

Tageslicht optimal nutzen

Energieeffiziente Beleuchtungsanlagen planen und realisieren

Durch im Sommer 2007 verabschiedete Novelle der Energieeinsparverordnung EnEV 2007 soll eine deutliche Steigerung der Energieeffizienz in Gebäuden erreicht werden. Weitere Erhöhungen der energetischen Anforderungen um jeweils etwa 30% sieht das Integriertes Energie- und Klimaprogramm der Bundesregierung für 2009 und 2012 vor.

■ Hans Christian Winter



Natürliches Licht und Kunstlicht müssen sich je nach Tageszeit optimal ergänzen.

Rund 9,5% des im Jahr 2005 verbrauchten Stroms (521 Mrd. kWh) in Deutschland geht auf das Konto der Beleuchtung und zwar hauptsächlich für Industrie (23%), Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (52,5%) und die privaten Haushalte (23%). Trotz ihres großen Einsparpotenzials wurde die Beleuchtung von Innenräumen in der Vergangenheit kaum mit der Energieeffizienz von Gebäuden in Verbindung gebracht. Das lag einerseits an den relativ niedrigen Energiekosten und andererseits daran, dass die Beleuchtung in den relevanten Verordnungen keine Beachtung fand. Das änderte sich durch die Verabschiedung der Europäischen Richtlinie „Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden“ (EPBD). Die Gebäuderichtlinie verpflichtet die Mitgliedsstaaten dazu, den Energiebedarf für die Beleuchtung und die Gebäudekühlung bei Nichtwohngebäuden mit zu bilanzieren.

In Deutschland wurde die EU-Richtlinie mit der Novellierung der Energieeinspar-Verordnung, in nationales Recht umgesetzt, insbesondere Kunstlicht und Gebäudekühlung in die Energiebilanz und den Energieausweis für Bestandsgebäude aufgenommen. Da es bis zu diesem Zeitpunkt noch kein ganzheitliches Verfahren zur energetischen Bilanzierung von Nichtwohngebäuden gab, wurde ein neues Normenwerk, die DIN V 18599 „Energetische Bewertung von Gebäuden“ ausgearbeitet und parallel zur EnEV 2007 in Kraft gesetzt.

Ansätze zur Planung

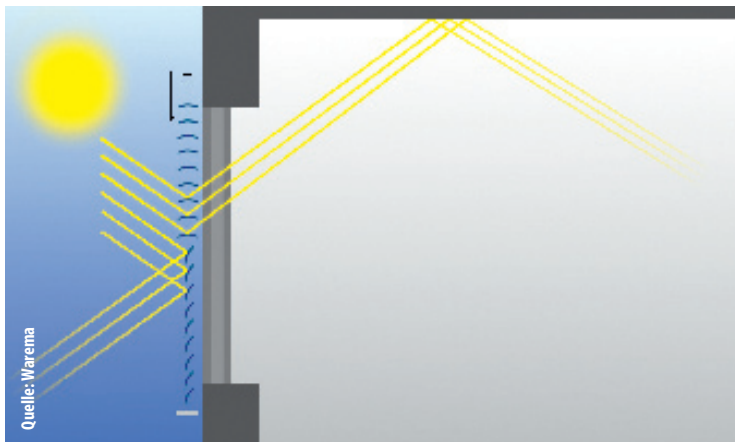
Zwei nicht trennbare Ansätze führen zu einer effizienteren Gebäudebeleuchtung: Die Optimierung der systemtechnischen Anlagenauslegung und die Nutzung des vorhandenen Tageslichts. Im bisherigen Standard-Planungsablauf war es üblich, dass die technische Gebäudeausrüstung erst dann geplant wurde, wenn der Gebäudeentwurf fertig gestellt war. Dies gilt in der überwiegenden Zahl der Fälle auch heute noch. Die Zielkonflikte zwischen den Gewerken, der Einfluss der Fassadengestaltung auf Raumbeleuchtung und Wärmeeintrag etc. werden dabei oft nur unzureichend berücksichtigt. Ein solch sequenzieller und selektiver Planungsablauf bringt dann meist nur Gebäude minderer energetischer Qualität hervor, wie sie landauf und landab sehr häufig zu finden sind.

