

Energetische Lichtplanung

Das Licht als Teil des energetischen Systems Gebäude

Dipl.-Des. Martin Krautter, Lüdenscheid

Die Zielvorgabe für die Beleuchtungsplanung ist klar: Reduzierung des Energieverbrauchs – möglichst ohne Einschränkungen bei Funktion, Komfort und Gestaltungsfreiheit.

Um die technischen Möglichkeiten, die die Industrie dafür bietet, ausschöpfen zu können, sind bei Architekten und Planern erweiterte Kenntnisse gefragt: Sowohl über die einzelnen Stellschrauben als auch über die Gesamtzusammenhänge im energetischen System Gebäude.

Wer sich ernsthaft mit Ökologie und Ökosystemen beschäftigt, lernt von der Natur, dass isolierte Eingriffe an einer Stelle oft unerwartete und unerwünschte Folgen nach sich ziehen: Es gilt, sich zunächst der Zusammenhänge bewusst zu werden. Ähnlich stellt sich die Aufgabe dar, Architektur in ihrer Komplexität Ressourcen schonender und energieeffizienter zu gestalten: Die Architekturbeleuchtung ist ein Faktor im energetischen System Gebäude, der mit vielen anderen Bereichen korrespondiert. Gleichzeitig bildet die Beleuchtung selbst ein System aus verschiedenen Komponenten, deren Zusammenwirken durch

Planung optimiert werden kann. Und selbst das ausgeklügelteste System ist sinnlos, wenn es sich nicht auf den Menschen als Nutzer bezieht, der durch sein Verhalten die Zielsetzung unterstützen oder unterlaufen kann.

Sinnvoll einsparen

Die Publikumspresse reduziert energieeffiziente Beleuchtung gerne auf den Austausch von „Glühbirnen“ gegen „Energiesparlampen“. Für Planer und Architekten stellt sich dieses Problem erheblich differenzierter dar, bietet andererseits aber auch viele Gestaltungsmöglichkeiten. Denn die Industrie stellt eine Vielzahl von Energie sparenden Technologien bereit – sowohl im Bereich der Lichtquellen, der Lampen als auch im Bereich der Leuchten, der Licht- und Steuersysteme. Wer von vornherein die Weichen durch intelligente Planung richtig stellt, kann nicht nur der Umwelt viel ersparen, sondern auch den Bauherren und Betreibern von Gebäuden durch niedrige Betriebskosten bei hoher Lichtqualität einen wirtschaftlichen Nutzen bieten.

Nicht vergessen werden soll die günstigste Lichtquelle überhaupt, das Tageslicht. Seine sinnvolle Nutzung in der Architektur und die damit verbundenen Fragen nach Blendung, Kontrasten und Wärmeeintrag sind allerdings ein Thema für sich – hier wird es in erster Linie um die künstliche Beleuchtung gehen.

Lampen

Eine erste Weichenstellung erfolgt mit der Auswahl der Leuchtmittel. Die schlechte Nachricht zuerst: Die ideale Lampe mit optimaler Lichtausbeute und perfekten Lichteigenschaften ist noch nicht erfunden. Die gute Nachricht: Für die meisten Beleuchtungsfragen gibt es aber auch heute schon äußerst effiziente Lösungen. Dabei ist eine präzise Analyse der Beleuchtungsaufgabe notwendig.

