

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



## Diskussion

Offenes Forums EU-Regelungen zur Beleuchtung:

### **Fachgespräch am 20. Oktober 2016 zur Stromeffizienz**

– Kurzvortrag III. von Herrn Christoph Mordziol,  
Umweltbundesamt „Niveau der Stromeffizienzanforderungen“ –

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

## Discussion

### **Open Forum EU Policies on Lighting – Expert discussion on 20 October 2016 on Energy Efficiency**

– Short presentation no. III by Mr. Christoph Mordziol, Umweltbundesamt  
“Level of requirements on energy efficiency” –

*Please notice: This document 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

## Discussion

### **Forum ouvert sur le politique européenne de l'éclairage – Discussion technique du 20 octobre 2016 sur l'efficacité énergétique**

– Bref exposé n° III de M. Christoph Mordziol, Umweltbundesamt « Niveau d’exigences d’efficacité énergétique » –

*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/>

**Dokumente zu dem Fachgespräch vom 20. Oktober 2016** ◇ Documents on the expert discussion on 20 October 2016 ◇ Documents sur la discussion technique du 20 octobre 2016

- ▷ **Programm und Teilnehmerliste** ◇ EN: Programme and list of participants ◇ FR: Programme et liste des participants

- ▷ **Begrüßung und Einführung** ◇ EN: Welcome address and introduction ◇ FR: Allocution de bienvenue et introduction

- Verfahrensstand der kommenden Regelung
- Ziel des Offenen Forums und des Fachgesprächs

*Anja Betker, BMUB und Ines Oehme, Umweltbundesamt (UBA)*

**Grundsatzfragen zum Geltungsbereich und zur Technik(un)abhängigkeit von Stromeffizienzanforderungen** ◇ EN: Questions of principle about the scope and about technological (non-)neutrality of requirements on energy efficiency ◇ FR: Questions fondamentales concernant le champ d'application et concernant la (non-)neutralité technique des exigences d'efficacité énergétique:

- ▷ • Ausdehnung des Geltungsbereiches auf LED-Leuchten?  
• Einsatzgrenzen der LED-Technik – Ergebnisse aus dem Fachgespräch am 8. Juni 2016  
• Die LED-Technik als Mittel der Wahl für die Allgemeinbeleuchtung?

*Laura Spengler, Ökopol und ...*

- ▷ • Wann sind nicht technikneutrale Stromeffizienzanforderungen angemessen?  
• Zu diesen Themen Gegenüberstellung der zur Diskussion stehenden Bewertungsansätze von EU-Kommission, Lighting Europe und UBA

*Christoph Mordziol, UBA*

- ▷ **Stellungnahme aus Sicht der Hersteller** ◇ EN: Statement from manufacturers' perspective ◇ FR: Avis dans la perspective des fabricants

*Otmar Franz, Lighting Europe*

- ▷ **Ansätze zur Formulierung von Stromeffizienzanforderungen** ◇ EN: Approaches for the formulation of requirements on energy efficiency ◇ FR: Approches pour formuler exigences d'efficacité énergétique

- Beziehungen zwischen Produkteigenschaften (Farbwiedergabe, Lichtbündelung usw.) und Stromeffizienzanforderungen
- Lichtausbeute, „Wurzelfunktion“ und andere Ansätze
- Zu diesen Themen Gegenüberstellung der o.g., zur Diskussion stehenden Bewertungsansätze

*Christoph Mordziol, UBA*

► **Niveau der Stromeffizienzanforderungen** ◇ **EN:** Level of requirements on energy efficiency ◇ **FR:** Niveau d'exigences d'efficacité énergétique

- Datenauswertung des Umweltbundesamtes zu den zur Diskussion stehenden Bewertungsansätzen: Wie anspruchsvoll sind die einzelnen Ansätze? Wie gut berücksichtigen die Ansätze den Mehrbedarf an Elektroleistung bei einzelnen Produkteigenschaften?

*Christoph Mordziol, UBA*

▷ **Ergebnisse** ◇ **EN:** Results ◇ **FR:** Résultats

- ▷ Hinweis: Als Vorbereitungshilfe für dieses Fachgespräch wurde ein Text des Umweltbundesamtes an die Teilnehmer versandt. Dieser Text, einschließlich einer eingefügten vollständigen Übersetzung ins Englische sowie Teilübersetzungen ins Französische, kann hier heruntergeladen werden: ... ◇ **EN:** Mention: In front of that meeting a document of the UBA was distributed to the participants as a preparatory aid. The document, including a translation into English, can be downloaded here : ... ◇ **FR:** Mention: Avant le discussion technique, une texte de l'UBA été envoyé à les participants (comme assistance de préadhésion). Le texte (la traduction en français se limite aux titres et à quelques indications) peut être téléchargé sous:

[http://www.eup-network.de/fileadmin/user\\_upload/Lichtquellen\\_UBA\\_Hintergrundtext\\_04h.pdf](http://www.eup-network.de/fileadmin/user_upload/Lichtquellen_UBA_Hintergrundtext_04h.pdf)

Es folgt ein unveränderter Originaltext.

**EN:** The following is an unmodified original text.

**FR:** Ce qui suit est un texte original.

---



Offenes Forum EU-Regelungen zur Beleuchtung

Fachgespräch am 20. Oktober 2016

## **Niveau der Stromeffizienzanforderungen**

3. Vortrag Christoph Mordziol, Umweltbundesamt

Die vorliegende Datei umfaßt die bei dem Vortrag gezeigten Bilder sowie Erläuterungen und andere Ergänzungen.

Der Vorentwurf der EU-Kommission vom November 2015 <sup>[1]</sup> sieht Anforderungen an die Stromeffizienz vor, deren Höhe im wesentlichen von drei Einflußgrößen abhängen:

- a) einem Faktor, hier mit  $\lambda$  bezeichnet, der das Effizienzniveau allgemein beschreibt sowie von zwei Größen, die von dem jeweiligen Produkt abhängen:
- b) dem Lichtstrom  $\Phi$  des Produktes und
- c) dem allgemeinen Farbwiedergabeindex  $Ra$  des von dem Produkt abgegebenen Lichtes.

In dem Vorentwurf sind die Stromeffizienzanforderungen wie folgt als Höchstwert der Elektroleistung  $P_{on}$  formuliert:

$$P_{on} \leq \left( 2 + \frac{\Phi}{\lambda} \right) \times \frac{Ra + 240}{320}$$

Bild 1

Lichtabgebende Produkte unterscheiden sich durch weitere Merkmale, die einen Einfluß auf die Stromeffizienz haben (können). Dies sind mindestens die folgenden <sup>[2]</sup>:

- Aufgrund des Spektrums des Lichtes:
  - die Farbtemperatur  $T_c$  und
  - die Weißwiedergabe.
- Aufgrund der Art der Lichtverteilung:
  - Blendungsbegrenzung durch Teil- oder Gesamtmattierung; durch Lichtlenkung; durch Sperren wie beispielsweise Blendschutzkappen sowie
  - Bündelung des Lichtes; im allgemeinen, um ein Objekt oder eine Fläche hervorzuheben.
- Aufgrund einer Kombination aus beidem:
  - Änderung des Spektrums und der Verteilung des Lichtes bei der tageslaufabhängigen Beleuchtung.

Der Vorentwurf der EU-Kommission sieht folgende drei Stufen vor:

---

<sup>1</sup> Zu der Bezugsquelle dieses Textes siehe die Liste auf Seite 28.

<sup>2</sup> Siehe hierzu die Unterlagen zu dem 2. Vortrag von Herrn Mordziol beim Fachgespräch am 20. Oktober 2016, herunterzuladen über die in der Liste auf Seite 28 genannte Netzadresse.

3 Stufen: Höchstwert für die Elektroleistung im Normalbetrieb  $P_{on}$  in Abhängigkeit von Lichtstrom  $\Phi$  und Farbwiedergabeindex  $R_a$

$$P_{on} \leq \left( 2 + \frac{\Phi}{60 \text{ lm/W}} \right) \times \frac{R_a + 240}{320} \quad \boxed{1. 9. 2018}$$

$$P_{on} \leq \left( 2 + \frac{\Phi}{80 \text{ lm/W}} \right) \times \frac{R_a + 240}{320} \quad \boxed{1. 9. 2018}$$

$$P_{on} \leq \left( 2 + \frac{\Phi}{120 \text{ lm/W}} \right) \times \frac{R_a + 240}{320} \quad \boxed{1. 9. 2018}$$

**Bild 2**

Für Produkte mit einem  $R_a$  von 80 kann man das von der EU-Kommission in den einzelnen Stufen angestrebte Niveau grob vereinfachend wie folgt beschreiben:

ab dem 1. 9. 2018: mindestens 60 lm/W,

ab dem 1. 9. 2020: mindestens 80 lm/W und

ab dem 1. 9. 2024: mindestens 120 lm/W.

Der Gegenvorschlag von Lighting Europe vom Februar 2016 <sup>[3]</sup> verwendet die selbe Grundgleichung. Die Unterschiede zum Vorentwurf der EU-Kommission sind im wesentlichen folgende:

- Es werden nur zwei Anforderungsstufen vorgesehen.
- Die Produkte werden in solche für Innen- und Außenanwendung unterteilt. Für die letzteren entfällt der Gleichungsteil  $(R_a + 240) / 320$ . Damit werden Lichtquellen für Außenanwendungen letztlich so behandelt als betrüge ihr  $R_a$ -Wert 80.
- Der in der Gleichung im Bild 1 mit »λ« bezeichnete Teil hat bei der 1. und der 2. Stufe zunächst den selben Wert wie in dem Vorentwurf der EU-Kommission. Bei ALED-Modulen <sup>[4]</sup> wird er mit 1,3 malgenommen und bei Produkten mit gebündeltem Licht mit 0,8; auch wenn es sich um Module handelt. Das heißt: Module müssen strengere Anforderungen erfüllen, Lichtquellen mit gebündeltem Licht weniger strenge.

<sup>3</sup> Zu der Bezugsquelle dieses Textes siehe die Liste auf Seite 28.

<sup>4</sup> ALED = Anorganische LED (Leuchtdiode), im Gegensatz zur OLED = Organischen LED

Mehrere Mitgliedstaaten der EU, unter ihnen Deutschland, haben in ihren Kommentaren zu dem oben genannten Vorentwurf der EU-Kommission angemahnt, bei der Formulierung von Stromeffizienzanforderungen weitere als nur die in dem Vorentwurf vorgesehenen Produkteigenschaften zu berücksichtigen. Die Auswertungen des Umweltbundesamtes zeigen, daß Produkte mit bestimmten Lichtdienstleistungsmerkmalen, beispielsweise höherer Farbwiedergabe, die Anforderungen in dem Vorentwurf der EU-Kommission schwerer erfüllen können und deshalb eher vom Markt weichen müßten; siehe weiter unten.

Noch bevor die EU-Kommission ihren oben genannten Vorentwurf vorlegte, hatte das Umweltbundesamt (UBA) seinen Ansatz zur Bewertung der Stromeffizienz in einen Diskussionsvorschlag mit konkreten Werten umgesetzt: Ein Grundwert für jedes Produkt und Zuschläge für eine Reihe von Produkteigenschaften. Eingegangen ist dies in den Diskussionsvorschlag des Umweltbundesamtes vom Juni 2016 <sup>[5]</sup>. Dieser unterscheidet sich von dem Vorentwurf der EU-Kommission, dem Gegenentwurf von Lighting Europe sowie üblichen Betrachtungsweisen im wesentlichen in den folgenden Punkten:

- Für die Bewertung der Stromeffizienz wird beim UBA-Ansatz eine andere Bilanzgrenze herangezogen, die einen „gerechteren“ Vergleich erlauben soll <sup>[6]</sup>.
- Die für die Formulierung der Stromeffizienzanforderung verwendete Gleichung ist eine andere; siehe Bild 3.
- Die Höhe der Stromeffizienzanforderungen berücksichtigt mehr Produkteigenschaften, siehe Bild 4, und sie ergibt sich als Summe aus einem Grundwert und Zuschlägen für einzelne Produkteigenschaften.

<div style="text-align: center; margin-bottom: 10px;"> <math display="block">\text{LBAP} = \frac{P_{\text{Bil}}}{0,01029 \times [0,88 \times \sqrt{\Phi_{\text{Bil}}} + 0,049 \times \Phi_{\text{Bil}}]}</math> </div> <p>mit:</p> <p><math>P_{\text{Bil}}</math> = Elektroleistung an der Bilanzgrenze des Aufwandes [Watt]</p> <p><math>\Phi_{\text{Bil}}</math> = Lichtstrom an der Bilanzgrenze des Nutzens [Lumen]</p>	<b>Bild 3</b>
---	---------------

<sup>5</sup> Zu der Bezugsquelle dieses Textes siehe die Liste auf Seite 28.

<sup>6</sup> Siehe hierzu die Unterlagen zu dem 1. Vortrag von Herrn Mordziol beim Fachgespräch am 20. Oktober 2016, herunterzuladen über die in der Liste auf Seite 28 genannte Netzadresse.



## UBA-Diskussionsvorschlag 6/2016: I.

Grundwert	– ? –	<b>Höchstwert = Grundwert + Zuschläge</b>
Zuschlag für Farbwiedergabe (Ra)	$0,5 \times (Ra - 75)$	$[Ra \geq 75]$
Zuschlag für Farbtemperatur (Tc in Kelvin)	$0,0007 \times (Tc - 4000)$	$[T \geq 4000 \text{ K}]$
Zuschlag für die Lichtbündelung (Halbwertswinkel Hw in °)	$0,07 \times (120 - Hw)$	$[Hw \leq 120^\circ]$
Zuschlag für Blendungsbegrenzung		
Mattierung der gesamten Lichtabgabefläche (oder)	$2,75 \times \Phi_{\text{BL}}^{0,05}$	
Teilmattierung der Lichtabgabefläche über der Lichtquelle (oder)	– ? –	
Blendschutzschild oder vergleichbare Vorrichtung (oder)	– ? –	
Blendschutzvorrichtungen bei Leuchten (UGR-Wert <sup>[17]</sup> )	– ? –	
Kompaktheit Kp2 der Lichtquelle, ausgedrückt als Lumen pro mm Länge <sup>[18]</sup>	$0,0134 \times Kp2$	
Lichtverteilungscharakteristik bei Leuchten	– ? –	

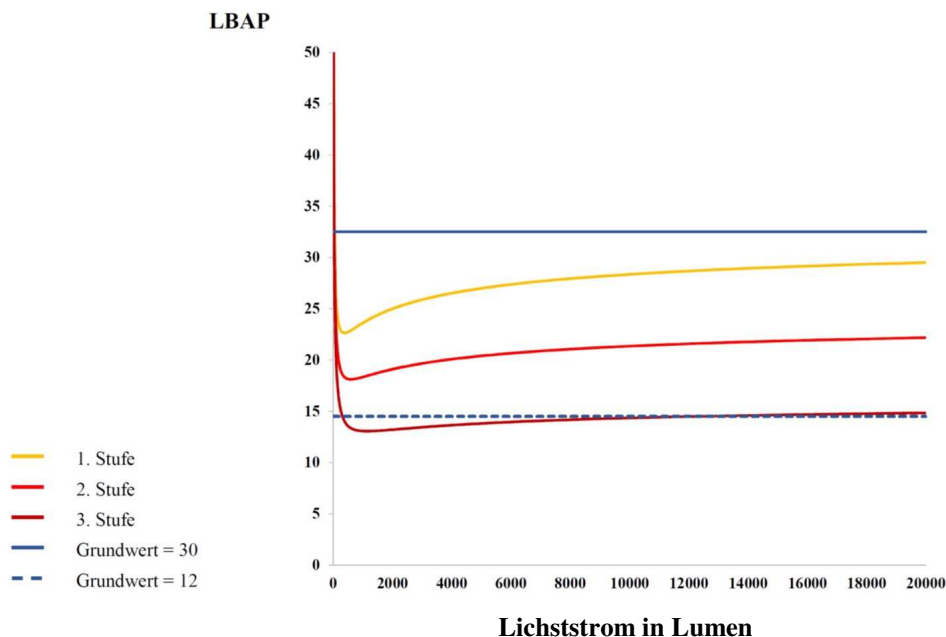
**Bild 4**

Im Bild 4 ist für den Grundwert keine Angabe gemacht; der Diskussionsvorschlag des Umweltbundesamtes nennt also keine anzustrebenden Werte. Dies ist wie folgt begründet: Die Zuschläge für Produkteigenschaften wie die Farbwiedergabe sind aus den Daten der UBA-Sammlung entwickelt. Anders verhält es sich bei dem Grundwert. Seine Höhe entscheidet maßgeblich, wie stark die zu erwartende Marktveränderung der Anforderungen ist. Damit ist der Grundwert ein eher „politischer Wert“; Vergleichen kann man ihn mit den Faktoren 60, 80 und 120 in dem Vorentwurf der EU-Kommission; siehe Bild 2. Als erster Ansatz für eine Diskussion erschien dem Umweltbundesamt nicht die Nennung eines einzigen Wertes als sinnvoll, sondern die Darstellung der Auswirkungen von „Extremwerten“, die eine Bandbreite zeigen. Deshalb erfolgte die Datenauswertung, deren Ergebnisse weiter unten zusammengefaßt dargestellt sind, mit zwei solchen Extremwerten. Das folgende Bild 5 stellt diese beiden Grundwerte den drei Stufen in dem Vorentwurf der EU-Kommission für das folgende Beispiel gegenüber:

*Lichtquellen mit einem Farbwiedergabeindex an 80, einer Farbtemperatur Tc von 4000 K, einem Halbwertswinkel > 120 °, ohne Mattierung und mit vernachlässigbarer Kompaktheit.*

Für den oberen Grundwert (30) liegt das Anforderungsniveau in dem genannten Beispiel (also die Summe aus diesem Grundwert + den für dieses Beispiel anzuwendenden Zuschlägen) noch über der ersten Stufe des Kommissionsansatzes und für den niedrigeren Grundwert (12) etwa auf dem Niveau der dritten Stufe des Kommissionsansatzes.

