Wirtschaftliche Komfortbeleuchtung von Innenräumen

R. Baer, Berlin

Die Beleuchtungsanlagen für die Innenräume werden heute mit hohem technischen Standard geplant und errichtet. Sie weisen einen hohen Beleuchtungskomfort auf und sind wirtschaftlich. Die individuellen Ansprüchen von Kunden sind jedoch sehr verschieden. Für Planer und Installateure ist deshalb wichtig, die richtige Auswahl aus einer Vielzahl von möglichen Lösungen zu treffen.

1 Energieeinsparungen als Verkaufsargument

Der Energiebedarf für Verwaltungs- und Industriegebäude ist in den letzten Jahren ständig zurückgegangen. Das wurde durch moderne Baukonstruktionen und die Verwendung besserer Materialien erreicht. Aber auch der Einsatz energieeffektiver Geräte und die komplexe Planung der Gebäudetechnik haben dazu beigetragen.
Die steigende Energieeffektivität der Beleuchtung hat auch eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit zur Folge. Für die Senkung der Betriebskosten (s. auch S. 1044) ist ein höherer Investitionsaufwand zu leisten, der sich aber in kurzer Zeit amortisiert. Aus diesem Grunde ist eine Sanierung älterer Beleuchtungsanlagen lohnenswert. Der verringerte Energieverbrauch der Beleuchtungsanlagen hat auch positive Einflüsse auf die Raumklimatisierung, die notwendige Kühllast kann wesentlich verringert werden.

2 Leuchten geben mehr als nur Licht

Neben diesen technischen und wirtschaftlichen Aspekten sind für die Innenraumbeleuchtung auch die Ästhetik und der Komfort maßgebend. Im Gegensatz zu anderen technischen Sparten der Gebäudetechnik ist die Beleuchtung ein unmittelbarer Bestandteil der Innenraumgestaltung. Sie hat deshalb neben den funktionellen vor allem auch gestalterischen Anforderungen zu genügen. Demzufolge ist für die Planung von anspruchsvollen Beleuchtungsanlagen eine Abstimmung zwischen Beleuchtungstechniker, Architekt, Innenraum- und Arbeitsplatzgestalter notwendig.
Die Schere zwischen der Funktionalität und Energieeffektivität der Beleuchtungsanlage einerseits und Gestaltungs- bzw. Komfortanforderungen anderseits war noch bis vor 10 Jahren weit geöffnet.
Die Forderungen der Architekten und Innenraumgestalter nach kleinen Leuchten mit quadratischer oder runder Form und nach Beleuchtungsanlagen ohne Einschaltverzögerung und mit einer Dimm-Möglichkeit konnten mit Lampen relativ hoher Lichtausbeute und großer Lebensdauer, also vorwiegend Leuchtstofflampen, nicht erfüllt werden.
Die Leuchtstofflampen hatten in der Mehrzahl eine langgestreckte Form, die Einschaltverzögerung war beträchtlich und von Lampe zu Lampe unterschiedlich. Eine Steuerung des Lichtstromes war mit hohem technischen Aufwand verbunden. So wurde in den meisten Fällen auf Glühlampen zurückgegriffen, was wirtschaftliche Nachteile mit sich brachte.
Diese Schere konnte in letzter Zeit durch technische Verbesserungen weitgehend geschlossen werden. Die Lampen sind kleiner geworden, ihre Lichtausbeute und Lebensdauer wurden wesentlich erhöht. Elektronischen Vorschaltgeräte ermöglichen die definierte Einschaltung aller Lampen und eine Steuerung oder Regelung der Anlagen.

Autor

Dipl.-Ing. *Roland Baer* betreibt ein Ingenieurbüro für Licht- und Beleuchtungstechnik in Berlin.