Kompakte Leuchtstofflampen

Kompakte Leuchtstofflampen, landläufig als Energiesparlampen bekannt, bieten eine hohe Lichtausbeute sowie eine lange Lebensdauer und haben nach über 20 Jahren am Markt ihre Kinderkrankheiten wie Flackern, Flimmern oder Empfindlichkeit gegen Schaltvorgänge längst abgelegt. Es gibt sie in neutralen wie auch in behaglich warmtonigen Lichtfarben. Wie prinzipiell bei Leuchtstofflampen ist ihre Farbwiedergabe aufgrund des nicht kontinuierlichen Spektrums nie perfekt – diesbezügliche Verbesserungen gehen auf Kosten der Lichtausbeute. Die relativ große leuchtende Oberfläche erzeugt ein diffuses Licht ohne Brillanz. Damit eignen sie sich zum Beispiel zur wirtschaftlichen Allgemeinbeleuchtung mit Downlights und grundsätzlich überall dort, wo bisher matte Allgemeinlampen, im Volksmund Glühbirne genannt, hinter Schirmen und Abdeckungen ihren Dienst taten. Ähnliches gilt auch für die klassische stabförmige Leuchtstofflampe, die in Langfeldleuchten, Möbeln, Vouten, Lichtdecken usw. gut und wirtschaftlich arbeitet. Für präzise Lichtakzente oder Brillanzeffekte hingegen werden möglichst punktförmige Lichtquellen benötigt.

Hochdruck-Entladungslampen

Hier empfehlen sich die Hochdruck-Entladungslampen: Sie bieten eine enorme Lichtausbeute (l/W) bei sehr hoher Lebensdauer und eignen sich aufgrund ihrer optischen Eigenschaften sowohl für die Allgemeinbeleuchtung in Deckeneinbau- und Pendeldownlights, als auch für Strahlerleuchten mit den unterschiedlichsten symmetrischen oder asymmetrischen Lichtverteilungen. Der häufigste Typ der Hochdrucklampe, die Halogen-Metaldampflampe, ist in verschiedenen Weißtönen erhältlich, die Farbwiedergabe

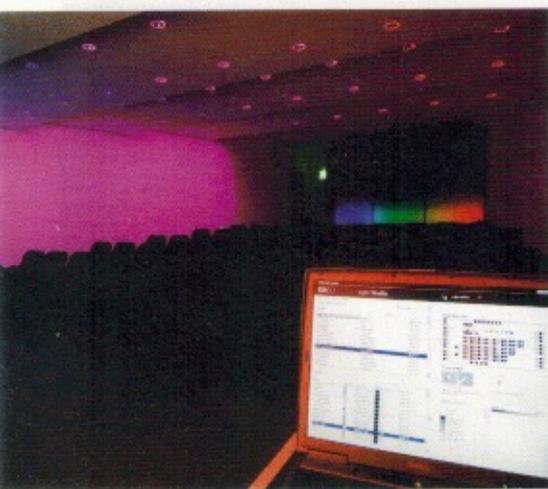


Foto: Erca



Im Raum, dreifach inszeniert: Architektur und Licht bedingen einander

wurde trotz nicht kontinuierlichem Spektrum auf ein hohes Niveau entwickelt, das sich auch in anspruchsvollen Bereichen wie dem Textil-Einzelhandel bewährt hat. Damit stellen sie für viele Bereiche der professionellen Architekturbeleuchtung, zum Beispiel in der Industrie, im Handel, im Außenraum etc., aktuell die erste Wahl dar. Sie haben jedoch auch Eigenschaften, die sie für bestimmte Anwendungen ausschließen: Sie sind nicht dimmbar, sie können nicht beliebig schnell ein- und wieder eingeschaltet werden und selbst die zurzeit niedrigste verfügbare Leistungsstufe von 20 W liefert ein Lumenpaket, das für manche Einsatzgebiete einfach schon zu groß ist.

Dennoch sollten Planer den Einsatz von Hochdrucklampen stets in Betracht ziehen, denn kaum eine andere Technologie bietet zurzeit vergleichbare Effizienz und Lichtqualität in einer derartigen Vielfalt von praxiserprobten Lichtwerkzeugen unterschiedlichster Charakteristik.