## UBA-Diskussionsvorschlag 6/2016: II.



Wenn Bewertungsansätze, die zu gesetzlichen Vorgaben zur Stromeffizienz werden sollen, Produkteigenschaften vernachlässigen, die einen Einfluß auf die Stromeffizienz haben können, kann dies zu einer kritischen Einschränkung des Marktangebotes führen. Deshalb hat das Umweltbundesamt in einer Datenauswertung untersucht, mit welchen Auswirkungen auf das Marktangebot zu rechnen wäre, wenn die drei hier dargestellten Ansätze umgesetzt werden würden. Nach dem, was wir heute wissen, dürfte der Vorentwurf der EU-Kommission vom November 2015 überholt sein, da die EU-Kommission bis Mitte September 2016 einen neuen Entwurf erarbeiten wollte. Auch Lighting Europe arbeitet an einem neuen Vorschlag, der in kürze veröffentlicht werden soll. Insofern ist die Datenauswertung des Umweltbundesamtes vom Juni 2016 überholt. Da aber die neuen Entwürfe von EU-Kommission und Lighting Europe noch nicht vorliegen, konnte die Datenauswertung noch nicht angepaßt werden. Deshalb beschränkt sich folgende Darstellung auf die ersten drei Ansätze.

### UBA-Datenauswertung

- Vorschlag der EU-Kommission vom November 2015
- Vorschlag Lighting Europe vom Februar 2016
- UBA-Diskussionsvorschlag vom Juni 2016
- Entwurf der EU-Kommission vom September 2016?
- Zweiter Entwurf von Lighting Europe vom Oktober 2016

**Bild 6**

Datengrundlage: Bei den für die Auswertung verwendeten Daten handelte es sich ausschließlich um Herstellerangaben. Diese wurden elektronischen Katalogen entnommen oder von einzelnen Herstellern dem UBA zur Verfügung gestellt. Betrachtet wurden ~ 5 500 Lampen, ~ 350 ALED-Module sowie rund 30 000 Leuchten, davon rund 13 000 ALED-Leuchten <sup>[7]</sup>. Die in absoluten Werten hoch erscheinende Zahl untersuchter Produkte sollte nicht darüber hinwegtäuschen, daß hier nur ein Teil des Marktes untersucht wurde. Die Untersuchung beschränkte sich schlicht auf die Daten, die das UBA von Herstellern zur Verfügung gestellt bekam oder die es selbst zusammentragen konnte. Inwieweit die betrachteten Produkte repräsentativ für das Marktangebot sind, kann das UBA nicht einschätzen. Die knapp 13 000 ALED-Leuchten dürften nur einen kleinen Teil des Marktes abdecken.

Untersuchte Anforderungen: Die Untersuchung beschränkte sich auf die Anforderungen an die Stromeffizienz und dabei auf die im Normalbetrieb <sup>[8]</sup>; dies ist der Zustand, in dem das Produkt Licht abgibt. Auswirkungen anderer Anforderungen in dem Vorentwurf der EU-Kommission wurden nicht behandelt <sup>[9]</sup>.

Lichtbündelung: Die bestehenden Verordnungen unterscheiden zwischen Lampen mit ungebündeltem und gebündeltem Licht. Bei Lichtquellen mit gebündeltem Licht geht nur der sogenannte Nutzlichtstrom in die Bewertung ein. Der Nutzlichtstrom stellt nur einen Teil des gesamten von einer Lichtquelle abgegebenen Lichtstromes dar. Der Lighting-Europe-Gegenvorschlag setzt dies fort. Der Vorentwurf der EU-Kommission sieht bei den Stromeffizienzanforderungen keine solche Unterscheidung mehr vor; ebenso der UBA-Ansatz. Die bestehenden Verordnungen sehen in ihren Anforderungen an die vom Hersteller im Falle von Lichtquellen mit gebündeltem Licht bereitzustellenden Informationen die Angabe des Nutzlichtstromes vor. Dadurch liegen dem UBA vor allem Daten zum Nutzlichtstrom der Lichtquellen vor und nur recht wenige zum Gesamtlichtstrom. Dies erschwert eine Auswertung zu diesen Lichtquellen.

Untersuchte Produkteigenschaften: Dies waren

- der Lichtstrom, je nach betrachtetem Ansatz als Lichtstrom der Lichtquelle oder Lichtstrom an der Bilanzgrenze des Nutzens;
- die Farbwiedergabe, ausgedrückt als allgemeiner Farbwiedergabeindex Ra;
- die Farbtemperatur als ähnliche Farbtemperatur T<sub>c</sub> und
- die Kompaktheit, hier als Verhältnis zwischen dem Lichtstrom und der Länge der Lichtquelle.

---

<sup>7</sup> Siehe hierzu Abschnitt 4.1.1 in der Zusammenfassung der UBA-Auswertung vom Juni 2016, die unter der in der Liste auf Seite 28 genannten Netzadresse heruntergeladen werden kann.

<sup>8</sup> Andere Anforderungen in dem Vorentwurf beziehen sich auf weitere Gebrauchseigenschaften wie beispielsweise die Lebensdauer und Informationen zu dem Produkt.

<sup>9</sup> Bei den Anforderungen an die Stromeffizienz gibt es noch solche, die sich auf Leerlaufzustände beziehen (Bereitschaft und Schein-Aus).

In einzelnen Fällen wurden zusätzlich folgende Produkteigenschaften betrachtet:

- die Elektroleistung, je nach betrachtetem Ansatz als Elektroleistung der Lichtquelle oder Elektroleistung an der Bilanzgrenze des Aufwandes und
- die Lichtbündelung, hier als Halbwertswinkel.

Die Auswertung erfolgte im wesentlichen dadurch, daß die Werte der Elektroleistung der betrachteten Produkte (im Normalbetrieb) einer Grenze gegenübergestellt wurden, beispielsweise der 1. Stufe des Kommissionsvorschlages vom November 2015. In einer solchen Gegenüberstellung sind bei dem Kommissionsvorschlag, siehe Bild 1, drei Größen zu betrachten, auf deren Grundlage sich ein Höchstwert errechnet: Elektroleistung (Watt), Lichtstrom (Lumen) und Farbwiedergabeindex Ra, was in einer zweidimensionalen Darstellung nur schwer zu zeigen ist. Deshalb wurde das Verhältnis der Elektroleistung jedes Produktes – hier *Istwert* genannt – zu der betrachteten Grenze – hier *Höchstwert* genannt – errechnet. Dieses Verhältnis in v.H. wird *Ausschöpfungsgrad* genannt. Ist sein Wert < 100, erfüllt das Produkte die Stromeffizienzanforderung. Ist der Wert hingegen > 100, wird die Grenze überschritten und das Produkt müßte vom Markt weichen.

#### Ausschöpfungsgrad I.

$$\text{Ausschöpfungsgrad} = \frac{\text{IST-Wert}}{\text{HÖCHST-Wert}} \times 100 = \frac{P_{\text{on}}}{P_{\text{on,max}}} \times 100$$

Beispiele:

$$\frac{50 \text{ W}}{100 \text{ W}} \times 100 = \mathbf{50} \text{ v.H.}$$

Dieses Produkt liegt unter dem Höchstwert. Es erfüllt die Stromeffizienzanforderung und übersteht die betreffende Anforderungsstufe.

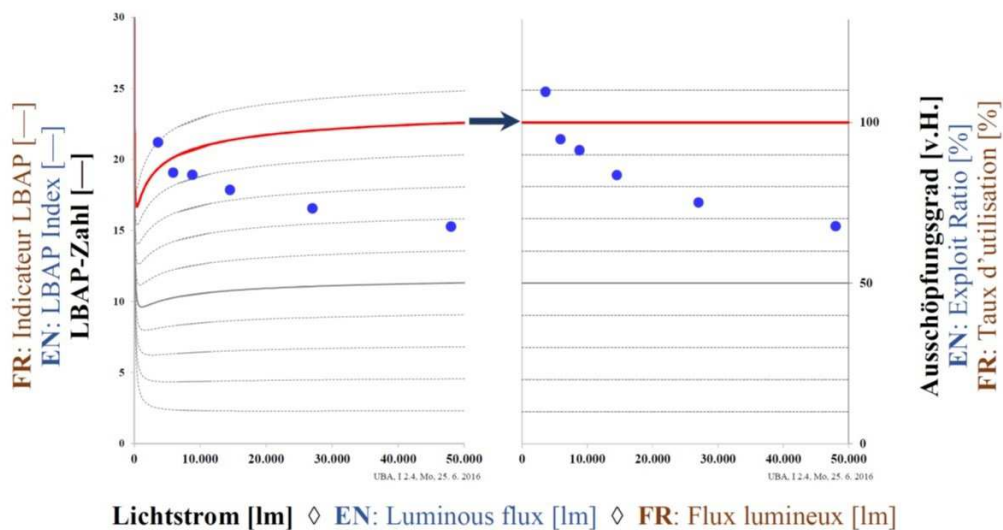
$$\frac{195 \text{ W}}{150 \text{ W}} \times 100 = \mathbf{130} \text{ v.H.}$$

Dieses Produkt liegt über dem Höchstwert. Es erfüllt die Stromeffizienzanforderung nicht und muß deshalb mit der betreffenden Anforderungsstufe vom Markt weichen.

Bild 7

Das folgende Bild 8 zeigt anhand einer Hochdruck-Natriumdampflampen-Typenreihe exemplarisch die Umsetzung des Verhältnisses zwischen den Istwerten der Lampen (●) und dem Höchstwert (—), hier dem der 1. Stufe in dem Vorentwurf der EU-Kommission: links im Bild aufgetragen als LBAP-Zahl mit dem Auf-und-ab des Höchstwertverlaufes, wie er sich aus der Grundgleichung des Kommissionsvorschlages ergibt (siehe Bild 1) und rechts als Ausschöpfungsgrad.

## Ausschöpfungsgrad II.



- Die selben Lampen wie in Bild 14 ◇ EN: Same lamps as in graph Bild 14 ◇ FR: Les mêmes lampes que dans le diagramme Bild 14
  - 100 %
  - 50 %
  - - 110 %; 90 %; 80 %;
  - ...
- links : Höchstwert bei der ersten Stufe des Vorentwurfes der EU-Kommission vom November 2015; rechts: Ausschöpfungsgrad ◇ EN: on the left side: limit value of the 1<sup>st</sup> stage in the EU Commission's preliminary draft as of November 2015; on the right side: Exploit Ratio ◇ FR: à gauche: le valeur limite de l'étape N° 1 dans l'avant-projet de la Commission européenne du novembre 2015; à droite: le taux d'utilisation

Hinweis: Das hier in der Legende genannte Bild 14 zeigt Daten von Hochdruck-Natriumdampflampen eines bestimmten Herstellers; siehe auch Bild 25 in dem Text zum 2. Vortrag von Herrn Mordziol.

**Bild 8**

Bei der Datenauswertung wurden Produktgruppen, Produkteigenschaften und Bewertungsansätze nach einem festen Raster wie folgt untersucht:

In der obersten Ebene wurden die Produktgruppen nacheinander durchgegangen: ■ Lichtquellen aller Arten gemeinsam als Überblick, dann einzeln ■ Glühlampen, ■ Kompaktleuchtstofflampen, ■ Stabförmige Leuchtstofflampen, ■ Hochdruck-Entladungslampen (alle), ■ Hochdruck-Natriumdampflampen, ■ Metallhalogeniddampflampen, ■ ALED-Lampen, ■ ALED-Module und ■ ALED-Leuchten.

Bei jeder Produktgruppe werden einzelne Produkteigenschaften nacheinander betrachtet:

■ Lichtstrom, ■ Elektroleistung \*, ■ Farbwiedergabe, ■ Farbtemperatur, ■ Lichtbündelung (Halbwertswinkel) \* und ■ Kompaktheit.

\* sofern die Darstellung bei der jeweiligen Produktgruppe sinnvoll ist

Bei jeder Produkteigenschaft wurden die Ansätze zur Formulierung von Stromeffizienzanforderungen nacheinander betrachtet:

- 1. Stufe des Kommissionsvorschlages (2018) und
- 1. Stufe des Lighting-Europe-Vorschlages (2018) \*, daneben

- 2. Stufe des Kommissionsvorschlages (2020) und
- 2. Stufe des Lighting-Europe-Vorschlages (2020) \*, weiterhin
- 3. Stufe des Kommissionsvorschlages (2024) sowie
- Grundwert = 30 beim UBA-Ansatz und
- Grundwert = 12 beim UBA-Ansatz.

\* Der Lighting-Europe-Vorschlag sieht für Nicht-LED-Lichtquellen Anforderungen vor, die denen der bestehenden Verordnungen entsprechen. Eine bildliche Einteilung der Nicht-LED-Lichtquellen in solche, die einen Höchstwert einhalten und solche, die dies nicht können, ist deshalb nicht erforderlich.

## **Wesentliche Ergebnisse im Überblick:**

Dargestellt sind im folgenden nur ein paar exemplarisch ausgesuchte Ergebnisse. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse kann unter der in der Liste auf Seite 28 genannten Netzadresse heruntergeladen werden; ebenso eine Zusammenstellung der Einzelergebnisse.

