Tagungsunterlagen zusammengetragene Ausschnitte; auf der zweiten Seite ist der Vortrag gekennzeichnet, der im Anschluß wiedergegeben wird.



Eine Tagung der LiTG
16./17.4.2009 Lüneburg

Sehr viele Bereiche des Lebens werden vom Licht beeinflusst. Der Titel der Tagungsreihe „**Licht und Lebensqualität**“ soll dies andeuten.

Nicht alle damit zusammenhängenden Themenkreise können gleichzeitig auf einer Tagung behandelt werden.

Im Jahre 2009 soll der Themenkreis „**Energieeffizienz und Qualität der Beleuchtung**“ näher beleuchtet werden.

Die Deutsche Lichttechnische Gesellschaft möchte allen Interessierten wie Architekten, Ergonomen, der lichttechnischen Industrie, Lichtanwendern, Lichtplanern, Medizinern und Technikern eine Tagung anbieten, die Zusammenhänge zwischen Energieeffizienz und Beleuchtungsqualität aufzeigt. Die Tagung soll helfen, eine Antwort zu finden auf die Frage: Auf welchen Wegen und wie weit kann man die Energieeffizienz der Beleuchtung verbessern, ohne deren Qualität so zu verschlechtern, dass der Verlust an Qualität den Nutzen durch Effizienzsteigerung weitaus übertrifft?

Donnerstag, 16.04.2009	
ab 11:30	Registrierung
12:30 – 13:00	Begrüßung der Teilnehmer <i>Dipl.-Ing. Wolfgang Prahl</i> , Hamburg, DEUTSCHE LICHTTECHNISCHE GESELLSCHAFT e.V. (LiTG)
13:00 - 13:45	<i>Prof. Mathias Wambsganß</i> , FH Rosenheim Innenbeleuchtung - Systeme statt Komponenten
13:45 - 14:30	<i>Dipl.-Phys. Dirk Heuzeroth</i> , BAST, Bergisch Gladbach Außenbeleuchtung - Systeme statt Komponenten
14:30 - 15:00	Kaffeepause
15:00 - 15:45	<i>Prof. Christoph Schierz</i> , TU Ilmenau Qualität der Innenbeleuchtung
15:45 - 16:30	<i>Prof. Stephan Völker</i> , TU Berlin Qualität der Außenbeleuchtung
16:30 - 17:00	Kaffeepause
17:00 - 17:45	<i>Dipl.-Ing. Norbert Wittig</i> , Vossloh-Schwabe Matsushita Electric Works GmbH, Urbach Rechtlicher Rahmen: EUP
17:45 - 18:30	<i>Dipl.-Ing. Dirk Markfort</i> , Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Berlin Rechtlicher Rahmen: EnEV
19:30 - 23:00	Abendveranstaltung, Essen mit Unterhaltung

Freitag, 17. April 2009	
9:00 - 9:45	<i>Dipl.-Ing. Jörg Minnerup</i> , TRILUX GmbH + Co KG Kennzahlen der Energieeffizienz in der Innenraumbeleuchtung
9:45 - 10:30	<i>Prof. Axel Stockmar</i> , Light Consult International, Celle Kennzahlen der Energieeffizienz in der Außenbeleuchtung
10:30 - 11:00	Kaffeepause
11:00 - 11:45	<i>Dipl.-Ing. Werner Baade</i> , Bad Zwischenahn Betrieb und Wartung in der Innenraumbeleuchtung
11:45 - 12:30	<i>Dipl.-Ing. Peter Siemt</i> , <i>Dipl.-Ing. Ulrich Braun</i> , DB, Berlin Betrieb und Wartung in der Außenbeleuchtung
12:30 - 13:30	Mittagessen
13:30 - 14:15	<i>Reimund Jeßberger</i> , Warema Renkhoff GmbH, Marktheidenfeld Energieeinsparung durch Sonnenschutzsteuerung mit Tageslichtnutzung
14:15 - 15:00	<i>Christoph Mordziol</i> , Umweltbundesamt, Dessau Neuer Ansatz zur energetischen Bewertung des Lichtnutzens
15:00 - 15:15	<i>Dipl.-Ing. Wolfgang Prahl</i> Zusammenfassung, Ausblick auf die LiLe 2011, Verabschiedung

Neuer Ansatz zur energetischen Bewertung des Lichtnutzens

Christoph Mordziol
Umweltbundesamt
Rationelle Stromnutzung bei
Elektrogeräten und Beleuchtung
Fachgebiet I 2.4

Überblick

Inhalt des Vortrages:

- **Leitgrößen:**
 - Elektroleistung und
 - Dienstleistung.
- **Effizienz-Kennwerte:**
 - Lichtausbeute und Aufwandswert,
 - PLI-Zahl und PGav-Zahl.
- **Ableitung von Effizienzanforderungen**
- ❖ **Der Lichtnutzen wird hier betrachtet soweit er sich an Produkteigenschaften beschreiben läßt; vor allem bei Lampen.**

Zu den Begriffen:

- Für eine Reihe von Begriffen gibt es mehrere Bezeichnungen.
- Bei Betrachtungen zur Energieeffizienz treten einige oft als „Paar“ auf.
- Damit diese Zugehörigkeit sichtbar ist, spreche ich hier von
 - Licht**leistung** (statt Lichtstrom) und Elektro**leistung** (statt Leistungsaufnahme) sowie von
 - Licht**energie** (statt Lichtmenge) und Elektro**energie** (statt Stromverbrauch).

Leitgrößen

1. Die Elektroleistung (Leistungsaufnahme)

Die Elektroleistung als Leitgröße – 1

Was haben Lautsprecher, Staubsauger und Haushaltslampe
gemein?



Die Elektroleistung als Leitgröße – 2

- Ihre **Elektroleistung** (Watt) dient Privatkunden beim Kauf oft als „Leitgröße“.
- Gewollt ist aber etwas anderes: Klang/Lautstärke, Saugleistung, Licht usf.
- Welche Chance hat z.B. der Hersteller eines stromeffizienten Lautsprechers, wenn die Kunden im Laden sich nur an dem „Wattwert“ orientieren?
- Der Gebrauch der Elektroleistung als Leitgröße beim Kauf von Elektrogeräten zementiert die Stromineffizienz.
- **Wir brauchen einen Wertewandel: „Leitgröße“ sollte das sein, was für den Nutzen/für die Dienstleistung steht.**

Die Elektroleistung als Leitgröße – 3

- Beim Tausch Glühlampe gegen Kompaktleuchtstofflampe (KLL) orientieren sich die Käufer vielfach an Herstellerangaben in Watt.