Eine hohe energetische Qualität wird andererseits aber nicht automatisch durch den Einsatz innovativer Technologien oder Produkte erreicht, sondern durch Spezialwissen und seine rechtzeitige und zielgerichtete Anwendung im Planungsprozess. Rechtzeitig heißt hier vor allem, dass schon die Projektentwicklung ein „kollektiver Prozess integraler Planung“ sein muss, der die wechselseitigen Abhängigkeiten zu einem möglichst frühen Zeitpunkt berücksichtigt. So hat der Wunsch nach maximaler Transparenz der Gebäudehülle hohe Kühllas-

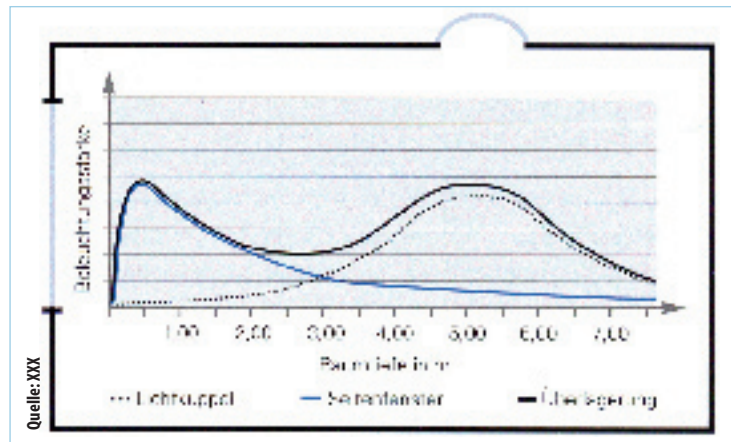
Hans Christian Winter
Geschäftsführer von Ratec Licht in
Lindenberg

T +49/8381/8017-56
F +49/8381/8017-57

info@ratec-licht.com



Ein außen liegender Lamellenbehang mit Sonnenschutz lenkt Tageslicht in den hinteren



Qualitativer Verlauf der Beleuchtungsstärke im Raum.

ten zur Folge, der nach großen Raumtiefen eine schlechte Tageslichtversorgung, Sonnen- und Blendschutz reduzieren die Sicht nach draußen und die Möglichkeiten der Tageslichtnutzung usw., das heißt die Energieströme in Gebäuden (Wärme, Kälte, Licht) beeinflussen sich gegenseitig – wenn an einer Stellschraube gedreht wird, verändern sich oft mehrere Parameter.

Optimierung der Anlagenauslegung

In den vergangenen 10-15 Jahren sind große Fortschritte auf dem Gebiet der Leuchtentechnik und Regelungselektronik gemacht worden. Neue Materialien wie hoch entwickelte Kunststoff-Prismenplatten, in die das Licht sehr effektiv „eingekoppelt“ wird, ermöglichen Leuchtenbetriebswirkungsgrade (ein Maß für die Effizienz) bis weit über 90%, und das bei deutlich reduzierten Leuchtdichten (Helligkeiten) der Prismenelemente. Dadurch lassen sich sehr wirtschaftliche Lichtlösungen realisieren. Die Prismenplatten strahlen das Licht großflächig in den Raum ab. Dadurch wird die Eigenhelligkeit so weit reduziert, dass nahezu keine Blendung mehr auftreten kann. Außerdem können diese Leuchten flexibler im Raum angeordnet werden, da eine genaue Kenntnis des Raumlayouts für die Lichtplanung nicht unbedingt erforderlich ist.

Der Energiebedarf für die künstliche Raumbeleuchtung lässt sich sehr weit – je nach Raumtiefe und Tageslichtversorgung bis zu 75% – durch die Nutzung des natürlichen Tageslichts reduzieren (siehe unten). Möglich werden diese hohen Einsparungen durch tageslichtabhängige Regelungen, bei denen ein Sensor die auf einer Referenzfläche im Raum vorhandene Beleuchtungsstärke misst. Eine elektronische Regeleinheit regelt die künstliche Beleuchtung soweit nach, bis der Soll-Wert erreicht ist. Bei mehreren Leuchtenachsen im Raum sollte jede Achse

(Leuchtenreihe) getrennt geregelt werden, um eine möglichst optimale Tageslichtnutzung zu erzielen.