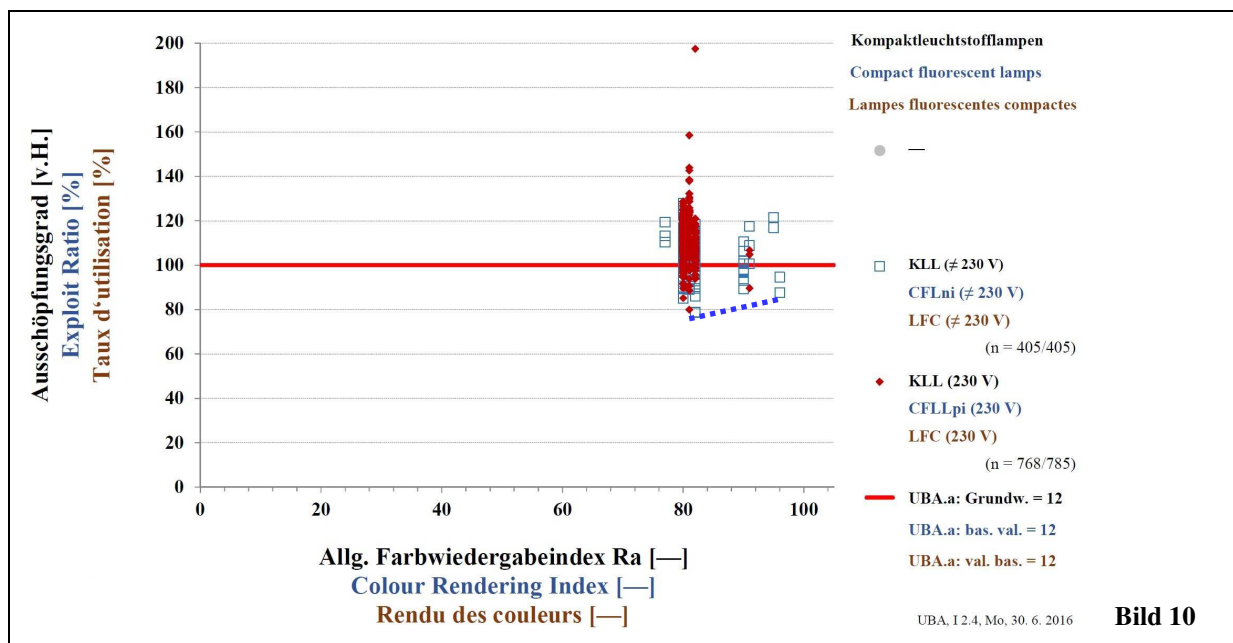
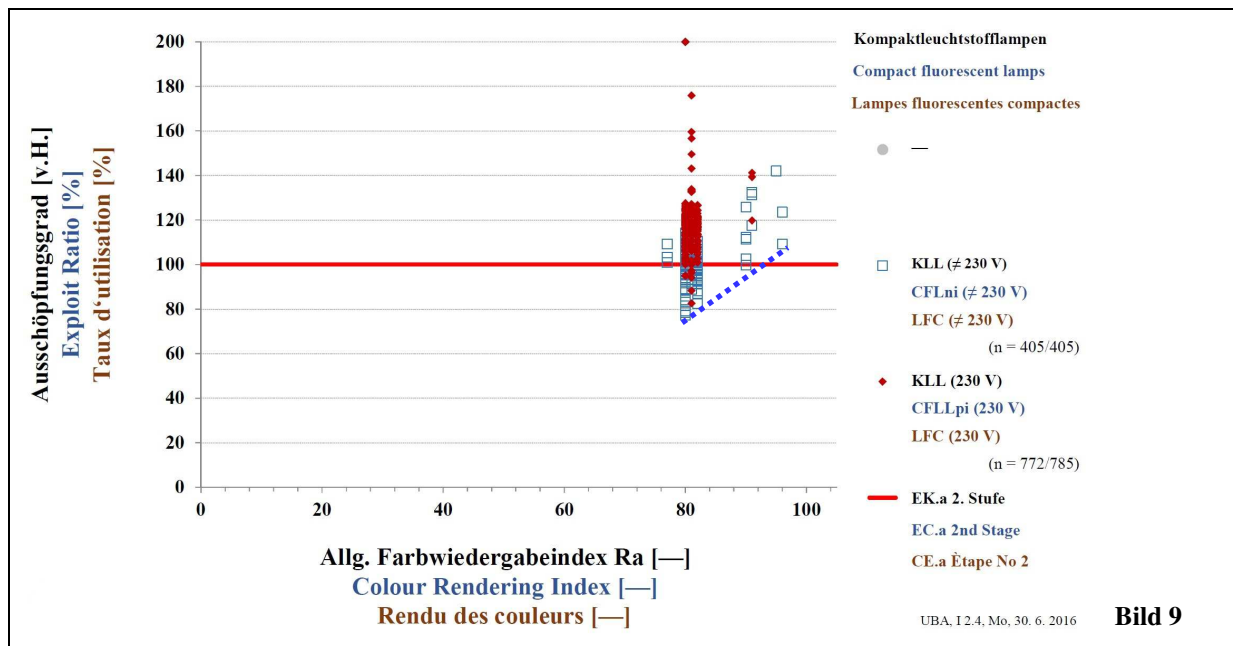
### **Glühlampen:**

Diese müssen beim Vorschlag der EU-Kommission (EK) mit der ersten Stufe vom Markt weichen, ebenso beim Ansatz des Umweltbundesamtes (UBA); selbst bei dem hohen Grundwert von 30. Bei Lighting-Europe-Vorschlag (LE) gelten die Anforderungen der bestehenden Verordnungen.

### **Kompaktleuchtstofflampen (KLL):**

Bei der 2. Stufe der EK-Anforderungen müßten die meisten KLL mit eingebautem Vorschaltgerät (VG) vom Markt weichen. Zudem halten sie die EK-Anforderungen schwerer ein als KLL ohne eingebautes VG. Dies verwundert nicht, da der EK-Vorschlag die Bilanzgrenze um die Lampe zieht, so daß die Verluste des Vorschaltgerätes (VG) nur bei KLL mit eingebautem VG eingehen. Beim UBA-Ansatz hingegen wird die Elektroleistung „an der Steckdose“ bewertet. In der Folge liegt bei diesem Ansatz der Ausschöpfungsgrad für beide Lampentypen im selben Bereich.

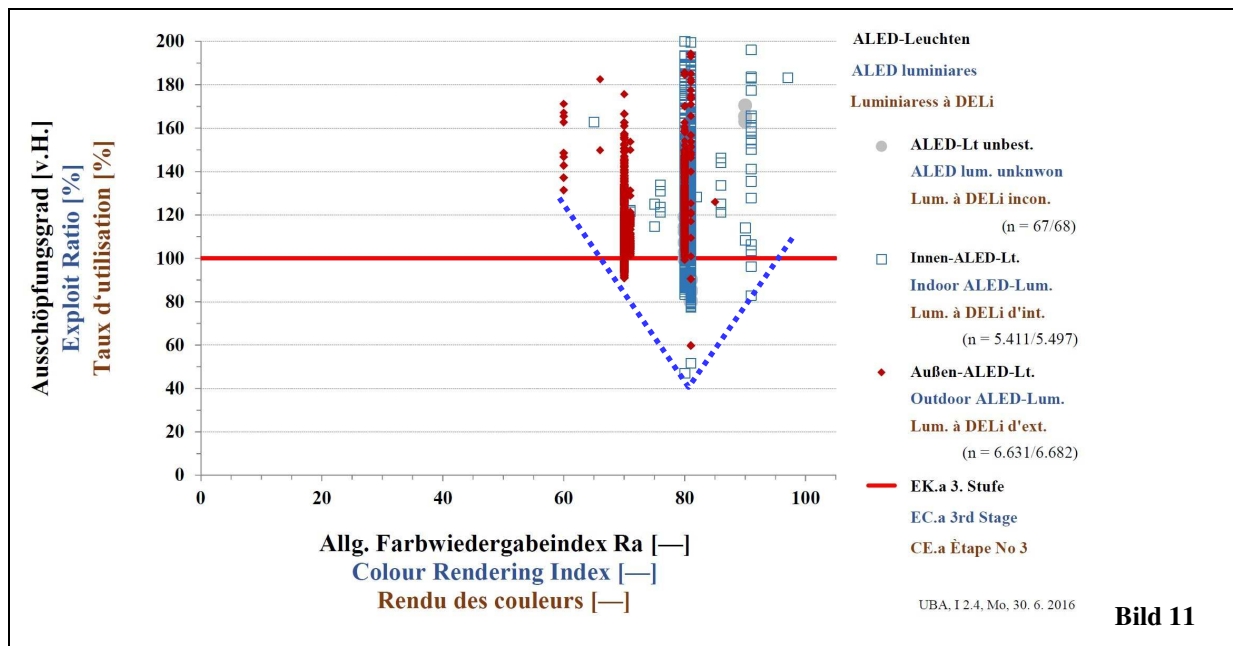
Bei den EK-Anforderungen steigt bei KLL der Ausschöpfungsgrad oberhalb einer Farbwiedergabe Ra von 80. In der Folge müssen ab der 2. Stufe KLL mit Ra ab etwa 90 vom Markt weichen, wie Bild 9 zeigt. Beim UBA-Ansatz hingegen steigt der Ausschöpfungsgrad oberhalb 80 weniger stark, und auch bei einem Grundwert von nur 12 bliebe die gesamte Bandbreite der Farbwiedergabe oberhalb Ra = 80 erhalten, das heißt auf dem Markt; siehe Bild 10. Zur Berücksichtigung des Einflusses der Farbwiedergabe auf die Stromeffizienz siehe auch die allgemeinen Aussagen ab Seite 21.



Die Grundgleichung des EK-Vorschlages, siehe Bild 1, besteht aus zwei Teilen. Der erste Teil bestimmt das grundlegende Anforderungsniveau, das für alle Lichtquellen während einer der Stufen – 2018, 2020 oder 2024 – gleich ist. Der zweite Teil stellt einen Faktor dar, der sich für eine einzelne Lichtquelle aus ihrem Wert des allgemeinen Farbwiedergabeindex Ra ergibt. Ist  $R_a = 80$ , wird dieser Faktor zu 1. Ist  $R_a < 80$ , wird auch der Faktor kleiner, entsprechend steigt er bei  $R_a$ -Werten  $> 80$  <sup>[10]</sup>. Das folgende Bild 11 zeigt als Beispiel den Ausschöpfungsgrad von ALED-Leuchten in der 3. Stufe der EK-Anforderungen. Leuchten mit einem  $R_a = 80$  erfüllen die Anforderungen in der Tendenz am leichtesten. Leuchten, deren  $R_a$ -Wert deutlich über oder unter 80 liegt, haben einen höheren Ausschöpfungsgrad; sie müssen in der Tendenz eher vom Markt weichen.

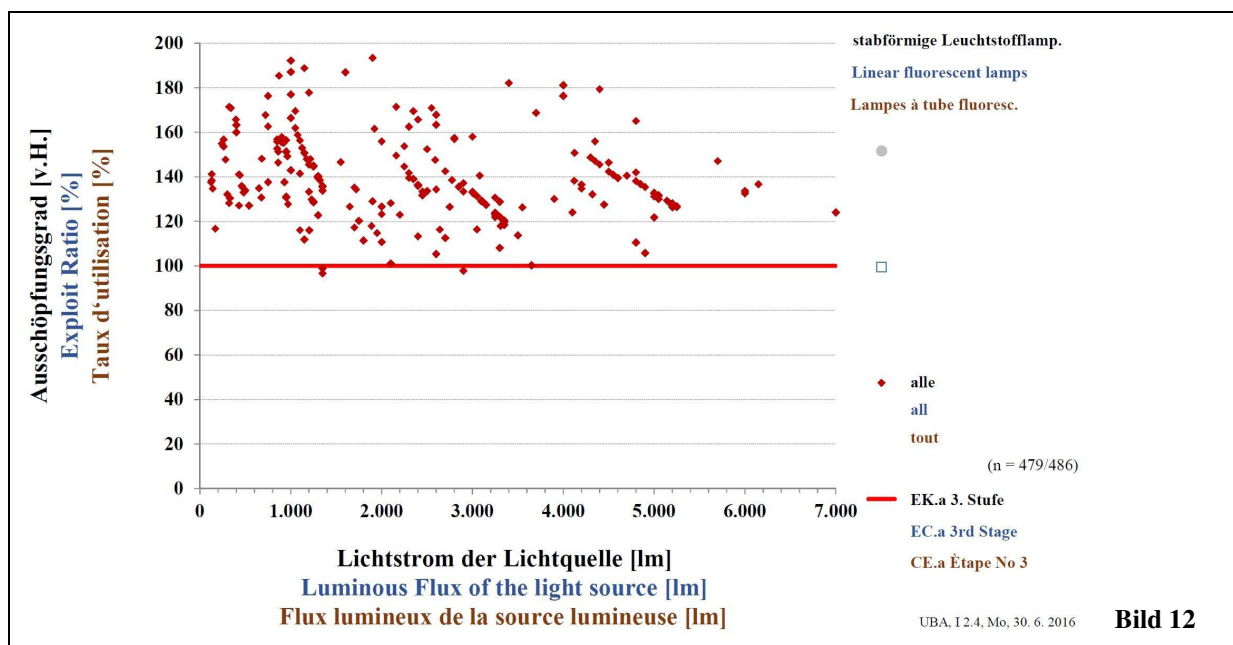
<sup>10</sup> Siehe hierzu auch die Darstellung des Verlaufes im Bild 30 auf Seite 23.



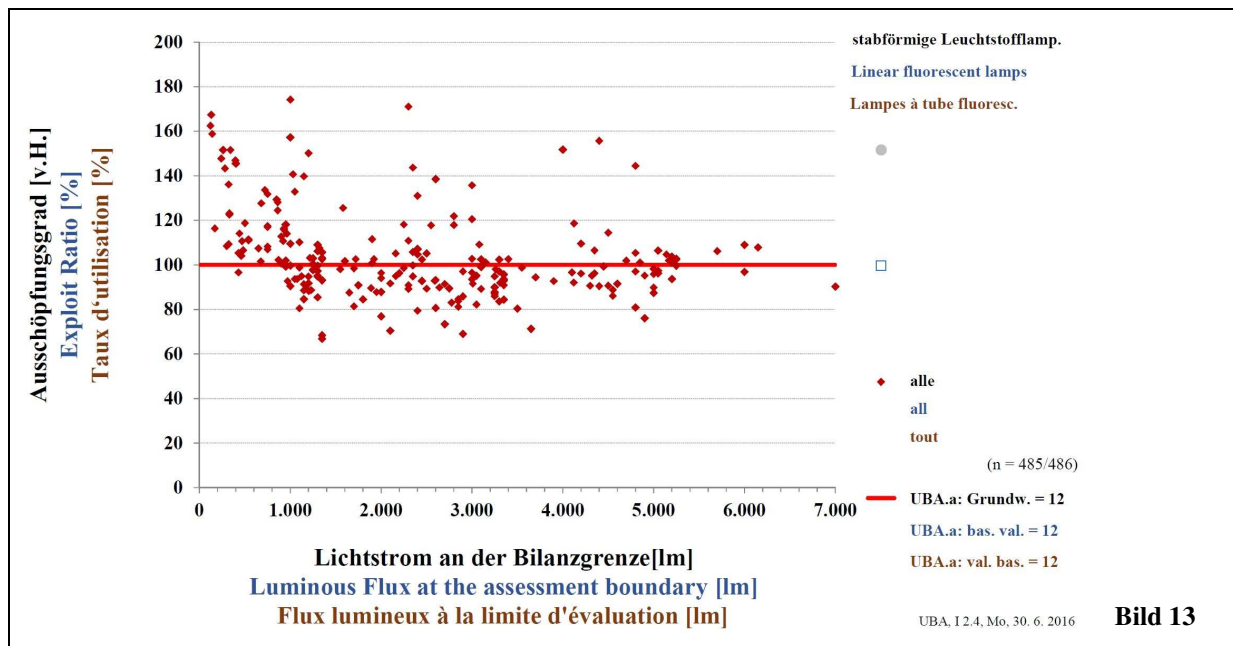


### Stabförmige Leuchtstofflampen:

Bei dem EK-Ansatz würden in dem Lichtstrombereich  $1\,400\text{ lm} < \Phi < 3\,600\text{ lm}$  nur sehr wenige Lampen die 3. Stufe überstehen; siehe Bild 12. Der UBA-Ansatz würde auch bei dem niedrigen Grundwert von 12 viele stabförmige Leuchtstofflampen auf dem Markt belassen, wenn auch in den Bereichen  $1000\text{ lm} < \Phi$  und  $\Phi > 5000\text{ lm}$  eher wenige, siehe Bild 13.

