

Vorzüge des Betriebs von Leuchtstofflampen mit EVGs

R. Schnor, Bergisch Gladbach

Bezüglich des Einsatzes elektronischer oder magnetischer Vorschaltgeräte zum Betrieb von Leuchtstofflampen gibt es unterschiedliche Meinungen. In den Beiträgen [1] und [2] wurde zum Betreiben von Leuchtstofflampen sehr ausführlich Stellung genommen. Da es zu darin getroffenen Aussagen über die magnetischen Vorschaltgeräte mit minimierten Verlusten (VVG) durchaus auch andere Auffassungen gibt, werden nun die Vorzüge der Verwendung elektronischer Vorschaltgeräte (EVG) für Leuchtstofflampen beschrieben.

1 Leuchtstofflampen bleiben weiterhin dominierend

Leuchtstofflampen sind inzwischen seit mehr als 60 Jahren im Einsatz und werden auch weiter eine dominierende Rolle bei der Innenraumbeleuchtung spielen. Die verschiedenen Leuchtstofflampenfamilien lassen sich aufgrund der zeitlichen Entwicklungsschritte nach ihrem Durchmesser einteilen (38 mm, 26 mm und 16 mm). Neben der Unterteilung nach Durchmessern ist ebenso ein Bezeichnungssystem gebräuchlich, dessen Grundlage die Maßeinheit Zoll (inch; 1 inch = 25,4 mm) aus dem englischen bzw. amerikanischen Sprachraum ist. Diese Form wird international von der Lampenindustrie verwendet [3, S. 203]. Nachfolgend einige Beispiele:

- T12-Lampe: Ø 38 mm, z. B. 40 W, 120 cm; Sockel G13;
- T10-Lampe: Ø 32 mm, z. B. 40 W, 120 cm; Sockel G13;
- T8-Lampe: Ø 26 mm, z. B. 36 W, 120 cm; Sockel G13;
- T5-Lampe: Ø 16 mm, z. B. 54 W, 115 cm; Sockel G5.

Die Verteilung der Lampenfamilien auf Basis des Durchmessers ist regional sehr unterschiedlich. So ist z. B. in Nordamerika derzeit noch die T12-Lampe relativ stark vertreten. Eine in der Mitte des Jahres 2007 durchgeführte orientierende Abschätzung enthält die **Tafel 1**, die auf einer Angabe in der neueren Fachliteratur basiert [3]. In unseren Breiten dominieren die bekannten Systeme T8 (z. B. 18 W, 36 W und 58 W) sowie T5 (14 W bis 80 W).

Mitte der 1990er Jahre brachten die Firmen Osram und Philips die T5-Lampen auf den Markt, die zu den bestimmenden Typen in der Innenraumbeleuchtung geworden sind (Typenreihen HE „High Efficiency“ und HO „High Out-

put“). Ihre besonderen Eigenschaften und der geringe Durchmesser von nur 16 mm haben auch das Leuchtdesign positiv beeinflusst. In den Jahren 2004 und 2005 wurde das System T5-HO um eine Reihe von Lampen 24 W bis 80 W ergänzt, deren Lichtstrom in einem weiten Bereich der Lampenumgebungstemperatur von +5 °C bis +70 °C nahezu konstant ist (Amalgamtechnologie, z. B. Produktreihe Osram HO Constant). Sie sind besonders in engen Innenleuchten von Vorteil, bei denen im Umfeld der Lampen oftmals Temperaturen von etwa +60 °C anzutreffen sind, aber ebenso auch in Außenleuchten oder Anwendungen in Räumen mit Minusgraden (z. B. Eissporthallen, Kühlräume). Somit sind T5-Lampen nach dieser Technologie ein weiterer Beitrag zur Effizienzsteigerung im System [4].

Leuchtstofflampen bieten nicht nur eine Vielfalt an Lichtfarben sowie auch an Leistungstypen/Längen und decken so nahezu alle Anwendungsbereiche ab, sondern weisen in den Systemen T8 und T5 zudem hohe Werte der Lichtausbeute auf. Wesentliche Merkmale der hohen Wirtschaftlichkeit von T8- und T5-Leuchtstofflampen sind die hohe Lichtausbeute [lm/W] durch den Einsatz hoch effektiver Dreiband-Leuchtstoffe und die hohe Lebensdauer der Lampen. Die Dreiband-Leuchtstoffe und die Anwendung moderner Beschichtungstechnologie sichern auch ein sehr gutes zeitliches Lichtstromverhalten (Lichtstromverlauf im Laufe der Lebensdauer), d. h. sehr geringen Lichtstromabfall.

