

VVG-Vorschaltgeräte in der Beleuchtungstechnik

S. Fassbinder, Düsseldorf

Wird über den sparsamen Betrieb von Leuchtstofflampen gesprochen, dann oft auch über elektronische Vorschaltgeräte (EVG), die weniger Verluste verursachen als konventionelle induktiv arbeitende Vorschaltgeräte (KVG) und Lampen schonen. Hierbei bleibt die Existenz der verbesserten induktiven Vorschaltgeräte (VVG) häufig unerkannt. Im Prinzip arbeiten diese wie ein KVG, sind aber auf das Betriebs-Verhalten optimiert und im Gegensatz zu den EVG nicht viel teurer als KVG.

1 VVG haben keine Lobby

VVG fristen ein Schattendasein, einige Elektrofachkräfte glauben gar, es gäbe keine induktiven Vorschaltgeräte mehr, obwohl diese noch immer einen EU-Marktanteil von 75 % einnehmen. Eine Fachzeitschrift berichtete, induktive Vorschaltgeräte seien bereits verboten worden. Dies ist nicht verwunderlich, denn EVG haben eine Lobby, VVG nicht. Das liegt an zwei strukturellen Eigentümlichkeiten des Marktes:

- Große Lampen-Hersteller treten teilweise auch als Hersteller ausschließlich elektronischer Vorschaltgeräte auf.
- Die wenigen Anbieter von KVG und VVG in Deutschland produzieren in einer anderen Abteilung oder außerhalb des Landes EVG und können ihre günstigeren Produkte mit der geringeren Wertschöpfung nicht bewerben.

Mit der ursprünglichen Absicht, induktive Vorschaltgeräte auf lange Sicht zu verbieten, hat die EU in ihrer Richtlinie 2000/55/EG Leuchtstofflampen und die jeweiligen Vorschaltgerä-

te klassifiziert. Dies wurde von der beratenden Industrie empfohlen, jedoch anschließend verworfen. Geblieben ist ein vorteilhaftes Schema zum Einteilen von Vorschaltgeräten nach Wirkungsgradklassen (Tafel 1).

2 Vorteile eines EVG aus Sicht der Industrie

Die Industrie betont in Beratungen zur Energieeffizienz die Vorteile des EVG gegenüber den KVG und VVG wie folgt:

- 1 Die Lampe wird im Hochfrequenz-Bereich 20 kHz...60 kHz betrieben, dadurch bedarf sie einer kleineren Leistungsaufnahme und ermöglicht einen besseren Gesamtwirkungsgrad der Leuchte. Effizienzklasse A2 in Tafel 1 ist für ein induktives Vorschaltgerät nicht zu erreichen.
- 2 Bei einer hohen Betriebsfrequenz der Lampe entfällt das 100-Hz-Flimmern des Lichtes.
- 3 Die meisten EVG lassen sich durch eine Katoden-Vorheizung warm starten. Dadurch ist die Lebensdauer der Leuchtstofflampen um etwa 30 % höher.
- 4 Moderne EVG sind auch mit einer so genannten Cut-Off-Technologie erhältlich, die die Katodenheizung abschaltet, sobald die Lampe gezündet hat.

- 5 EVG werden auch mit Sofortstart-Fähigkeit angeboten.
- 6 Defekte Lampen werden automatisch abgeschaltet. Dadurch wird das Aufblitzen durch versuchte Neustarts verhindert.
- 7 Es lassen sich ausschließlich mit EVG effiziente T5-Lampen einsetzen.
- 8 EVG können durch Dimmbarkeit und eventuelle Lichtsteuerung zusätzlich Energie sparen.