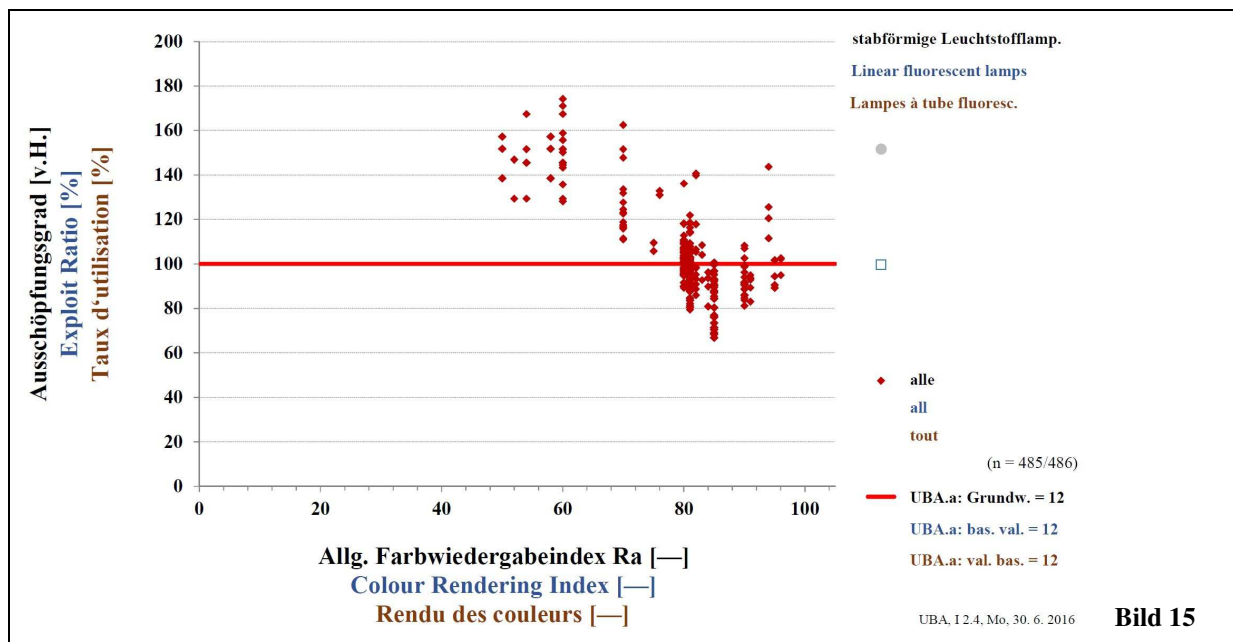
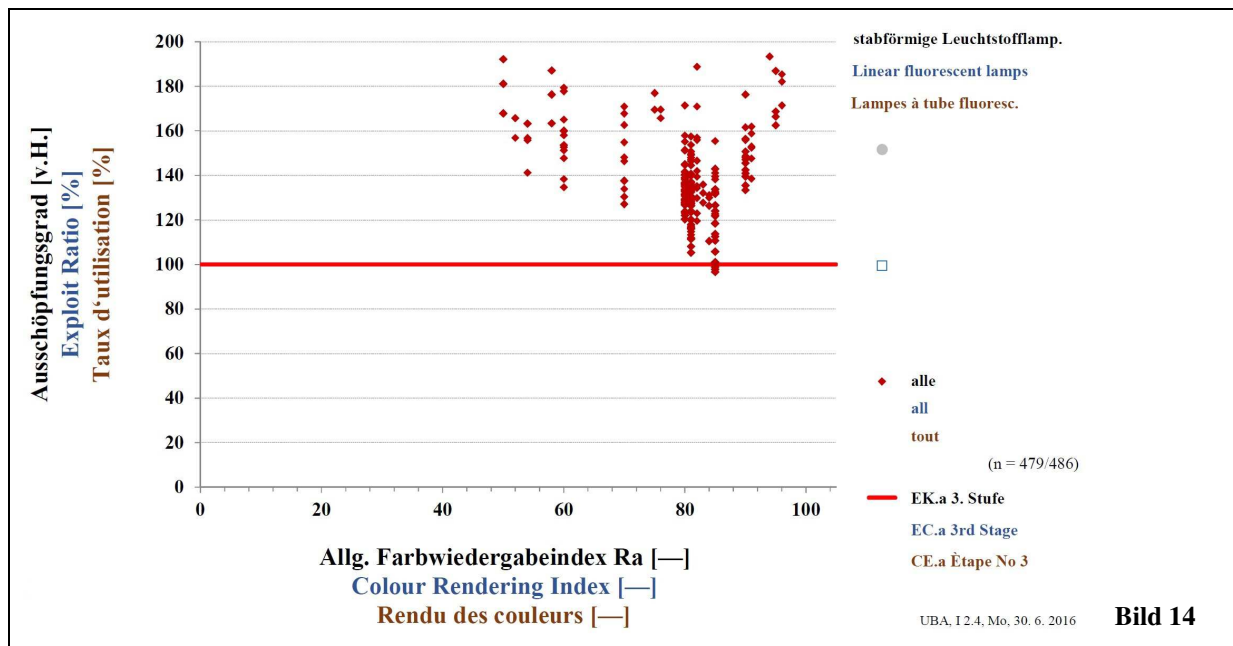




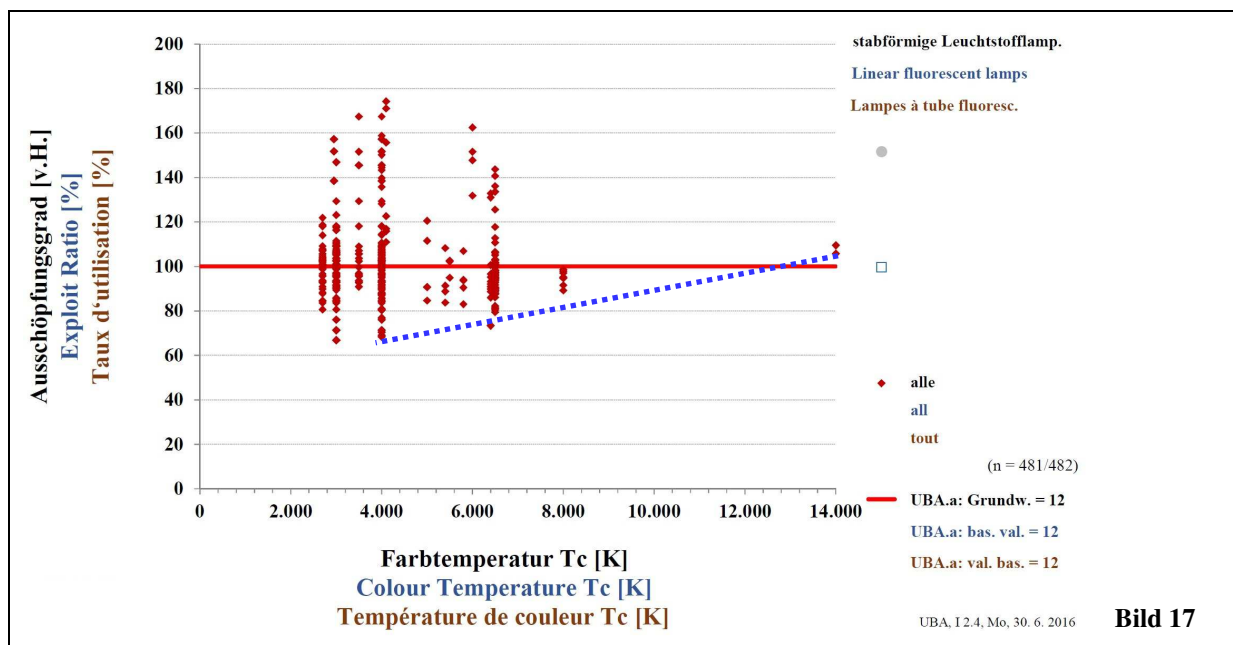
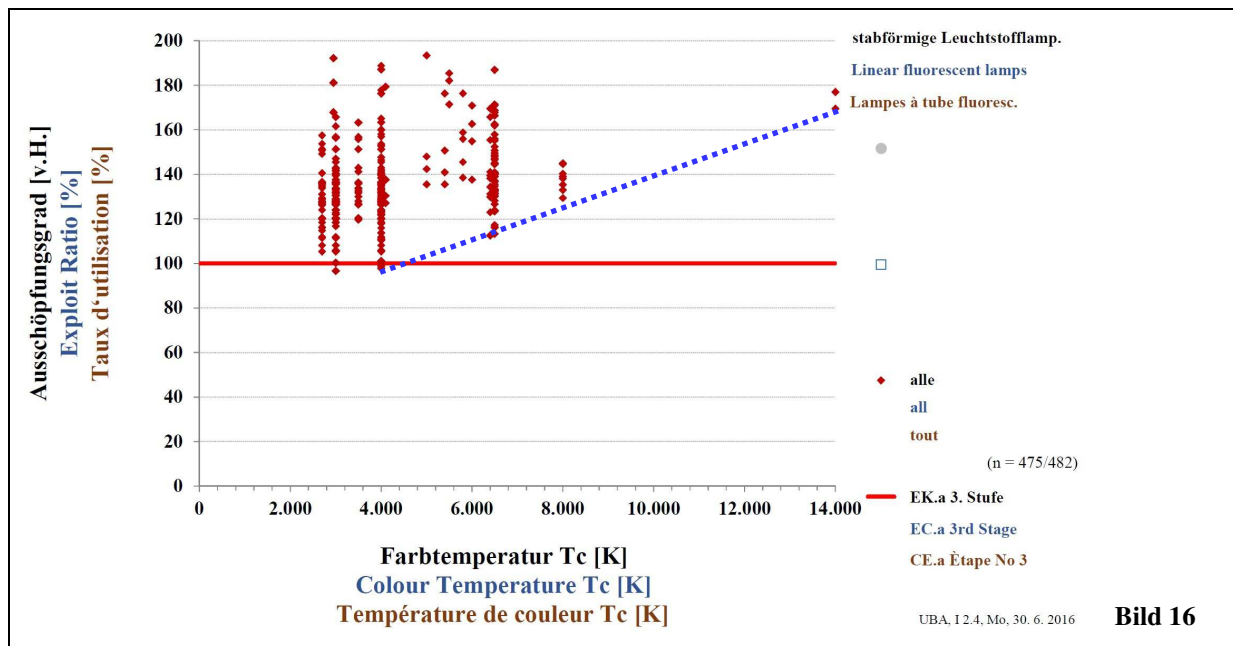


Bei dem EK- wie auch dem UBA-Ansatz fällt auf, daß Lampen mit einem allgemeinen Farbwiedergabeindex  $80 < Ra < 85$  den niedrigsten Ausschöpfungsgrad haben. Mit darunterliegenden Ra-Werten steigt der Ausschöpfungsgrad ebenso wie bei darüberliegenden Ra-Werten <sup>[11]</sup>. Daß Produkte mit hohen Ausschöpfungsgraden Stromeffizienzanforderungen weniger leicht erfüllen können und deshalb eher vom Markt weichen müssen, erscheint bei Lichtquellen mit einem Ra-Wert  $< 80$  als nicht „tragisch“. Bei Lichtquellen mit einem  $Ra > 85$  kann dies aber kritisch sein. So müßten bereits bei der 2. Stufe des EK-Ansatzes stabförmige Leuchtstofflampen mit einem Ra-Wert  $> 86$  vom Markt weichen, und die 3. Stufe würden nur sehr wenige Lampen mit einem  $Ra \approx 83$  überstehen, wie auf Bild 14 zu sehen. Der UBA-Ansatz beließe bei dem niedrigen Grundwert 12 zumindest Lampen mit  $Ra \geq 80$  auf dem Markt, wie Bild 15 zeigt.

<sup>11</sup> Dieser Befund gleicht dem bei Kompaktleuchtstofflampen, wobei diese einen Bereich abdecken, der zu niedrigen Ra-Werten hin nicht so groß ist.

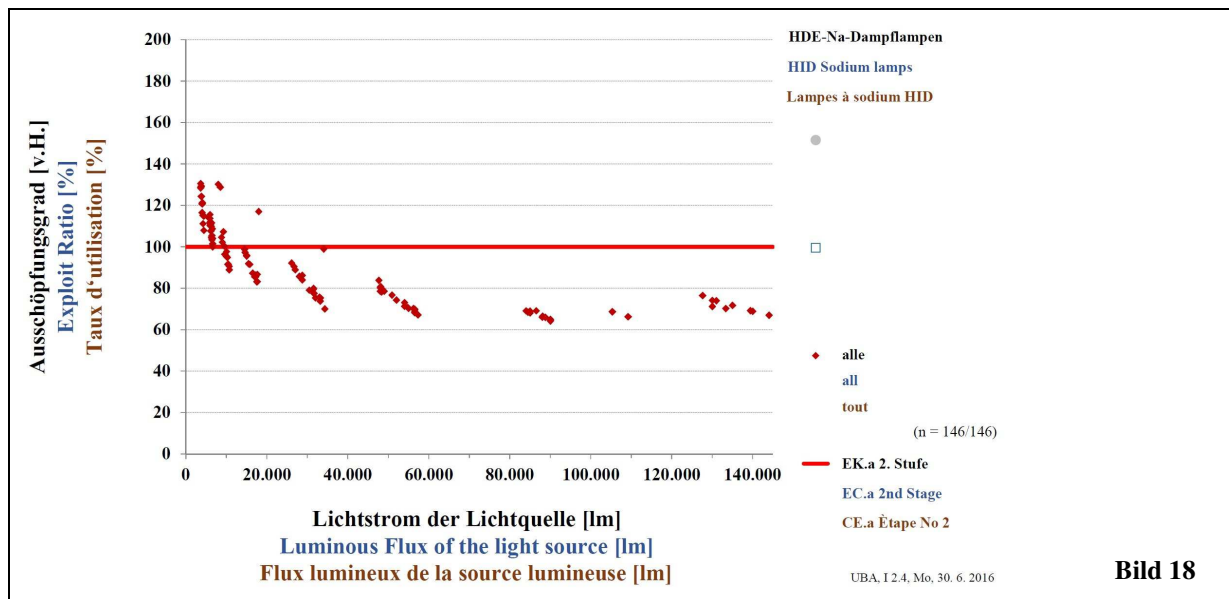


Die nächsten Bilder zeigen: Lampen mit einer Farbtemperatur  $T_c$  über 4 000 K weisen einen steigenden Ausschöpfungsgrad auf. Bei dem EK-Ansatz ist dies stärker ausgeprägt als beim UBA-Ansatz. Dies macht sich wie folgt bemerkbar: Bei der 2. Stufe des EK-Ansatzes müssten stabförmige Leuchtstofflampen mit  $T_c$  größer etwa 10 000 K vom Markt weichen und mit der 3. Stufe blieben nur solche mit  $3\,000\text{ K} \leq T_c \leq 4\,000\text{ K}$  übrig. Dies zeigt Bild 16. Der UBA-Ansatz würde die Bandbreite nur bei dem niedrigen Grundwert einschränken: auf  $T_c$  kleiner etwa 10 000 K, siehe Bild 17, ähnlich der 2. Stufe beim EK-Ansatz. Der UBA-Ansatz berücksichtigt zwar die Farbtemperatur, für diese Lampen aber nicht ganz ausreichend.