LED

Die Aufmerksamkeit genießt zurzeit die LED-Technologie. Sowohl vom bisherigen Entwicklungsverlauf als auch vom theoretischen, physikalischen Potential her haben die Leuchtdioden in der Beleuchtungstechnik eine große Zukunft. Die direkte Umwandlung von Strom zu Licht in einem Halbleiterkristall durch Photolumineszenz bietet einige unschlagbare Vorteile: LEDs sind robust, dimmbar, bieten eine gute Lichtausbeute, keine unerwünschten Lichtanteile (UV, IR) und sind äußerst langlebig. LEDs erzeugen Licht in einem extrem schmalen Wellenlängenband: Dies ist ein Vorteil, wenn man farbiges Licht hoher Sättigung erzielen möchte, etwa um leistungsfähige RGB-Farbleuchten zu konstruieren. Weißes LED-Licht besteht hingegen entweder aus der Mi-

schung verschiedenfarbiger LEDs oder aus der Kombination einfarbiger LEDs mit Leuchtstoffen, besitzt also kein kontinuierliches Spektrum. Zwar sind LEDs mit verschiedenen Lichtfarben von kalt- bis warmweiß erhältlich, aber die Farbwiedergabe ist zum heutigen Zeitpunkt nur mäßig und zum Beispiel für die Warenpräsentation nicht unbedingt empfehlenswert. Ein weiterer Schwachpunkt sind die noch immer relativ niedrigen Nennlichtströme – verglichen mit bewährten Leuchtmitteln wie Halogenlampen oder gar Hochdrucklampen. Wirtschaftlich sinnvolle Allgemeinbeleuchtungen oder Akzentbeleuchtungen in hellem Umfeld sind derzeit kaum zu leisten.

Während Halbleiter-LEDs annähernd punktförmige Lichtquellen sind und damit auch Brillanz und günstige optische Eigenschaften bieten, sind die häufig als Lichtquelle der Zukunft angepriesenen OLEDs (organische LEDs) prinzipbedingt flächige Lichtquellen und damit für viele anspruchsvollere Beleuchtungsanwendungen ungeeignet.

Glühlampen

Auch die „Glühbirne“ ist noch lange nicht tot – sie lebt fort in ihrer hoch entwickelten Form der Halogenlampe. Diese übertrifft Allgemeinleuchtampen hinsichtlich Lichtausbeute, Lebensdauer und optischen Eigenschaften als annähernd punktförmige Lichtquelle deutlich und wird von ihren Herstellern nach wie vor weiterentwickelt. Halogenlampen mit Infrarot reflektierender Beschichtung verbrauchen zum Beispiel bei gleichem Lichtstrom ca. 25% weniger Strom als ihre Vorgänger. Halogenlampen stehen in einer riesigen Auswahl an Bauformen und Leistungsstufen zur Verfügung. Sie sind preisgünstig, dimmbar und besitzen als Temperaturstrahler ein kontinuierliches Spektrum für optimale, natürliche Farbwiedergabe.

Betriebsgeräte

Außer den Halogen-Hochvoltlampen benötigen alle genannten Lampen eine Form von Betriebsgerät: ein Vorschaltgerät (Leuchtstoff), ein Zündgerät (Hochdruck) oder einen Transformator (LED, Halogen-Niedervolt). Heutzutage sollten nur noch Leuchten mit elektronischen Betriebsgeräten eingesetzt werden: Sie sind verlustarm, Lampen schonend, leicht und kompakt – und sie sind die Voraussetzung für jede Art von digitaler Steuerung, z. B. über eine DALI (Digital Addressable Lighting Interface) Schnittstelle.

Beurteilung von Leuchten

Nun dürfte klar sein, wie wichtig es ist, bei der Lampenwahl konzeptuell vorzugehen. Dies gilt umso mehr bei der Auswahl der Leuchten. Leider gibt es bei Leuchten keine ähnlich griffigen Vergleichswerte für die Effizienz wie etwa bei Kraftfahrzeugen, also zum Beispiel deren Verbrauch in l/100 km. Während sich die Lichtausbeute der Lampen in l/W (Lumen pro Watt) gut vergleichen lässt, ist der so genannte Leuchtenwirkungsgrad eine nicht unproblematische Vergleichsgröße. Dieser Messwert beschreibt, welcher Anteil der Lichtenergie aus der Leuchte in den Raum übergeht.