Noch weiter reduzieren lässt sich der Energiebedarf durch den Einsatz einer präsenzabhängigen Beleuchtungssteuerung. Das Einsparungspotential hängt dabei aber sehr stark von der Gebäude- beziehungsweise Raumnutzung ab. So können beispielsweise in Einzelbüros deutlich höhere Einsparungen erzielt werden als in Gruppen- oder Großraumbüros.

Auch die aktuelle Normung eröffnet neue Möglichkeiten zur Realisierung energieeffizienter Beleuchtungskonzepte: Während die DIN 5035 noch raumbezogene Einheitswerte (zum Beispiel 500 lx in Büroräumen) vorgab, definiert die aktuelle DIN EN 12464 einen „Bereich der Sehaufgabe“ mit 500 lx und einen unmittelbaren Umgebungsbereich, in dem nur noch 300 lx gefordert werden. Die differenzierte, bereichsbezogene Anlagenauslegung setzt aber die genaue Kenntnis des Raumlayouts voraus.

Nutzung des Tageslichts

Würden unsere Büroarbeitsplätze im Freien stehen, könnten wir zu etwa 93% der normalen Arbeitszeit auf eine künstliche Ergänzungsbeleuchtung verzichten. Auch in Innenräumen sind Werte bis über 80% möglich. Die Tageslichtbeleuchtung erweist sich deshalb als Schlüssel zur Effizienzsteigerung. Viele Untersuchungen der vergangenen Jahre haben außerdem gezeigt, dass Tageslicht für das Wohlbefinden von Menschen äußerst wichtig ist. Es vermittelt den Bezug zum Außenraum und es ist im Gegensatz zu einer statischen Kunstlichtbeleuchtung erheblich dynamischer und stimulierender.

Das Tageslichtangebot schwankt in Deutschland von etwa 3000 lx Außenhelligkeit an einem bedeckten Wintertag bis über 100.000 lx an hellen Sonnentagen und kann sich je nach Bewölkung abrupt ändern. Gut ausgelegte Tageslichtsysteme müssen dennoch für eine gleichbleibend gute Beleuchtung der Innenräume sor-



Im Bild rechts sind die vier Elemente: Sonnenschutz, Blendschutz, Lichtlenkung (oberer Lamellenbereich) und die künstliche Beleuchtung zusammen zu sehen.



Lichtbänder ermöglichen eine gute und gleichmäßige Versorgung von größeren Räumen mit Tageslicht.

V 18599 (Energetische Bewertung von Gebäuden) ermittelten durchschnittlichen 22 kWh/m² a für konventionelle Kunstlichtlösungen sinkt der Energiebedarf für das Kunstlicht auf etwa 10 kWh/m² a, wenn ein außen liegender konventioneller Lamellenbehang Tageslicht durch eine Wärmeschutzverglasung leitet. Mit Sonnenschutzfolie sind es 12 kWh/m² a; ein Wert, den auch permanent verschattende Systeme liefern. Etwa halb so hohe Werte lassen sich mit lichtlenkenden Fassadensystemen realisieren. Den niedrigsten Wert von 5 kWh/m² a erreicht ein zweigeteilter, innen liegender Behang mit Lichtlenkung im oberen Lamellenbereich.

Dachsysteme und Tageslichtnutzung

Bei größeren Hallen im gewerblichen und industriellen Bereich ist eine Tageslichtversorgung der Arbeitsplätze allein durch Seitenfenster oft nicht möglich, weil das Niveau des seitlich einfallenden Tageslichts ab etwa 5 Meter zu stark abfällt. Höhere Beleuchtungsstärken im Raum lassen sich mit Dachoberlichtern, Lichtbändern oder Sheddächern erzielen, die das deutlich hellere Zenitlicht nutzen und einen harmonischen Helligkeitsverlauf im Raum erlauben. Lichtstreuende Elemente vermeiden auch bei klarem Himmel störende Blenderscheinungen und zu hohe Helligkeitsunterschiede.

