Lichtstrombestimmung an Leuchtstofflampen

S. Fassbinder, Düsseldorf

Wir befinden uns im dritten Jahrtausend unserer Zeitrechnung. Alle Licht- und Elektrofachkräfte schwärmen von immensen Energiespar-Potentialen, die erst durch die Kombination von T5-Leuchtstofflampen und dimmbaren Vorschaltgeräten erschließbar werden. Dennoch glaubt eine kleine Gruppe unbelehrbarer Skeptiker noch immer, es gäbe auch andere einfachere Methoden, um den Leuchtstofflampen das Sparen zu lehren.

1 Angaben in der Europäischen Richtlinie

Die EU-Richtlinie 2000/55/EU [1] beschreibt u. a. Folgendes: Eine T8-Lampe 58 W nimmt beispielsweise zusammen mit einem verbesserten induktiven Vorschaltgerät (VVG) der Effizienzklasse EEI = B2 (Energy Efficiency Index) eine elektrische Leistung von höchstens 67 W auf. Ein VVG der Klasse B1 vermag diesen Wert noch auf 64 W zu senken, aber dann ist Schluss. Bessere VVG sind auf dem Markt nicht erhältlich. Beim Übergang auf ein elektronisches Vorschaltgerät (EVG) der Effizienzklasse A3 fallen dann nur noch 59 W an. Zudem ist es auch möglich, auf die Effizienzklasse A2 aufrüsten, um den Verbrauch auf nur 55 W zu begrenzen. Das lohnt sich, denn wie jede Fachkraft eigentlich weiß, sind die inneren Verluste bei einem EVG wesentlich geringer als bei einem VVG.

Es stellt sich jedoch die Frage, ob dies wirklich so ist. Wenn man sich die in [1] enthaltene Tabelle ansieht, so ist zu erkennen, dass die 58-W-Lampe an einem VVG – wer hätte es gedacht – eine Leistung von 58 W aufnimmt. Dies lässt in einem VVG der Klasse B1 eine Verlustleistung von 64 W - 58 W = 6 W zu. Am EVG begnügt sich dieselbe Lampe aber formell mit 50 W. Einem EVG der Effizienzklasse EEI = A3 wird also eine Verlustleistung von 59 W – 50 W = 9 W zugestanden. Nach einem besseren Wirkungsgrad sieht das aber nicht gerade aus.

Dies rief die besagten Skeptiker auf den Plan. Denen hält man dann vor, der Wirkungsgrad der Lampe sei beim Betrieb am EVG besser, doch dieser Unterschied erklärt nicht den vollen Unterschied in der Nenn-Leistungsaufnahme zwischen 58 W und 50 W. Messungen ergaben vielmehr, dass dieselbe Lampe am EVG 5 % weniger Licht liefert – aber das hatten wir schon [2]. Hier wird also mit zweierlei Maß gemessen. Doch damit ist bald Schluss, denn die aktuelle, nach meiner Meinung etwas „krumme“ Richtlinie [1] wird demnächst durch die Durchführungsverordnung zu der, wiederum meiner Meinung nach, besseren Richtlinie [3] begradigt. Noch ehe es aber so weit sein wird, wollten die Skeptiker herausfinden, was denn nun wirklich Sache ist.

Autor
Dipl.-Ing. *Stefan Fassbinder* ist Berater für elektrotechnische Anlagen beim Deutschen Kupferinstitut (DKI), Düsseldorf.

2 Lichtstrom-Messungen

2.1 Gemessene Systeme

Bei einem unabhängigen, akkreditierten Lichtlabor (DIAL) gab das Deutsche Kupferinstitut (DKI) zusammen mit der Firma M&R Multitronik Messungen in Auftrag, um die prinzipiellen Potentiale von zwei recht unterschiedlichen Energiespar-Methoden in der Beleuchtungstechnik besser abschätzen zu können. Untersucht wurden die folgenden Möglichkeiten:

- T8-Leuchtstofflampen mit VVG und Spannungs-Absenkung (sogenannte Energiespar-Anlagen – dem DKI sind mindestens zehn Hersteller der verschiedensten Ausführungen solcher Apparate bekannt) und
- T5-Leuchtstofflampen mit dimmbaren Vorschaltgeräten (EEI = A1).

