

Aktive Nutzung von Tageslicht in Beleuchtungsanlagen

U. Kreider, Heidelberg

Ein bewährtes Mittel zur Einsparung elektrischer Energie ist die Tageslichtnutzung. Für den Kunden ist das meist mit höherem Komfort verbunden. Moderne Techniken lassen Einsparpotentiale erreichen, die vor wenigen Jahren noch als unmöglich galten. Die Installation und Errichtung moderner tageslichtabhängiger Regelungen und Steuerungen ist dabei von der Elektrofachkraft durchzuführen.

1 Was ist „Gutes Licht“?

Gutes Licht ist wichtig. Wie wichtig wird den Menschen erst bewusst, wenn sie mit schlechtem Licht konfrontiert werden. Gutes Licht heißt in den meisten Fällen genügend Licht ohne störende Blendungen. Das Hauptorgan, mit dem die Menschen Licht aufnehmen, sind die Augen. Sie benötigen etwa 1/3 der Energie, die ein Mensch in der Ruhesituation verbraucht. Das Auge ist in seiner ganzen Funktionsweise noch nicht bis ins letzte Detail erforscht. Doch in einem sich die Wissenschaftler, Mediziner und Psychologen einig: Es hat mehr Aufgaben als nur Bilder zu erkennen!

1.1 Direktes- und indirektes Licht

Direkt strahlende Leuchten erzeugen wirtschaftlich die geforderte Beleuchtungsstärke. Durch dieses gerichtete Licht können Gegenstände optimal und fehlerfrei erkannt werden.

Entblendete Leuchten (sind in Büros mit Bildschirmarbeitsplätzen vorgeschrieben) entsprechen diesem Kriterium, sie haben jedoch den Effekt, das Wände nur unzureichend angeleuchtet werden (Höhleneffekt).

Indirekte Lichtsysteme erzeugen dagegen diffuses Licht. Dadurch wird die Wahrnehmung des Raumes, in dem man sich befindet, deutlich verbessert. Jedoch verschlechtert sich die dreidimensionale Wahrnehmung von Gegenständen. Reine indirekte Lichtsysteme erreichen zudem nur mit sehr hohem Energieaufwand die geforderten Beleuchtungsstärken.

Der „beleuchtungstechnische Kompromiss“ ist klar definiert. Direkt/indirekt strahlende Beleuchtungsanlagen erfreuen

sich zunehmender Beliebtheit. Die Verbindung von angenehm erscheinendem und wirtschaftlichem Licht ergeben sich aus den Vorteilen beider Beleuchtungsarten. Natürlich reicht es i. d. R. nicht aus, nur eine neue direkt/indirekt strahlende Leuchte zu installieren und zu hoffen, dass die Beleuchtungsanlage nun gut sei. Zugegeben – besser als die bisherige Anlage wird sie allemal sein, aber eine gute Lichtplanung bleibt trotzdem unerlässlich.

1.2 Natürliches und künstliches Licht

Eine Beleuchtung besteht häufig aus einem natürlichen Lichtanteil, der durch Fenster oder Oberlichter in den Raum einfallen kann und einem Anteil künstlichen Lichtes, der durch die elektrische Beleuchtung erzeugt wird.

Das natürliche Licht wurde bisher bei Beleuchtungsanlagen nur selten als Einsparungspotential gesehen bzw. genutzt. Zum einen lag das an den schwierig zu bedienenden Anlagen und zum anderen an den hohen Anschaffungskosten. Beides wird durch neue Technologien deutlich verbessert. Verschiedene Hersteller haben in den letzten Jahren unterschiedlichste Systeme für jeden Anwendungszweck entwickelt und auf den Markt gebracht.

2 Sparen durch tageslichtabhängiges Dimmen

Die Einheit des Wirkungsgrades verschiedener Lampen (die Lichtausbeute) ist Lumen/Watt (lm/W). Das von einer Lampe erzeugte Licht wird in Lumen (lm) gemessen. Dieser Wert steht in den technischen Unterlagen einer Lampe. In Watt misst man die elektrische Energie, die zur Erzeugung des Lichtes notwendig ist (Vorschaltgerät und Lampe).

Leuchtstofflampen besitzen eine sehr hohe Lichtausbeute, die durch Einführung der T5-Technologie noch einmal verbessert wurde (Tafel 1).