2 Gegenüberstellung von VVG und EVG

Der Betrieb der Leuchtstofflampen erfordert zur Strombegrenzung ein Vorschaltgerät. Dies gilt auch für die von ihrer Art her ähnlichen Kompaktleuchtstofflampen. Dafür kann ein magnetisches Vorschaltgerät (VVG; auch als „Drossel“ bezeichnet) oder ein elektronisches Vorschaltgerät (EVG) zum Einsatz kommen. Bei der Verwendung eines magnetischen Vorschaltgerätes sind darüber hinaus noch ein Starter zur Zündung sowie ein Kompensa-

Tafel 1 Typenverteilung von Leuchtstofflampen nach Lampenfamilien

Schätzung für Mitte 2007, basierend auf Angaben aus 2005 in [3]

Typenreihen	Anteil in % (orientierter Wert)		
	Welt	Europa	Deutschland
T12/T10 (Ø 38 mm/ 32 mm)	59	4	3
T8 (Ø 26 mm)	38	84	81
T5 (Ø 16 mm)	3	12	16

tionskondensator zur Leistungsfaktorkorrektur erforderlich (drei Bauteile). Im EVG sind die Funktionen Zündung, Strombegrenzung und Kompensation in einem Gerät integriert. Von den magnetischen Vorschaltgeräten dürfen heute in der EU nur noch die verlustarmen Geräte der EEI-Klassen B1 und B2 (VVGs) verwendet werden, im November 2005 wurden Geräte der C-Klasse (KVGs) „verbannt“. Dies erfolgte im Rahmen der EU-Richtlinie 2000/55/EG „Energieeffizienzanforderungen an Vorschaltgeräte für Leuchtstofflampen“. Sie gehört zu einem Netzwerk von Richtlinien der EU, die in Zusammenhang mit dem Kyoto-Protokoll zur Reduzierung des Treibhausgases CO₂ stehen. Gegenstand dieser Richtlinie ist die ausschließliche Verwendung solcher Vorschaltgeräte (VG), die eine niedrige Systemleistung sicherstellen.

Energieeffizienzklassen. Die Vereinigung der europäischen Leuchten- und Vorschaltgeräteherstellerverbände CELMA hat eine Klassifizierung der Schaltungen von Lampe und VG nach dem Energieeffizienzindex EEI (Energy Efficiency Index) in sieben Klassen eingeführt:

- Klasse D: elektromagnetische Vorschaltgeräte mit hohen Verlusten
- Klasse C: elektromagnetische Vorschaltgeräte mit moderaten Verlusten
- Klasse B2: elektromagnetische Vorschaltgeräte mit niedrigen Verlusten
- Klasse B1: elektromagnetische Vorschaltgeräte mit sehr niedrigen Verlusten
- Klasse A3: elektronische Vorschaltgeräte
- Klasse A2: elektronische Vorschaltgeräte mit niedrigen Verlusten
- Klasse A1: elektronische Vorschaltgeräte zur Helligkeitssteuerung.

Für die einzelnen EEI-Klassen sind lampenbezogene Grenzwerte der Systemleistung festgelegt. Nach der Richtlinie dürfen Geräte der Effizienzklasse D seit dem 21.5.2002 nicht mehr auf dem europäischen Markt vertrieben werden. Gleiches gilt seit dem 21.11.2005 auch für Geräte der Klasse C (Verbannungsstufen). Demnach sind nur noch verlustarme Geräte (VVGs) der Klassen B1 und B2 sowie elektronische Geräte (EVGs) einsetzbar. Dank dieser Richtlinienpolitik, basierend auf fach-

Autor

Dipl.-Ing. Reinhard Schnor, Bergisch Gladbach, war 40 Jahre in der Lampenindustrie tätig, hat sich dabei schwerpunktmäßig mit Anwendungsfragen beschäftigt und ist ein Mitautor des Fachbuchs [3].

lichen Grundlagen von CELMA 1999, haben die EVGs im Interesse verbesserter Effizienz stärker an Bedeutung gewonnen [3, S. 278]. Tafel 2 gibt einen Überblick über die Grenzwerte der EEI-Klassen für ausgewählte Typen von Lampen T8 und T5. Dabei wird klar, dass für T5 keine magnetischen Geräte vorgesehen sind. Heutzutage ist der Anteil verwendeter EVGs in neuen Leuchten je nach Sortiment der Leuchtenhersteller relativ hoch (70 – 85 %), sodass führende Hersteller magnetischer Vorschaltgeräte aufgrund der Nachfrage verstärkt auch EVGs im Angebot haben. Bereits heute werden schon einfache Lichtleisten in Lichtbandanordnung für frei strahlende T8-Leuchtstofflampen (meist 58 W) mit EVGs ausgestattet. Dies ist nicht nur ein Beispiel für hohe Energieeffizienz, sondern auch für Kostenbewusstsein beim Betreiber.