3 Vorteile der elektronischen Vorschaltgeräte sind relativ

Diese erwähnten Vorteile der EVG relativieren sich wie folgt:

- 1 Tafel 1 gibt nur die absoluten elektrischen Nennwerte wieder. Der Lichtstrom der Lampe ist beim Betrieb mit EVG nach Angaben der Beleuchtungs-Industrie 4 % geringer. Dieser Aspekt ist in das Klassifizierungsschema der EU nicht mit eingeflossen.
- 2 Das Flimmern würde nicht thematisiert werden, hätte der Fachverband Lampen und Leuchten im ZVEI nicht das Bestreben, die bewährte Serien-Kompensation der Blindleistung von Leuchtstofflampen abzuschaffen und zur Parallel-Kompensation zurückkehren. Die gegen die Serien-Kompensation vorgebrachten Gründe sind nicht dem Prinzip zuzuschreiben, sondern einer vor Jahrzehnten unter anderen technischen Gegebenheiten zu groß festgelegten Kompensations-Kapazität [2].
- 3 Die Warmstart-Fähigkeit gehört bei KVG und VVG zum Funktionsprinzip. Für Lebensdauertests von Leuchtstofflampen an KVG und VVG werden statt vorteilhafter elektronischer Starter herkömmliche Glimmstarter verwendet. So gehen dem eigentlichen Startvorgang der Lampen meist mehrere Startversuche voraus. Die Anzahl der Startvorgänge wird jedoch als Bedingung für die Lebensdauer der Lampen genannt.
- 4 Die Cut-Off-Technik gehört ebenfalls zur Funktion der KVG/VVG.
- 5 Werden EVG als „sofort startend“ ange-

Autor

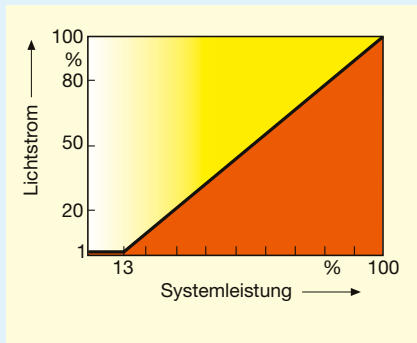
Dipl.-Ing. Stefan Fassbinder ist Berater für elektrotechnische Anwendungen beim Deutschen Kupferinstitut, Düsseldorf.

Tafel 1 Auszug aus der EU-Richtlinie 2000/55/EG – Werte und Klassen stabförmiger Leuchtstofflampen mit Vorschaltgeräten. Klasse A1 ist dimmbaren EVG vorbehalten.

P _{Lampe} in W		P _{max} für Lampe mit Vorschaltgerät in W					
		Klassen					
50 Hz KVG/VVG	HF EVG	D	C	B2	B1	A3	A2
15	14	>25	25	23	21	18	16
18	16	>28	28	26	24	21	19
30	24	>40	40	38	36	33	31
36	32	>45	45	43	41	38	36
38	32	>47	47	45	43	40	38
58	50	>70	70	67	64	59	55
70	60	>83	83	80	77	72	68



1 EVG-Ausfälle an der ETH Zürich in einem Jahr
Foto: Karl-Heinz Otto [1]



② Verhalten eines dimmbaren EVG

Quelle: Osram



③ Prüflinge zu den dokumentierten Messungen

priesen, bedeutet dies, dass die Lampen nicht warm gestartet werden – zum Nachteil der Lampen. Als Kompromiss werden sehr schnelle elektronische Starter angeboten, die die Vorglühzeit auf etwa eine halbe Sekunde beschränken [3].

⑥ Der Einsatz elektronischer Starter verhindert das Neustarten defekter Lampen.

⑦ T5-Lampen wurden zwar speziell für den Einsatz mit EVG konzipiert, können jedoch auch mit VVG betrieben werden. Allerdings ist bei einer 80-W-Lampe eine Betriebsspannung von 400 V erforderlich. Ein entsprechender VVG-Prototyp ist erhältlich, ein entsprechender Starter ebenfalls [3].

⑧ Sollen EVG gedimmt werden, erfordert das Gerät eine zusätzliche Steuerleitung sowie das stetige Anliegen der Spannung für den Bereitschaftszustand. Wie einer Hersteller-Dokumentation zu entnehmen ist (Bild ②), entspricht das einem dauernden Verbrauch von 3...5 W. Dimmbare EVG sollten daher jenen Anwendungen vorbehalten bleiben, die aufwändige Lichtszenarien etwa in Konferenzräumen verlangen.