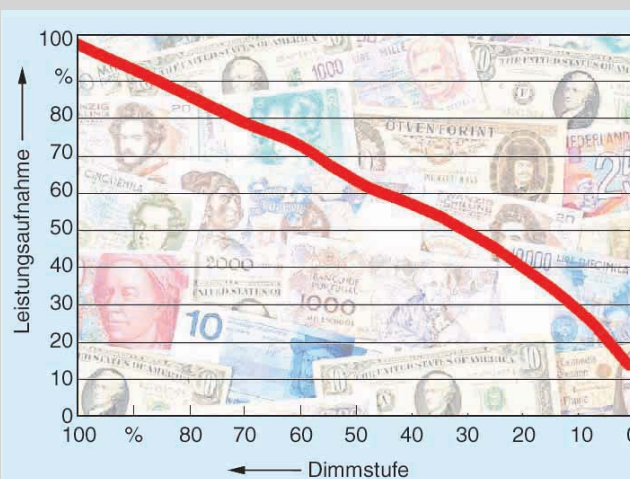
Durch die besonders wirtschaftliche Erzeugung des Lichtes haben sich Leuchtstofflampen in Büro- und Zweckbauten durchgesetzt. Besonders beim Betrieb an elektronischen Vorschaltgeräten (EVG) bleibt diese Art der Lichterzeugung bisher unerreicht effektiv.

Durch Verändern des Lichtstroms der Lampe (dimmen) kann zusätzlich Energie eingespart werden. Dazu werden dimmbare EVG benötigt.

Beleuchtungsanlagen werden geplant, ohne das von außen einfallende Tageslicht zu berücksichtigen. Dies ist auch schlecht möglich, da Außenlicht (also natürliches Sonnenlicht) im Tagesverlauf niemals in gleicher Menge vorhanden ist. Nachts ist Außenlicht naturgemäß gar nicht vorhanden. Die Hauptarbeitszeit der meisten

Tafel 1 Wirkungsgrad einiger Leuchtmittel

Lampentyp	Lichtausbeute in lm/W
Glühlampe 230 V	rund 10
Halogenlampe 12 V	rund 20
T8 (26 mm) mit KVG	rund 70
T8 (26 mm) mit EVG	rund 85
T5 hoher Lichtausbeute (16 mm)	rund 100



1 Energie-Licht-Kurve mit digitaler, dimmbarer EVG

Quelle: ABB

Autor

Dipl.-Ing. (FH) Ulrich Kreider ist tätig im Marketing Lichttechnik bei Fa. ABB Stotz Kontakt/Striebel & John, Heidelberg.

Menschen liegt in den Stunden mit Tageslicht. Dieses Licht, das durch Fenster und Oberlichter in die Arbeitsräume fällt, beteiligt sich somit an der Raumbeleuchtung. Infolge dessen kann nun das Kunstlicht im Raum reduziert werden, ohne die vorgeschriebene Beleuchtungsstärke zu unterschreiten. Bei abnehmendem Tageslicht muss der Kunstlichtanteil in gleichem Maß erhöht werden. Im Idealfall geschieht dies stufenlos.

Bei der Leuchtstofflampe kann so der Energieverbrauch durch Reduzierung der Helligkeit einfach und zuverlässig verringert werden, wie bei keinem anderen Leuchtmittel. Die heutigen digitalen, dimmbaren EVG haben einen fast idealen, linearen Verlauf der Energie-Licht-Kurve. Bei einer Reduzierung der Helligkeit um 50 % werden etwa 40 % Energie eingespart. Tageslichtabhängige Steuerungen/Regelungen nutzen diesen Effekt für wirtschaftliche Beleuchtungsanlagen (Bild 1).

3 Steuerung

Bei einer tageslichtabhängigen Steuerung wird zu jedem äußeren Helligkeitswert ein fester Innenlichtwert zugeordnet.

3.1 Anwendungsgebiete mit Energie-sparpotential

Dies bietet besonders bei größeren Beleuchtungsanlagen, bei denen es nicht nur einen „Arbeitsplatz“ gibt, die Möglichkeit, tageslichtabhängig zu dimmen. Solche Steuerungen empfehlen sich für Produktionshallen, Großraumbüros und auch für repräsentative Räume.

