

## VIK-Berichte Nr. 227

### 20. VIK-Fachtagung 'Technik'

Darmstadt, 18./19. November 2009

VIK Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e.V.  
Postfach 10 39 53, 45039 Essen

### Es werde Licht! Energieeffizienz bei industrieller Beleuchtung

Ralph Schlich, Pulheim  
Stefan Fassbinder, Düsseldorf



Ralph Schlich ist Vertriebsleiter der Stila Energy Deutschland GmbH & Co. KG in Pulheim.



Stefan Fassbinder ist Berater für elektrotechnische Anwendungen beim DKI - Deutsches Kupferinstitut Berufsverband e. V.

#### 1. Vorwort

Dieser Vortrag wird anhand von Herstellerdaten die kostengünstigste und effizienteste Beleuchtung darstellen!

Was als effizient in der Beleuchtung bezeichnet werden kann, ist bis 2010 in der EU-Richtlinie 2000/55/EG definiert, die in den Energieeffizienzindex-Klassen (EEI) z. B. für eine Leuchtstofflampe 58 W und ein passendes Vorschaltgerät folgende Grenzen festgelegt (Bild 1).

#### 2. Anforderungen

Ab April 2010 wird dann alles anders, denn Vorschaltgeräte (VG) und Lampen werden in der neuen EU-Verordnung 245/2009 als Umsetzungsrichtlinie zur EuP-Richtlinie 2005/32/EG separat betrachtet und für die Effizienz in drei Stufen ab 2010, in den weiteren Stufen für den Zeitraum 2012 - 2017 neue getrennte Wirkungsgrade festgelegt (Tabelle 1).

- **Anforderungen der ersten Stufe:** Ein Jahr nach Verabschiedung der neuen Richtlinie müssen Vorschaltgeräte für Leuchtstofflampen nach Tabelle 1 mindestens der Effizienzklasse B2 (gemäß Ta-

belle 17 der 245/2009, nicht der hierdurch abgelösten 2000/55/EU) und dimmbare Vorschaltgeräte nach Tabelle 19 entsprechen. Ganz wie in der alten Richtlinie bedeutet dies, dass der Wirkungsgrad des Vorschaltgeräts im ungedimmten Betrieb der Klasse A3 entsprechen muss und bei 25 % der größtmöglichen Helligkeit die Leistungsaufnahme 50 % des Höchstwerts der Klasse A3 nicht überschreiten darf.

- **Anforderungen der zweiten Stufe:** Drei Jahre nach deren Verabschiedung gibt es keine neuen Grenzwerte für nicht dimmbare Vorschaltgeräte für Leuchtstofflampen. Verändert werden die Grenzwerte für Entladungslampen, und der Grenzwert für den Ruheverbrauch dimmbarer Vorschaltgeräte wird von 1 W auf 0,5 W gesenkt.

- **Anforderungen der dritten Stufe:** Acht Jahre nach der Verabschiedung gelten die folgenden Grenzwerte für Vorschaltgeräte von Leuchtstofflampen:

$$\eta = 71\% \text{ für VG bis 5 W (Nennleistung),}$$

$$\eta = 91\% \text{ für VG ab 100 W,}$$

$$\eta = \frac{P_{\text{Lampe}}}{2 \cdot \sqrt{\frac{P_{\text{Lampe}}}{36} + \frac{38}{36} P_{\text{Lampe}} + 1}} \quad \text{für VG zwischen 5 W und 100 W.}$$

#### Fazit:

Es kann keine Rede davon sein, dass z. B. konventionelle, magnetische Vorschaltgeräte in Zukunft ver-

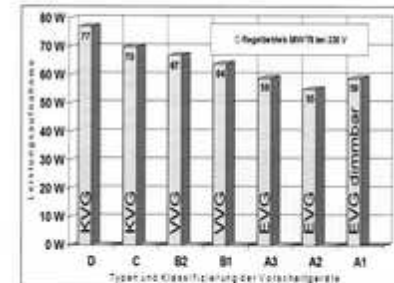


Bild 1: Energieeffizienzindex-Klassen (EEI) nach EU-Richtlinie 2000/55/EG für ein Vorschaltgerät und eine Leuchtstofflampe 58W

boten wären, VVG-Vorschaltgeräte sind so gut und effizient, dass sie in der Umsetzung der neuen EU-Richtlinie bereits in der 1. Stufe ab 2010 den Anforderungen in Bezug auf den Energie-Effizienz-Index EEI erfüllen und die Grenzwerte für den Wirkungsgrad/Energieeffizienzklassen ab 2012 prozentual sogar reduzieren können!