3 Wirtschaftlichkeit und Schönheit ist kein Widerspruch mehr

Wie groß die gestalterischen Möglichkeiten bei der Verknüpfung von hohem Beleuchtungskomfort mit einer guten Energieeffizienz sind, zeigt die Beleuchtung der Büroräume im Main Tower in Frankfurt/Main.
Gefordert war eine Direkt-Indirekt-Beleuchtung („mildes Licht“) mit hohem Wirkungsgrad. Es wurden runde Leuchten, konzipiert als Sekundärlichtleuchten, eingesetzt. Die Leuchten sind mit einer T5-Ringform-Leuchtstofflampe 55W/830 (Lampendurchmesser 300 mm, Lichtfarbe warmweiß, Farbwiedergabestufe 1B) bestückt (Bild ❶).
Der Einsatz von dimmbaren elektronischen Vorschaltgeräten gestattet eine individuelle und tageslichtabhängige Regelung der Beleuchtung. Die Beleuchtungstärke beträgt 500 lx. Durch die hohe Lichtausbeute der Lampe wurde – bezogen auf die Arbeitszonen der Räume – ein spezifischer Anschlußwert von 2,8 W/m^2/100 lx erreicht [1]. Eine derart günstige Verknüpfung zwischen gewünschter Beleuchtungsart, Leuchtengestaltung, Beleuchtungskomfort und Wirtschaftlichkeit wäre noch vor 10 Jahren undenkbar gewesen.
Den heutigen Stand der Innenraumbeleuchtung kann man im wesentlichen wie folgt charakterisieren:

- hoher energiewirtschaftlicher Wirkungsgrad durch Nutzung technischer Neuerungen
- niedriger Energieverbrauch für die Beleuchtung durch entsprechende Betriebsregime
- Möglichkeit der Einstellung der notwendigen oder individuell gewünschten Beleuchtungsstärke am Arbeitsplatz durch den dort Beschäftigten
- Einbeziehung der Beleuchtungsanlagen, vor allem in Verwaltungsgebäuden, in das Gebäudemanagement
- Anwendung von vorprogrammierbaren Beleuchtungseinstellungen (Beleuchtungsszenen) für die repräsentative und Ausstellungsbeleuchtung [2].

4 Aktueller Stand der Technik

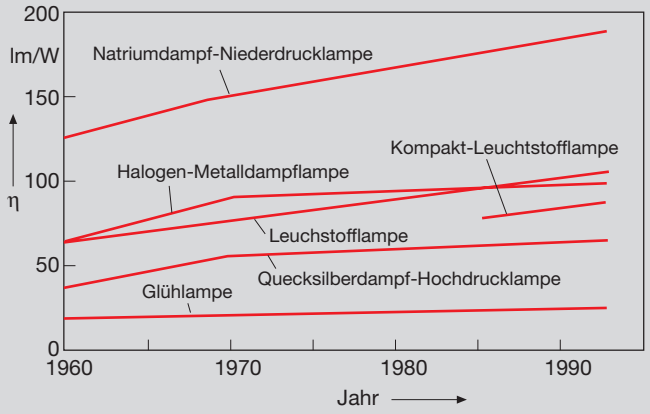
Hinsichtlich der technischen Entwicklung von Elementen der Beleuchtungsanlagen läßt sich heute folgender Stand feststellen.

4.1 Lampen

Die Lampen sind die wesentliche Grundlage für die Beleuchtungsanlagen mit künstlichem Licht. Die Lampenarten und -typen haben in letzter Zeit aufgrund der schnellen technischen Entwicklung stark zugenom-



❶ **Sekundärlichtleuchte für eine ringförmige Leuchtstofflampe 55 W**
Foto: Zumtobel Staff