3 Vorzüge der EVGs gegenüber VVGs

EVGs haben im Laufe ihrer fast 30-jährigen Existenz viele Etappen durchlaufen. Vom anfänglichen zweiteiligen Kaltstartgerät bis zum intelligenten dimmbaren Multiwattgerät heute hat sich eine rasante Entwicklung vollzogen. Eine lange Lebensdauer bei Einhaltung der Temperaturgrenzwerte (t_c) sowie ein hohes Maß an Zuverlässigkeit bei Verwendung hochwertiger Bauelemente kennzeichnen die Geräte namhafter Hersteller. Gerade für Leuchtstoff- und auch Kompaktleuchtstofflampen ist das verfügbare Sortiment recht groß. Darüber hinaus sind mit den dimmbaren Systemen auch viele neue Anwendungsgebiete erschlossen worden. Vergleicht man die magnetischen Geräte mit den EVGs, so ergeben sich besonders bei der Innenraumbeleuchtung mit EVGs einige Vorteile bzw. Möglichkeiten, die magnetische Vorschaltgeräte einfach nicht aufweisen können. Am Beispiel der Hauptlampenart, Leuchtstofflampen für die Innenraumbeleuchtung, lassen sich folgende Vorzüge der EVGs aufzeigen:

- hohe Systemlichtausbeute, d. h. geringere Systemanschlussleistung pro Lampe bei gleichzeitig hohem Lichtstrom,
- Möglichkeit zur Steuerung der Beleuchtung in Abhängigkeit vom Tageslicht bzw. von der Anwesenheit im Raum (Präsenzmelder) bei Verwendung dimmbarer Geräte und damit weitere Energieeinsparung,
- hohe Lebensdauer und verbessertes zeitliches Verhalten der Lampen, besonders ausgeprägt bei Geräten mit optimalem Warmstart (bis zu 50 % höhere Lebensdauer), daraus resultierend geringerer Aufwand für Lampenersatz,
- konstante Lichtleistung der Lampen über einen weiten Bereich der Netzspannung bei Verwendung geregelter Geräte (bezogen auf Leistung bzw. Strom),
- erhöhter Lichtkomfort durch flackerfreien Lampenstart,

Tafel 2 Maximale Systemleistung verschiedener Leuchtstofflampenschaltungen nach den CELMA-Klassen (EEI) A1 bis B2 zum Betreiben bei 50 Hz und HF (EVG)

Werte für Klasse A1 (dimmbare EVGs) beziehen sich auf die Dimmstellung 25 % [3, S. 278]; *) nicht mehr zulässig in der EU (nur zum Vergleich)

Leuchtstoff- lampentyp	Lampenleistung [W] bei Betrieb an		maximale Systemleistung [W] für VG der EEI-Klasse							
			EVG			VVG		KVG		
	50 Hz	HF	A1	A2	A3	B1	B2	C ^{*)}	D ^{*)}	
T8 18 W	18	16	10,5	19	21	24	26	28	> 28	
T8 30 W	30	24	16,5	31	33	36	38	40	> 40	
T8 36 W	36	32	19	36	38	41	43	45	> 45	
T8 58 W	58	50	29,5	55	59	64	67	70	> 70	
T5 28 W	/	28	17	32	34	/	/	/	/	
T5 54 W	/	54	31,5	60	63	/	/	/	/	

Tafel 3 Lebensdauerwerte von Entladungslampen für Beleuchtung (Auszug aus einer Tabelle der ZVEI-Schrift aus dem November 2005)

Lebensdauerangaben für Leuchtstofflampen auf Basis eines einheitlichen Schaltrhythmus von 12 h und einer Ausfallrate von 10 % (12B10) [3, S. 244]; EVG = Warmstartgerät

