

Integrierte Tages- und Kunstlichtplanung für Arbeitsplätze

Katja Schölzig

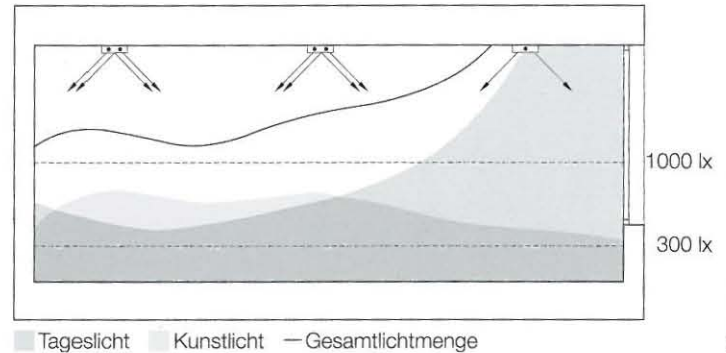
Ein gutes Beleuchtungskonzept entsteht bereits in den frühen Phasen der Architekturplanung. Die Geometrie eines Raums, die Größe, Form, Ausrichtung und Art der Fenster, die Materialien und Farben sowie die umliegende Bebauung sind ausschlaggebend dafür, wie viel natürliches Licht in einen Raum eindringen und sich ausbreiten kann. Da das Tageslicht stets das beste Licht ist, sollte es optimal genutzt werden, bevor Kunstlichtkonzepte zum Tragen kommen. Deshalb ist es wichtig, den Lichtplaner möglichst früh in den Planungsprozess einzubeziehen.

Im Mittelpunkt jeder Lichtplanung sollte der Mensch stehen. Eine nachhaltige Lichtplanung beinhaltet deshalb auch immer, dass die Nutzer sich wohlfühlen und sich gerne in den Räumlichkeiten aufhalten.

Nutzung von Tageslicht

Tageslicht ist nicht nur die energieeffizienteste Lösung, um einen Raum zu beleuchten. Auch das menschliche Sehvermögen sowie unsere Körperfunktionen und Verhaltensweisen haben sich dem natürlichen Licht angepasst und reagieren darauf. Seine ständig wechselnden Lichtqualitäten wirken stimulierend auf den Organismus, steigern das Wohlbefinden und regen die Kreativität an. Ein sensibler Umgang mit Tages- und Kunstlicht ist für die Leistungsfähigkeit sowie für die Gesundheit der Nutzer eines Gebäudes sehr wichtig. Für eine objektive Bewertung der Tageslichtqualität im Raum wird das Tageslicht in eine Diffus- und eine Direktkomponente aufgeteilt. Während das diffuse Licht für die Belichtung des Raums wesentlich ist, hat die Direktkomponente, das Sonnenlicht, eher atmosphärischen Charakter. In Büroräumen mit Bildschirmarbeitsplätzen wirken direkt besonnte Flächen und ihre hohen Leuchtdichten eher störend. Zu starke Kontrastunterschiede im Raum können das Auge ermüden, da es ständig neu fokussieren muss, vor allem bei spiegelnden Oberflächen wie z. B. Bildschirmen. Ziel der Tageslichtplanung für Büroräume ist es daher, einen möglichst großen Anteil des diffusen Lichts zu nutzen, direktes Sonnenlicht am Arbeitsplatz aber zu vermeiden.

Dies lässt sich z. B. durch entsprechende Sonnenschutzmaßnahmen erreichen. Beim Bürokomplex International Coffee Plaza in Hamburg wurde beispielsweise ein auf das Gebäude zugeschnittenes Sonnenschutzsystem entwickelt, bei dem die Lamellen vor der Fassade dem Sonnenstand nachgeführt werden. Durch seinen semitransparenten Aufbau kann trotz geschlossenem Sonnenschutz Tageslicht ins Gebäude dringen. Der Blick über den Hafen und die Hansestadt ist jederzeit möglich, in Arbeitspausen kann das Auge



in die Ferne schweifen und entspannen. Die ausgeklügelte Kombination aus Tageslichteintrag und Sonnenschutz ermöglicht während der üblichen Arbeitszeiten eine fast ausschließliche Belichtung des Gebäudes mit Tageslicht (Abb. 3).