Wie die Grafik zeigt, ergibt die Kombination von Wand- und Dachöffnung eine optimale Raumausleuchtung. Im Wandbereich sind es die Fenster, in der Raumtiefe die Dachöffnungen die die einzelnen Raumbereiche mit Tageslicht versorgen. Für doppelschalige Stan-

gen und dem Sonnen- und Blendschutz Rechnung tragen. Konventionelle Systemlösungen können in diesem Spannungsfeld nur unzureichende Ergebnisse liefern. Sie werden den heutigen Effizianzforderungen nicht mehr gerecht. Deshalb sind differenzierte und innovative Ansätze gefragt, die die unterschiedlichen Funktionen harmonisch in Einklang bringen. Ausgehend von den im Kasten genannten baulichen Rahmenbedingungen erfolgt die Auswahl eines geeigneten Systems oder einer passenden Kombination von Systemen.

- der Einsatz nicht veränderlicher, lichtlenkender Komponenten im Oberlichtbereich ebenfalls sehr gute Ergebnisse liefert,
- lichtlenkende Fassadenkomponenten insbesondere bei Südfassaden zu einer deutlichen Verbesserung der Beleuchtungsverhältnisse führen, dagegen für den Einsatz an Ost- und Westfassaden nur bedingt, für Nordfassaden nicht geeignet sind.

Gegenüber den von der Deutschen Energieagentur dena in einer Felduntersuchung zur DIN

Fassadensysteme und Tageslichtnutzung

Die heute angebotenen Fassadensysteme lassen sich grob in drei Kategorien einteilen: konventionelle, permanent verschattete und lichtlenkende Systeme. Vom Fraunhofer-Institut für Bauphysik in Stuttgart wurde das „Lichttechnische und energetische Verhalten von Fassaden moderner Verwaltungsbauten“ auf der Basis von zehn unterschiedlichen Systemen für einen Raum mit den Maßen 3,6 m x 4,8 m x 3,0 m (Breite x Tiefe x Höhe) verwendet.

Das Ergebnis dieser Untersuchung zeigt,

- dass der Anteil der natürlichen Innenraumbelichtung zwischen etwa 50% (permanent verschattende Systeme) und über 80% (lichtlenkende Fassadensysteme) schwankt,
- Systeme, die bei nicht aktiviertem Sonnenschutz die Fassade vollständig freigeben, der Vorzug gegeben werden sollte,



Nach der Sanierung wirkt die Halle wesentlich offener und heller. Die Betriebskosten für die Beleuchtung gingen deutlich zurück.



dardlichtkuppeln oder -lichtbänder wird häufig opal eingefärbtes Acryl- oder Polycarbonat-Kunststoffglas verwendet. Der Lichtdurchlass im sichtbaren Bereich liegt bei 60% bis 70%. Die meist verwendete, gewölbte Form reduziert den Wartungsaufwand durch den Selbstreinigungseffekt des Regens.

Neben der Raumbelichtung können Dachoberlichter und Lichtbänder auch noch andere Funktionen übernehmen. So zum Beispiel die Frischluftversorgung des Raumes und die Funktion als Rauch- und Wärmeabzugsanlagen. Allerdings sind hierzu speziell ausgestattete Ausführungen erforderlich.

Gebäudesanierung und Tageslichtnutzung

In vielen Fällen stellt sich die Frage nach einem neuen Beleuchtungskonzept im Rahmen einer Gebäudesanierung. Hierbei kann es sich um die Sanierung einer Fassade, eines Hallendaches oder um die Komplettanierung eines Gebäudes handeln. Immer dann wenn relevante Raumbegrenzungsflächen in ein solches Konzept einbezogen werden, lohnt es sich über das Thema Tageslichtnutzung nachzudenken. Denn wenn beispielsweise das vorhandene Dachpaket durch eine dickere Wärmedämmung vergrößert, oder die Gebäudefassade neu gedämmt werden soll, dann betreffen die geplanten Maßnahmen häufig auch die transparenten Wand- oder Dachelemente. Und spätestens jetzt empfiehlt es sich auch das Beleuchtungskonzept neu zu überdenken.