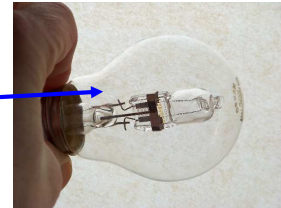
Glühlampe		OSRAM DULUX® EL LONGLIFE
15 W	→	3 W
25 W	→	5 W
40 W	→	7 W
60 W	→	11 W
75 W	→	15 W
100 W	→	20 W
120 W	→	23 W
150 W	→	30 W

15 x 1000 h ≙ 15000 h 100 % 20 %

Quelle: Fa. Osram, Katalog 2006/2007

Die Elektroleistung als Leitgröße – 4

- Weitere Umrechnungen sind für die Wahl von Ersatz-Halogenglühlampen und LED-Lampen erforderlich, also etwa so:
 - 60-Watt-Glühlampe (herkömmliche)
 - ≙ 42-Watt-Ersatz-Halogenglühlampe
 - ≙-Watt-LED-Lampe
 - ≙ 11-Watt- Kompaktleuchtstofflampe?
- Dies ist bei Kauf und Verkauf eine umständliche „Umrechnung“.






Die Elektroleistung als Leitgröße – 5

- Der Gebrauch der Elektroleistung als Leitgröße ist beim Lampentausch/-kauf hinderlich.
- Außerdem: Die Angaben sind vielfach zweifelhaft und beruhen auf unklaren Grundlagen. Dies gilt beispielsweise für die zuvor genannten Werte 42 und 11 Watt.
 - » Die neue EG-Verordnung zu Haushaltslampen (Nr. 244/2009) wird dies ändern: Ab 1. September 2010 müssen derartige Lampenvergleiche nach einem einheitlichen, in der Verordnung festgelegten Verfahren erfolgen.



Die Elektroleistung als Leitgröße – 6

- Lampen gleicher Technik und Elektroleistung können sehr unterschiedliche Lichtleistungen erbringen. Beispiele:

Lichtleistung		herkömmliche Glühlampen mit der 60 Watt Elektroleistung	
absolut	relativ		
330 lm	47 v.H.	Ausführungen mit durchsichtigem blauen Kolben für die Umfeldbeleuchtung beim Fernsehen	
710 lm	100 v.H.	Standardausführungen	
bis 780 lm	110 v.H.	Ausführungen mit Kryptonfüllung	

Die Elektroleistung als Leitgröße – 7

- Der Gebrauch der Elektroleistung als Leitgröße taugt nicht für Vergleiche von Lampen gleicher oder unterschiedlicher Technik.
- Die Elektroleistung steht über den Stromverbrauch (kWh) für Umweltbelastung (z.B. CO₂) und Kosten (€). Damit sollte sie in ihrer Höhe nicht hingenommen werden.
- Als Leitgröße taugt sie hier nicht.

Die Elektroleistung als Leitgröße – 8

- Professionelle Lampenwahl, vereinfacht dargestellt: Aus der grundsätzlichen Art der Seh-/Beleuchtungsaufgabe (z.B. Notbeleuchtung, Arbeitsplatz im Graphikgewerbe, Fußgängerüberweg usf.) ergeben sich zunächst Anforderungen an die Beleuchtungsstärke, Lichtfarbe, Farbwiedergabe usf.



Bildquelle:

Die Elektroleistung als Leitgröße – 9

- Da nicht alle Lampentypen das gleiche bieten, führt dies zu bestimmten Lampentypen.
- Wieviel Licht eine einzelne Lampe abgeben soll, hängt neben der Beleuchtungsaufgabe auch davon ab, wie die Raumverhältnisse sind.
- Dies führt zu Lampen mit einer bestimmten Lichtleistung (Lumen).
- Je nach Lampentyp (Glühlampen, LED usf.) ergibt sich dann eine bestimmte Elektroleistung je Lampe.

Die Elektroleistung als Leitgröße – 10

- Das heißt: für den betrachteten/geforderten Nutzen (Lichtleistung in Lumen) ergibt sich je nach Lampentyp/-technik ein unterschiedlich hoher Aufwand (Elektroleistung in Watt).
- Die Elektroleistung ist also kein Ausgangswert, sondern ein Ergebnis der Planung.
- Die Elektroleistung taugt nicht als Leitgröße bei der Planung.

Die Elektroleistung als Leitgröße – 11

Fazit:

Der Gebrauch der Elektroleistung als Leitgröße

- zementiert beim Kauf die Stromineffizienz,
 - ist beim Lampentausch/-kauf hinderlich,
 - taugt nicht für Vergleiche von Lampen gleicher oder unterschiedlicher Technik und
 - taugt nicht als Leitgröße bei der Planung.
- „Leitgröße“ sollte nicht die Elektroleistung sein, sondern das, was für den Nutzen/für die Dienstleistung steht.
Bei Licht: vor allem die Lichtleistung Φ

2. Die Dienstleistung

Die Dienstleistung als Leitgröße – 1

- Die professionelle Lichtplanung orientiert sich an der zu erfüllenden Sehaufgabe. Der Einsatz von Lichttechnik zu deren Erfüllung stellt eine Dienstleistung dar.
- Die gesundheitsförderliche/-verträgliche Wirkung auf den natürlichen Tageslauf/Tagesgang (sogenannter zirkadianer Rhythmus) stellt eine weitere Dienstleistung dar.
- Am Anfang steht die Stromerzeugung im Kraftwerk, am Ende das Gehirn. Dazwischen liegt die Strecke Steckdose, Steuerung, Vorschaltgerät, Lampe, ggfs. Filter und Schutzgitter, Leuchte, lichtaufnehmende und -abgebende Fläche sowie das Auge.

Die Dienstleistung als Leitgröße – 2

- Was steht In dieser Strecke für die Lichtdienstleistung?

In erster Näherung:

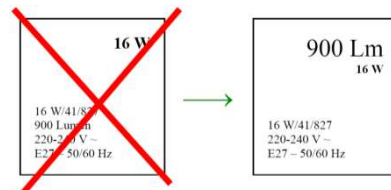
- für eine Lampe/Leuchte die **Lichtleistung (oder Lichtstrom, in Lumen)**,
- für eine lichtaufnehmende Fläche die **Beleuchtungsstärke (Lux) und**
- für eine lichtabgebende Fläche die **Leuchtdichte (cd/m²)**.
- „In erster Näherung“ deshalb, weil es sich hier um Ersatzgrößen handelt (→ vgl. den Vortrag von Herrn Prof. Schierz)

Die Dienstleistung als Leitgröße – 3

- » Die neue EG-Verordnung zu Haushaltslampen (Nr. 244/2009) trägt dem zweifach Rechnung:

- » Sie formuliert Effizienzanforderungen in Abhängigkeit von der Lichtleistung.
- » Sie legt für die Zeit ab dem 1. September 2010 fest: *Sofern die Elektroleistung einer Lampe getrennt von dem Energieaufkleber nach Richtlinie 98/11/EG angegeben wird, ist die Lichtleistung ebenfalls getrennt anzugeben, und zwar in einer Schrift, die mindestens doppelt so groß ist wie die für die Angabe der Elektroleistung verwendete Schrift.*

Dies fördert die Umorientierung der Verbraucher.