2.2 Durchführung der Messungen

Um bei den Messungen zu objektiven vergleichbaren Ergebnissen zu gelangen, wurden jeweils handelsübliche Lampen (Lichtfarbe 840) sowie von jeder Technik die jeweils beste im Handel verfügbare Variante gewählt, nämlich:

- Die bei der T8-Lampe größte gängige Ausführung mit 58 W Nennleistung (dieselbe Lampe für alle Messreihen) und ein VVG der Effizienzklasse EEI = B1 (Vossloh-Schwabe LN58.512, Ref-No. 164611),
- bei der T5-Lampe ein Doppel-EVG 2*35 W (Vossloh-Schwabe ELXd 249.614, Ref-No. 188343), da sich in weiteren, hier nicht aufgeführten Messungen gezeigt hatte, dass ein Doppel-EVG im Allgemeinen weniger Verlustleistung aufweist als zwei einzelne EVG zusammen. Außerdem fiel die Wahl auf T5-Lampen vom Typ HE (High Efficiency), da die T5-Lampen vom Typ HO (High Output) schlechtere Wirkungsgrade aufweisen (vgl. Tafel ❶). Hier wurde wiederum die größte verfügbare Nennleistung von 35 W gewählt, da diese die höchste Effizienz erwarten ließ.

Die Messungen für alle Lampen erfolgten gemäß der internationalen Norm IEC 60081 bei einer Umgebungstemperatur von 25°C, bei der die Lampen in der Regel den besten Wirkungsgrad entwickeln. Darüber hinaus sind die Messungen der T5-Lampen, abweichend von der Norm, auch bei einer Umgebungstemperatur von 35 °C durchgeführt worden, da T5-Lampen aus guten Gründen auf diese Temperatur hin optimiert sind (Tafel ❶).

3 Auswertung der Messergebnisse

3.1 Lichtstrom bei aufgenommener Leistung

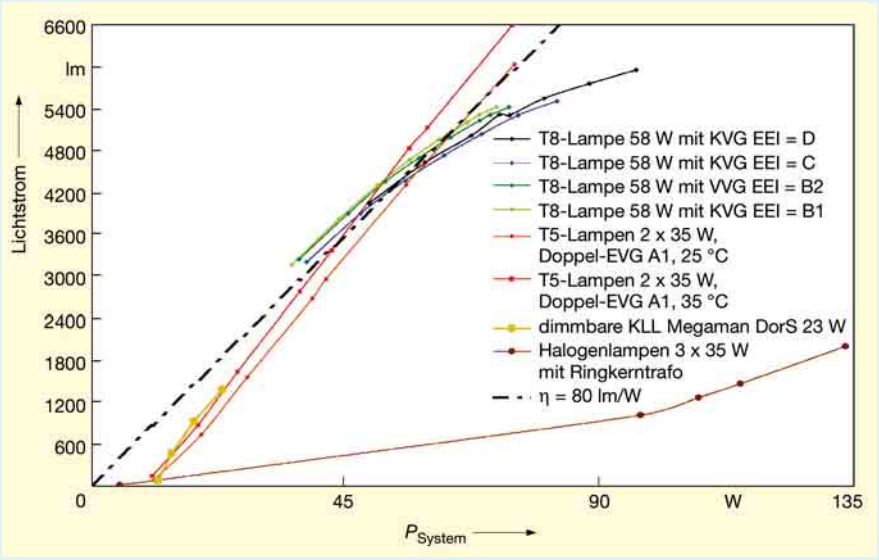
Die Messergebnisse sind zusammengefasst in Bild ❶ dargestellt, in dem die Lichtleistung der Systeme über der jeweiligen elektrischen Leistungs-Aufnahme aufgetragen wurde. Die in diesem Diagramm eingetragene schwarz gestrichelte Gerade entspricht dabei einer konstanten Effizienz von $\eta = 80$ lm/W. Diese Effizienz sollte heutzutage als eine Leitlinie für die Beleuchtungstechnik gelten.

Aus Bild ❶ ist somit Folgendes abzulesen:

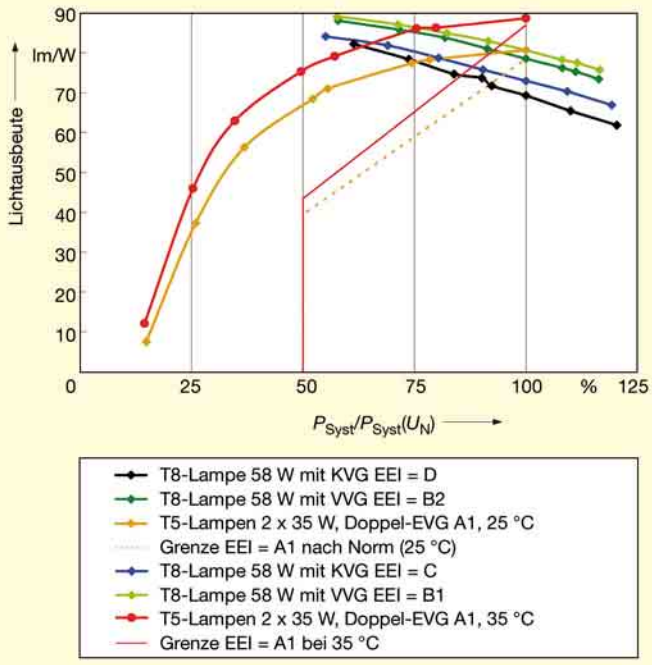
- Die Effizienz eines jeden T8-Systems nimmt beim Drosseln der Leistung zu. Tendenziell

Tafel ❶ Effizienz-Vergleich von T5-HE-Lampen, T5-HO-Lampen und T8-Lampen

Lampe	T5 HE	T8 (Messwerte)			T5 HO (Katalogwerte)	
Länge	1449 mm	1500 mm			1449 mm	
Nennleistung	35 W	58 W			49 W	80 W
betrieben mit	EVG (HF)	VVG (50 Hz)			EVG (HF)	
angegebene Nennleistung	42 W (A3) 39 W (A2)	– –	67 W (B2) 64 W (B1)	– –	58 W (A3) 55 W (A2)	92 W (A3) 88 W (A2)
gemessene Lampenleistung	–	49 W	53 W	58 W	–	–
gemessene Systemleistung	37 W (A1)	55 W	61 W	69 W	–	–
Systemspannung	207…253 V	217 V	230 V	244 V	207…235 V	207…235 V
Lichtstrom	3300 lm	4596 lm	4951 lm	5305 lm	4300 lm	6150 lm
Lichtausbeute des Systems	79 lm/W (A3) 85 lm/W (A2)	84 lm/W (B1)	81 lm/W B1)	77 lm/W (B1)	74 lm/W (A3) 78 lm/W (A2)	67 lm/W (A3) 70 lm/W (A2)



❶ Lichtströme verschiedener Systeme mit Leuchtstofflampen T5 und T8, aufgetragen über der absoluten Systemleistung



❷ Effizienzen verschiedener Systeme mit Leuchtstofflampen T5 und T8, aufgetragen über der relativen Systemleistung

liegen die Werte im unteren Leistungsbereich oberhalb der „Leitlinie“, während sie nach oben hin darunter fallen und insbesondere bei Überlast stark verflachen.

- Die T5-Lampen weisen das umgekehrte Verhalten auf: Ihre Effizienz nimmt nämlich beim Dimmen ab. Tendenziell liegen die Werte im oberen Bereich oberhalb der „Leitlinie“ und im unteren Bereich darunter. Dieses Verhalten ist „normal“ und lässt sich übrigens auch an dimmbaren Kompakt-Leuchtstofflampen (KLL) beobachten: Ein 23-W-Modell nahm bei 5 % Lichtstrom noch 50 % der Nennleistung auf. Damit sparen die dimmbaren KLL zwar relativ viel Energie, weil sie den Ersatz der beliebten, problemlos dimmbaren Glühlampen erleichtern, jedoch ist die Dimmbarkeit an sich keine besonders wirksame Sparmethode und dient eher der Gemütlichkeit. Eine Glühlampe weist im Übrigen das gleiche Verhalten auf, nur auf vier Mal höherem Niveau (siehe braune Linie in Bild ❶).
- Die bei einer Umgebungstemperatur von 35 °C gegenüber 25 °C bessere Effizienz der T5-Lampen ist deutlich zu erkennen.

Diese Art der Darstellung ist jedoch leider für einen direkten Vergleich der beiden Systeme wenig geeignet, weil keine T5- und T8-Lampen mit den jeweils gleichen Nennleistungen am Markt verfügbar sind.

ep-Sonderhefte
Fachwissen kompakt
JETZT NEU


Weitere Informationen und Bestellmöglichkeiten unter www.elektropraktiker.de

3.2 Lichtausbeute bei relativer Leistung

Um einen Vergleich der beiden Systeme zu ermöglichen, wurde eine andere Methode gesucht und gefunden, indem die Lichtausbeute über der relativen Systemleistung aufgetragen wurde (Bild ❷). Mit dieser Darstellungsform sollte ein direkter Vergleich der beiden unterschiedlichen Systeme bei Beachtung der nachfolgenden **Erläuterungen** möglich sein:

- Unter relativer Systemleistung versteht man beim T8-System das Verhältnis der im jeweiligen Punkt gemessenen Leistungsaufnahme zu der bei Nennspannung gemessenen Leistungsaufnahme desselben Systems (so liegt z. B. der Bezugspunkt des KVG EEI = C bei 69 W, des VVG EEI = B1 bei 61,4 W, was den System-Messwerten bei 230 V entspricht).
- Bei dem T5-System ist unter der relativen Systemleistung das Verhältnis der im jeweiligen Punkt gemessenen Leistungsaufnahme zu der im ungedimmten Zustand gemessenen Leistungs-Aufnahme zu verstehen.
- Gemäß der Direktive 2000/55/EU [1] muss ein EVG der Effizienzklasse EEI = A1 mindestens bis 10 % des Lichtstroms (also um ≥ 90 %) dimmbar sein, muss im ungedimmten Zustand der Effizienzklasse A3 entsprechen und darf bei 25 % des Nenn-Lichtstroms nicht mehr als 50 % der Nennleistung (derer der Klasse A3) aufnehmen. Diese Anforderung wurde im Diagramm in Bild ❷ sowohl für die Messung bei 25 °C als auch bei 35 °C Umgebungstemperatur zur Orientierung mit aufgenommen.
- Das ebenfalls in die Messreihen aufgenommene nicht dimmbare EVG lässt sich in dieser Form nicht darstellen, da seine Leistungsaufnahme (ebenso wie der Lichtstrom) konstant bleibt – auch bei Veränderungen der Eingangsspannung, denn EVG sind üblicherweise mit Regel-Elektronik ausgestattet, die Spannungsschwankungen ausgleicht. Dies ist im praktischen Betrieb vorteilhaft, da Spannungsschwankungen dann nicht zu flackerndem Licht führen, schließt aber auch aus, dass die Leistung von EVG bewusst über die speisende Spannung gesteuert wird.

Somit ermöglicht die Darstellung folgende **Beobachtungen:**

- Das gemessene T5-System übertrifft die Mindest-Anforderungen bei Weitem.
- Man sieht jetzt noch deutlicher, dass die Effizienz der T8-Systeme beim Drosseln der Leistung zunimmt (und bei Überlast unverhältnismäßig stark abfällt) sowie dass die Effizienz des T5-Systems bei voller Last am besten ist und beim Dimmen abfällt.
- Unter voller Last bei 25 °C Umgebungstemperatur ist das T5-System etwa gleich gut wie das beste T8-System (EEI = B1).
- Unter voller Last bei 35 °C Umgebungstemperatur ist das T5-System um ≈ 10 % effizienter als das beste T8-System mit EEI = B1 bei 25 °C.
- Bei Reduktion bzw. Dimmung auf ≈ 75 % (hier der jeweils bei 230 V bzw. ungedimmt gemessenen elektrischen Leistung, nicht des Lichtstroms) entspricht die Effizienz des besten T8-Systems etwa der des T5-Systems bei 35 °C.
- Bei Reduktion bzw. Dimmung auf ≈ 60 % fällt das T5-System auch hinter ein T8-System mit einem uralten KVG EEI = D zurück, das etwa im Jahr 1986 aus einer Schrottkiste geborgen wurde.
- Bei Reduktion auf ≈ 50 % endet der mögliche Anwendungsbereich der Spannungs-Absenktechnik. Die Lampen verlöschen sonst vollständig. Weitergehende Dimmung ist nur mit dimmbarem EVG möglich.

Dies erlaubt die folgenden **Schlüsse:**

- Das Energiespar-Potential dimmbarer EVG ist recht begrenzt. Wer Energie sparen will, setzt sinnvollerweise auf eine Kombination aus Spannungs-Absenktechnik und anschließender gruppierter Abschaltung (z. B. von der Fensterseite zur Gangseite hin) nach Ausschöpfung des (begrenzten) Absenk-Potentials – möglichst unter Einsatz einer Technik, die ohne Leerlauf- und Bereitschafts-Verbrauch auskommt und unter Verwendung elektronischer Starter, die bei häufiger auftretenden automatischen Schaltungen sowohl die Lampen als auch die Nerven der Beschäftigten schonen, da sie flackerfrei starten.
- Die Spannungs-Reduziertechnik ist kein Ersatz für Dimmung, sondern ausschließlich eine Energiespartechnik. Wer dimmen will, muss dimmbare EVG einsetzen. Alle Techniken zur Dimmung von KVG, die es je gegeben hat, sind aus heutiger Sicht und bei der heute verfügbaren Technik unbrauchbar und kommen für eine Anwendung in neuen Anlagen nicht mehr in Betracht.