Lampenart	Vorschaltgerät	Lampentyp	Nennlebensdauer [h]
Leuchtstofflampen Ø 16 mm (T5)	EVG	14 bis 80W	20 000
Leuchtstofflampen Ø 26 mm (T8)	EVG	18 bis 58W, 3-Banden-Leuchtstoff	16 000
	VVG	18 bis 58W, 3-Banden-Leuchtstoff	11 000
	VVG	18 bis 58W, Standard-Farben	8 000

- flimmerfreies Licht und Vermeidung des stroboskopischen Effekts wegen des HF-Betriebs der Lampen
 - geringerer Teile- und Verdrahtungsaufwand, da die Funktionen Zündung, Strombegrenzung und Kompensation im EVG integriert sind,
 - keine magnetische Störinduktion,
 - automatisches Abschalten bei defekter Lampe und Wiedereinschalten nach dem Lampenwechsel,
 - Betrieb an Gleichspannung ist möglich.
- Die höheren Werte der Systemlichtausbeute gegenüber magnetischen Vorschaltgeräten (VVGs) resultieren im Wesentlichen aus zwei Effekten, die sich am Beispiel des Leuchtstofflampenbetriebs verdeutlichen lassen:

1. Bei einem Betrieb in dem Frequenzbereich 40...80 kHz ergibt sich gegenüber dem Betrieb an 50 Hz eine etwa 12 % höhere Lichtausbeute.
2. Der Betrieb an höherer Frequenz erfordert nur eine kleine Drossel mit niedriger Induktivität und damit verbundener kleiner Verlustleistung [3, S. 284].

4 Lebensdauer einer Leuchtstofflampe

In ihren Unterlagen verweisen die Lampenhersteller darauf, dass es bei der Angabe der Lebensdauer (auch des zeitlichen Lichtstromverhaltens) einen Unterschied zwischen der Betriebsweise VVG/Glimmstarter und (Warmstart) EVG gibt. Auch in einer neueren Unterlage des ZVEI vom November 2005, die unter Mitwirkung aller im ZVEI integrierten Lampenhersteller entstand, ist dies ausgewiesen. So beträgt der Gewinn an Lebensdauer beim EVG-Betrieb etwa 50 %, wie auch in Tafel 3 ausgewiesen. Man kann diesen doch recht großen Unterschied zwar durch Verwendung

eines elektronischen Starters verringern, aber nicht beseitigen, denn ein EVG sorgt nicht nur für einen optimierten Zündvorgang sondern auch noch für eine schonende Betriebsweise der Lampen. Dies vermag die Betriebsweise VVG/Elektronik-Starter nicht. Bei höheren Frequenzen werden die Elektrodenverluste, insbesondere der Katodenfall, reduziert und dies führt zum Lebensdaueranstieg. Zudem entfällt die im 50-Hz-Betrieb notwendige Wiederzündspitze in jeder Halbwelle.

Schon aus Kostengründen wird der Leuchtenhersteller bei einer mit VVG ausgestatteten Leuchte immer zum Glimmstarter greifen, der übrigens bei Markenfabrikaten eine gute Standzeit und Zündsicherheit bis –20 °C besitzt. Elektronik-Starter sind daher eher ein Komfortbauelement für Anwendungen, bei denen man mit einem VVG Sofortlicht haben will oder für Fälle, in denen die Lampe bei sehr niedrigen Temperaturen gezündet werden soll. Doch auch hier hält ein EVG mit –25 °C noch gut mit. In der Industriebeleuchtung mit bekanntlich langen Einschaltzeiten für die Leuchten dürfte bei Ausstattung mit VVG der Glimmstarter die Regel sein, eventuell findet noch der Sicherungsstarter Verwendung, z. B. in Anlagen mit schwer zugänglichen Leuchten. Auch hier liegt der Sicherungsstarter preislich unter dem Elektronik-Starter.

5 Nur mit EVG möglich – Betrieb von T5-Lampen

Die elektrischen Werte einer T5-Leuchtstofflampe erfordern beim Betrieb an 230 V den Einsatz eines EVG, da ein stabiler Arbeitspunkt beim Einsatz von magnetischen Vorschaltgeräten nur erreichbar ist, wenn die Lampenspannung (auch Brennspannung genannt) maximal etwa die Hälfte der Netzspannung beträgt. Bereits bei der Konzeption der

Tafel 4 Ergebnisse von Effizienzmessungen mit verschiedenen marktüblichen Vorschaltgeräten an Dreiband-Leuchtstofflampen