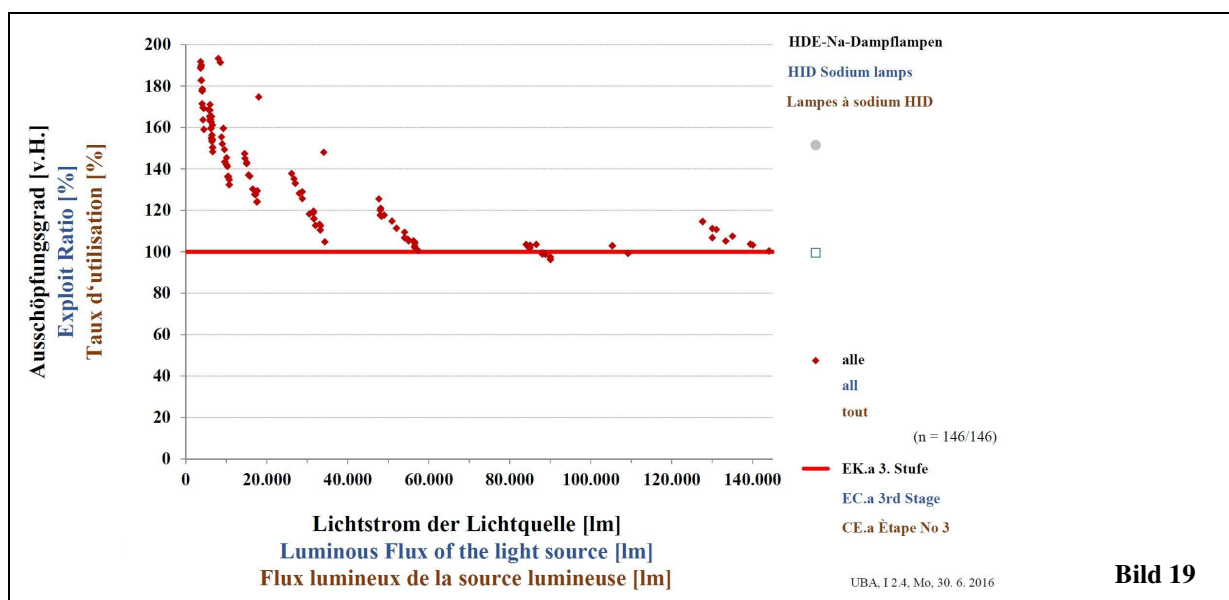


## Hochdruck-Natriumdampflampen

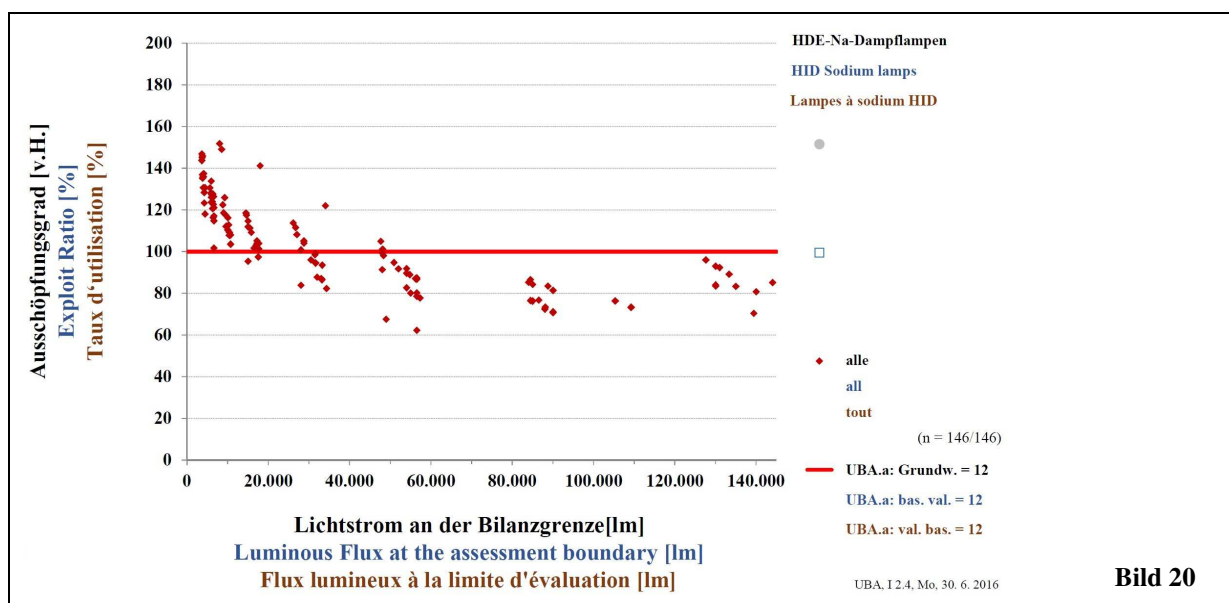
Bei dem EK-Ansatz würden mit der 2. Stufe alle Lampen mit einem Lichtstrom bis 6 500 lm, entsprechend einer Elektroleistung von 70 W vom Markt weichen müssen (Bild 18). Dies sind in der Straßenbeleuchtung häufig eingesetzte Lampen. Mit der 3. Stufe würden nur noch sehr wenige Lampen mit einem Lichtstrom im Bereich 80 000 ··· 110 000 lm auf dem Markt bleiben können (Bild 19); dies entspricht den Wattagen 600 ··· 700 W. Beim UBA-Ansatz müßten nur bei dem geringen Grundwert von 12 die Produkte mit einem Lampenlichtstrom unter etwa 12 000 lm vom Markt weichen, wie Bild 20 zeigt.



**Bild 18**



**Bild 19**

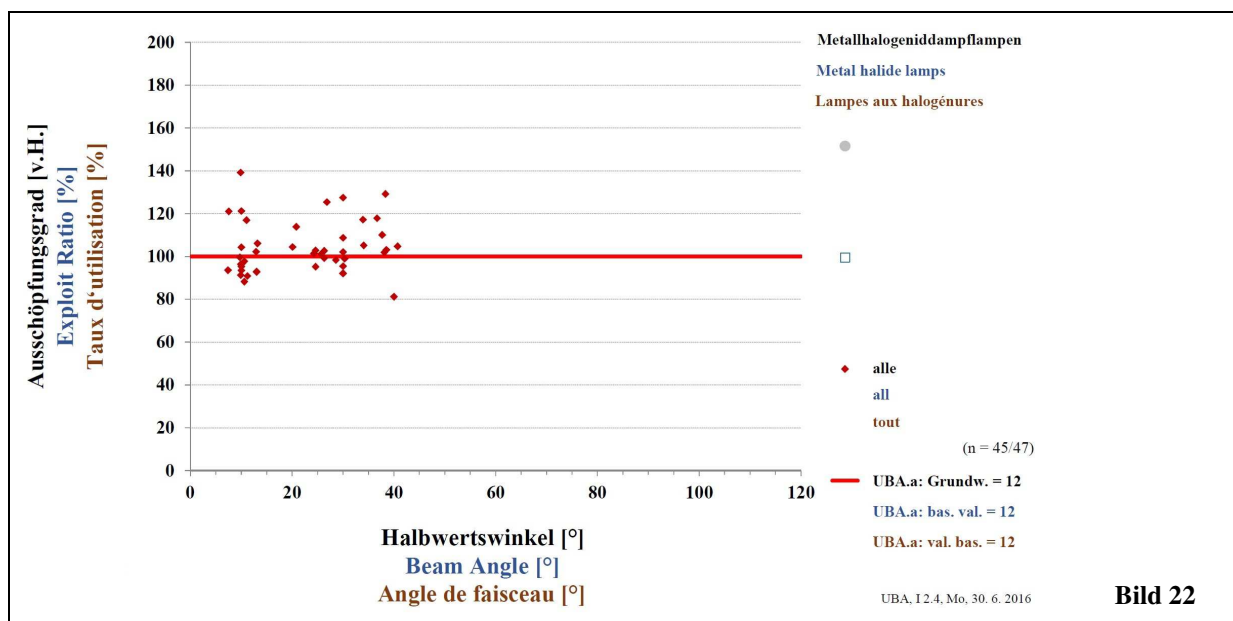
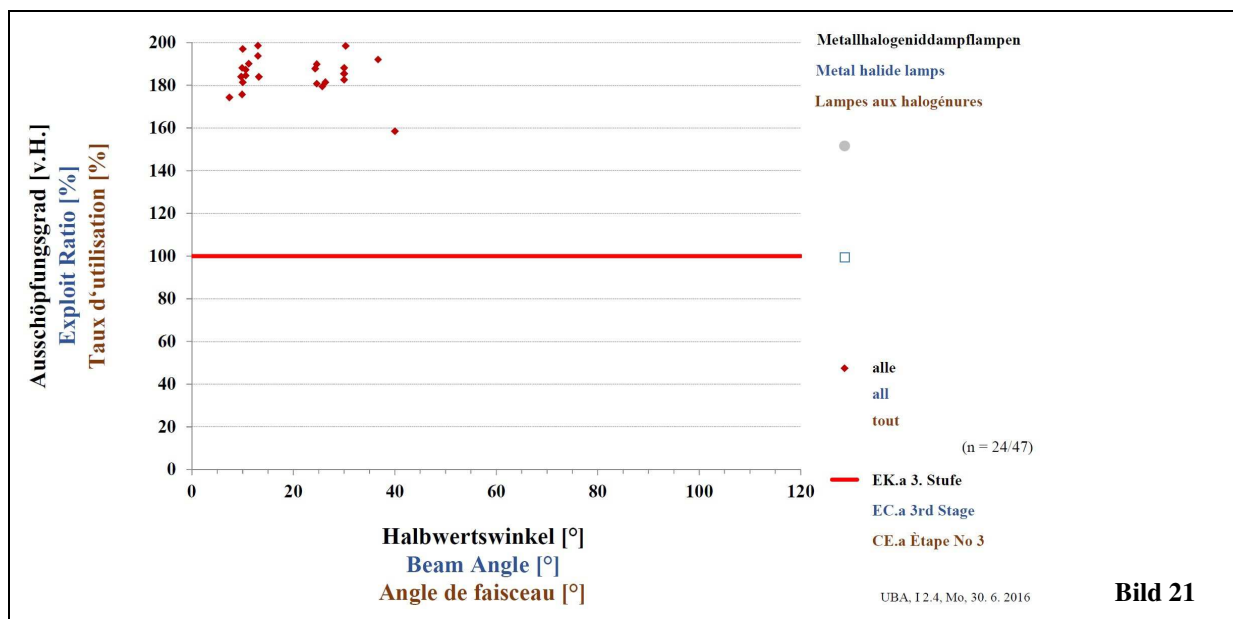


**Bild 20**

## Metallhalogeniddampflampen

Der EK-Ansatz würde mit seiner 3. Stufe fast alle Produkte bis auf sehr wenige mit einem Lichtstrom  $\Phi$  kleiner etwa 35 000 lm vom Markt fegen.

Bei den Produkten mit Lichtbündelung würde die 1. Stufe des EK-Ansatzes die bezüglich des Halbwertsinkels gesamte Bandbreite noch auf dem Markt belassen. Doch bereits mit seiner 2. Stufe würde dieser Ansatz, der den Einfluß der Lichtbündelung auf die Stromeffizienz nicht berücksichtigt, alle Produkte – betrachtet wurden hier 45 Lampen – vom Markt fegen. Mit der 3. Stufe, siehe Bild 21, lägen alle Produkte mit ihrem Ausschöpfungsgrad weit über 100, also weit über dem Grenzwert. Hingegen würde beim UBA-Ansatz, selbst mit dem niedrigen Grundwert von 12, noch die gesamte Bandbreite erhalten bleiben. Bild 22 zeigt dies – Verhältnisse, die denen bei der 1. Stufe des EK-Ansatzes sehr ähneln.

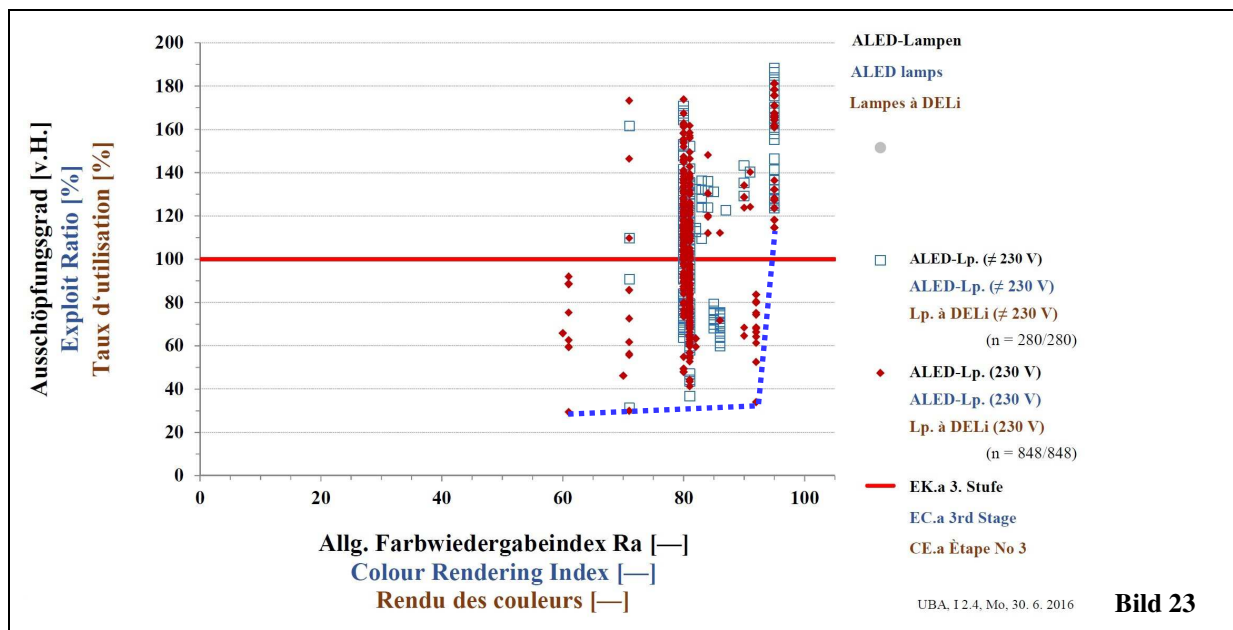


## ALED-Lampen

Der EK-Ansatz und der Ansatz von Lighting-Europe (LE) unterscheiden sich in ihrer jeweils 1. und 2. Stufe nur geringfügig. Das verwundert nicht, da ein Unterschied nur darin besteht, daß beim LE-Ansatz der Ra-Wert bei Außenlampen nicht in die Bewertung eingeht.