Effizienzkennwerte

1. Die Lichtausbeute

Die Lichtausbeute als Kennwert – 1

- Wie kann, wie sollte die Effizienz einer Lichtdienstleistung – Effizienz im weiteren Sinne – formuliert sein?
- Üblich ist vielfach die Verwendung der **Lichtausbeute** als Quasi-Wirkungsgrad:
$$\eta = \text{Lichtleistung/Elektroleistung (Lumen/Watt)}$$
- Die Lichtausbeute drückt Effizienz im engeren Sinne aus:

Effizienz = Nutzen/Aufwand.

Die Lichtausbeute als Kennwert – 2

- Das Wort „Effizienz“ ist in aller Munde. Aber: Wie sinnvoll ist es, mit dieser Effizienz zu arbeiten?
Beispiel: Ersetzt man eine 25-Watt-Standardglühlampe durch eine 25-Watt-Kompaktleuchtstofflampe, steigt die Effizienz auf das etwa 4fache. Aber der Stromverbrauch bleibt bei unveränderter Nutzung gleich.
 - Die Lichtausbeute sagt nur bedingt etwas zu Stromverbrauchsminderungen aus.
- Sie hat weitere Nachteile:
 - Die Lichtausbeute bezieht sich aber auf die als Leitgröße ungeeignete Elektroleistung.

Die Lichtausbeute als Kennwert – 3

- Beispiel: Erfolgsmeldungen zu LED

Quantensprünge in puncto Helligkeit

Als 1962 die erste LED entwickelt wurde, eignete sie sich mit einer Effizienz von weniger als 0,1 Lumen pro Watt (lm/W); noch nicht einmal als Statusanzeige für Geräte. Hochleistungs-LEDs kommen heute auf über 100 lm/W, vergleichbar mit Leuchtstoffröhren. Im Dezember 2007 hat der japanische Hersteller Nichia im Labortest mit **150 lm/W** einen neuen **Rekord** gebrochen, nur übertroffen von Natriumdampfleuchten (200 lm/W).

Entscheidend ist aber nicht nur die Effizienz, sondern auch die Lichtmenge pro Chip, sprich die Lichtausbeute. Im September 2007 meldete Cree aus North Carolina einen neuen Weltrekord für eine kommerzielle LED mit über 4.000 lm.

Es bleibt offen, welche Lichtausbeute gemeint ist: Die des Kernes der LED, also des Halbleiters, oder die der ganzen Lampe, also einschließlich der Optik und des unerläßlichen Vorschaltgerätes.

- Die Betrachtungs-/Bilanzgrenze ist bei der Lichtausbeute unklar.

Die Lichtausbeute als Kennwert – 4

- Angaben zur Lichtausbeute werden oft gehandelt, wenn es um die Effizienz von Lampen geht.
- Ergeben sich auf dieser Grundlage brauchbare Vergleiche?



Die Lichtausbeute als Kennwert – 5

- Die einen Lampen brauchen ein Vorschaltgerät, andere kommen ohne ein solches aus. Die Lampenlichtausbeute gilt damit für unterschiedliche Bilanzgrenzen.

- Die Werte der Lampen-Lichtausbeute sind nur eingeschränkt zu gebrauchen.



17. 4. 2009

Tagung „Beleuchtungsqualität und Energieeffizienz“ LiTG, Lüneburg

27

Die Lichtausbeute als Kennwert – 6

- Dieser Nachteil ließe sich ausgleichen, indem immer die Elektroleistung an der Steckdose verwendet wird, aber...
- Die Lichtausbeute ist für Lampen der gleichen Bauart, beispielsweise Standardglühlampen *, kein konstanter Wert. Sie ändert sich mit der Größe der Lichtleistung: Große Lampen sind effizienter als kleine.

Beispiel —→

- * Standardglühlampe: Glühlampe mit E27-Sockel, klarem Kolben in A-Form ohne Kryptonfüllung und einer Lebensdauer von 1'000 Stunden.

17. 4. 2009

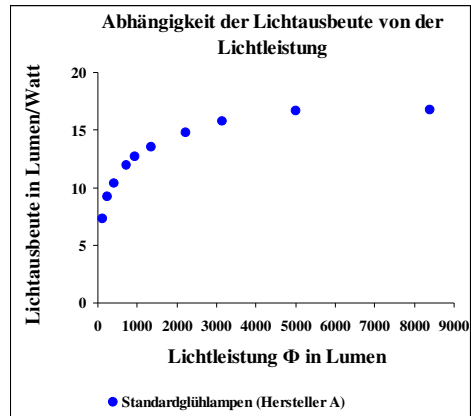
Tagung „Beleuchtungsqualität und Energieeffizienz“ LiTG, Lüneburg

28

Die Lichtausbeute als Kennwert – 7

Das Bild zeigt die Lampenlichtausbeute für Standardglühlampen: Die Lichtausbeute liegt hier in dem Bereich 7,3 bis 16,8 lm/W.

- Die Werte der Lampen-Lichtausbeute hängen nicht nur von der Bilanzgrenze, sondern auch von der Lichtleistung ab.



Die Lichtausbeute als Kennwert – 8

Die Lichtausbeute als Kennwert

- sagt nur bedingt etwas zu Stromverbrauchsminderungen aus,
- bezieht sich auf die als Leitgröße ungeeignete Elektroleistung und
- ist für Vergleiche nur dann geeignet, wenn
 - gleiche Bilanzgrenzen gewählt werden und
 - die gleiche Lichtleistung betrachtet wird,
 also nur eingeschränkt.

- Die Lichtausbeute ist als Kenngröße kaum geeignet.

2. Der Aufwandswert

Das Verhältnis Aufwand zu Nutzen als Kennwert – 1

- Welcher Kennwert ist besser geeignet?
- Wie ist es in unserem Alltagsleben? Wer kaum Geld in der Tasche hat, wird darauf schauen, wieviel er für sein Geld erhält, also das Verhältnis Nutzen/Aufwand betrachten. Ansonsten schaut, wer sparen will, darauf, wieviel Geld er benötigt, um etwas zu erhalten – also auf den Kehrwert, das Verhältnis Aufwand/Nutzen.

Beispiele —→

Das Verhältnis Aufwand zu Nutzen als Kennwert – 2

Aufwand



Bildquelle: http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Baker_shop_in_the_faroe_islands_at_christmas_time.jpg

€/kg Brot, €/l Benzin usf.