Für sämtliche Leuchtstoff- und Gasentladungslampen werden Mindest-Wirkungsgrade (Licht-Ausbeuten) eingeführt – also für die Lampen allein ohne Betrachtung des Vorschaltgeräts. Dies ist sehr wichtig, da die Lampe den weitaus größten Teil der Energie immer noch selbst verbraucht, nicht das Vorschaltgerät, so dass eine Effizienz-Verbesserung hier deutlich mehr Energie einspart als am Vorschaltgerät.

Stets liest man von »den neuen, helleren T5-Lampen« und »den neuen, effizienteren T5-Lampen«. Zunächst muss man zwischen T5HO-Lampen (High Output) und T5HE-Lampen (High Efficiency) unterscheiden; dann erkennt man, dass das »Ausknutschen« (Herausholen größtmöglicher Leistung), wie meist in der Elektrotechnik, so auch hier auf Kosten des Wirkungsgrads geht. Besonders deutlich wird dies, wenn man die Ziele im Wirkungsgrad der Stufen 1 und 2 der neuen Verordnung betrachtet. Hier geben die T8-Lampen den Referenzwert für die Mindestlichtausbeute vor!

Fazit:

T8-Lampen sind so gut und effizient, dass sie in der Umsetzung der neuen EU-Richtlinie als Vorbild dienen, somit alle anderen/schlechteren Lampen, wie auch T5-HO-Lampen ab 2012 nachgebessert werden müssen, um die besseren Lichtwerte der T8-Lampen zu erreichen!

Zur Steigerung der Effizienz in der Beleuchtung oder zur Energie-Einsparung eignet sich in keinem Fall die Dimmung mit elektronischen Vorschaltgeräten EVG.

Nur dimmbare EVG dürfen sich mit der Effizienzklasse A1 zieren – doch was bedeutet das schon? Laut gegenwärtiger Verordnung (Bild 1) fällt ein EVG in Klasse A1, wenn es

- sich bis höchstens 10 % der vollen Helligkeit herunter dimmen lässt,
- bei voller Helligkeit wenigstens die Anforderungen der Klasse A3 erfüllt,
- bei 25 % der vollen Helligkeit höchstens 50 % der vollen Leistung (also jener der Klasse A3) aufnimmt.

Das heißt also im Klartext:

- Ein EVG der Klasse A1 ist höchstens so effizient wie ein EVG der Klasse A3.
- Der Wirkungsgrad eines dimmbaren EVG darf beim Dimmen auf die Hälfte (dessen der Klasse A3) absinken.

Hinzu kommt, was nicht berücksichtigt ist, dass die größten Energie-Einsparungen in den Beispiel-Rechnungen stets durch den Einsatz einer von Tageslicht und Präsenz abhängiger Dimmung erzielt werden. Diese Beispiele erwähnen jedoch nie den zur Steuerung erforderlichen Leistungsbedarf, der auch Nachts und am Wochenende bestehen bleibt.

Dieser lässt sich technisch auf ein Minimum beschränken, doch die Praxis zeigt oft etwas anderes. So schluckt jede Leuchtstoffröhre, die, statt wirklich abgeschaltet zu werden, nur auf »Dimmstufe 0« heruntergedimmt wird, einen Restbedarf von etwa 3 W bis 5 W, weil im Dimmbetrieb die Kathoden dauerhaft beheizt werden müssen. Wer oder was stellt sicher, dass die Lampe wirklich abgeschaltet ist, wenn das Licht »aus« ist?

Ein dimmbares EVG lässt sich zudem überhaupt nicht ganz ausschalten, da es zum erneuten Anfahren stets bereitgehalten werden muss. Signale aus der Steuerleitung zu empfangen. Wegen dieses Betriebsbedarfs, der im Übrigen durch die zukünftige EU-Richtlinie<sup>1)</sup> zunächst auf 1 W, später auf 0,5 W je EVG begrenzt werden soll (also gegenwärtig höher liegt), lässt Ihnen die bei Tage erzielte Einsparung leicht bei Nacht und Nebel wieder »durchs Netz gehen«.