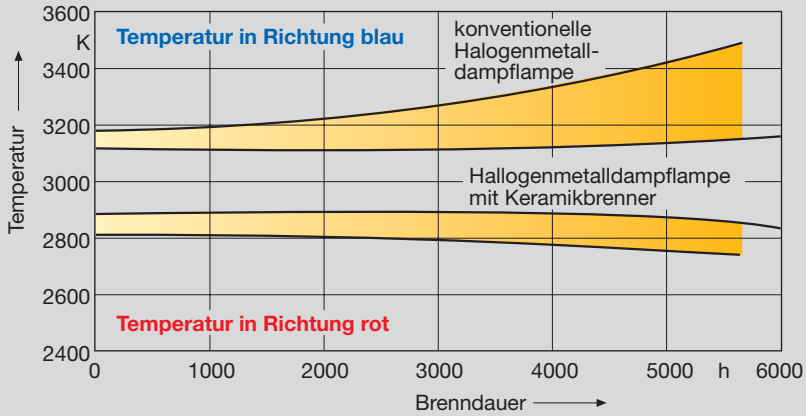


Tafel 1 Vergleich von Leuchstofflampen

Lampenlänge	T8-Lampen*	T5-Lampen/HE	T5-Lampen/HO
600/549 mm	18W/1300 lm	14W/1350 lm	24W/2000 lm
1200/1149 mm	36W/3200 lm	28W/2900 lm	54W/5000 lm
1500/1449 mm	58W/5000 lm	35W/3650 lm	80W/7000 lm

* Lichtstrom für EVG-Betrieb

❷ Entwicklung der Lichtausbeute wichtiger Lampengruppen für die Innenraumbeleuchtung



❸ Verbesserung der Lichtfarbentoleranz bei Halogen-Metalldampflampen mit Keramikbrenner

men. Je nach Lichterzeugungsprinzip gibt es eine ständig steigende Typenvielfalt, die der Verbesserung der technischen Eigenschaften, wie Miniaturisierung der Abmessungen und Formgebung, Steigerung der Lichtausbeute (Bild ❷) und Lebensdauer sowie spezifischen Anwendungsbedingungen Rechnung tragen.

Bei Lampenherstellern gibt es auch einen Trend zur Produktdifferenzierung bei gleichen Lampenarten. Die technischen Eigenschaften und Preise werden auf bestimmte Anwenderzielgruppen, z. B. für den kommerziellen oder privaten Bereich, ausgelegt. Für die eine Zielgruppe haben Wirtschaftlichkeit, hohe Qualität und Komforteigenschaften das Primat, für die andere die Preiswertigkeit bei ausreichender Qualität. Für die in der Innenraumbeleuchtung hauptsächlich eingesetzten Lampengruppen Halogen-Glühlampen, Leuchtstofflampen, Kompakt-Leuchtstofflampen und Halogen-Metalldampflampen sind folgende Neu- und Weiterentwicklungen wesentlich.

4.2 Halogen-Glühlampen

Die lichttechnisch günstigen Eigenschaften der Niedervoltlampen auf die einfacher zu handhabenden Netzspannungslampen zu übertragen, ist ein weiterer Entwicklungsstrang. Erreicht wird dies durch Miniaturisierung der Lampen – teils mit neuen Sockelformen – und durch die Integration des elektronischen Transformators in den Lampenschaft bei den Reflektorlampen. Dadurch ergibt sich eine Energieeinsparung von 15% im Vergleich mit herkömmlichen Netzspannungs-Reflektorlampen.

Die meisten Halogen-Glühlampen haben ein UV-absorbierendes Quarzglas, so daß ein UV-Schutzfilter in den Leuchten entfallen kann. Durch eine infrarotreflektierende Innenbeschichtung des Lampenkolbens (IRC) und damit eine Wärmerückstrahlung auf die Wendel ergibt sich eine Lichtausbeutesteigerung um 25% bei den röhrenförmigen Lampen und 30% bei den Kaltlichtspiegellampen. Für den gewerblichen Einsatz besonders interessant sind die Kaltlichtspiegellampen, deren Titan- und Siliziumoxyd enthaltende Reflektorbeschichtung besonders hart ist. Das bewirkt eine Konstanz der Lichtstärke und der Lichtfarbe über die gesamte Lebensdauer von 4000 h.

4.3 Leuchtstofflampen

Die neuentwickelten T5-Leuchtstofflampen (Rohrdurchmesser 16 mm) sind eine wesentliche Bereicherung für effektive Innenraumbeleuchtungsanlagen. Nicht nur, daß der verringerte Rohrdurchmesser im Vergleich zu den T8-Lampen mit 26 mm Rohrdurchmesser wesentlich flachere Leuchten zuläßt, auch die Verkürzung der Lampenlänge, die Steigerung der Lichtausbeute und die Möglichkeit der Auswahl von unterschiedlichen Lichtstromwerten bei gleicher Lampenlänge ergeben bemerkenswerte Vorteile.