Darüber hinaus wird stets nur auf die Lebensdauer der Lampen eingegangen, leider über-

haupt nicht auf die der Vorschaltgeräte. Diese ist bei EVG trotz des höheren Preises kürzer. Wie (Bild ①) zeigt, kommt es gelegentlich unter bestimmten Bedingungen zu rätselhaften Ausfällen von EVG. Hier betraf es innerhalb eines Jahres über die Hälfte eines Bestandes. Dies geschieht nicht oft, ist aber kein Einzelfall. Bislang wurde noch nicht herausgefunden, worin diese „bestimmten Bedingungen“ bestehen.

4 Vor- und Nachteile von EVG

Ein Vorteil der EVG liegt darin, dass die meisten Geräte mit unterschiedlichen Frequenzen bis hin zur Gleichspannung betrieben werden können. So wird deren Einsatz beispielsweise in Bereichen erforderlich, in denen Notlicht-Anlagen normalerweise vom Netz gespeist werden, bei dessen Ausfall jedoch aus einer Gleichspannungsquelle. Häufig zitiert, aber falsch ist, dass EVG generell das Netz durch Oberschwingungen verunreinigen. Dies ist richtig für kleine EVG bis 25 W einschließlich Kompakt-Leuchtstofflampen. Oberhalb einer

Nennleistung von 25 W gelten jedoch strengere Grenzwerte, die nur mit einer aktiven Korrektur des Leistungsfaktors einzuhalten sind. Alle gängigen EVG sind hiermit ausgestattet. Umstritten ist allerdings, inwieweit dadurch die Stör-Empfindlichkeit beeinflusst wird [8].

5 Messung des Wirkungsgrades verschiedener Vorschaltgeräte

An einem unabhängigen Institut für Lichttechnik [4] wurden zum einen mehrere Messungen bezüglich der elektrischen Leistungs-Aufnahme und des Lichtstroms bei verschiedenen Vorschaltgeräten vorgenommen. Zum anderen wurde der Wirkungsgrad von Leuchten-Systemen bei unterschiedlichen Leistungen untersucht. Denn es gibt einige Hersteller, die Energiespar-Systeme zum Betrieb von Beleuchtungs-Anlagen mit gedrosselter Leistung – über reduzierte Spannung – anbieten [5] [6] [7]. Es wurden fünf Vorschaltgeräte untersucht (Bild ③):

- Ein 220-V-KVG der Effizienzklasse D. Es stammt aus einer Anlage, die bereits 1987 abgerissen wurde.
- Ein neues, besonders schmales KVG der Klasse C.
- Ein neues VVG, Klasse B2.
- Ein neues VVG, Klasse B1.
- Ein neuwertiges EVG, Klasse A3.

Mit stets derselben Lampe, wurden an jedem der fünf Muster die erforderlichen Parameter gemessen: Wirk- und Blindleistung des Gesamtsystems, Wirkleistung (Verlust) des Vorschaltgeräts und der Lichtstrom der Lampe. Tafel ② zeigt einen Auszug der Ergebnisse, die in einer 34-seitigen Informationsschrift [8] zusammengetragen wurden.

Tafel 2 Protokollierte Messdaten (Auszug)