In Bild 2 ist dargestellt, wie sich der Wirkungsgrad beim Einsatz der jeweiligen Spartechnik verändert: Beim dimmbaren EVG sinkt er, und beim VVG mit Spannungs-Reduzierer steigt er – wobei die EVG-Technik mit T5-Lampen gegenüber dem VVG mit T8-Lampe auch ungedimmt schon nicht recht überzeugt.

**3. Die besten Lampen sind doch T5- und LED-Lampen, das ist die Zukunft! Oder etwa nicht?**

In entsprechenden Fallstudien, wie sie sich regelmäßig in der Fachpresse nachlesen lassen, wird leider

meist der Betrieb altersschwacher Leuchten mit veralteten Leuchtmitteln und den alten, ineffizienten, »konventionellen Vorschaltgeräten« (KVG), die heute innerhalb der EU gar nicht mehr in den Verkehr gelangen dürften, einer komplett modernisierten und nach neuesten Erkenntnissen optimierten Anlage gegenübergestellt, die dann wie selbstverständlich mit EVG ausgestattet ist.

Die Erfolge sind natürlich fantastisch und absolut überzeugend, jedoch zum aller kleinsten Teil auf den Einsatz der EVG zurückzuführen. Dass seit langem schon auf besten Wirkungsgrad statt auf billigsten Preis hin optimierte, so genannte »verbesserte induktive Vorschaltgeräte« (VVG) zur Verfügung stehen, wird weder erwähnt, noch wird deren Einsatz in Erwägung gezogen. Dabei könnten gerade diese die gutmütigen Eigenschaften des äußerst robusten und langlebigen induktiven Vorschaltgeräts mit einem guten Gesamt-Wirkungsgrad der Beleuchtung verbinden.

Wenn man die Lampen nicht »Vollgas« fährt, sondern die Leistung ein wenig drosselt, lässt sich der ohnehin schon gute Wirkungsgrad eines solchen Systems mit VVG auf ganz einfache Art weiter verbessern, indem man die Betriebsspannung ein wenig absenkt. So zeigten Labormessungen:<sup>2)</sup>

- Ein System aus einer T8-Lampe 58 W und einem VVG der Effizienzklasse B1 liefert beim Betrieb an 230 V einen Lichtstrom von 4952 Lumen und nimmt dabei 61,4 W auf.

Tabelle 1: Tabelle 17 der EU-Verordnung 245/2009										Dienstreue der Werte Werte aus der Richtlinie 2009/53/EG in Wirkungsgrade nach der neuen Richtlinie 245/2009						
Lampentyp		Wirkungsgrad Wirkungsgrad								Wirkungsgrad						
Lampentyp	Nennleistung	Wirkungsgrad	Wirkungsgrad	Wirkungsgrad	Wirkungsgrad	Wirkungsgrad	Wirkungsgrad	Wirkungsgrad	Wirkungsgrad	Wirkungsgrad	Wirkungsgrad	Wirkungsgrad	Wirkungsgrad	Wirkungsgrad	Wirkungsgrad	Wirkungsgrad
T8	18W	100lm/W	100lm/W	100lm/W	100lm/W	100lm/W	100lm/W	100lm/W	100lm/W	100lm/W	100lm/W	100lm/W	100lm/W	100lm/W	100lm/W	100lm/W

Tabelle 1: Tabelle 17 der EU-Verordnung 245/2009

Werte der Stufe 1 ab 2010						Stufe 2
T8 (26 mm Ø)						T5 (16 mm Ø)
		HE (High Efficiency)		HO (High Output)		
Nennleistung	Wirkungsgrad	Nennleistung	Wirkungsgrad	Nennleistung	Wirkungsgrad	Wirkungsgrad
18W	62lm/W	18W	90lm/W	24W	73lm/W	70lm/W
18W	73lm/W	21W	90lm/W	36W	73lm/W	87lm/W
25W	73lm/W	28W	93lm/W	49W	88lm/W	92lm/W
32W	83lm/W	35W	94lm/W	54W	92lm/W	92lm/W
36W	93lm/W			62W	73lm/W	88lm/W
36W	87lm/W					
50W	93lm/W					
70W	93lm/W					