Die Lampen benötigen elektronische Vorschaltgeräte (EVG). Der maximale Lichtstrom wird bei 35° C Umgebungstemperatur erreicht, was den realen Temperaturverhältnissen in den Leuchten entspricht. Die Lampenlängen sind mit 549 mm, 849 mm, 1149 mm und 1449 mm je nach Leistungstyp so ausgelegt, daß die Abstimmung auf die 300 mm- oder 600 mm-Rastermodule problemlos ist.

Es gibt zwei Lampensysteme:

- mit maximaler Lichtausbeute (HE = high effency)
- mit maximalem Lichtstrom (HO = high output).

Der Vorteil der Auswahl zeigt ein Vergleich für Lampen (fast) gleicher Länge (Tafel 1)

4.4 Kompakt-Leuchtstofflampen mit Schraubsockel

Auch 15 Jahre nach ihrer Markteinführung sind die Kompakt-Leuchtstofflampen mit Schraubsockel für den unmittelbaren Austausch gegen Glühlampen ein wesentliches Element der Energieeinsparung bei bestehenden Beleuchtungsanlagen. Dort, wo strengen ästhetischen Anforderungen Rechnung getragen werden muß, können Lampen in Form und Abmessungen der Glühlampen eingesetzt werden.

Um verschiedenen Anwender-Zielgruppen gerecht zu werden, sind die Lampen auf unterschiedliche Lebensdauerwerte ausgelegt – z. B. 6000 Stunden vorwiegend für den privaten Bedarf und 15000 Stunden für den gewerblichen Bereich.

Die Stiftsockellampen zum Betrieb an separaten Vorschaltgeräten haben eine höhere Lichtausbeute. Das Vorschaltgerät wird vom Lampenwechsel nicht betroffen. Die kompakte Form der Lampen eignet sich gut

für die Konstruktion kleiner Leuchten und Downlights mit geringen Einbautiefen.

4.5 Halogen-Metalldampflampen

Eine Lampengruppe, die zunehmend an Bedeutung für die Innenraumbeleuchtung gewinnt, sind die Hochdruck-Entladungslampen, vorwiegend die Halogen-Metalldampflampen mit einer Leistungsaufnahme bis 150 W. Diese Lampen haben eine kompakte Bauform und sind in kleinen Leuchten einsetzbar. Nennenswert sind die gute Lichtausbeute und eine akzeptable Lebensdauer. Die Lampenlichtfarbe und die Farbwiedergabeeigenschaften sind in weiten Bereichen wählbar. Durch jüngste technologische Entwicklungen konnten die vielfach auftretenden Unterschiede in der Farbtemperatur für die einzelnen Lampen minimiert werden. Das ergab die Anwendung einer neuen Lampentechnologie, die den Einsatz von Keramikbrennern anstelle von Quarzbrennern ermöglicht. Die Geometrie der Keramikbrenner läßt sich mit engeren Toleranzen fertigen. Ergebnis ist eine bessere Lichtfarbenkonstanz (Bild ❸). Darüber hinaus wird die Lichtausbeute um bis zu 20% erhöht und die Farbwiedergabe verbessert.

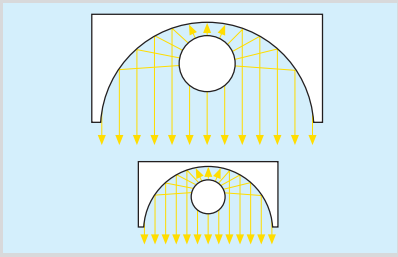
4.6 Leuchten

Die Leuchten haben neben ihrer lichttechnischen Funktion, das Licht zu lenken und die Lampenleuchtdichte zu begrenzen, auch Anforderungen der Innenraumgestaltung zu erfüllen. Das betrifft bei den Anbauleuchten bestimmte Bauformen, die Farbgestaltung und – besonders bei runden Einbauleuchten – optische Wirkungen hinsichtlich des Lichtaustritts, um die Leuchte „sichtbar“ zu machen.