Nutzen

Das Verhältnis Aufwand zu Nutzen als Kennwert – 3

Aufwand



Bildquelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Prins2004.JPG>

Liter/100 km (also kWh/km)

Nutzen

Das Verhältnis Aufwand zu Nutzen als Kennwert – 4

Aufwand



Nutzen

Bildquelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:BrassOliveOilLamp2.jpg>

Watt/Lumen oder besser Kilowattstunden/Lumenstunden

Das Verhältnis Aufwand zu Nutzen als Kennwert – 5

- **Aufwandswert = Aufwand/Nutzen**
- Aufwandswerte in der Lichttechnik sind (in erster Näherung):
 - für eine Lampe/Leuchte Watt/Lumen,
 - für eine lichtaufnehmende Fläche Watt/Lux und
 - für eine lichtabgebende Fläche Watt/(cd/m²).

Das Verhältnis Aufwand zu Nutzen als Kennwert – 6

- Bei Elektrogeräten stellt die Höhe der Elektroleistung (Watt) nur einen Augenblickswert dar; sie kann sich über der Zeit ändern, da sich das Gerät in verschiedenen Betriebszuständen befinden kann. Folglich ist die Elektroleistung nur eine Ersatzgröße. Angemessen wäre, die Elektroenergie (kWh) auf Grundlage eines als typisch anzusehenden Nutzungszyklus zu betrachten.

Bei Heizungen ist dies üblich:

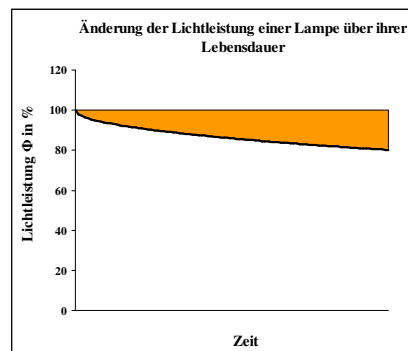


$\text{kWh}/(\text{m}^2 \times \text{a})$

Das Verhältnis Aufwand zu Nutzen als Kennwert – 7

- Lampen altern. Dadurch sinkt die Lichtleistung. Dies bedeutet einen Verlust an Dienstleistung.

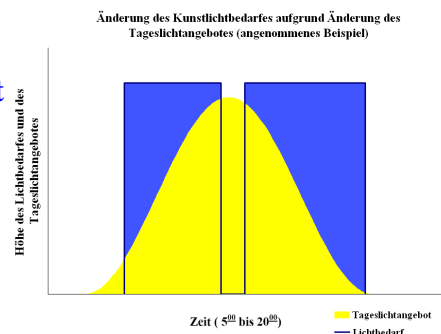
➤ Berücksichtigt werden kann dies nur, wenn statt des Anfangswertes der Lichtleistung ein Mittelwert verwendet wird.



Das Verhältnis Aufwand zu Nutzen als Kennwert – 8

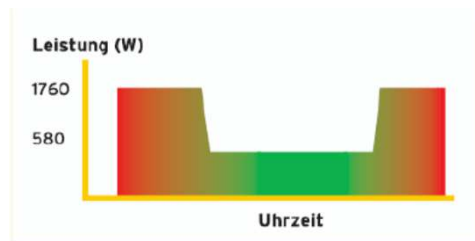
- Der Lichtbedarf in Innenräumen ist nicht immer konstant. Manche Leuchten passen die abgegebene Lichtleistung dem an.

➤ Dies kann nur berücksichtigt werden, wenn statt des Wertes der Elektroleistung (W) bei „Vollast“, die Elektroenergie (kWh) während eines als typisch anzusehenden Nutzungszyklus betrachtet wird.



Das Verhältnis Aufwand zu Nutzen als Kennwert – 9

- Auch in Außenräumen ist der Lichtbedarf nicht immer konstant. Manche Lampen, Leuchten oder Steuerungen passen die abgegebene Lichtleistung dem an.



➤ Auch dies spricht für die Betrachtung der Elektroenergie (kWh).

Das Verhältnis Aufwand zu Nutzen als Kennwert – 10

- „In komplexen Systemen ist es unumgänglich, (...) über definierte Schaltrhythmen die Energieverbräuche in die Energieeffizienzbetrachtung einzubeziehen.“ (Vortrag von Herrn Prof. Stockmar)

Das Verhältnis Aufwand zu Nutzen als Kennwert – 11

- Die Elektroenergie der Beleuchtung wird in der EnEV über Nutzerprofile berechnet (→ vgl. die Vorträge der Herren Markfort und Minnrup).
- Der CELMA-Vorschlag für eine Lichtgestaltungsrichtlinie sieht Höchstwerte für die Elektroenergie von Leuchten vor (→ vgl. den Vortrag von Herrn Wittig).
- **Die Betrachtung der Elektroenergie spielt bereits jetzt eine Rolle.**

Das Verhältnis Aufwand zu Nutzen als Kennwert – 12

➤ **Statt Lichtleistung und Elektroleistung sollten Licht-energie (oder Lichtmenge) in Mega-Lumenstunden und Elektroenergie (oder Stromverbrauch) in Kilowattstunden den Aufwandswert bilden.**

- Damit ergibt sich in zweiter Näherung:
 - für eine Lampe/Leuchte kWh/Mlmh,
 - für eine lichtaufnehmende Fläche kWh/Mlxh und
 - für eine lichtabgebende Fläche kWh/(Mcdh/m²).
- (→ vgl. den Vortrag von Herrn Prof. Stockmar)

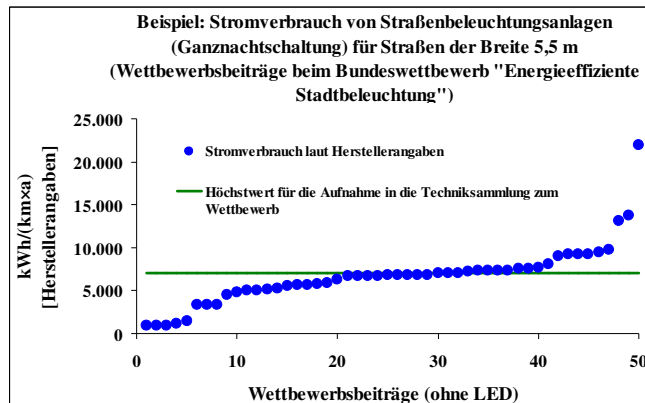
Das Verhältnis Aufwand zu Nutzen als Kennwert – 13