Maßgebend für Bewertungen ist der Effizienzwert des Systems in Lumen pro Watt (lm/W)
Messbedingungen: T8-Lampe 58 W mit Lichtfarbe 840; 100 Stunden eingebrannt; gemessen bei Umgebungstemperatur +25 °C; Messdauer je 10 Minuten; U-Kugel mit Ø 2 m

	Art des Vorschaltgeräts (VG)				
	magnetisch			elektronisch	
	verlustarm	verlustarm	moderate Verluste	typbezogen	Multiwatt
EEL-Klasse	B1	B2	C	A2	A2
Verwendbar für Lampen	T8 (1 · 58 W)	T8 (1 · 58 W)	T8 (1 · 58 W)	T8 (1 · 58 W)	T8 (1 · 58 W) T5 (1 · 28 W) T5 (1 · 54 W)
Effizienzwerte bei 230 V					
Lampe [lm/W]	88,5	88,6	87,5	99,2	96,7
System [lm/W]	77,6	75,0	74,2	88,4	87,0
Effizienzwerte bei 235 V					
Lampe [lm/W]	88,1	88,2	86,9	99,2	96,7
System [lm/W]	76,5	73,6	72,7	88,5	87,0
Masse [kg]	1,3	0,8	0,8	0,3	0,3
Bemerkungen			Werte hierfür nur zur Information	beide A2-Geräte besitzen auch das VDE-Zeichen für EMV	

neuen Lampen T5 war man sich aufgrund des kleinen Lampenstromes und der damit verbundenen hohen Lampenspannung darüber im Klaren, dass im Interesse einer hohen Effizienz des Systems nur der EVG-Betrieb in Frage kommt. Die im Beitrag [1] unter Abschnitt 3.2 ins Spiel gebrachte Verwendung eines magnetischen Geräts für die T5-Leuchtstofflampe mit 80 W wird beim Leuchtenhersteller wohl kaum Interesse finden, zumal dieser seine Leuchte dann für ein Netz mit 400 V sowie für den Einsatz eines Elektronik-Starters auslegen müsste. Ein solches Gerät hat dann etwa 2 kg Masse und wird in einer schlanken Leuchte sicherlich kaum unterzubringen sein. Für zweilampigen Betrieb wären zwei solcher Geräte notwendig. Im Gegensatz dazu genügt hier ein EVG für 2 · 80 W, das bei Bedarf auch dimmbar sein kann.

Bei den EVGs für T5-Leuchtstofflampen ist noch darauf hinzuweisen, dass zum Erreichen des maximalen Lichtstromwertes der Lampen HE und HO eine Coldspot-Temperatur (Kühlstelltemperatur) an der Lampe bzw. eine Quecksilbertemperatur von etwa +40 °C erforderlich ist. Dies lässt sich jedoch nur dann erreichen, wenn die Dauerheizung der Elektroden nach der Zündung der Lampen zurückgenommen wird. Gelöst wird dies mit einer im Gerät integrierten Cut-off-Schaltung. Darüber wurde bereits 1999 berichtet [5].

„Cut-off“ ist somit kein Extra zum Extrapreis, sondern ein EVG-Merkmal für maximale Energieeffizienz bei T5-Lampen. Neu ist seit September 2007 die laut EVG-Sicherheitsnorm IEC 61347-2-3 [6] verbindliche Ausstattung der EVGs für T5-Lampen (gilt auch für bestimmte EVGs für Kompaktleuchtstofflampen) mit permanent wirkender End-of-Life-Sicherheitsabschaltung (EoL), die eine am Ende der Lebensdauer einer Lampe unter Umständen

auftretende Überhitzung des Lampensockels (hervorgerufen durch Temperaturerhöhung im Wendelbereich) verhindert. Nach der Norm sind hierfür drei Testschaltungen möglich, wovon mindestens eine realisiert sein muss. Auch über diese Problematik wurde bereits im Jahr 2003 berichtet [7]. „Cut off“ und „EoL“ sind demnach keine Marketingeingebungen, sondern Mittel zum konsequenten Umsetzen berechtigter Anforderungen und zum Erfüllen von Normen.