Durch die Miniaturisierung der Lampen lassen sich mit verkleinerten Leuchten bessere lichttechnisch-optische Eigenschaften erzielen. Die Reduzierung der Lichtaustrittsfläche der Lampen stellt höhere Anforderungen an die Blendungsbegrenzung, die durch die entsprechenden Reflektor- und Spiegelrasterformen bzw. Abdeckungen der Leuchten erfüllt werden müssen. Der Vergleich der Leuchten für die Leuchtstofflampen T8 und T5 zeigt, daß die Reduzierung des Lampenrohrdurchmessers auch die Querschnitte der Reflektoren um bis zu 40% verkleinert (Bild ❹). So können Spiegelrasteranbauleuchten (Leuchtenhöhe < 65 mm) mit einem Leuchtenwirkungsgrad von bis zu 90% gebaut werden. Die geringen Abmessungen der T5-Lampen erlauben Leuchtenkonstruktionen, die den Anforderungen der Beleuchtung von Bildschirmarbeitsplätzen in hohem Maße gerecht werden: flache zweilampige Hängeleuchten mit der Lichtstromverteilung Direkt-Indirekt im Verhältnis 25% : 75%.

Der Direktlichtstromanteil wird in einen flächigen Lichtleiter aus Acrylglas, in welches eine Mikroprismenstruktur eingebettet ist, eingestrahlt. Dadurch ergibt sich eine Lichtstärkeverteilung in Form einer Batwing-Kurve bei sehr geringen Werten der Leuchtenleuchtdichte (Bild ❺). Da die Leuchtenleuchtdichte auch im Ausstrahlungsbereich < 60° gering ist, kann die Leuchte für Arbeitsplätze mit beliebig geneigten Bildschirmen eingesetzt werden.

Für den Praktiker besonders interessant ist die Weiterentwicklung der Montagemöglichkeiten. Hier erlauben neue Konstruktionen eine werkzeuglose Montage.



❹ **Reflektorverkleinerung durch die Reduzierung des Lampenrohrdurchmessers im Vergleich der Leuchtstofflampen T5 und T8**

4.7 Betriebs- und Regelgeräte

Die Steigerung der Wirtschaftlichkeit und die Verbesserung der Komforteigenschaften ist eng mit der Entwicklung der Betriebs- und Regelgeräte verbunden. Sowohl Niederdruck- als auch Hochdruck-Entladungslampen benötigen für den Betrieb Vorschalt- und Zündgeräte.

Seit etwa zehn Jahren werden im verstärkten Maße elektronische Vorschaltgeräte (EVG) für Leuchtstofflampen, Kompakt-Leuchtstofflampen und Halogen-Metalldampflampen bis 150 W eingesetzt. In diesen Geräten sind die notwendigen Funktionen des Lampenbetriebs, wie Zünden der Lampe, Strombegrenzung und Kompensation des Leistungsfaktors, integriert.

EVG für Leuchtstofflampen und Kompakt-Leuchtstofflampen

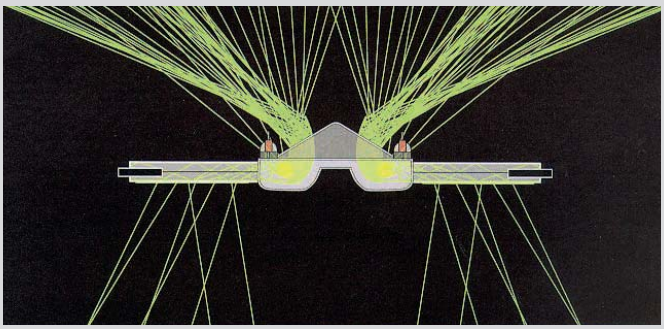
Diese weisen im Vergleich zu den konventionellen Vorschaltgeräten folgende Vorteile auf [3].