Das klingt vernünftig – bis man feststellt, dass eine nackt am Kabel baumelnde Lampe das Optimum an Leuchtenwirkungsgrad bietet. Dann nämlich wird deutlich, dass hier die menschliche Wahrnehmung im Allgemeinen und aus ihr resultierende Begriffe wie Sehkomfort und Gestaltung im Speziellen. Sinnvoller scheint es daher, den Beleuchtungswirkungsgrad zu betrachten. Dieser ist aber vom Raum und der planerischen Intention (Definition der Nutzebene) abhängig, und kann daher nicht wirkungsvoll in Produktkatalogen platziert werden.

Leuchten

Leuchten, mit denen sich Licht effektiv gestalten lässt, benötigen Vorrichtungen zur Lichtlenkung und zur Blendbegrenzung, was den Leuchtenwirkungsgrad zwangsläufig reduziert. Diesen Verlust minimieren die Hersteller hochwertiger Leuchten durch immer leistungsfähigere Reflektoren sowie durch optische Systeme. Darüber hinaus verfügen solche Lichtwerkzeuge über ein großes Potential zur Energieeinsparung, weil sie die wahrnehmungsorientierte Lichtplanung erst möglich machen. Die umweltfreundlichste Leuchte ist, so betrachtet, immer diejenige, die eine definierte Beleuchtungsaufgabe am besten erfüllt. Dies erklärt auch die fast unüberschaubar scheinende Angebotsbreite an Spezialleuchten. Es lohnt sich darum, die Informationsangebote der Industrie zur richtigen Anwendung ihrer Werkzeuge in Broschüren, im Internet oder bei Schulungen wahrzunehmen.

Planungsbeispiel

Zweifellos sind röhrenförmige Leuchtstofflampen prinzipiell sehr wirtschaftliche Lichtquellen. Als nackte Armatur an der Decke befestigt, bieten sie auch einen hohen Leuchtenwirkungsgrad – denn von der Lichtenergie geht kaum etwas verloren, alles wird diffus in den Raum gestrahlt. Dennoch wäre solch ein Lichtkonzept unbefriedigend, denn es orientiert sich nicht an unserer Wahrnehmung: Das Auge adaptiert seine Empfindlichkeit auf die hohe Leuchtdichte der nicht abgeschirmten Lampen und empfindet den restlichen Raum subjektiv als entsprechend dunkler. Beleuchtet man den gleichen Raum nun mit gut abgeblendeten Downlights, adaptiert das Auge auf die beleuchteten Flächen und nimmt diese bei gleicher Anschlussleistung als subjektiv heller wahr – oder aber als gleich hell bei gesenkter Anschlussleistung. Als nächster Schritt hellt eine differenzierte Beleuchtung die Wandflächen des Raumes mit speziellen Wandfluterleuchten auf. Aufgrund unserer bevorzugten Sehrichtung zum Horizont spielen vertikale Leuchtdichten eine besondere Rolle für die Helligkeitsempfindung und Raumwahrnehmung. Wandfluter ermöglicht also einen subjektiv ähnlichen Helligkeitseindruck bei noch geringerer Anschlussleistung der Lichtanlage – dies alles nur durch intelligente Planung und den Einsatz von jeweils spezialisierten Lichtwerkzeugen.

Lichtplanungsgrundlagen

Ebenso wichtig ist es, die Eigenheiten des Sehapparates beim Gestalten mit Helligkeitskontrasten zu beachten. Gut abgeschirmte Leuchten bieten die Möglichkeit, eine Lichtszenerie aus dem Dunkel herauszuarbeiten, und dabei die Leistungsfähigkeit des mensch-

	0	20	40	60	80	100	n(lm/W)
A	■						
QT, QPAR		■					
QT-NV			■				
T						■	
TC					■		
HIT-CE						■	
HST				■			
LED					■		

Lichtausbeute verschiedener Leuchtmittel: A = Allgebrauchslampe, QT, QPAR = Halogenglühlampen, QT-NV = Halogen-Niedervoltlampen, T = Stabförmige Leuchtstofflampen, TC = Kompakte Leuchtstofflampen, HIT-CE = Halogen Metall dampflampen, HST = Natriumdampf-Hochdrucklampen, LED = Leuchtdioden

lichen Auges zu nutzen, das – solange man Blendung vermeidet – bereits erstaunlich geringe Beleuchtungsstärken wahrnehmen, nutzen und unterscheiden kann. Diese Empfindlichkeit gilt es auszunutzen, denn für klar unterscheidbare Helligkeitskontraste benötigt man logarithmisch ansteigende Lichtleistungen – das heißt, die nötigen Leistungen für eine Kontraststufe verdoppeln sich jeweils! Ist also die Grundbeleuchtung bereits zu hell geplant, benötigen Lichtakzente unverhältnismäßig viel Leistung.