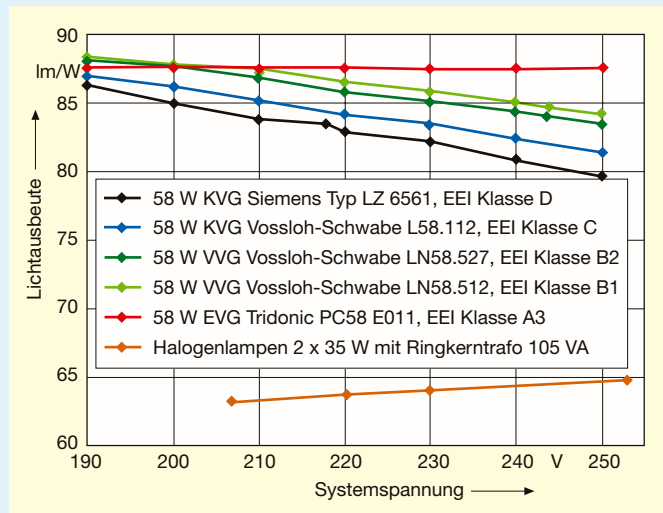
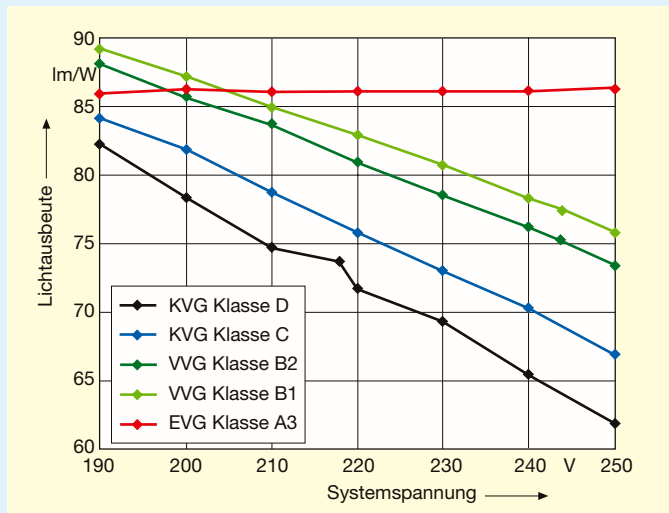
Prüfling	Messwerte DIAL				
	U in V	P _{ges} in W	P _{Lampe} in W	Lichtstrom in lm	Ausbeute in lm/W
58-W-VVG, Vossloh-Schwabe, Klasse B1	220,0	56,24	49,70	4662	82,89
	230,0 *	61,42	53,36	4952	80,62
	240,0	66,40	56,72	5198	78,28
	244,0	68,53	58,00 **	5306	77,42
58-W-EVG, Tridonic, Klasse A3	220,0	54,85		4723	86,12
	230,0 *	54,80		4718	86,10
	240,0	54,86		4724	86,11
	250,0	54,72		4723	86,32

*Nennspannung; **Lampen-Nennleistung

Tafel 3 Ergebnisse nach Herabsetzen der Spannung von 230 V auf 190 V (17,4 %)

Prüfling	Minderung P _{Verlust} um	Minderung P _{Lampe} um	Minderung Lichtstrom um	Verbesserung Wirkungsgrad um
KVG, Klasse D	65,9 %	31,2 %	27,1 %	18,6 %
KVG, Klasse C	70,2 %	38,3 %	36,5 %	15,2 %
VVG, Klasse B2	70,0 %	37,0 %	35,1 %	12,2 %
VVG, Klasse B1	69,5 %	38,3 %	36,2 % *	10,6 %
EVG, Klasse A3	≈ 0 %	≈ 0 %	≈ 0 %	≈ 0 %

* Lichtstrom der Lampe war bei 230 V bereits um 4,7 % heller als mit EVG. Die wahre Einbuße beträgt somit nicht 36,2 %, sondern nur 31,5 %.



4 Kurven aus den Messwerten

6 Erweiterter Messbereich – im unteren Bereich erscheint das Ergebnis einer Leuchte mit drei Halogenlampen



5 Lichtstrom im Vergleich. Lampe links 20520 lx bei 111 W, rechts 21560 lx bei 145 W

6 Auswertung der Messergebnisse

Aus Bild 4 lassen sich folgende Ergebnisse herleiten: Beim EVG ändern sich weder die Systemleistung noch der Lichtstrom mit der speisenden Spannung. Der Prüfling gleicht

Schwankungen der Netzspannung im hier gegebenen Rahmen aus. Das wird von EVG allgemein auch erwartet und kann prinzipiell als Vorteil angesehen werden. Eine gezielte Beeinflussung der Leistung und somit des Lichtstroms durch die Spannung scheidet dadurch jedoch aus. Es wurde auch erwartet, dass das EVG bei der Wirkungsgradmessung mit 230 V am besten abschneidet. Jedoch mit 200 V gleichen die Ergebnisse des EVG, Klasse A3 etwa denen des VVG, Klasse B1 und sogar denen des Gerätes der, Klasse B2. Bei der Messung mit 190 V schneidet das EVG schlechter ab. Es findet die Angabe Bestätigung, dass bei Nennspannung der Lichtstrom mit EVG 4 % unterhalb des Lichtstroms mit VVG liegt. Die Lampen-Nennleistung stellt sich nicht immer bei Nennspannung ein. Im Gegensatz zu dem alten KVG erreichen die neuen induktiven Vorschaltgeräte aller Klassen ihre Nennleistung erst deutlich oberhalb der Nennspannung. Es besteht keine Vergleichbarkeit der elektrischen Werte, da der Lichtstrom des EVG bei etwa 4720 lm und der der drei anderen Geräte bei etwa 5000 lm liegt.