In Bezug auf die Wirtschaftlichkeit:

- bis zu 50% höhere Systemlichtausbeute durch die Erhöhung der Lampenlichtausbeute bei HF-Betrieb und geringere Verlustleistung im EVG
- Erhöhung der Nutzbrenndauer um 50%, z. B. von 8000 h auf 12000 h bei Leuchtstofflampen, und damit geringere Intervalle des Lampenersatzes
- bis zu 50% Gewichtsreduzierung durch kleine und leichte Bauweise
- Wegfall der Kompensation, Möglichkeit des Betriebes von zwei Lampen an einem EVG
- technisch einfache Dimm-Möglichkeit und damit Reduzierung des Stromverbrauchs durch tageslichtabhängige Regelung der Beleuchtung.

In Bezug auf den Beleuchtungskomfort:

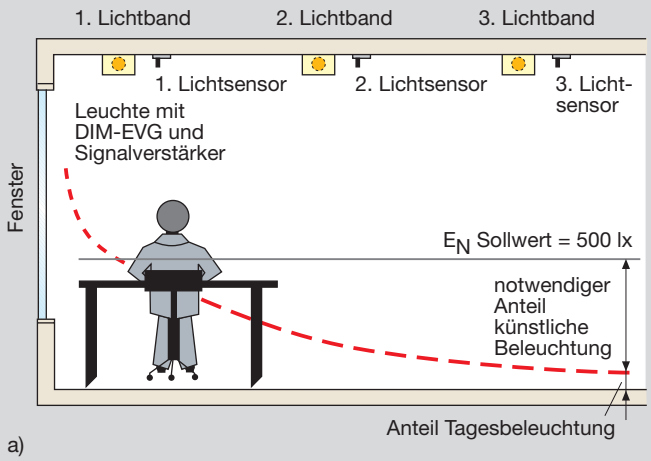
- zeitlich definierte, flackerfreie Zündung
- flimmerfreies Licht: Ergonomisch bessere Beleuchtung, Vermeidung von „Licht-Flimmern“ (Stroboskopeffekt)
- mit dimmbaren Geräten individuelle oder gesteuerte Einstellung der Beleuchtungssituation: 100% – 1% bei Leuchtstofflampen und 100% – 10% bei Kompakt-Leuchtstofflampen





❺ **Leuchte „Orbiter“ mit einer Direkt-Indirekt - Lichtstromverteilung a) Lichtstromverteilung, b) Leuchtenansicht**

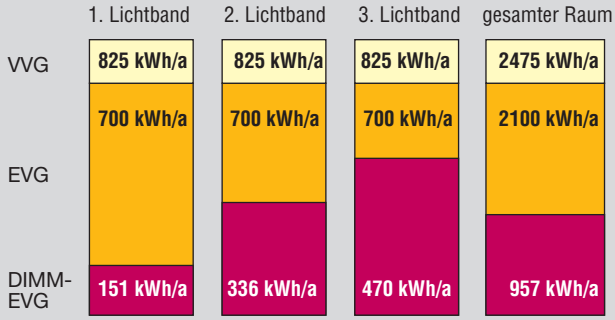
Foto: Siteco



a)

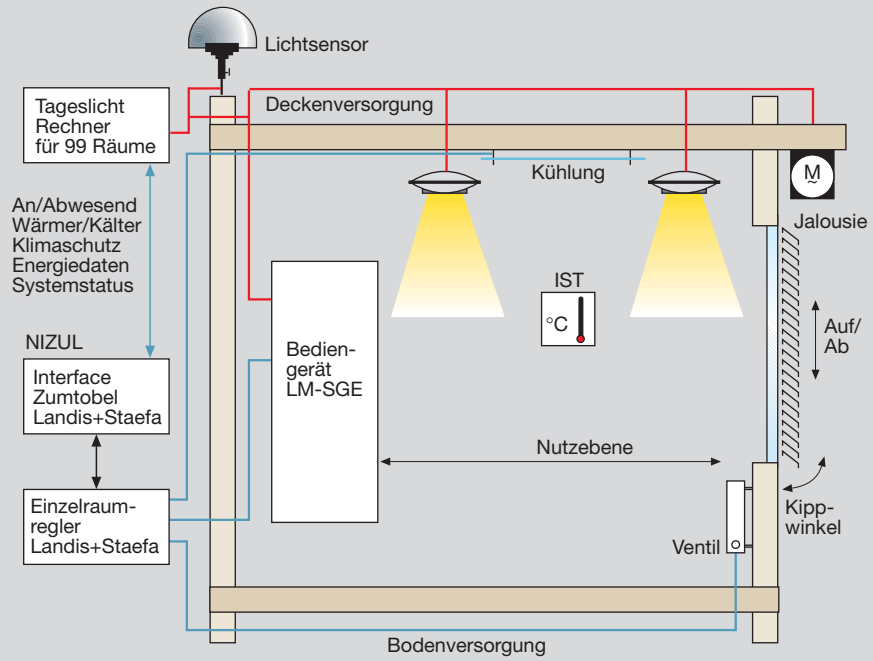
	1. Lichtband	2. Lichtband	3. Lichtband
Fensterabstand	1,35 m	4,05 m	6,75 m
Tageslicht-quotient (D)	10 %	3 %	1,8 %