- Ein paar Zahlenbeispiele:

	mittlere		Licht- energie	Elektro- energie	Aufwands- wert
	Licht- leistung	Lebens- dauer			
	lm	h	Mlmh	kWh	kWh/Mlmh
60-W-Standard- glühlampe	639	1'000	0,6	60	93,9
KLL, test 2008; geringe Lebensdauer	331	3'526	1,2	34,6	29,6
KLL, test 2008; hohe Lebensdauer	453	9'656	4,4	108,7	24,8

KLL = Kompaktleuchtstofflampe mit eingebautem Vorschaltgerät; ohne zweite Hülle; Elektroleistung ~ 10 W

- Beispiel Bundeswettbewerb „Energieeffiziente Stadtbeleuchtung“

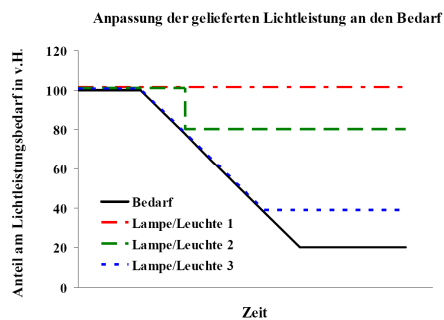


17. 4. 2009

Tagung „Beleuchtungsqualität und Energieeffizienz“ LiTG, Lüneburg

45

- Bisher wurde der – vermeintliche – Nutzen betrachtet, das heißt die Lichtleistung usf., die eine Lampe oder Leuchte bietet. Diese entspricht nicht immer dem Bedarf.
- Es gibt Unterschiede wie gut sich Lampen und Leuchten bei einer Änderung des Bedarfes anpassen.



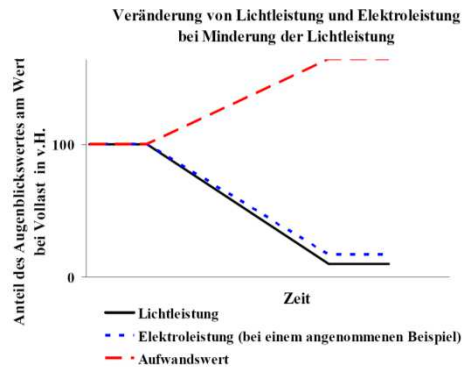
17. 4. 2009

Tagung „Beleuchtungsqualität und Energieeffizienz“ LiTG, Lüneburg

46

Das Verhältnis Aufwand zu Nutzen als Kennwert – 16

- Bei einer Lichtleistungsminderung sinkt die Elektroleistung im allgemeinen weniger stark als die Lichtleistung. Damit steigt aber der Aufwandswert (W/lm).



Das Verhältnis Aufwand zu Nutzen als Kennwert – 17

- Geht der vermeintliche Nutzen, also der Istwert der gelieferten Lichtdienstleistung in den Aufwandswert ein, erhalten Lampen/Leuchten, die sich gut an den Sollwert anpassen können, einen höheren Aufwandswert und werden damit benachteiligt – obwohl ihr absoluter Stromverbrauch geringer ist.

Fazit:

➤ **Statt des Istwertes der Lichtdienstleistung sollte deren Soll-/Bedarfwert in den Aufwandswert eingehen.**

- Damit ergibt sich in dritter Näherung:
 - für eine Lampe/Leuchte kWh/Mlmh*,
 - für eine lichtaufnehmende Fläche kWh/Mlxh* und
 - für eine lichtabgebende Fläche kWh/(Mcdh*/m²).

* = Bedarfwert

- Lichtleistung, Beleuchtungsstärke, Leuchtdichte und daraus abgeleitete Größen wie Lichtenergie usf. sind nur Ersatzgrößen. Deshalb sind weitere Näherungen erforderlich, um entlang der „Strecke“ vom Stromnetz zum Gehirn die Lichtdienstleistung im Sinne einer Lichtwirkungsqualität besser zu beschreiben. (→ vgl. die Vorträge der Herren Schierz, Völker und Stockmar)

Stromnetz
Steckdose
Steuerung
Vorschaltgerät
Lampe
Leuchte
lichtaufnehmende und -abgebende Fläche
Auge
Gehirn/Körper

Das Verhältnis Aufwand zu Nutzen als Kennwert – 20

- Also zum Beispiel
 - vielleicht einen „„Objekterkennungskennwert für das Dämmerungssehen nach Völker““““?? oder
 - einen „„Zaunbeleuchtungskennwert in lm/m^3 nach Stockmar“““, also eine Raumbeleuchtungsstärke??
- Daneben brauchen wir unter anderem :
 - Die Festlegung von Nutzungszyklen zur Berechnung von Kennwerten von Lampen und Leuchten zum Beispiel auf Grundlage der Nutzungsprofile der EnEV.

3. Die PLI-Zahl

Die PLI-Zahl als Kennwert – 1

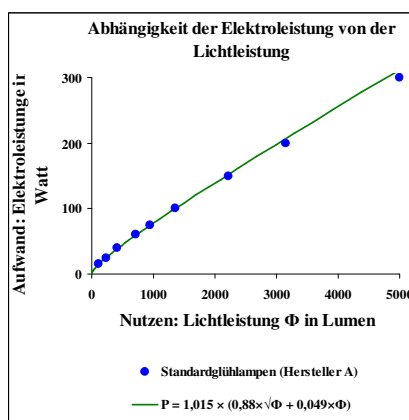
- Der Aufwandswert ist zwar besser als die Lichtausbeute, hat wie diese aber den Nachteil, daß seine Höhe von der Lichtleistung abhängt.

Bedingt ist dies dadurch, daß der Zusammenhang zwischen Elektroleistung P und Lichtleistung Φ nicht linear ist. Er läßt sich aber näherungsweise beschreiben. Beispielsweise durch die folgende Gleichung, in der A für einen Wert steht, der je nach Lampentyp unterschiedlich hoch ist:

$$P = A \times (0,88 \times \sqrt{\Phi} + 0,049 \times \Phi)$$

Beispiel Standardglühlampen →

Die PLI-Zahl als Kennwert – 2



$$P = 1,015 \times (0,88 \times \sqrt{\Phi} + 0,049 \times \Phi)$$

Die PLI-Zahl als Kennwert – 3

- Die neue EG-Verordnung zu Haushaltslampen (Nr. 244/2009 (→ vgl. den Vortrag von Herrn Wittig)) verwendet diesen Gleichungsteil:

Sie setzt Höchstwerte der Elektroleistung P in Abhängigkeit von der Lichtleistung Φ :

z.B. Klarglaslampen mit einer Lichtleistung > 950 Lumen ab 1. September 2009:

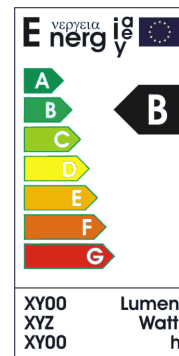
$$P = 0,8 \times (0,88 \times \sqrt{\Phi} + 0,049 \times \Phi)$$

Die PLI-Zahl als Kennwert – 4

- Der Gleichungsteil $0,88 \times \sqrt{\Phi} + 0,049 \times \Phi$ ergibt für jede Lichtleistung Φ einen Bezugswert P_{RL} in Watt:

$$P_{RL} = 0,88 \times \sqrt{\Phi} + 0,049 \times \Phi$$

- Die EG-Richtlinie 98/11/EG zur Effizienz-Pflichtkennzeichnung von Haushaltslampen bildet mit diesem Gleichungsteil einen Bezugswert (auch wenn sie den Bezugswert anders nennt).