Bei Nennspannung speisen die gemessenen VVG statt 58 W nur etwa 53,5 W in die Lampe und erreichen dennoch einen 4 % höheren Lichtstrom als das EVG. Wird dann beim VVG B1 die Gesamtleistung auf den Lichtstrom des EVG interpoliert, ist nur eine geringfügig größere Gesamtleistung ersichtlich. Das relativiert

die geringere Gesamtleistung des EVG und stellt den beseren Wirkungsgrad bei Hochfrequenz in Frage. Vorbehaltend muss erwähnt werden, dass die Lampenleistung beim EVG aufgrund der hohen Frequenz nicht gemessen werden konnte. Wird ein KVG, Klasse C durch ein VVG, Klasse B1 ersetzt, verbessert sich bei Lampen-Nennleistung die Lichtausbeute um 10 %, von 70,3 lm/W auf 77,4 lm/W. Das liegt daran, dass sich der Anteil der Vorschaltgeräte-Verlustleistung an der Gesamtleistung von 22,9 % auf 15,0 % verringert. Der höhere Preis für das VVG lohnt sich daher in fast allen Einsatzfällen. Kurze Amortisationszeiten sind garantiert. Werden sehr alte Vorschaltgeräte mit schlechten Wirkungsgraden oder noch auf 220 V Nennspannung dimensionierte Geräte eingesetzt, führt dies zu einer deutlichen Überlastung der Lampe mit stark überproportional ansteigenden Verlusten und reduzierter Lampen-Lebensdauer bei nur geringfügig erhöhtem Lichtstrom. Durch Reduktion der Betriebsspannung von 230 V auf 190 V verbessert sich die Lichtausbeute z. B. einer Leuchte mit KVG, Klasse C von 73,0 lm/W auf 84,1 lm/W, also um rund 15 %. Bei Verwendung des VVG, Klasse B1 steigt die Lichtausbeute von 80,6 lm/W auf 89,1 lm/W und damit immer noch um etwa 10,6 %. Die Absenkung der Spannung lohnt sich also ebenfalls, und zwar vor allem dann, wenn alte KVG nicht durch bessere Geräte ersetzt werden.

So positiv Langlebigkeit auch ist, so sollte doch dem Absenken der Spannung stets ein Einbau von VVG, Klasse B1 vorangehen.

7 Wirtschaftlichkeit Absenkung

Zur genaueren Untersuchung der Wirtschaftlichkeit, sind in Tafel 3 die Ergebnisse zusammengefasst. Es ist zu beachten, dass der Lichtstrom der Lampe mit dem VVG, Klasse B1 bei 230 V um 4,7 % höher ist, als mit dem EVG. Die wahre Einbuße beträgt somit nicht 36,2 %, sondern nur 31,5 %. Es müssten rechnerisch 46 % mehr Leuchten installiert werden, um den gleichen Lichtstrom zu erreichen. Diese Kosten sind bei der Ersparnis an Energie und Lampenwechsel zu berücksichtigen. Sie werden von einem Lichtplaner berechnet und können von Endkunden oder Auftragnehmern nur im Einzelfall konkret festgestellt werden. Im Allgemeinen wird ein Kompromiss gewählt, bei dem ca. 20 % bis 30 % mehr Leuchten installiert werden, auch deshalb, weil aufgrund der besseren Verteilung eine geringere Gesamt-Lichtmenge ausreicht. Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang, dass das menschliche Auge Helligkeit logarithmisch empfindet, das Maß aber – anders als bei der Lautstärke – linear ist. Somit wird eine Verzehnfachung der Beleuchtungsstärke nur als Verdopplung empfunden. In einem Versuch konnten mehrere Personen nicht beurteilen, ob bestimmte Leuchten mit Nennspannung betrieben wurden oder nur mit 190 V. Eine Firma [5] entwarf eigens für diesen Zweck ein Demonstrations-Modell mit 2 Leuchten (Bild 5). Als weiteren Vorteil der Spannungsabsenkung machen einige Hersteller eine längere Lebensdauer der Lampen geltend. Der