In Hallen oder größeren Büroräumen kann durch natürlichen Lichteinfall nicht von einer gleichmäßigen Lichtverteilung ausgegangen werden. Direkt unter den Oberlichtern ist das Lichtniveau deutlich erhöht, wohingegen in Randbereichen weniger Tageslicht einfällt (Bild 2). Da aber eine gleichmäßige Lichtverteilung gefordert ist, müssen die Leuchtenbänder unterschiedlich viel Kunstlicht abgeben. Dafür wurden Steuerungen mit nur einem Sensor entwickelt, die bis zu drei unterschiedliche Helligkeitswerte ausgeben können.

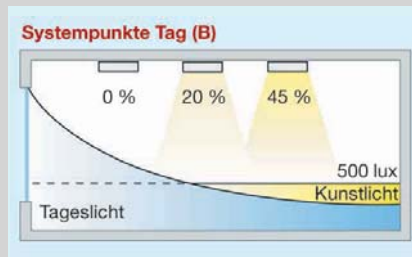
Beispiel. In Büroräumen ist der Lichteinfall direkt an den Fensterflächen am höchsten, die Beleuchtungsstärke nimmt exponentiell zur Raumtiefe ab (Bild 3). Die Leuchtenbänder müssen, entsprechend ihrer Anordnung im Raum, unterschiedlich viel zu der Gesamtbeleuchtung beitragen. In Tafel 2 sind mögliche, realistische Einsparungen zusammengetragen.

3.2 Ungewöhnliche Anwendungsgebiete

In jüngster Zeit werden tageslichtabhängige Steuerungen nicht mehr nur zur Energieeinsparung eingesetzt. Bisher wur-

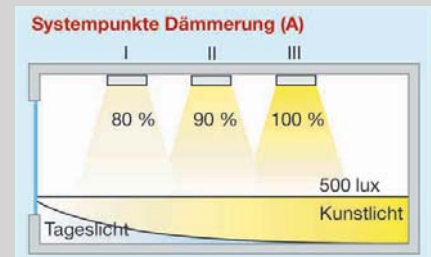


2 Halle mit Oberlicht und Lichtbändern

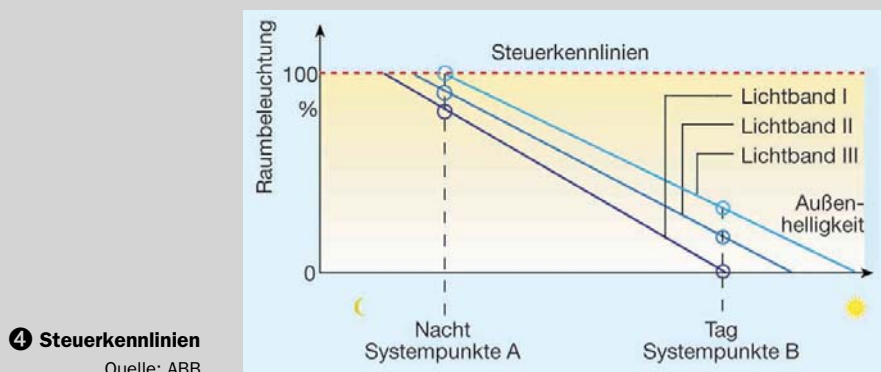


Tafel 2 Energiesparpotential von Beleuchtungsanlagen unter Berücksichtigung der Leuchtenposition im Raum

Leuchtenband	Entfernung vom Fenster	Einsparpotential
1.	bis 1 m	bis 70%
2.	2-4 m	bis 40%
3.	5-8 m	bis 15%



3 Aufteilung von Kunst- und natürlichem Licht bei unterschiedlichen Tageslichtstärken



4 Steuerkennlinien
Quelle: ABB

de in repräsentativen Räumen, wie Eingangshallen von Hotels oder Verkaufsräumen hochwertiger Ware, selten ein Unterschied zwischen Tag- und Abendbeleuchtung gemacht. Was für den von außen eintretenden Besucher am Tage wie ein Eingang in eine „dunkle Höhle“ wirkte, wurde am Abend zu einem abschreckend hellen Licht.