Die PLI-Zahl als Kennwert – 5

- Mit diesem Bezugswert kann man die Effizienz einer Lampe beziffern. Über die Elektroleistung P an der Steckdose ergibt sich die dimensionslose **PLI-Zahl**:
Kennzahl = Istwert/Bezugswert
 $P_{LI} = P/P_{RL} \quad (P = P_{LI} \times P_{RL})$
- Die Richtlinie zur Pflichtkennzeichnung setzt so Obergrenzen für die Effizienzklassen B...G. So beträgt beispielsweise die Obergrenze für die Klasse B:
 $P_{LI} = 0,6$ (auch wenn die Richtlinie nicht von einer PLI-Zahl spricht)

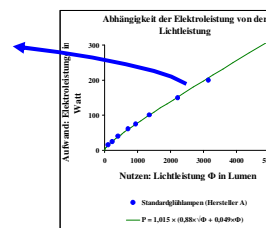
Die PLI-Zahl als Kennwert – 6

- Beispiel: Die zuvor betrachteten Standardglühlampen

$$P = 1,015 \times (0,88 \times \sqrt{\Phi} + 0,049 \times \Phi)$$

$$P = P_{LI} \times P_{RL}$$

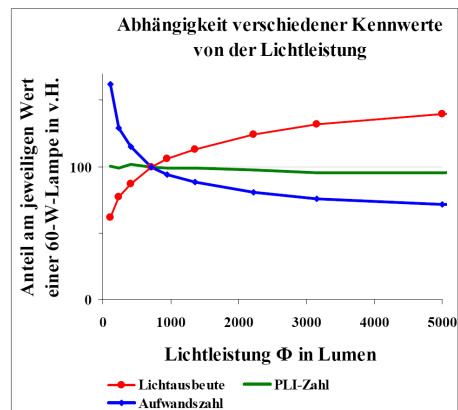
$$P_{LI} = 1,015.$$



- Die PLI-Zahl ist eine Art Aufwandszahl. Je größer ihr Wert ist, um so mehr Elektroleistung benötigt eine Lampe, um die gleiche Lichtleistung zu erbringen.

Die PLI-Zahl als Kennwert – 7

- Die PLI-Zahl hat mehrere Vorteile:
- Im Gegensatz zur Lichtausbeute (lm/W) und dem Aufwandswert (W/lm) ist sie kaum von der Lichtleistung abhängig.

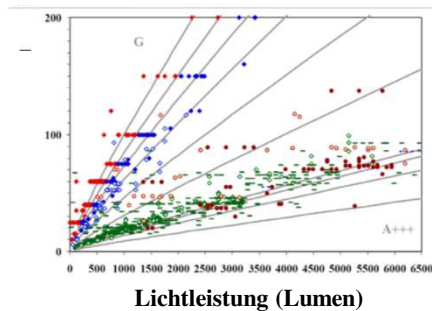


Die PLI-Zahl als Kennwert – 8

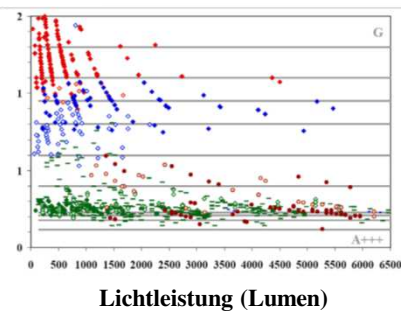
- Lampen gleicher Bauart, die sich nur in Lichtleistung und Elektroleistung unterscheiden, können in guter Näherung durch einen einzigen Wert (der PLI-Zahl) gekennzeichnet werden.

Die PLI-Zahl als Kennwert – 9

Elektro-
leistung (W)



PLI-Zahl



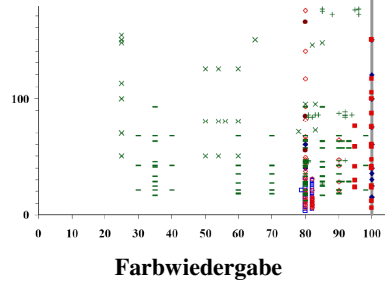
➤ Die PLI-Zahl gibt einen besseren Überblick.

Die PLI-Zahl als Kennwert – 10

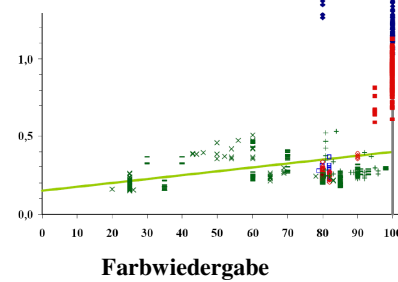
- Die PLI-Zahl führt Lichtleistung und Elektroleistung quasi in eine Größe zusammen. Sie macht deshalb aus einer dreidimensionalen Darstellung, beispielsweise *Lichtleistung/Elektroleistung/Farbwiedergabe* eine zweidimensionale: *PLI-Zahl/Farbwiedergabe*.

Die PLI-Zahl als Kennwert – 11

Elektro-
leistung
(W)



PLI-
Zahl



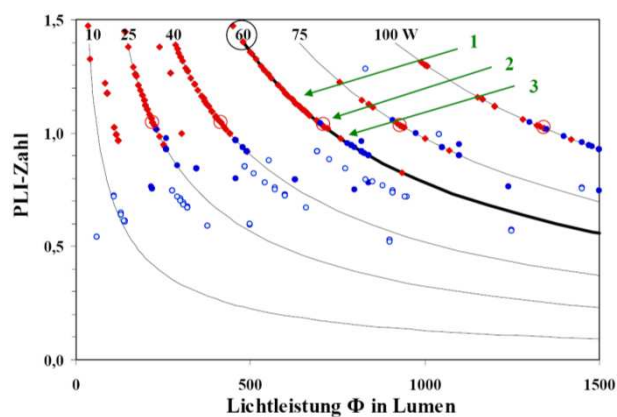
- Zusammenhänge lassen sich (mitunter) leichter erkennen. Damit können Effizienzanforderungen leichter abgeleitet werden.