Fachverband Elektroleuchten im ZVEI betont dagegen, die Lebensdauer würde sich eher verkürzen, da die optimale Betriebstemperatur der Lampe nicht erreicht wird [9] [10]. Der Fachverband räumt auch ein, dass der stark gedimmte Betrieb die Lebensdauer der Lampen ebenfalls verkürzt und nicht verlängert. Er betont jedoch auch, die Absenkung der Spannung unter die zulässige Toleranzgrenze von -10 % stelle einen Betrieb außerhalb der Spezifikation dar, weshalb die Gewährleistung erlischt. Vorerst wird daher an dieser Stelle nur eine Absenkung bis auf 207 V empfohlen.

8 Die Direktive 2000/55/EG

Die Direktive 2000/55/EG las sich bei ihrer Veröffentlichung im September 2000 wie folgt: „Mit dieser Richtlinie soll der Energieverbrauch gesenkt werden, und zwar durch einen schrittweisen Übergang von den weniger effizienten zu den effizienteren Vorschaltgeräten, die außerdem weit reichende Energie-sparfunktionen aufweisen können.“

Keine Rede mehr von einem Ersatz, geschweige denn Verbot induktiver Vorschaltgeräte – und das ist auch gut so, denn sonst hätte man erst einmal über ein Verbot von Glühlampen sprechen müssen, um von 10 lm/W auf 80 lm/W zu kommen. Bild 6 zeigt im unteren Bereich des Diagramms eine Kleinspannungs-Halogenglühlampe mit hochwertigem, verlustarmem Ringkern-Transformator. Allgebrauchsglühlampen ähnlicher Leistung hätten ein noch kläglicheres Bild abgegeben. Erst wenn diese Leuchtmittel überall dort verschwunden sind, wo sie ersetzt werden könnten, ist es sinnvoll zu diskutieren, ob eine weitere Steige-

rung von 80 lm/W auf 86 lm/W lohnt, ob es vielleicht auch 90 lm/W sein dürfen und wie viel das kostet. In der Beleuchtungs-Industrie ist es üblich, sobald über Vorschaltgeräte gesprochen wird, die besten EVG unter Ausparung der VVG mit den schlechtesten KVG zu vergleichen. An dieser Stelle wurde das EVG, Klasse A3 mit dem VVG, Klasse B1 verglichen, nicht notwendigerweise die Nennwerte, sondern die Betriebspunkte tatsächlich gleichen Lichtstroms. Es lässt sich hier schlecht eine Amortisationszeit bestimmen, da sich ein Kostenvergleich schwierig gestaltet. Wird jedoch bedacht, dass es unter ehrlichen Bedingungen fast 500 Stunden dauert, bis das EVG gegenüber dem VVG eine Kilowattstunde eingespart hat, ist das Resultat zu erahnen. Und dies sollte vor dem Hintergrund gesehen werden, dass Leuchtstofflampen sehr effiziente Lichtquellen darstellen, wie immer man sie auch betreibt. Vielleicht sollte der Lampe selbst etwas mehr Aufmerksamkeit gegönnt werden, denn der Markt bietet eine Vielzahl von Typen mit unterschiedlichen Wirkungsgraden.

Literatur

- [1] www.sv-otto.de
- [2] Fassbinder, S.: Blindleistungskompensation bei Leuchtstofflampen. Elektropraktiker, Berlin, 57(2003)11, S. 870
- [3] www.palmstep.com
- [4] www.dial.de
- [5] www.buerkle-schoeck.de
- [6] www.ecolight.de
- [7] www.riedel-trafobau.de
- [8] <http://lighting.copperwire.org>
- [9] ZVEI, Fachverband Elektrische Lampen: Betrieb von Lampen an reduzierter Versorgungsspannung – Einsatz von so genannten „Energiesparsystemen“, Frankfurt, 1997,
- [10] www.zvei.org/leuchten
www.zvei.org/lampen