6 Umfassender Betrieb mehrerer Lampen mit EVGs

Im Beitrag [2] wird der Tandembetrieb von Leuchtstofflampen und Kompaktleuchtstofflampen sehr ausführlich beschrieben. Jedoch ist diese Betriebsweise mit magnetischen Vorschaltgeräten (VVG) auf wenige Lampentypen mit niedrigen Leistungen beschränkt, so z. B. bei T8-Lampen bis 18 W. Die Betriebsweise mit einem EVG bietet hier wesentlich mehr Möglichkeiten für beide genannten Lampenarten, so z. B. drei bzw. vier Lampen 14 W T5 oder 18 W T8 bzw. zwei Lampen 58 W T8 an nur einem EVG.

Gerade zweilampige Leuchten mit höherer Leistung spielen in der Anwendung eine große Rolle. Für Leuchtenhersteller ergeben sich an diesem Beispiel erhebliche Kostenvorteile, da alles mit einem Gerät (EVG) möglich ist und nicht zwei Geräte B1 oder B2 sowie zusätzlich zwei Starter und ein Kondensator benötigt werden. Noch deutlicher wird es bei einer Leuchte für vier Lampen vom Typ T8 18 W. Hier ist ein EVG für 4 · 18 W T8 ausreichend, während zwei VVGs für 36 W T8, vier Tandemstarter sowie auch ein Kondensator zum VVG-Betrieb notwendig wären.

7 Ergebnisse einer vergleichenden Messung

Für diesen Beitrag wurden ebenfalls Praxis-Messungen an T8-Lampen mit 58 W durchgeführt, die mit verschiedenen neueren Vorschaltgeräten betrieben und hinsichtlich ihrer Systemlichtausbeute untersucht wurden. Deutlich zeigt sich hier der Vorteil der EVGs mit erheblich höheren Werten der Systemlichtausbeute. Die anderen Vorzüge der Betriebsweise mit EVGs wurden bereits dargelegt. Interessant ist aber, dass der Unterschied zwischen den Geräten B1 und B2 bezüglich der Systemlichtausbeute gering ist. Diese Messungen erfolgten bei 230 V und 235 V, bei den Grenzwerten 207 V und 253 V wurde nicht gemessen, da derartige Werte für die Praxis nicht relevant sind (Tafel 4).

8 Fazit

Der Beitrag [1] enthält die Aussage, dass die optimale Lösung zum Betrieb einer Leuchtstofflampe aus einem VVG der Klasse B1 (im Allgemeinen die Klasse mit dem niedrigsten, mit einem VVG noch realisierbaren, Verlustpegel) und einem elektronischen Starter besteht. Dagegen wurde hier aufgezeigt, dass die heute verfügbaren EVGs und die mit ihnen gegebenen Möglichkeiten diese Aussage durchaus in Zweifel ziehen. In der Praxis der Leuchtenherstellung wird ohnehin eine eigene Sprache gesprochen, die „Pro EVG“ heißt. Den Leuchtenherstellern kann man wohl bescheinigen, dass sie wissen was Effizienz ist und ein gesundes Einschätzungsvermögen für Kosten haben. Aber auch der Endabnehmer in Gestalt des Kundenkreises in Industrie, Handel, Gewerbe sowie im kommunalen Sektor kann die hohe Effizienz des Lampenbetriebs mit EVGs nachvollziehen. Der EVG-Einsatz ist auch ein Beitrag zum Erreichen des Ziels der Bundesregierung, die Energieeffizienz um 3 % zu steigern (Klimagipfel Juni 2007).

Literatur

- [1] Fassbinder, S.: Elektronische Starter für Leuchtstofflampen. Elektropraktiker, Berlin 60(2006)11, S. 937–941.
- [2] Fassbinder, S.: Tandemschaltung für Leuchtstofflampen. Elektropraktiker, Berlin 60(2006)12, S. 1023–1028.
- [3] Baer, R. (Hrsg.) u. a.: Grundlagen Beleuchtungstechnik. 3. überarbeitete Auflage; Berlin, HUSS MEDIEN GmbH, 2006.
- [4] Beck, M. u. a.: New technology T16 mm (T5) HO Constant – fluorescent lamps. Lux-junior-Tagungsvortrag, September 2007, Ilmenau.
- [5] Herdl, J.: Maximale Energieeffizienz. EVG-SPOT 2/99; Firmenschrift Osram.
- [6] DIN IEC 61347-2-3/A3 (VDE 0712-33/A3): 2007-08 Geräte für Lampen – Teil 2–3: Besondere Anforderungen an wechselstromversorgte elektronische Vorschaltgeräte für Leuchtstofflampen.
- [7] Orth, K.: Sicherheit garantiert. EVG-SPOT 1/2003; Osram-Firmenschrift.