Tabelle 2: Tabelle 1 der EU-Verordnung 245/2009

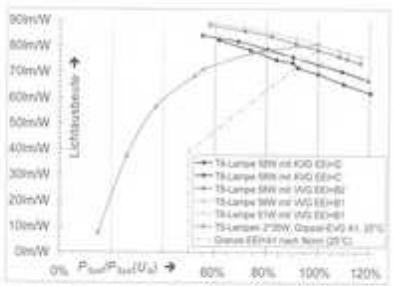


Bild 2: Vergleich der Wirkungsgrade

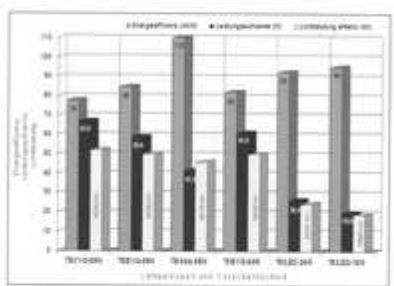


Bild 3: Vergleich der Energieeffizienz

- Ein System aus derselben T8-Lampe 58 W und einem EVG der Effizienzklasse A3 liefert beim Betrieb an 230 V einen Lichtstrom von 4718 lm und nimmt dabei 54,8 W auf.

Das EVG-System hat also in der Tat eine deutlich niedrigere Leistungsaufnahme, liefert dafür aber auch weniger Licht! Dies ist unter Fachleuten der Beleuchtungs-Industrie anerkannte und allgemein hingegenommene Tatsache, ist aber nirgends nachzulesen. Es bietet sich also geradezu an, das VVG-System an zumindest so weit reduzierter Spannung zu betreiben, dass die Helligkeit der des EVG-Systems entspricht – hier von 230 V auf etwa 220 V. Der Wirkungsgrad, der bei der Beleuchtung meist richtiger »Lichtausbeute« genannt wird, beträgt dann:

- 83 lm/W für das VVG-System, entsprechend einer Gesamt-Leistung von 57 W, und
- 86 lm/W für das EVG-System, entsprechend einer Gesamt-Leistung von 55 W

bei gleicher Lichtleistung der beiden Systeme.

Hier besteht also noch ein leichter Vorteil für das EVG-System, wenn auch um Größenordnungen kleiner als man vielleicht erwartet hätte.

Senkt man die Spannung noch weiter, ungefähr bis auf die zulässige Untergrenze der Spannungstoleranz von  $\pm 10\%$ , also auf 207 V, so steigt die Lichtausbeute sogar über die des EVG-Systems! Es spricht auch technisch nichts dagegen, die Spannung noch weiter zu senken bis etwa 190 V.

Man muss sich nur des Umstands dessen bewusst sein, was man hier tut, da man die Lampen dann

außerhalb ihrer Spezifikation betreibt. Nichtsdestoweniger hat sich auch dieser Betrieb bewährt.

Wo ein geringer Rückgang der Beleuchtungsstärke (4576 lm anstatt 5200 lm) hingenommen werden kann, ist dieser Betrieb also effizienter als der Einsatz von EVG – und viel einfacher umzusetzen, robust, langlebig und auch noch kostengünstiger im Investitionsvolumen.

Wie in Tabelle 2 deutlich erkennbar ist, sind T5-Lampen die ineffizienteste Lichtquelle, da in der effizienten HE-Bauweise nur bis zu 35 W und 3300 lm Lichtleistung verfügbar! Die beste Effizienz mit einer der herkömmlichen T8-Lampe 58 W vergleichbaren Lichtleistung stellt dann die 54 W-HO-Lampe dar, die im Vergleich zu den anderen technischen Lösungen sehr schlecht abschneidet, eine 49 W- oder gar 80 W-Lampe sähe noch viel schlechter aus!

LED-Röhrenlampen überzeugen in ihrer Effizienz, allerdings erhält man mit etwa 2.500 lm aus etwa 1500 mm Länge weitaus weniger Licht, als von Leuchtstoffröhren mit etwa 5.000 lm erwartet werden kann. So würde man zwei LED-Röhren für dieselbe Lichtleistung benötigen. Wenn man mit weniger Licht auskommt, ist es also allemal ratsamer, Leuchtstofflampen mit VVG an reduzierter Spannung zu betreiben. Die Einbuße an Lichtleistung ist dann wesentlich geringer und kaum wahrnehmbar, sondern nur im Lichtlabor messbar.