Eine weitere Vergleichsgröße des Energieverbrauchs von Beleuchtung sei hier kritisch betrachtet, nämlich die Anschlussleistung pro Fläche in W/m². Dieser an sich handliche und verständliche Wert berücksichtigt keine Nutzungsänderungen im Zeitverlauf, sondern orientiert sich an der Maximalanforderung an die Beleuchtung, die in den meisten Situationen nur vorübergehend gestellt wird. Massive Energiesparpotentiale liegen im Entwickeln von nutzungs- und tageszeitabhängigen Schalt- und Dimmszenarien, die mit entsprechenden Lichtsteueranlagen komfortabel umgesetzt werden – ein Potential, das aus der Anschlussleistung allein nicht hervorgeht. Entscheidend für die Ausschöpfung dieser Potentiale ist der Bedienkomfort der Lichtsteuerung: Für entsprechende Akzeptanz ist nicht nur eine problemlose Installation und Inbetriebnahme durch den Fachhandwerker, sondern auch eine komfortable Einrichtung und Programmierung durch den Planer oder Betreiber sowie eine einfache Bedienung durch die Nutzer notwendig.

Schnittstellen zwischen Gewerken

Natürlich sollten sich Lichtsteueranlagen gegebenenfalls mit übergeordneten Gebäudemanagementsystemen als Subsysteme verknüpfen lassen. Aber bei der energetischen Betrachtung von Beleuchtung gelten noch weitere Zusammenhänge zwischen den Gewerken, zum Beispiel der Wärmeeintrag von Leuchten. Überall dort, wo künstlich klimatisiert werden muss, bedeutet jedes gesparte

Watt bei der Beleuchtung auch eine Einsparung beim Klimatisierungsbedarf. Es sinken dadurch nicht nur die Betriebskosten weiter, sondern die Klimatechnik kann auch entsprechend günstiger dimensioniert werden. Einen Extremfall im umgekehrten Sinne stellen Passiv- und Nullenergiehäuser dar: Denn hier geht die Energie, die zum Beispiel eine Leuchte mit Glühlampe als Wärme abgibt, nicht verloren, sondern wird zurückgewonnen! Eine sorgfältige Abstimmung mit der Planung der Haustechnik ist also unabdingbar. Die Gestaltung von Raumboflächen wirkt sich ebenfalls extrem auf die Lichtplanung aus: Dunkle, matte, Licht schluckende Flächen sind ebenso problematisch zu beleuchten wie hoch glänzende Oberflächen mit ihrer Neigung zur Reflexblendung.

Resümee

Es gibt kein Patentrezept für energieeffiziente Beleuchtung. Andererseits existieren eine ganze Reihe von Ansätzen, die mit etwas Investition in den Planungsaufwand bereits enorme Einsparpotentiale erschließen: Differenzierte Lichtplanung mit den richtigen Lampen und spezialisierten, qualitativ hochwertigen Leuchten für die einzelnen Beleuchtungssituationen, konsequente Orientierung des Lichteinsatzes an Sehkomfort und Wahrnehmung, nutzungsabhängige sowie möglichst automatisierte Dimm- und Schaltszenarien per Lichtsteuerung.

Autor



Dipl.-Des. Martin Krautler, Lüdenscheid
Der Autor ist Diplom-Industriedesigner. Er war als Autor und Fachjournalist tätig und arbeitet seit 1998 bei der Erco Leuchten GmbH, Lüdenscheid, als Pressesprecher und Chefredakteur des Erco Lichtberichtes.

Informationen: www.erco.com