Energieverbrauch



b)

⑥ Verringerung des Stromverbrauchs durch die Tageslichtnutzung in Form einer Konstantlichtregelung bei E = 500 lx im Raum und 2500 Betriebsstunden im Jahr



⑦ Funktionsschema des Lichtmanagements LUXMATE Quelle: Zumtobel Staff

- keine Brummgeräusche, keine magnetischen Störfelder (wichtig für Anwendungen im medizinischen Bereich).

In Bezug auf die Sicherheit:

- Abschalten defekter Lampen
- besserer Brandschutz durch niedrige Gehäusetemperaturen: Leuchten mit Ⓕ, ⒻⒻ- und Ⓜ, -ⓂⓌ-Kennzeichnung
- Möglichkeit des Einsatzes in Notbeleuchtungsanlagen nach DIN VDE 0108.

Der höhere Investitionsaufwand für die EVG wird durch die geringeren Betriebskosten meistens in kurzer Zeit ausgeglichen.

Entsprechend den Betriebsbedingungen der Beleuchtungsanlagen sind die EVG unterschiedlich ausgelegt, um die Lebensdauer der Lampen nicht negativ zu beeinflussen:

- EVG für Lampensofortstart innerhalb von 0,3 s für geringe Schalthäufigkeit (< drei 3 Schaltungen pro Tag)
- EVG für Lampenwarmstart innerhalb von 2 s für eine Schalthäufigkeit von bis zu fünf Schaltungen am Tag,
- dimmbare EVG mit einem Lampensofortstart von < 0,5 s.

Einige Geräte weisen darüber hinaus noch eine Leistungskonstanz im Bereich der Netzspannung von 198 V bis 254 V auf.

EVG für Halogen-Metalldampflampen

Wesentlicher Aspekt des Einsatzes von EVG für Halogen-Metalldampflampen bis 150 W ist eine Minimierung der Farbabweichung der Lampen. Dabei ergeben sich noch weitere Vorteile:

- geringes Gewicht und Volumen
- Reduzierung der Leistungsaufnahme um bis zu 20% und optimierte Leistungsausregelung
- Erhöhung der Lampenlebensdauer um 50% und flimmerfreies Licht
- Heißwiederzündung von zweiseitig gesockelten Halogen-Metalldampflampen 70 W
- geringe Wärmeentwicklung und Abschaltung defekter Lampen.

Bei den vorwiegend in der Innenraumbeleuchtung angewendeten NV-Halogenlampen bieten die elektronischen Transformatoren, die für Leistungen von 60 W bis 210 W zur Verfügung stehen, gegenüber den konventionellen Transformatoren folgende Vorteile:

- um 40% kleiner und um 80% leichter, einfache Anordnung und Montage
- um 60% geringere Verlustleistung und damit geringere Gehäusetemperaturen
- elektronische Absicherung bei Kurzschluß, Überlast und Übertemperatur mit Wiedereinschalt-Funktion
- lampenschonender Betrieb im gesamten Teillastbereich

- Gleichspannungstauglichkeit bei bestimmten Typen
- einfache Dimmbarkeit durch Ansteuerung mit Potentiometern, Tastern und Dimm-Modulen, wobei die Dimmart nach Phasenanschnitt oder Phasenabschnitt zu beachten ist
- geeignet für Leuchten der Schutzklassen II und III sowie für Leuchten mit Kennzeichnung ▽F, ▽F▽F oder ▽M und ▽M▽M.