Tageslichtlenkung

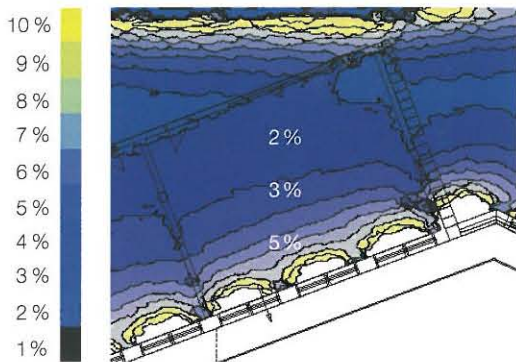
Es gibt jedoch auch Situationen, in denen trotz großem Fensteranteil selbst das Diffuslicht kaum in den Raum dringen kann. Das liegt meist an der umliegenden Bebauung. Vor der Kunstlichtplanung sollten zunächst die Möglichkeiten einer Tageslichtlenkung untersucht werden. Hierbei kann auf Spiegelumlenk- und Prismensysteme oder auch auf die weniger konventionellen Light Tubes oder Lichtleitfasern, die das Licht in den gewünschten Bereich des Gebäudes transportieren, zurückgegriffen werden.

Ein Beispiel für die Tageslichtlenkung durch Spiegelsysteme ist ein sechsstöckiges Bürogebäude in Hamburg, in dem ein Innenhof geplant wurde, um möglichst viele Büros mit ausreichend Tageslicht zu versorgen (Abb. 4). Aufgrund einschränkender baulicher Forderungen ist die lichte Öffnung des Hofes dafür jedoch zu klein ausgebildet. Deshalb ist ein exakt berechnetes, im unteren Bereich des Innenhof angeordnetes Spiegelsystem geplant, das das diffuse Tageslicht so umlenken soll, dass genügend natürliches Licht in die Büroräume der unteren Ebenen gelangt. Die asymmetrische, pyramidenartige Struktur des Systems verteilt die Tageslichtmengen nach Notwendigkeiten. Das meiste Licht wird in die unterste Ebene gespiegelt, um dort die Mindestanforderungen laut DIN bezüglich des Tageslichtquotienten erfüllen zu können.

Für die atmosphärische Komponente soll zusätzlich ein Heliostatensystem angebracht werden, ein auf dem Dach des Gebäude installiertes Spiegelsystem, das kontinuierlich der Sonne nachgeführt wird und es so ermöglicht, einen Teil des Sonnenlichts in den Innenhof zu spiegeln. Die Reflexionen zeigen sich an einer Innenhofwand, hinter der sich keine Arbeitsplätze befinden, die aber gut von den Büros auf der anderen Seite zu sehen ist. So können auch die Mitarbeiter in den unteren Ebenen den stimulierenden und sich ständig ändernden Lichtcharakter eines Sonntags erleben.

Überprüfung im Lichtmodell

Diffuslicht und direktes Licht sind gleichermaßen wichtig, um eine Lichtatmosphäre zu schaffen, in der sich die Nutzer wohlfühlen. Es kommt aber darauf an, wo und in welchen Mengen die beiden Lichtkomponenten eingesetzt werden. Durch Berechnungen und Visualisierungen allein lassen sich



2

keine Aussagen zum Wohlfühlcharakter eines Raums treffen, die Beurteilung der Atmosphäre ist nur möglich, wenn das Licht direkt auf den Betrachter einwirkt. Deshalb ist es grundsätzlich empfehlenswert, Lichtplanungskonzepte für Tageslicht und/oder Kunstlicht im Maßstabsmodell zu überprüfen. Das funktioniert am besten mit einem Modell, das den gesamten Kopf des Betrachters umschließt. Materialien und Raumgeometrien sollten möglichst genau wiedergegeben werden. Nach der Untersuchung von Modellen im künstlichen Himmel, mit dem sich unterschiedliche Tageslichtsituationen simulieren lassen, hat der Kunde im fertiggestellten Gebäude oft das Gefühl, schon einmal dort gewesen zu sein.

Kombination von Tages- und Kunstlicht

Auf den Grundlagen der Tageslichtanalyse können Aussagen zur Kunstlichtplanung getroffen sowie ein Anforderungsprofil erstellt werden. Mit genauen Tageslichtberechnungen lassen sich z. B. Kunstlichtbetriebszeiten und daraus resultierend Schaltkreisgruppen, Lichtsteuerungssysteme und Leuchtmittelarten bestimmen. Bereiche mit wenig Tageslicht können so entsprechend aufgewertet werden.

Ein Beispiel für ein Beleuchtungskonzept mit tageslichtabhängiger Kunstlichtplanung ist das ursprünglich für Schulen entwickelte Kompensationsprinzip, mit dem die jeweils benötigte Kunstlichtmenge das vorhandene Tageslicht ergänzt. Damit ist es möglich, vom Tageslicht benachteiligte Räume an die Qualität der gut natürlich belichteten Räume heranzuführen.