#### 4. Lampen-Lebensdauer verbessern

Die Lebensdauer der Lampen hängt in entscheidender Weise von der Anzahl der Start-Vorgänge ab. Da der herkömmliche, zusammen mit einem VVG

gewöhnlich eingesetzte Glimmstarter je einen Start-Vorgang durch mehrere Start-Versuche ersetzt und die Lampen zumeist mehrmals aufblitzen lässt, ehe sie endlich brennen, ist es kein Wunder, wenn man mit EVG eine längere Lampen-Lebensdauer erreicht. Dies setzt jedoch voraus, dass die Lampen ordentlich vorgeheizt werden, also ein EVG mit Warmstart zum Einsatz kommt, was nicht Standard ist und sich die Hersteller als Extra zum Extra-Preis bezahlen lassen, während er beim VVG technisch unvermeidlich schon immer zum Prinzip gehörte.

Entsprechendes gilt im Übrigen auch für die so genannte Cut-Off-Technologie, also die dauerhafte Abschaltung der Kathodenheizung nach erfolgreicher Zündung, was beim EVG der Standard sein sollte, es aber nur beim VVG ist und beim EVG allenfalls als kostenpflichtiges Sonder-Zubehör geliefert wird.

Das VVG-System lässt sich sehr einfach mit sämtlichen sonst nur dem EVG zugeschriebenen Vorteilen komfortabel aufrüsten, indem man das VVG mit einem elektronischen Starter verziert. Diese Starter gibt es seit Jahrzehnten, doch noch immer haben sie nicht den Bekanntheitsgrad erlangt, der ihnen gebührt.

Das ganze Geheimnis ist, dass der darin statt des »industriellen Wackelkontakts« eingesetzte GTO-Thyristor den Vorheizstrom immer genau in dessen Scheitelpunkt unterbricht und so in dem VVG mit Sicherheit den größtmöglichen Selbst-Induktionsstoß zur Zündung erzeugt, was dem Glimmstarter nur nach dem Zufallsprinzip gelingt.

Diese Starter kosten knapp 3,00 Euro, haben aber mindestens die 30-fache Lebensdauer eines Glimmstarters. Ein Hersteller<sup>2)</sup> berichtet eine Rücklaufquote von 20 ppm und kann es sich folglich leisten, 10 Jahre Garantie auf seine Produkte zu gewähren.

Auf keinen Fall sollten diese Starter beim Lampenwechsel weggeworfen werden, sondern ein Leben lang in der Leuchte verbleiben.

Mit diesen Startern ist mindestens die gleiche Verlängerung der Lampen-Lebensdauer zu erwarten wie mit einem Warmstart-EVG. Auch die dauerhafte Abschaltung aufgebrauchter Lampen statt einer Woche Arbeit im Blitzlicht-Gewitter gewährleistet das VVG mit elektronischem Starter ebenso sicher wie das EVG.

Fazit:

*Entscheidend ist für die Beleuchtung nur noch die Energieeffizienz, eine Technik wird nicht erlaubt oder verboten!*

*Der Stand der Technik ist festgelegt, Auslegungen nicht möglich!*

Man bedient sich der zuverlässigsten und effektivsten Technik, also

- VVG-Vorschalttechnik,
- T8-Leuchtstofflampen und
- Elektronischen Startern,
- Spannungsstabilisierung mit STILA-ENERGY<sup>®</sup> MACH2000

Das ist am effektivsten und am günstigsten, sowohl im Bestand, als auch beim Neubau! Denn für eine 58 W Leuchtstoffröhre sind im Neubau bei Erfüllung der geforderten Lichtwerte nur 37,6 W nötig!

**Das ist besser als LED oder T5!**

#### 5. Quellen

- 1) EU-Verordnung 245/2009 (<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ.L.2009.076.0017.0044.DE:PDF>)
- 2) Deutsches Institut für angewandte Lichttechnik ([www.dial.de](http://www.dial.de))
- 3) M+R Multitronik GmbH ([www.multitronik.com](http://www.multitronik.com); [www.palmstep.com](http://www.palmstep.com))



Bild 4: Bisherige gewöhnliche Glimmstarter



Bild 5: Fortschrittliche elektronische Starter