Durch den Einsatz neuer Lichtsteuergeräte kann nun das Innenlicht parallel zum Außenlicht verändert werden. Besonders bei Voutenbeleuchtung (Beleuchtung der Hohlkehle zwischen Wand und Decke) ist eine tageslichtangepasste Helligkeit sehr effektiv.

3.3 Projektierung und Installation

Das Steuergerät, in unserem Beispiel das DSI 306/MOD von ABB, wird in einen zentralen Verteiler eingebaut. Die Steuerleitung für die Helligkeitssteuerung kann zusammen mit der Energieversorgung in einem Kabel verlegt werden. Die Leitungslänge bis zur letzten Leuchte darf dabei 300 m betragen. Das verwendete Steuergerät kann den einzelnen Lichtbändern bis zu drei unterschiedliche Helligkeitswerte zuordnen. So kann man, be-

sonders in Werkshallen oder Großraumbüros, mit nur einem einzigen Steuergerät arbeiten. Es lassen sich bis zu 300 Leuchten gleichzeitig dimmen und schalten.

Lichtsteuergeräte können jedoch nicht nur Leuchtstofflampen in der Helligkeit verändern. Über elektronische Trafos für Halogenlampen oder Dimmer für Glühlampen können fast alle Leuchtmittel betrieben werden.

Lichtbänder unterhalb der Oberlichter werden stärker als andere gedimmt.

Der Lichtsensor ist, anders als bei einer Regelung, mit Blickrichtung nach außen zu montieren. Er darf dabei aber keiner direkten Sonneneinstrahlung ausgesetzt sein. Beste Ergebnisse bringt die Montage in Richtung Norden. Dabei muss besonders darauf geachtet werden, dass z. B. keine Bäume den Sensor übers Jahr verschatten. Für ganze Gebäude kommen so genannte Tageslichtrechner zum Einsatz. Diese benötigen als Sensor einen Lichtmesskopf auf dem Gebäudedach (siehe ep 55(2001)12 Seite 996/997).

3.4 Programmierung

Die Steuerung erfolgt über Kennlinien, die für jedes Lichtband individuell einstellbar

sind. Der Verlauf einer Steuerkennlinien wird durch zwei Punkte festgelegt. Zunächst erfolgt die Festlegung des „hellen“ Systempunktes. Dazu wird bei Tag die geforderte Beleuchtungsstärke für jedes Lichtband eingestellt und durch Betätigen des entsprechenden Programmierknopfs bestätigt. Analog ist das Verfahren beim „dunklen“ Systempunkt. Jedoch wird hier bei Nacht die geforderte Beleuchtungsstärke eingestellt.

Nach dem Programmieren der Systempunkte errechnet das Steuermodul die übrigen Helligkeitswerte der Steuerkennlinie (Bild 4), entsprechend dem Beispiel in 3.1) selbsttätig. Damit ist die Programmierung abgeschlossen und die Anlage betriebsbereit.

4 Regelung

4.1 Funktionsweise

Bei einer Regelung wird mittels eines Lichtsensors der aktuelle Helligkeitswert aus Kunstlicht und natürlichem Licht am Arbeitsplatz gemessen. Der Sensor, der auf einen Helligkeitswert eingestellt ist, vergleicht den Istwert (gemessen) mit dem Sollwert (eingestellt) und verändert entsprechend den Kunstlichtanteil bis beide Werte übereinstimmen. Eine Regelung kann sehr schnell auf Einflüsse reagieren, die sich direkt vor Ort ereignen.

Beispiel. Ein Lichtsensor registriert zusätzlich zur regulären Deckenbeleuchtung eine eingeschaltete Schreibtischleuchte und regelt daraufhin unverzüglich den Kunstlichtanteil der Deckenbeleuchtung herunter.

Tageslichtabhängige Regelungen eignen sich am besten für kleine und überschaubare Beleuchtungsgruppen wie einzelne Leuchten oder einzelne Büroräume. Sie sind hervorragend zur Umrüstung bestehender Beleuchtungsanlagen geeignet, da der Installationsbedarf sich entweder nur auf die Leuchte oder maximal auf den Raum beschränkt.