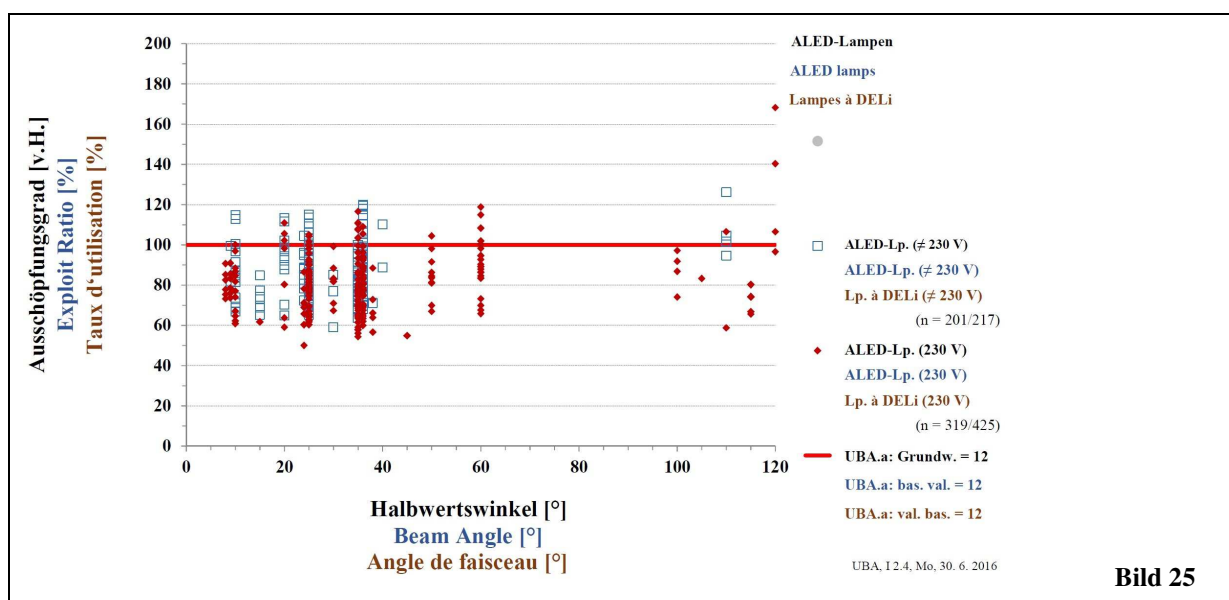
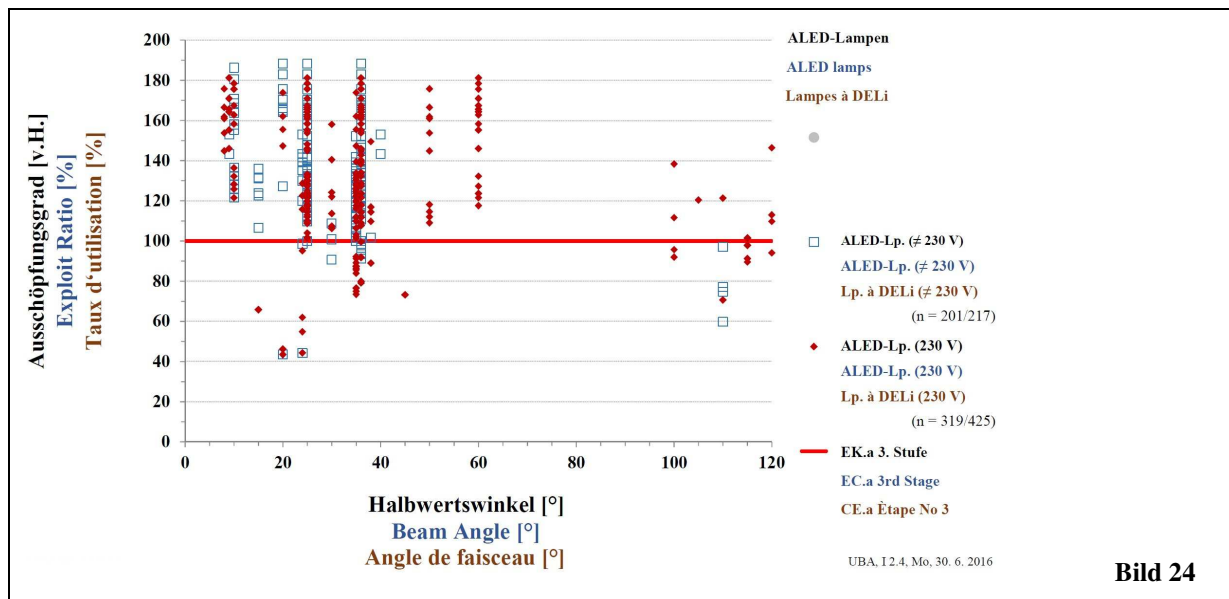
Bei beiden Ansätzen steigt der Ausschöpfungsgrad mit dem Lichtstrom, was sich aber nur bei der 3. Stufe des EK-Ansatzes für ALED-Lampen mit eingebautem Betriebsgerät bemerkbar macht. Beim UBA-Ansatz ist diese Abhängigkeit für den Ausschöpfungsgrad nicht festzustellen.

Farbwiedergabe: Bei allen drei Ansätzen scheint der Ausschöpfungsgrad ab einem Ra-Wert von 95 deutlich zu steigen. Bei der 3. Stufe des EK-Ansatzes bedeutete dies das Aus für Lampen ab einem Ra-Wert von 95, während Lampen mit einem Ra-Wert von 92 diese Stufe ohne Schwierigkeiten überstehen könnten. Ob dieser, beispielsweise im Bild 23 von Ra 92 zu 95 zu sehende Sprung des Ausschöpfungsgrades für das gesamte Marktangebot repräsentativ ist, kann hier nicht beurteilt werden.



Bei dem EK- und dem LE-Ansatz steigt der Ausschöpfungsgrad mit zunehmender Lichtbündelung unterhalb einem Halbwertswinkel von 20 °. Kritisch wird dies vor allem in der 3. Stufe ab etwa 15 ° (Bild 24). Beim UBA-Ansatz mit seinem Zuschlag für Lichtbündelung würde selbst bei dem niedrigen Grundwert von 12 das Marktangebot in der gesamten Bandbreite erhalten bleiben (Bild 25).

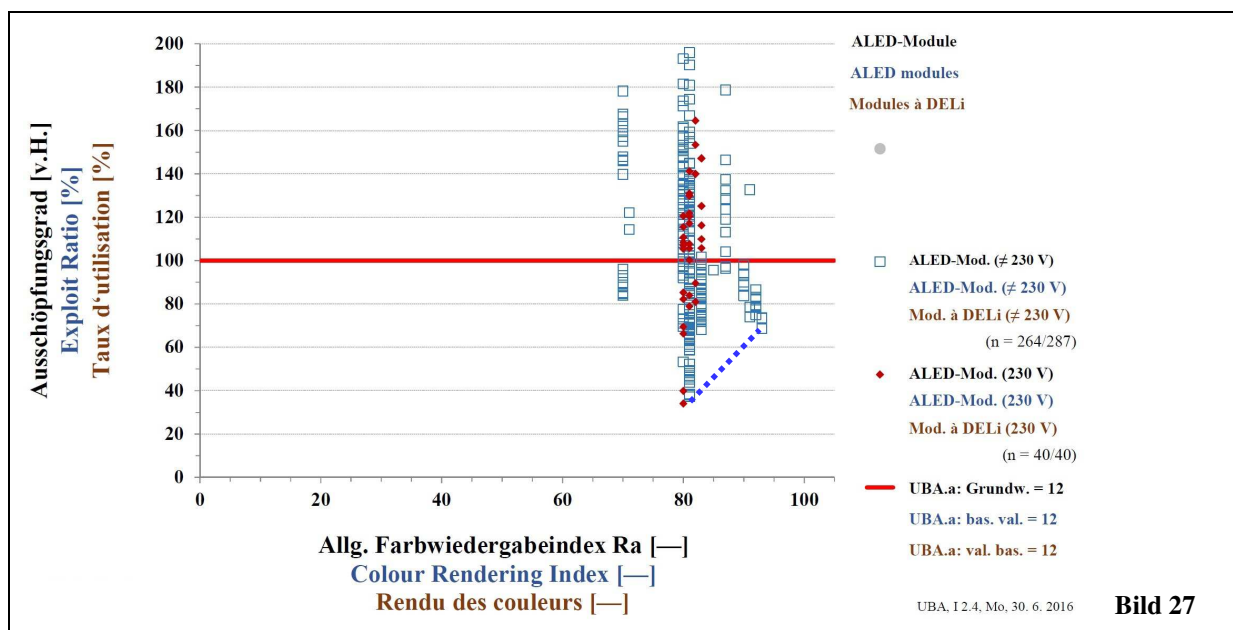
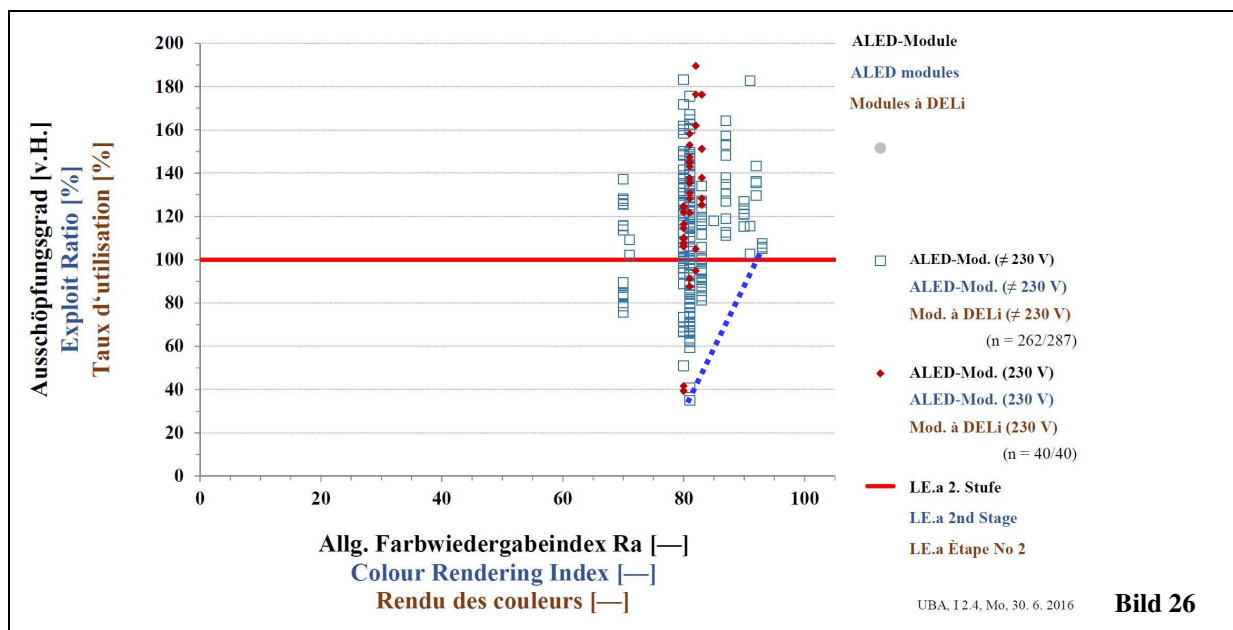




## ALED-Module

Die Ansätze der EU-Kommission und von Lighting Europe unterscheiden sich im Ausschöpfungsgrad deutlich. Dies ist dadurch bedingt, daß der LE-Ansatz für Module deutlich strengere Stromeffizienzanforderungen vorsieht als der EK-Ansatz. In der Folge ist der LE-Ansatz bereits in der 1. Stufe so anspruchsvoll wie der EW-Ansatz in der 2. Stufe. Ähnlich ist das Verhältnis zwischen der 2. Stufe des LE-Ansatzes und der 3. Stufe des EK-Ansatzes.

Bei allen drei Ansätzen steigt oberhalb  $R_a = 80$  der Ausschöpfungsgrad mit der Farbwiedergabe. Beim LE-Ansatz bedeutete dies in der 2. Stufe das Aus für ALED-Module mit  $R_a > 85$ , wie Bild 26 zeigt; desgleichen in der 3. Stufe des EK-Ansatzes. Beim UBA-Ansatz bliebe auch bei einem niedrigen Grundwert in Höhe von 12 die gesamte Bandbreite erhalten.

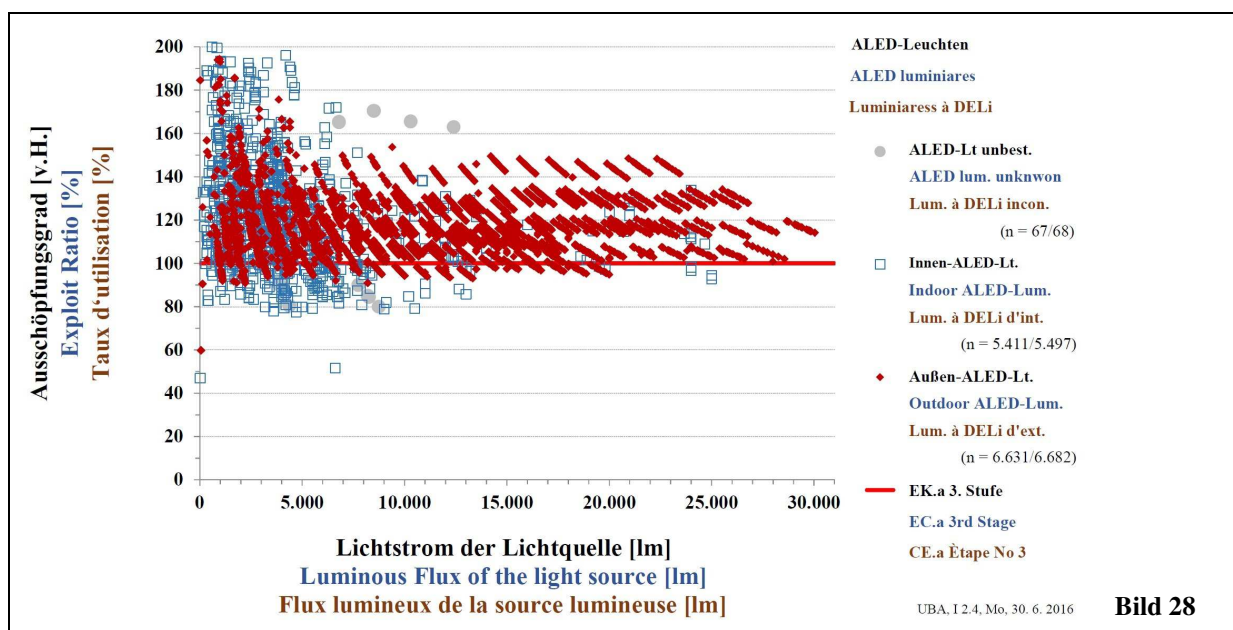




## ALED-Leuchten

Die dritte Stufe des EK-Ansatzes würde das Aus für die meisten LED-Leuchten <sup>[12]</sup> bedeuten. Bei den betrachteten Leuchten gibt es keine mit einem Lichtstrom > 20 000 lm, die diese Stufe überstehen würde; siehe auch Bild 31.

Wie bei den ALED-Modulen steigt der Ausschöpfungsgrad ab einem Ra-Wert von 80 mit zunehmender Farbwiedergabe. Kritisch wird dies für ALED-Leuchten mit Ra = 95 bereits in der 1. Stufe des LE-Ansatzes sowie bei der 2. Stufe des EK-Ansatzes und bei dem UBA-Ansatz im Falle eines Grundwertes von 12. Der Ausschöpfungsgrad macht bei den untersuchten ALED-Leuchten beim Übergang von Ra = 92 zu Ra = 95 einen ähnlich großen Sprung wie bei den ALED-Lampen; vergleiche die Aussage auf Seite 18 zu einem ähnlichen Befund bei ALED-Lampen.