Eine höhere Wirtschaftlichkeit wird bei Beleuchtungsanlagen durch eine tageslichtabhängige Regelung (Konstantlichtregelung) erreicht.

Die Konstantlichtregelung arbeitet nach dem Prinzip der Summation der Beleuchtungsanteile des Tageslichts und des künstlichen Lichts im Raum oder an einzelnen Arbeitsplätzen. Es wird ein bestimmter Beleuchtungsstärkewert vorgegeben. Durch die Messung des Tageslichtanteils wird die Beleuchtungsanlage mit künstlichem Licht bis zum Sollwert nachgeregelt. Mit diesem Prinzip lassen sich beträchtliche Einsparungen des Energieverbrauchs für die Beleuchtung erzielen, z. B. 54% bei der Anordnung nach Bild ❻. In diesem Beispiel wird der Anteil des zur Verfügung stehenden Tageslichts durch die unterschiedliche Regelung von drei Lichtbändern mit Leuchtstofflampenleuchten je nach Abstand von der Fensterwand genutzt.

Wenn Halogen-Glühlampen, Leuchtstofflampen und Kompakt-Leuchtstofflampen gemeinsam in einem Raum gedimmt werden sollen, ist deren unterschiedliche Charakteristik des Lichtstromrückgangs in Abhängigkeit der Leistungsreduzierung zu beachten. Die Ansteuerung der dimmbaren EVG erfolgt über eine Steuerspannung 1 bis 10 V. Sie kann mit Tastern, Reglern, Sensoren oder IR-Fernbedienung erfolgen. In der Praxis sind dabei folgende Betriebsweisen üblich:

- Manuelles Schalten und Dimmen durch Taster und Handsteuergeräte
- Regelung durch Sensoren für Tageslichtnutzung und Anwesenheit im Raum
- Regelung durch ein Lichtmanagement mit zentraler Tageslicht-Meßeinrichtung (Bild ❼)
- einzeladressierbare Steuerung (DALI).

Diese vier Regelungs- und Steuerungsfunktionen können auch mit nur einem EVG bedient werden (Tridonic: PCA EXCEL one4all). Dieses EVG erkennt die jeweils gewählte Betriebsweise und paßt sich ihr automatisch an [4].

Das System DALI (digital adressable lighting interface) ist eine kreative Lichtsteuerung vor allem für mittelgroße Büroräume. Die dimmbaren EVG sind mit dieser digitalen Schnittstelle adressierbar. Die Steuersignale werden über eine separate Steuerleitung empfangen. Die jeweiligen Einstellungen können abgefragt werden. Es können bis zu 64 Leuchten adressiert werden: Ein- und Ausschaltung, Dimmbereich 1 bis 100%. Möglich sind Individual- und Gruppenadressen sowie Szenenspeicherung. Neuanpassungen bei veränderten Beleuchtungssituationen sind bei einfacher Konfiguration leicht möglich. Das System kann im Bedarfsfall in die zentrale Gebäudetechnik integriert werden.

Literatur

[1] *Müller, S.*: Wolkenkratzer-Famlie wächst. OSRAM EVG-SPOT 2/99, München, S. 8 - 9

[2] *Baer, R.*: Beleuchtungstechnik im Spannungsfeld zwischen Komfort und Energiewirtschaftlichkeit. ELELEKTROPRAKTIKER Jahrbuch: Chancen in der Elektrobranche 1999, Berlin: Verlag Technik 1999

[3] *Baer, R.*: Praktische Beleuchtungstechnik. Reihe ELEKTROPRAKTIKER-Bibliothek. 1. Auflage, Berlin: Verlag Technik 1999

[4] *Wolff, J.*: Weltlichtschau nahm Abschied von der Industriemesse. Elektropraktiker, Berlin 53(1999) 7, S. 594 - 598