4.2 Projektierung

Regelsysteme sind meist als Einzelsensoranlagen konzipiert, die direkt und ohne großen Verdrahtungsaufwand an das Vorschaltgerät angeschlossen werden können. Diese Installation hat den großen Vorteil, dass keinerlei zusätzliche Steuerleitungen zu der Leuchte geführt werden müssen, also ideal für die Umrüstung vorhandener Beleuchtungsanlagen oder die Neuinstallation von Leuchten bei vorgegebener Installationsverkabelung.

Die Positionierung des Lichtsensors erfolgt idealerweise direkt über dem Arbeitsplatz, was in einem Büro oberhalb des Schreibtisches wäre. Sollte dies nicht möglich sein, ist ein arbeitsplatznaher Montageort zu wählen.

4.3 Installation

Die Zuleitung eines Einzelsensors wird an den entsprechenden Steckplatz des dimmbaren EVGs (z. B. PCA ECO) angeschlossen. Danach wird der Sensor mittels eines Metallclips direkt auf die Lampe aufgerastet (Bild 5).

Die Einstellung des Sensors erfolgt, wenn der natürliche Lichtanteil den kleinsten möglichen Wert erreicht hat und keine weiteren fremden Lichtquellen sich beeinflussend auswirken. Das heißt, das vorhandene Rollläden o. ä. geschlossen sein sollen und eventuell einfallendes Licht (beispielsweise durch Oberlichter aus Nachbarräumen) auszuschließen ist.

Für die Einstellung des Sollwertes muss das Messgerät zunächst auf dem Arbeitsplatz platziert werden, da hier die vorgeschriebene Beleuchtungsstärke E_{min} nicht unterschritten werden darf. Sicherheitshalber müssen Kontrollmessungen an weiteren arbeitsrelevanten Punkten durchgeführt werden. Sollte die Beleuchtungsstärke dort unter den vorgeschriebenen Werten liegen, muss die Einstellung am Sensor entsprechend geändert werden. Eine Beleuchtungsstärkeberechnung unterstützt die schnelle Einstellung der erforderlichen Werte.

Messen der Beleuchtungsstärke. Es dürfen nur Luxmeter der Genauigkeitsklasse B (z. B. MAVOLUX5032B von GMC) für die Überprüfung von Beleuchtungsanlagen verwendet werden. Diese Geräte sind leider etwas teurer als gängige „Schätz-eisen“.

4.4 Unterschiedliche Systeme

Tageslichtabhängige Regelungen sind bei fast allen Herstellern (ABB, Altenburger, Helvar, Legrand, Osram, Philips, Tridonic, uvm.) im Programm. Von der kleinsten Regelung (Bild 5) über einfache Sensoregelsysteme für Lichtbänder bis zu kombinierten tageslichtabhängigen Regelungen mit Anwesenheitssensor bietet der Markt für jede Problemstellung eine Lösung. Einige Hersteller bieten Zusatzfunktionen, die jedoch nicht zur Energieeinsparung beitragen. Die größten Unterscheidungsmerkmale liegen bei den unterschiedlichen Anforderungen an die Installation.

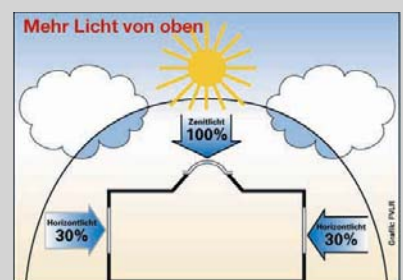
5 Hinweise für die Praxis

5.1 Aufbau eines Tagslichtsystems.

Zunächst ist die richtige Regelung oder Steuerung für das gewünschte Objekt auszuwählen. Dabei gilt zu beachten, dass größere Beleuchtungsanlagen (ob im Büro- oder in Gewerbegebäuden) i. Allg. mit einer tageslichtabhängigen Steuerung zu realisieren sind. Hierbei ist die Installation und die Helligkeitseinstellung deut-



5 Einzelsensor „SMART“ zur tageslichtabhängigen Regelung Foto: Tridonic



6 Tageslichtnutzung durch Oberlichter ist effektiver als durch Seitenfenster Quelle: FVLR

Tafel 3 Energiesparpotentiale diverser tageslichtabhängiger Systeme im Gegensatz zur Standardbeleuchtung mit EVG

System	Einsparung
Regelung von Einzelleuchten	rund 30 %
Steuerung von Büroräumen	bis 50 %
Steuerung von Hallen	bis 60 %
Regelung mit Anwesenheitsüberwachung	bis 70 %

lich problemloser und der Betrieb solcher Anlagen ist äußerst störungsempfindlich. Tageslichtabhängige Regelungen werden hauptsächlich für Einzelleuchten und Einzelbüros verwendet. Die schnelle Reaktion auf Lichtveränderungen (die besondere Störempfindlichkeit) ist hier bewusst gewünscht.