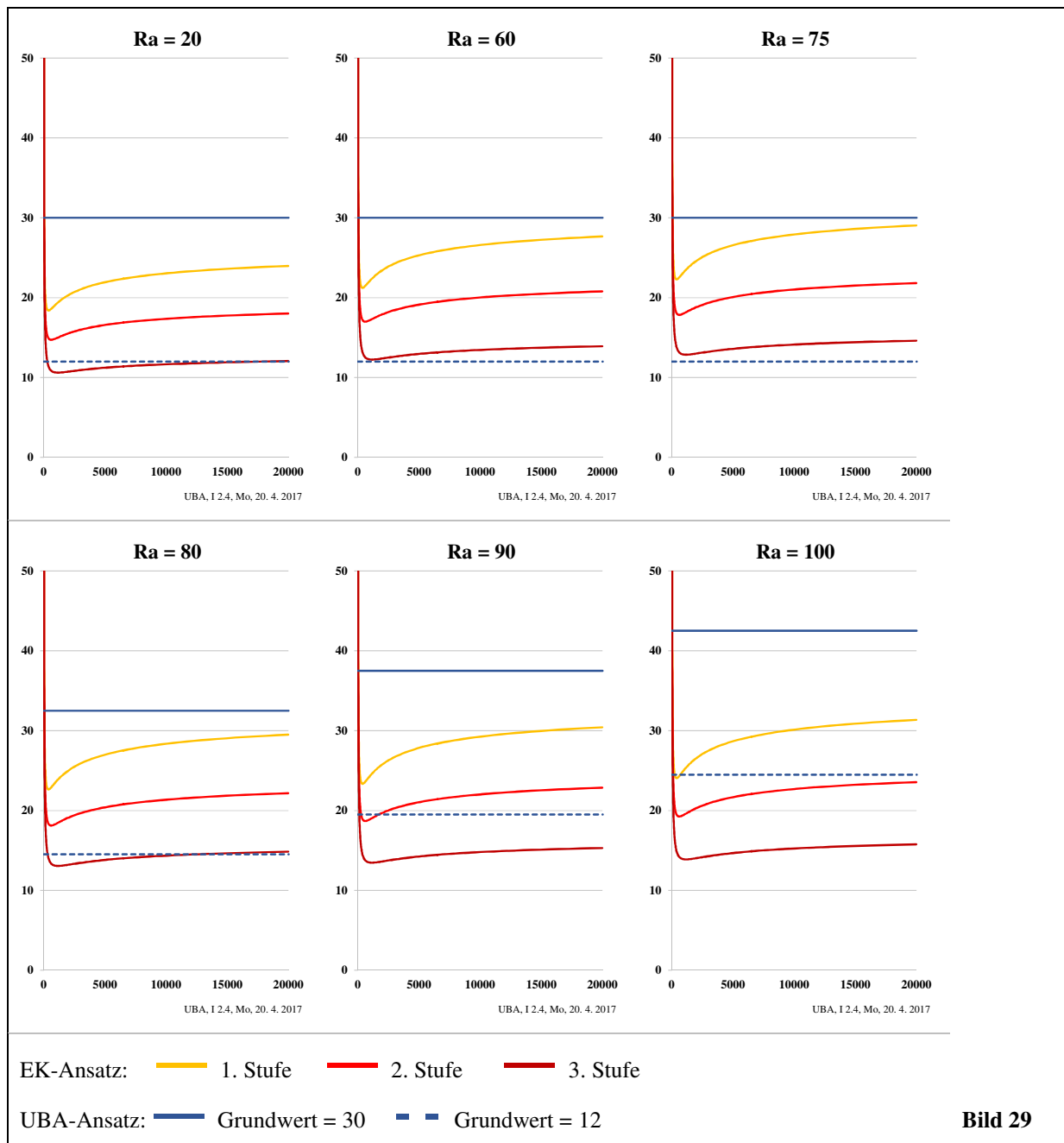


## Allgemeines zur Berücksichtigung des Einflusses der Farbwiedergabe auf die Stromeffizienz

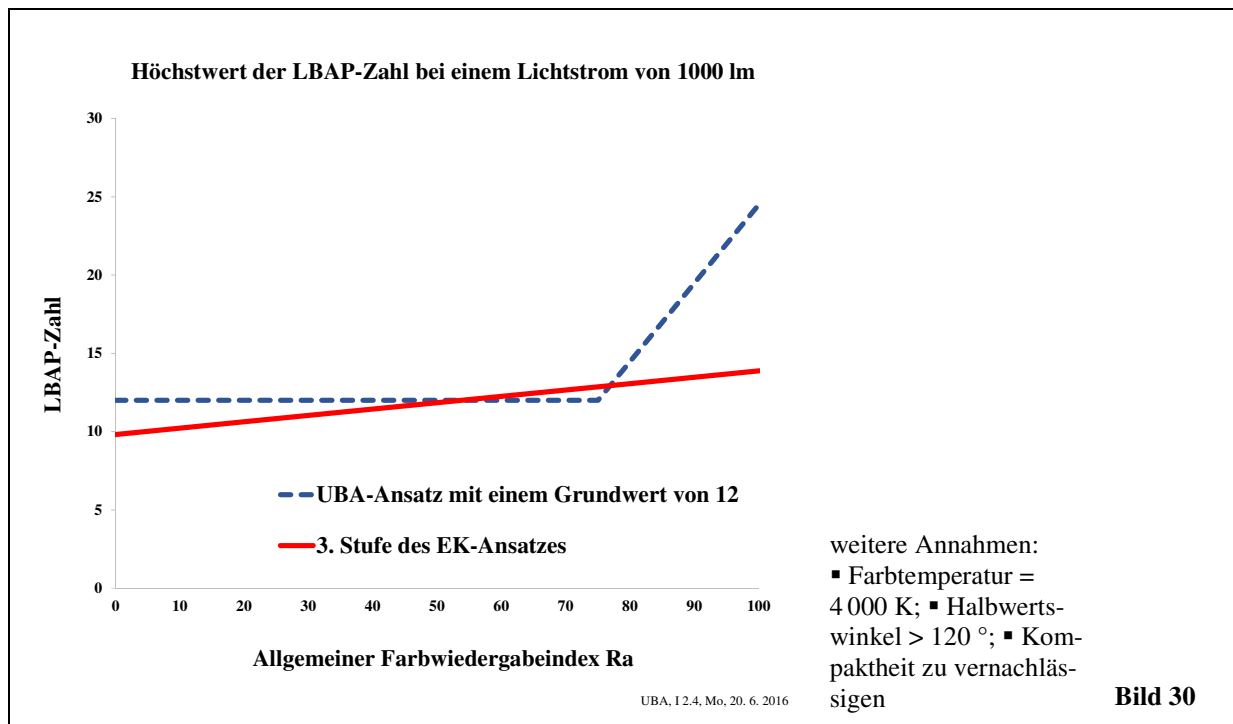
Bei mehreren Produktgruppen zeigen die Auswertungen beim Verlauf des Ausschöpfungsgrades über der Farbwiedergabe (Ra) Unterschiede zwischen den Ansätzen, das heißt zwischen dem EK- und dem LE-Ansatz auf der einen sowie dem UBA-Ansatz auf der anderen Seite. Alle drei Ansätze berücksichtigen den Einfluß der Farbwiedergabe auf die Stromeffizienz – aber nicht gleichermaßen.

Das folgende Bild 29 zeigt für verschiedene Ra-Werte den Verlauf der Höchstwerte bei EK- und UBA-Ansatz über dem Lichtstrom.

<sup>12</sup> Dies bezieht sich auf das untersuchte Marktangebot aus dem Jahre 2015 (n ~ 13 000).

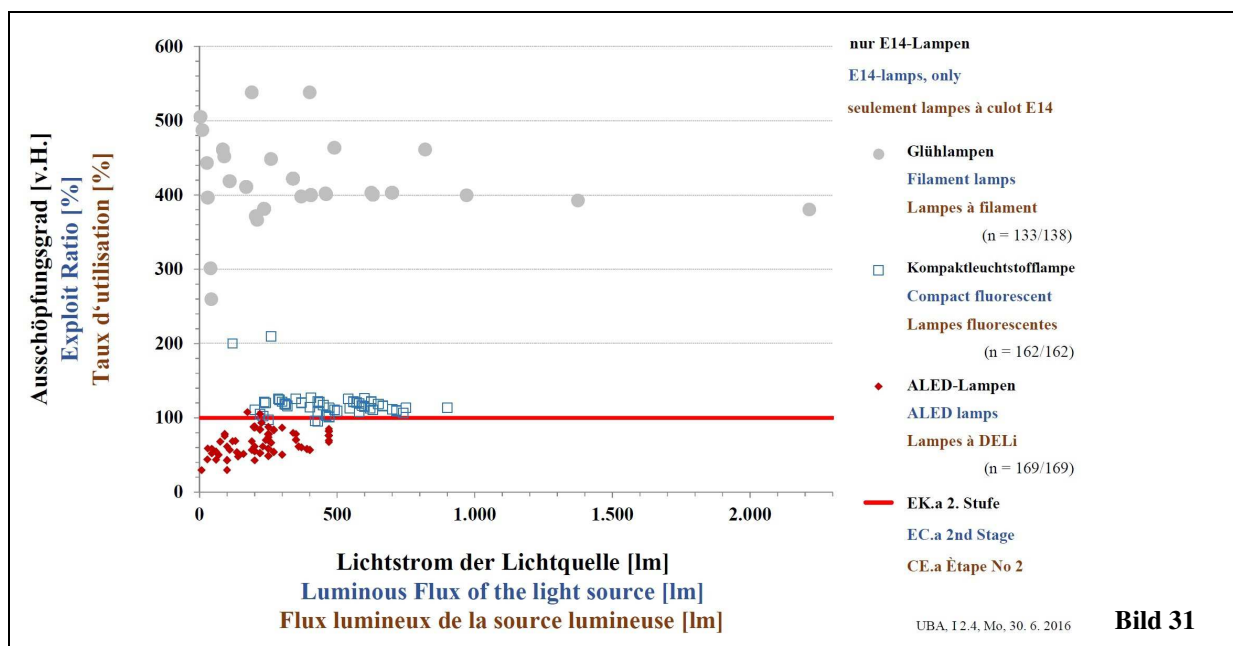


Hintergrund: Beim EK- und LE-Ansatz wird der durch die Höhe des Lichtstromes bestimmte „Grundwert“ bei einem Ra größer 80 erhöht (Bonus) und bei einem Ra kleiner 80 verringert (Malus). Beim UBA-Ansatz gibt es zu dem Grundwert einen Zuschlag für die Farbwiedergabe ab einem Ra von 75 und mit Ra steigend. Bild 30 zeigt dies exemplarisch für Lichtquellen mit einem Lichtstrom von 1 000 lm.



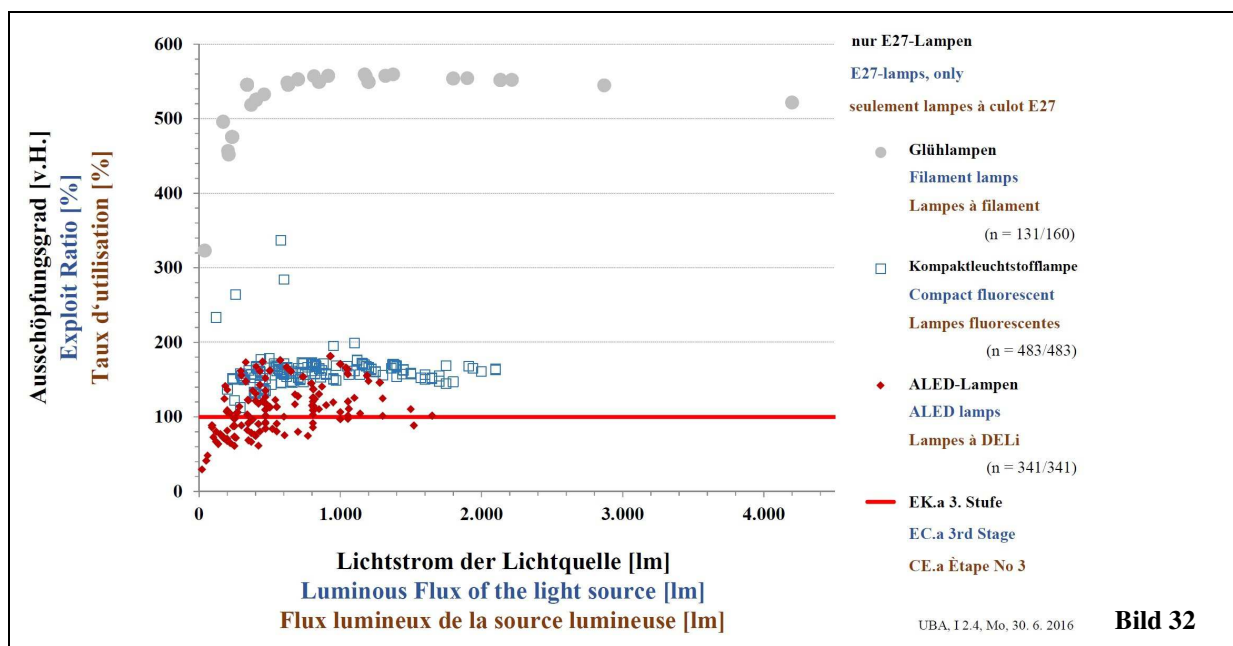
## Lampen mit gleichem Sockel

Lampen mit E14-Sockel: Werden alle Glühlampen vom Markt genommen, deckt die Bandbreite des verbleibenden Produktangebotes – gemessen an dem hier untersuchten Datenbestand von 2015 – nicht mehr den Bereich bis zu einem Lichtstrom von 2 300 lm ab, sondern verringert sich in der 1. Stufe des EK-Ansatzes auf rund 900 lm und in der 2. Stufe auf nur noch ~ 600 lm, siehe Bild 31. Freilich betrifft dies weniger die Privathaushalte. Die meisten dort eingesetzten herkömmlichen Glühlampen dürften mit ihrem Lichtstrom im Bereich bis rund 400 lm liegen ( $\sim 400 \text{ lm} \triangleq 40 \text{ Watt}$ ;  $60 \text{ Watt} \triangleq \text{etwa } 660 \text{ lm}$ ).



Lampen mit E27-Sockel: Hier wirkt sich ein Verdrängen der Glühlampen vom Markt wie folgt aus: Die Bandbreite des verbleibenden Produktangebotes reicht beim Lichtstrom nicht mehr bis 4 200 lm. Ab der 1. Stufe des EK-Ansatzes gäbe es – auch hier bezogen auf den untersuchten Datenbestand von 2015 – nur noch E27-Sockel-Lampen mit einem Lichtstrom von bis zu ~ 2 150 lm. Ab der 2. Stufe wären es nur noch bis zu ~ 1 700 lm. In den Privathaushalten werden Standardglühlampen <sup>[13]</sup> vor allem bis zu 1 300 lm eingesetzt; dies sind 100-W-Standardglühlampen. Teilweise sind auch 150-Watt-Lampen (~ 2 200 lm) zu finden.

Bei den Vergleichen ist folgendes zu beachten: Wird eine Lampe als Ersatz für herkömmliche Glühlampen beworben, muß sie gemäß der Verordnung 244/2009/EG <sup>[14]</sup> einen bestimmten Lichtstrom aufweisen <sup>[15]</sup>. So kann eine Lampe nur dann als Ersatz für eine 100-Watt-Standardglühlampe mit ihrem Anfangslichtstrom in Höhe von rund 1 300 lm gelten, wenn sie als Kompaktleuchtstofflampe (KLL) einen Anfangslichtstrom in Höhe von mindestens rund 1 400 lm aufweist oder als ALED-Lampe mindestens rund 1 500 lm. Hintergrund für die Unterschiede bei den Werten ist, daß der Lichtstromrückgang während der Lebensdauer bei den genannten Lampenarten unterschiedlich hoch ausfällt. Bei KLL- und ALED-Lampen ist der Rückgang im allgemeinen größer als bei Glühlampen. Damit eine KLL- oder ALED-Lampe über der Lebensdauer im Mittel gleichviel Licht abgibt wie eine Standardglühlampe, muß sie zu Beginn ihrer Lebensdauer einen höheren Lichtstrom haben.