Die PLI-Zahl als Kennwert – 12

- Die neue EG-Verordnung zu Haushaltslampen verwendet den Gleichungsteil $0,88 \times \sqrt{\Phi} + 0,049 \times \Phi$, die PLI-Zahl selbst aber nicht. Dennoch hilft diese beim Verständnis der Verordnung. Beispiel: der Glühlampenausstieg.

Die PLI-Zahl als Kennwert – 13

Effizienzunterschiede bei Lampen gleicher Leistungsaufnahme



rote Punkte: herkömmliche Glühlampen; rote Kreise: Standardglühlampen;
blaue Punkte: Halogenglühlampen

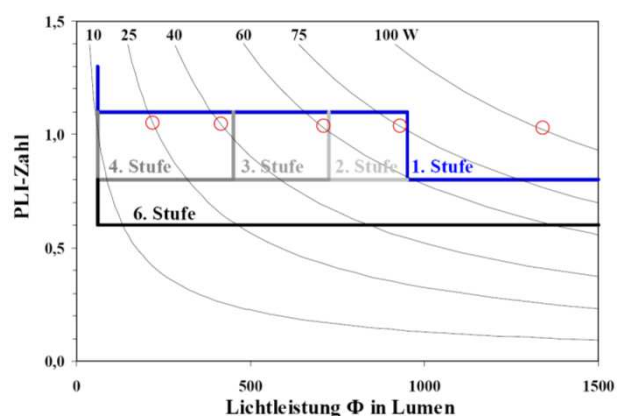
17. 4. 2009

Tagung „Beleuchtungsqualität und Energieeffizienz“ LiTG, Lüneburg

65

Die PLI-Zahl als Kennwert – 14

Stufung der Effizienzanforderungen an Klarglaslampen



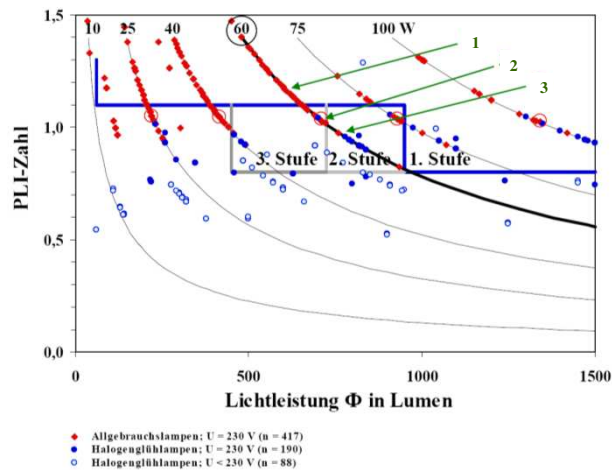
17. 4. 2009

Tagung „Beleuchtungsqualität und Energieeffizienz“ LiTG, Lüneburg

66

Die PLI-Zahl als Kennwert – 15

Stufung der Effizienzanforderungen an Klarglaslampen



17. 4. 2009

Tagung „Beleuchtungsqualität und Energieeffizienz“ LiTG, Lüneburg

67

Die PLI-Zahl als Kennwert – 16

- Die Vorteile der PLI-Zahl:
 - Lampen gleicher Bauart, die sich nur in Lichtleistung und Elektroleistung unterscheiden, können in guter Näherung durch einen einzigen Wert gekennzeichnet werden.
 - Sie gibt einen besseren Überblick.
 - Sie erlaubt es (mitunter), Zusammenhänge leichter zu erkennen.
 - Sie hilft beim Verständnis der neuen EG-Verordnung.

17. 4. 2009

Tagung „Beleuchtungsqualität und Energieeffizienz“ LiTG, Lüneburg

68

4. Die PGav-Zahl

Die PGav-Zahl als Kennwert – 1

- Die PLI-Zahl hat Nachteile: Einer ist, daß sie auf dem Anfangswert der Lichtleistung beruht. Dieser ist aber nicht konstant.
- Ein zweiter Nachteil ist, daß ihre Werte recht klein sind; ab dem 1. September 2009 wird es nur noch Haushaltslampen mit einer PLI-Zahl zwischen 0,15 und 1,1 geben. Die Unterschiede zwischen einzelnen Lampen liegen dann nur noch im Nachkommabereich. Das ist für Vergleiche etwas unhandlich.

Die PGav-Zahl als Kennwert – 2

- Diese Nachteile gleicht die PGav-Zahl aus.
- Sie
 - verwendet ebenfalls den Gleichungsteil $0,88 \times \sqrt{\Phi} + 0,049 \times \Phi$,
 - beruht aber auf der über der mittleren Lebensdauer gemittelten Lichtleistung und
 - hat Werte, die rund das hunderfache der PLI-Zahl betragen.
- Folge: Haushaltslampen, die ab dem 1. September 2009 in Verkehr gebracht werden dürfen, haben eine PGav-Zahl von ~15...~110.

Die PGav-Zahl als Kennwert – 3

- Beispiel: Eine klare 60-Watt-Glühlampe in Standardausführung hat einen PGav-Wert von 100. Damit sind einfache Vergleiche möglich. Beträgt der PGav-Wert einer Kompaktleuchtstofflampe beispielsweise 25, spart diese gegenüber der **Standard**-Glühlampe ($100 - 25 = 75$) 75 v.H.

Die PGav-Zahl als Kennwert – 4

Lampentyp	Verbrauchskenn- zahl PGav ^[B34] dimensionslos (ungefähre Werte)	Einsparungen gegenüber einer Standardglühlampe in v.H. (ungefähre Werte)
Allgebrauchslampen in Standardausführung ^[V35]	100	—
Allgebrauchslampen mit Kryptonfüllung ^[36]	95...100	≤ 5
In der Werbung als Energiesparlampen beworbenen Halogenleucht Lampen	75...80	20...25
LED-Lampen	15...45	55...85
KLL	15...40	60...85

Ableitung von Effizienzanforderungen

Ableitung von Effizienzanforderungen – 1

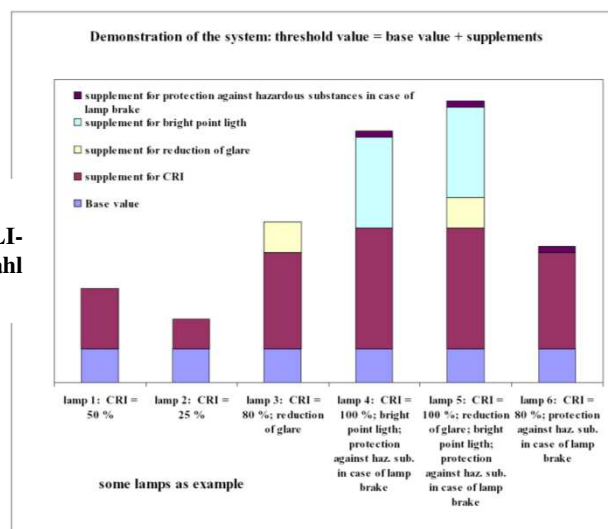
Wie sollten Höchstwerte gebildet werden?