Um eine optimale Energieeinsparung zu erreichen, sollten dimmbare EVG neuester Technologie Verwendung finden.

Alle Steuer- bzw. Regelsysteme benötigen zusätzliche Steuerleitungen. Deswegen muss z. B. beim ABB-System bei der Installation mindestens eine 5-adrige-Leitung verlegt werden. Dabei werden drei Adern für die Spannungsversorgung und zwei Adern für die Steuerung benötigt. Bei Systemen, die mit 0-10 V Ansteuerung arbeiten, müssen die Steuerleitungen separat verlegt werden.

5.2 Energieeinsparungspotentiale

Häufig stellt sich die Frage nach der maximal möglichen Energieeinsparung gegenüber normalem EVG-Betrieb. Natürlich lässt sich die Frage nicht ohne eine vorhergehende Berücksichtigung bzw. eine Messung des tatsächlich vorhandenen Tageslichtes beantworten. Bei einer solchen Messung ist darauf zu achten, dass nur bei bewölkttem Himmel gemessen wird. Das diffuse Licht des Himmels (Horizontlicht) ist ganzjährig mit etwa gleich bleibender Stärke vorhanden. Somit lässt sich anschließend eine qualifizierte Wirtschaftlichkeitsberechnung durchführen. Messungen bei direkter Sonnenlichteinstrahlung sind für eine Ganzjahresbetrachtung nicht aussagekräftig. In **Tafel 3** sind erreichbare Energiesparpotentiale unterschiedlicher tageslichtabhängiger Systeme aufgeführt. In Produktions-, Lager- und Werkshallen lässt sich gebäudebedingt die meiste Energie durch ein Tageslichtsystem sparen (**Bild 6**). Hier sind meist Oberlichter eingebaut und demzufolge ist die einfallende Tageslichtmenge sehr hoch. Zudem liegt das geforderte Beleuchtungsniveau meist niedriger als in Büroräumen.

5.3 Amortisationszeiten

Auf der Homepage des **ep** findet sich das Programm „Payback“ (zur Errechnung von Projektkosten und Amortisationszeit) zum downloaden.

Für eine realistische Berechnung sind dazu Lampenbrenndauer und durchschnittliche Dimmwerte (**Tafel 3**) wichtig. Nachdem alle Werte im Kalkulationstool erfasst und durchgerechnet wurden, kann die Ergebnistabelle ausgedruckt und einem Angebot beigelegt werden.

Bei Produktionshallen werden i. d. R. für tageslichtabhängige Steuerungen Amortisationszeiten zwischen 3 und 5 Jahren ermittelt.

6 Schlussbemerkung

Moderne tageslichtabhängige Regelungen bzw. Steuerungen können, wenn sie mit der Gebäudesystemtechnik verbunden sind, die Verschattung eines Gebäudes sowie z. B. eine Nutzungserkennung ermöglichen. Diese „intelligenten“ Lichtsysteme benötigen dafür jedoch so genannte Tageslichtjalousien, die einen Großteil des Tageslichtes in

den Raum transportieren können, ohne jedoch den Blendenschutz für den Arbeitsbereich zu vernachlässigen.

Weitere Informationen zum Thema bietet die Fördergemeinschaft innovative Tageslichtsysteme (FiTLicht). Zur Optimierung von Tageslichtnutzung und künstlicher Beleuchtung ist die Richtlinie VDI 6011 (Beuthverlag) erhältlich. ■

Kontakt

FiTLicht

**Im Letten 26;
71139 Ehningen
Tel.: (0 70 34) 93 47-0
Fax: (0 70 34) 93 47-49
E-Mail: volz@FiTLicht.de
Homepage:
www.FiTLicht.de**

Anzeige