Fassadenoptimierung

Die neue EnEV 2007 wird in den kommenden Jahren einen Boom bei der Fassadendämmung auslösen, denn die Gebäudehülle weist bei vielen Gebäuden den größten Sanierungsbedarf auf. Dies betrifft in der Regel auch die vorhandenen Fenster, die die heutigen Isolationsanforderungen oft nicht mehr erfüllen. Bei einem Austausch der Fenster sollte dann aber gleichzeitig die gesamte Fassadenkonstruktion optimiert werden, denn die Gestaltung der Fassade hat einen großen Einfluss auf den Tageslichteintrag ins Gebäude. So haben Brüstungs- und Sturzhöhe, die Lichttransmission der verwendeten Gläser, der Rahmenanteil der Fenster, der eingesetzte Sonnen- und Blendschutz einen großen Einfluss auf den Tageslichtquotienten im Raum.

Ob ein außen liegender, zweigeteilter Behang mit Lichtlenkung im oberen Lamellenbereich oder ein Lichtlenkglas die besten Ergebnisse liefert, lässt sich nur im Rahmen einer

Vorfelduntersuchung ermitteln. Die heute auf dem Markt verfügbaren Systeme bieten dem versierten Planer vielfältige Möglichkeiten der Optimierung. Und der planerische Aufwand ist nicht nur notwendig, er lohnt sich auch. Kunstlicht ist immer nur ein schlechterer Ersatz für das Tageslicht. Das natürliche Licht der Sonne ist immer die „Premiumlösung“.

Dachoptimierung

Weil der Tageslichteintrag über das Dach deutlich höher ist als über die vertikalen Fensterflächen, sollte man gerade dieses Potential nicht ungenutzt lassen. Welche Art der Dachöffnungen sich am besten eignen, kann nur eine Voruntersuchung zeigen. Die anerkannte Vorlage für die Tageslichtplanung ist die DIN 5034. In ihr finden sich die Formeln zur Berechnung der notwendigen Lichtöffnungen, die Angaben zu den einzelnen Reduktionsfaktoren (zum Beispiel Verschmutzung) oder die Gleichungen zur Ermittlung der Nutzbelichtung (Tageslichtanteil an der erforderlichen Gesamtbeleuchtung). Öffnungen im Dachbereich können Innenräume beliebiger Größe ausreichend und wirtschaftlich mit Tageslicht versorgen. Die Auswahl des richtigen Systems hängt von der jeweiligen Aufgabenstellung und insbesondere auch von der Raumnutzung ab.

Während des Planungsprozesses wird die notwendige Gesamtfläche der Dachöffnungen berechnet um danach die Anordnung der Einzelflächen vorzunehmen. Im Hinblick auf die Gleichmäßigkeit des Beleuchtungsverlaufs sind Lösungen mit mehreren kleinen Öffnungsflächen vorteilhaft, erhöhen aber die Investitionskosten.

Fazit

Die Steigerung der Energieeffizienz ist ein wesentlicher Schritt zur Erreichung der CO₂-Reduktionsziele. Dies gilt auch für die Gebäudebeleuchtung, die etwa 10% des gesamten Stromverbrauchs ausmacht. Die Tageslichtbeleuchtung ist dabei ein Schlüsselthema. Um das Tageslicht intensiv nutzen zu können, ist eine abgestimmte Gesamtlösung erforderlich, die sowohl die Raumproportionen, die Fassaden- beziehungsweise die Dachgestaltung, die künstliche Beleuchtung aber auch die Steuerungs- und Regelsysteme mit einbezieht. Neben der Technik ist es aber insbesondere der Planungsprozess selbst, der einen neuen Ansatz benötigt. Denn bereits in den frühen Entwurfsphasen werden Entscheidungen getroffen, die für die tageslicht-technische Qualität eines Gebäudes maßgebend sind. Deshalb sollte schon



Kleine, gleichmäßig verteilte Oberlichter sorgen für eine gute und gleichmäßige Ausleuchtung größerer Räume.

die Projektentwicklung ein „kollektiver Prozess integraler Planung“ sein, der die wechselseitigen Abhängigkeiten zu einem möglichst frühen Zeitpunkt berücksichtigt. Dies erhöht zwar den Planungsaufwand etwas, gleichzeitig verbessern sich die Ergebnisse aber oft deutlich. ■

Dieser Beitrag als PDF und weiterführende Informationen (ähnliche Beiträge, technische Daten, Direktlinks zum Hersteller etc.) sind online verfügbar auf www.energy20.net

Weiterführende Infos auf www.energy20.net

more @ click E2048700