Grenzwerte als Summe aus

- **Grundwert und**
- **Zuschlägen für**
 - Farbwiedergabe
 - ggfs. Farbtemperatur
 - usf.

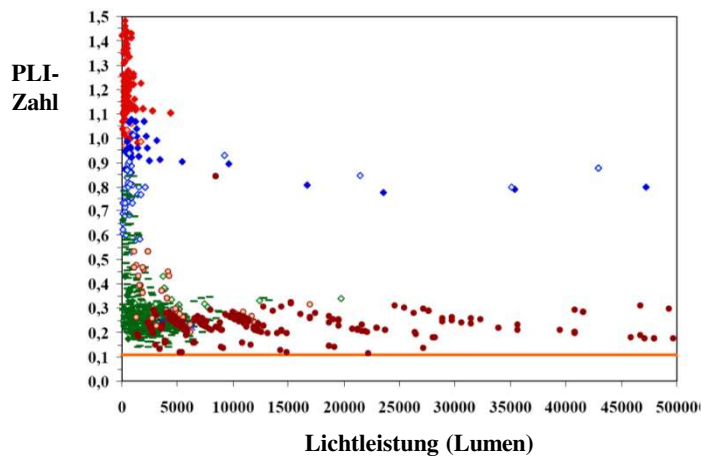
Ableitung von Effizienzanforderungen – 2

PLI-
Zahl



Ableitung von Effizienzanforderungen – 3

Grundwert:

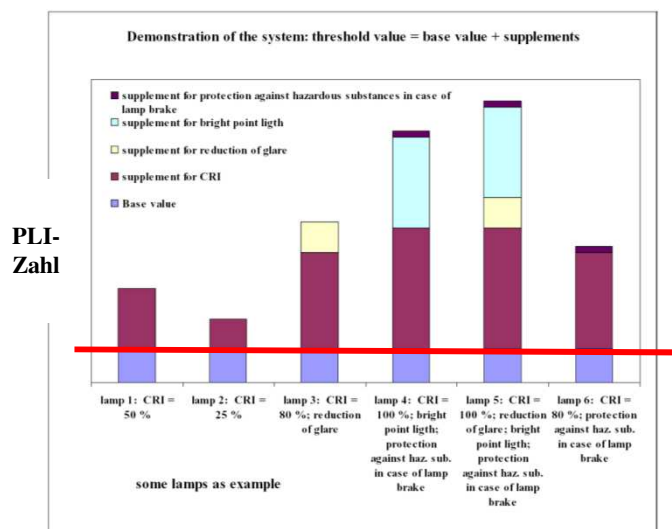


17. 4. 2009

Tagung „Beleuchtungsqualität und Energieeffizienz“ LiTG, Lüneburg

77

Ableitung von Effizienzanforderungen – 4



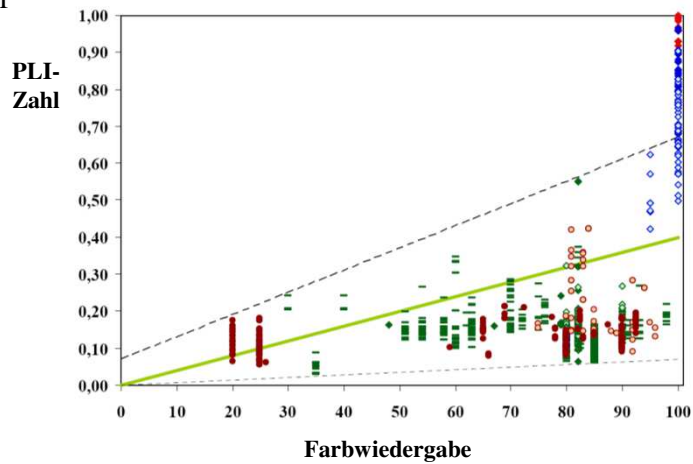
17. 4. 2009

Tagung „Beleuchtungsqualität und Energieeffizienz“ LiTG, Lüneburg

78

Ableitung von Effizienzanforderungen – 5

Zuschlag für
höhere
Farb-
wiedergabe



17. 4. 2009

Tagung „Beleuchtungsqualität und Energieeffizienz“ LiTG, Lüneburg

79

Ableitung von Effizienzanforderungen – 6

- Umgesetzt werden soll dieser Ansatz bei dem neuen Blauen Engel für Haushaltslampen, der derzeit entwickelt wird.
- Teilweise wird dieser Ansatz auch in den EG-Verordnungen zu Haushaltslampen (Nr. 244/2009) und zur Nichthaushaltsbeleuchtung (Nr. 245/2009) angewendet – wenn auch nicht augenfällig – durch Zuschläge für Lampen mit höherer Farbwiedergabe, Farbtemperatur, Schutzhülle usw.

17. 4. 2009

Tagung „Beleuchtungsqualität und Energieeffizienz“ LiTG, Lüneburg

80

Gesamtzusammenfassung

- Als Leitgröße ist die Elektroleistung ungeeignet, besser ist die Dienstleistung. Um diese im Sinne einer Lichtqualitätswirkung zu beschreiben, sind weitere Näherungen erforderlich.
- Als Kennwert der Effizienz ist die Lichtausbeute wenig geeignet. Besser ist der Aufwandswert W/lm. Eine weitere Verbesserung stellt die PLI-Zahl dar, die auch bei der EG-Verordnung zu Haushaltslampen hilft.
- Für die Kennzeichnung der Effizienz von Lampen ist aber die PGav-Zahl besser geeignet.
- Grenzwerte sollten als Summe aus Grundwert und Zuschlägen gebildet werden.

Das Informationsangebot des Umweltbundesamtes:

- Informationen
 - zu den neuen EG-Verordnungen zur umweltgerechten Gestaltung von Produkten der Lichttechnik,
 - zur Bewertung von Produkten der Lichttechnik und
 - zur Entsorgung von Lampen.
- Unter anderem die Informationsschrift „Beleuchtungstechnik mit geringer Umweltbelastung“, derzeit in 3. Ausgabe sowie die Texte der neuen EG-Verordnungen.
- Zu finden unter www.uba.de/energie/licht.
- Dieses Informationsangebot wird weiter ausgebaut.

Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit !

christoph.mordziol@uba.de

<http://www.uba.de/energie/licht>