4 Schlussbetrachtung

Die zuvor angeführten Schlussfolgerungen berücksichtigen jedoch noch nicht folgenden Umstand:

Der Dimmbetrieb von Leuchtstofflampen ist ein Kathoden-Dauerheizbetrieb. Die Stellung „Licht aus“ ist oftmals identisch mit der „Dimmstufe 0“. Sofern nicht dafür Sorge getragen wird, dass z. B. in einem Büro nach dem Feierabend und am Wochenende die Spannungsversorgung abgeschaltet wird, verbleiben die Leuchten in „Dimmstufe 0“. Dies sabotiert dann die zugrunde liegenden Bemühungen um die Energie-Einsparung – z. B. mit den folgenden Annahmen:

- An einer T8-Lampe 58 W (Systemleistung 59 W in Klasse A3 bzw. A1) sei eine Einsparung von 55,8 W möglich („Dimmstufe 0“ mit 3,2 W Restverbrauch),
- ein durchschnittliches Büro sei 3000 h/a in Betrieb,
- das Licht brenne üblicherweise über 2/3 der Zeit, also 2000 h/a,
- während der Hälfte dieser Zeit, also 1000 h/a, genüge die halbe Leistung, also 500 h/a Sparpotential, in Volllast-Stunden umgerechnet,
- jedoch der Bereitschaftsverbrauch bliebe während der gesamten Zeit (8760 h/a) bestehen.

Somit ergibt sich folgende **Rechnung für die eingesparte Energie pro Lampe**:

$$W = 500\,\frac{\mathrm{h}}{\mathrm{a}} \cdot 55{,}8\ \mathrm{W} = 28\,\frac{\mathrm{kWh}}{\mathrm{a}}$$

Ein im Prinzip unnötiger **zusätzlicher Verbrauch pro Lampe errechnet** sich zu:

$$W_0 = 8760\,\frac{\mathrm{h}}{\mathrm{a}} \cdot 3{,}2\ \mathrm{W} = 28\,\frac{\mathrm{kWh}}{\mathrm{a}}$$

Damit besteht ein Einsparpotential nicht mehr. In löblichen Ausnahmen wird dies berücksichtigt und entsprechend installiert, sodass dem Betreiber nicht nachts „durch das Netz geht“, was er am Tage eingespart hat. Jedoch darf bezweifelt werden, dass so viel Umsicht bei Planern und Errichtern die Regel ist. Ehe man hier das Kind mit dem Bade ausschüttet, sollte man sich ansehen, wie die meiste Energie-Verschwendung bei der Beleuchtung insbesondere etwa in Schulen und Büros zustande kommt: Das Licht wird eingeschaltet, weil es am Morgen vielleicht für eine Stunde gebraucht wird, und wird anschließend vergessen. Wenn die Sonne erst einmal scheint, fallen nutzlos brennende Lampen überhaupt nicht mehr auf. Eine Technik, die auf echter Abschaltung der Beleuchtung beruht, würde das bestehende Sparpotential nicht nur teilweise, sondern vollumfänglich erschließen, wäre einfacher, zu geringeren Kosten zu verwirklichen und fände bei den Nutzern wahrscheinlich auch mehr Akzeptanz als eine oftmals als kompliziert empfundene Elektronik. Die Technik der Wahl bestünde also aus Leuchtstofflampen mit den besten verfügbaren VVG, elektronischen Startern und Helligkeitssensoren, die zuerst eine Anlage zur Spannungs-Reduzierung aktivieren und dann das Licht zu gegebener Zeit ganz abschalten – sich selbst gleich mit. Ein Mal am Tag aufzustehen – oder einige Male, wie etwa bei Aprilwetter möglicherweise erforderlich – um bei Bedarf das Licht manuell wieder einzuschalten, dürfte für die Beschäftigten zumutbar sein.

Literatur

[1] 2000/55/EG Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. September 2000 über Energieeffizienzanforderungen an Vorschaltgeräte für Leuchtstofflampen.
[2] *Fassbinder, S.*: VVG – Vorschaltgeräte in der Beleuchtungstechnik. Elektropraktiker, Berlin 59 (2005) 4; S. 284–287.
[3] 2005/32/EG Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 6. Juli 2005 über Ökodesign-Anforderungen. ■