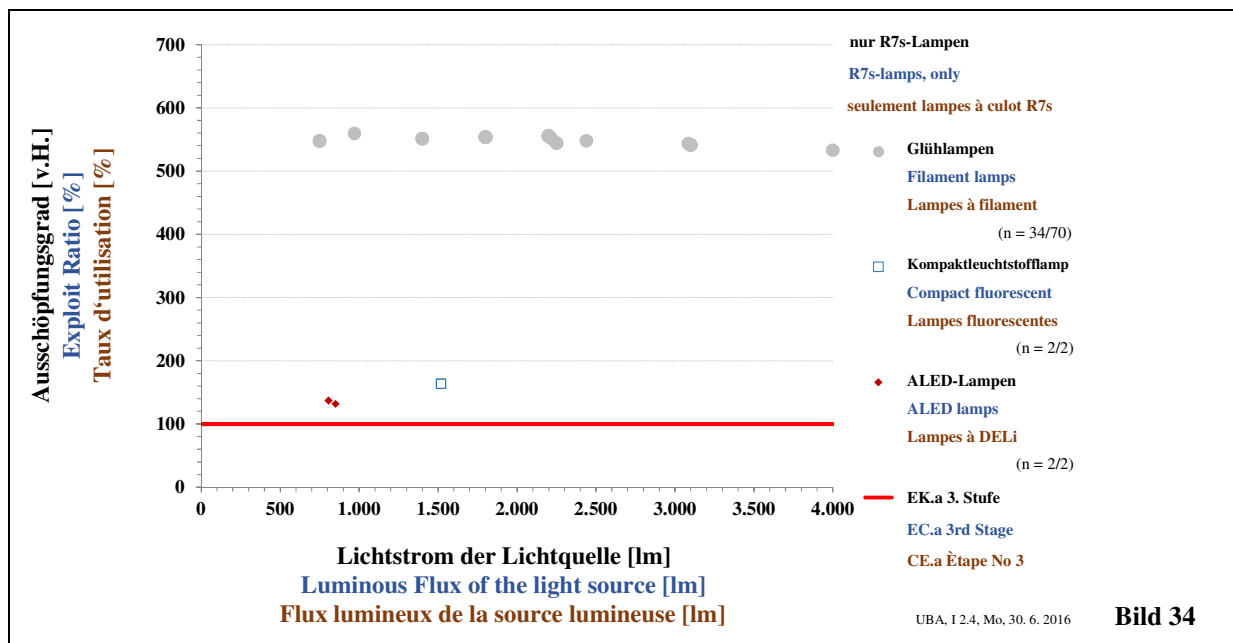
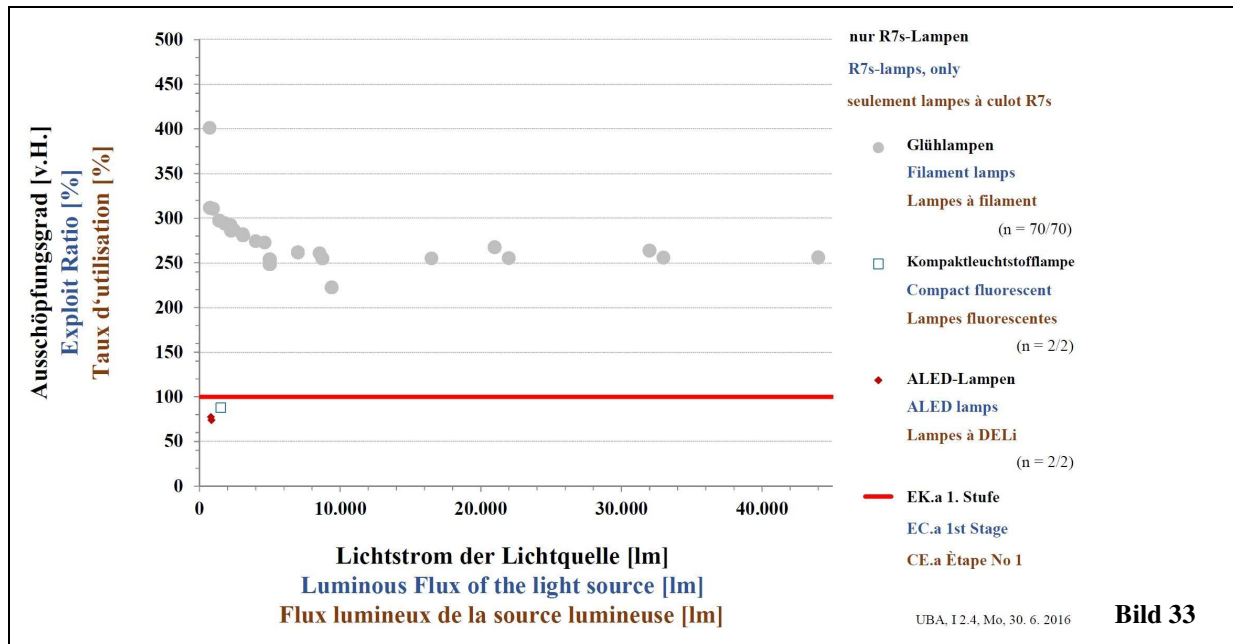


<sup>13</sup> Standardglühlampen sind herkömmliche Glühlampen mit einem E27-Sockel und einen klaren Kolben der Form A (Birnenform) in Standardgröße. Dieser ist mit einem Stickstoff-Argon-Gemisch als Schutzgas gefüllt. Die Lebensdauer beträgt rund 1 000 Stunden.

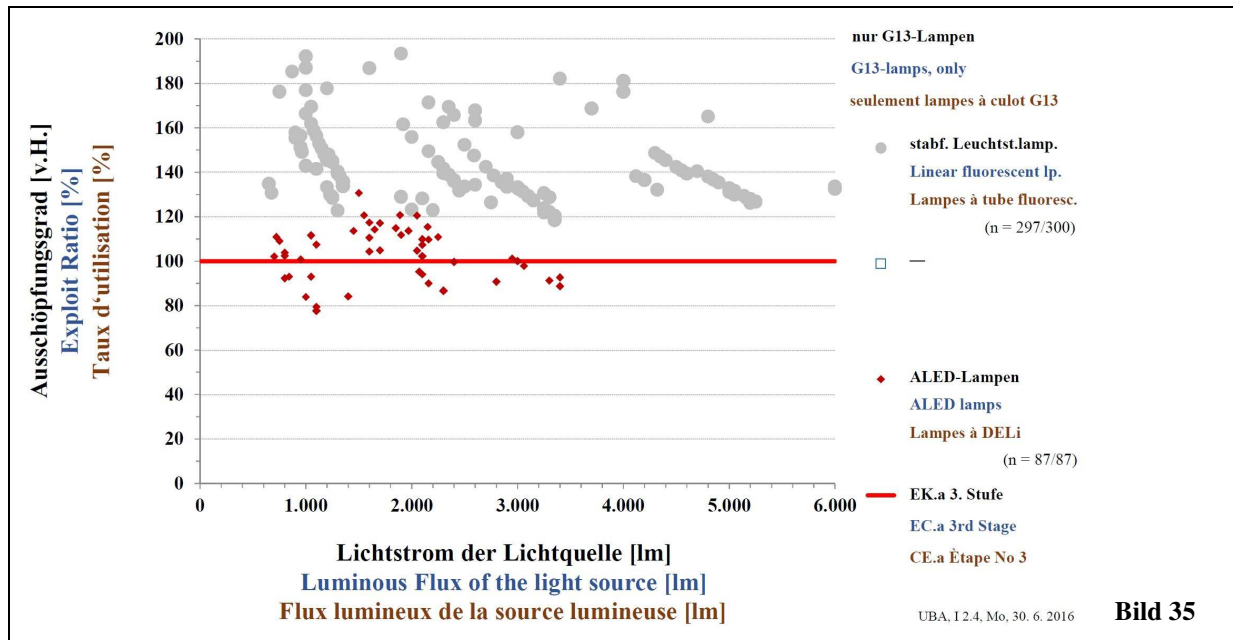
<sup>14</sup> Zu der Bezugsquelle dieses Textes siehe die Liste auf Seite 28.

<sup>15</sup> Siehe Anhang II, Punkt 3.1 i) der Verordnung.

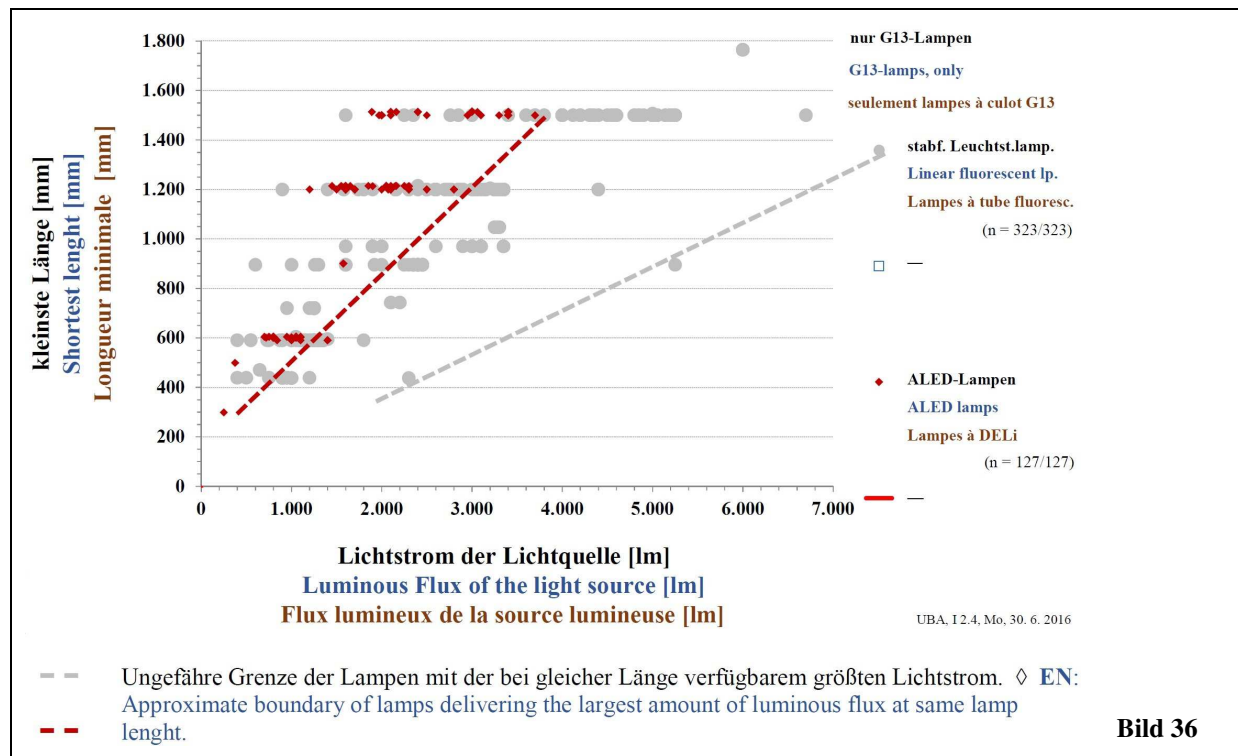
Lampen mit R7s-Sockel: Glühlampen mit R7s-Sockel gibt es mit Lichtströmen von bis zu 44 000 lm. Die bestehende Verordnung 244/2009/EG reglementiert nur Lampen mit einem Lichtstrom von bis zu 12 000 lm. Mit der 1. Stufe des EK-Ansatzes würden bei der kommenden Regelung auch die darüberliegenden Lampen reglementiert werden und vom Markt weichen müssen. Dann dürften nur noch Lampen mit bis zu ~ 1 500 lm auf dem Markt bleiben, wie Bild 33 zeigt. Mit der 2. Stufe blieben nur noch Lampen mit einem Lichtstrom von bis zu ~ 850 lm und mit der 3. Stufe keine der heute angebotenen Lampen des untersuchten Datenbestandes übrig; siehe Bild 34.



Lampen mit G13-Sockel: Stabförmige Leuchtstofflampen mit diesem Sockel liefern Lichtströme bis 7 000 lm, ALED-Lampen aber nur bis rund 3 500 lm. Bei Lampen mit diesen Sockel würde der EK-Ansatz die Lichtstrombandbreite mit seiner 2. Stufe noch nicht einschränken. Aber mit der 3. Stufe müßten alle Leuchtstofflampen vom Markt weichen und die Lichtstrombreite der verbleibenden ALED-Lampen würde nur noch bis rund 3 500 lm reichen, wie Bild 35 zeigt.



Betrachtet man den Zusammenhang zwischen der Länge einer Lampe und dem von ihr abgegebenen Lichtstrom, wie im Bild 36, zeigt sich, daß bei den derzeit (2015) angebotenen Lampen mit G13-Sockel die ALED-Lampen bei gleicher Baulänge einen deutlich kleineren Lichtstrombereich abdecken. Das heißt: Führt eine gesetzliche Regelung zu einem Aus für stabförmige Leuchtstofflampen mit G13-Sockel und werden diese deshalb in installierten Leuchten durch ALED-Lampen ersetzt, kann in Einzelfällen der Lichtstrom nicht mehr in der zuvor gegebenen Höhe bereitgestellt werden.



---

## Bezugsquellen für Dokumente, auf die im vorliegenden Text verwiesen wurde:

### *EG- und EU-Verordnungen:*

244/2009/EG:

[http://www.eup-network.de/fileadmin/user\\_upload/Lichtquellen\\_VO\\_0244\\_2009\\_EG\\_DE.pdf](http://www.eup-network.de/fileadmin/user_upload/Lichtquellen_VO_0244_2009_EG_DE.pdf)

### *Regelungsentwürfe:*

a) Vorentwurf der EU-Kommission vom November 2015:

[http://www.eup-network.de/fileadmin/user\\_upload/Lichtquellen\\_EK\\_2015\\_11\\_06\\_Ew\\_Produktgestaltung.pdf](http://www.eup-network.de/fileadmin/user_upload/Lichtquellen_EK_2015_11_06_Ew_Produktgestaltung.pdf)

b) Gegenentwurf von Lighting Europe vom Februar 2016:

[http://www.eup-network.de/fileadmin/user\\_upload/Lichtquellen\\_Stellungnahme\\_LE\\_2016\\_02\\_01\\_Produktgestaltung.pdf](http://www.eup-network.de/fileadmin/user_upload/Lichtquellen_Stellungnahme_LE_2016_02_01_Produktgestaltung.pdf)

### *Auswertung des Umweltbundesamtes vom Juni 2016 und Beschreibung des UBA-Ansatzes zur Stromeffizienzbewertung:*

a) Zusammenfassung der Auswertung und Beschreibung des Ansatzes:

[http://www.eup-network.de/fileadmin/user\\_upload/Lichtquellen\\_UBA\\_Hintergrundtext\\_04d.pdf](http://www.eup-network.de/fileadmin/user_upload/Lichtquellen_UBA_Hintergrundtext_04d.pdf)

b) Einzelergebnisse der Auswertung:

[http://www.eup-network.de/fileadmin/user\\_upload/Lichtquellen\\_UBA\\_Hintergrundtext\\_04e.pdf](http://www.eup-network.de/fileadmin/user_upload/Lichtquellen_UBA_Hintergrundtext_04e.pdf)

### *Sonstiges:*

a) 1. Vortrag Mordziol am 20. Oktober 2016:

[http://www.eup-network.de/fileadmin/user\\_upload/Lichtquellen\\_Forum\\_FG\\_2016\\_10\\_20d\\_Vortrag\\_Mordziol\\_1.pdf](http://www.eup-network.de/fileadmin/user_upload/Lichtquellen_Forum_FG_2016_10_20d_Vortrag_Mordziol_1.pdf)

b) 2. Vortrag Mordziol am 20. Oktober 2016:

[http://www.eup-network.de/fileadmin/user\\_upload/Lichtquellen\\_Forum\\_FG\\_2016\\_10\\_20f\\_Vortrag\\_Mordziol\\_2.pdf](http://www.eup-network.de/fileadmin/user_upload/Lichtquellen_Forum_FG_2016_10_20f_Vortrag_Mordziol_2.pdf)