Bestimmte Faktoren wie die Lichtmenge, der Blaulichtanteil und die Dynamik des sich ändernden Lichts wirken vitalisierend und aktivierend auf den menschlichen Organismus. In



3

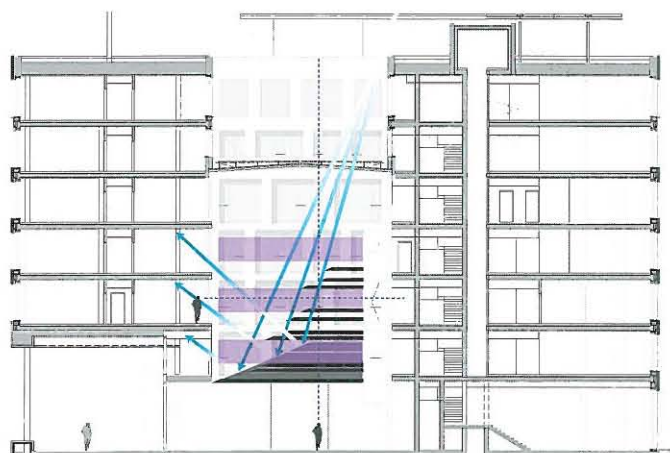
- 1 Schnitt durch einen Klassenraum mit der Tageslichtkategorie 3: Darstellung der Tageslichtverfügbarkeit, Kunstlichtzugabe und Gesamtlichtmenge am 21. März zwischen 9 und 10 Uhr in Hamburg. Für die biologische Wirksamkeit des Lichts muss das Beleuchtungssystem ein bis zwei Stunden lang mit voller Leistung betrieben werden.
- 2 Diffuslichtuntersuchung: Darstellung der Tageslichtquotienten eines Klassenraums mit einseitiger Tagesbelichtung und mittlerer Tageslichtversorgung (Tageslichtkategorie 3)
- 3 International Coffee Plaza, Hamburg (D) 2010, Richard Meier & Partners Trotz nahezu geschlossenem Sonnenschutzsystem ist eine ausreichende Tagesbelichtung und eine gute Sichtbeziehung nach außen möglich.
- 4 Prinzip des Tageslichtumlenksystems: Das Spiegelsystem ist so konzipiert und positioniert, dass es möglichst viel Diffuslicht in die Büroebenen lenkt, gleichzeitig berücksichtigt es die Blickbeziehungen zwischen den Büroebenen sowie die Sicht vom Innenhof Richtung Himmel.

Summe ergeben diese Eigenschaften das biologisch wirksame Licht. Es sollte in der Gesamtlichtplanung unbedingt Berücksichtigung finden.

Um beispielsweise mit Licht die Wachheit am Arbeitsplatz zu unterstützen, sind laut circadianer Lichttechnologie bei einer Farbtemperatur von mindestens 4000 K Beleuchtungsstärken von über 1000 lx notwendig. Idealerweise werden diese durch Tageslicht erreicht. Erst wenn das nicht möglich ist, ist die Ergänzung durch Kunstlicht erforderlich. Um allen Mitarbeitern trotz unterschiedlicher Raumgeometrien und verschiedenem Tageslichteinfall eine ähnliche Lichtqualität bieten zu können, werden die Räume in Tageslichtkategorien eingeteilt. In Abhängigkeit von ihrer diffusen Tageslichtmenge erfolgt die ergänzende Bestückung der Räume mit Kunstlicht, sodass die Addition der beiden Lichtarten eine Gesamtlichtmenge von 1000 lx ergibt. Die Räume, die bereits durch Tageslicht biologisch wirksames Licht erhalten, werden nur für den Nachtfall mit einem Minimum an künstlichem Licht für Arbeitsplätze ausgestattet, um eine Überversorgung mit Leuchtmitteln zu vermeiden. Um den Energieverbrauch zu minimieren und die Kombination von Tages- und Kunstlicht optimal nutzen zu können, empfiehlt sich eine tageslichtabhängige Lichtsteuerung. Diese sollte morgens für mindestens ein bis zwei Stunden für eine Gesamtlichtmenge von 1000 lx sorgen (Abb. 1).

Kunstlichtplanung

Beim Kompensationsprinzip handelt es sich um eine rein auf die Raumgeometrie bezogene Leuchtenanordnung ohne Berücksichtigung der Arbeitsplatzstandorte, bei dem häufig fest montierte Leuchten – vorzugsweise Pendelleuchten –



4



5



6

Verwendung finden. Die Leuchten werden gleichmäßig oder abhängig von der Tageslichtmenge im Raum verteilt und erzeugen eine relativ einheitliche, vorwiegend diffuse Beleuchtung im ganzen Raum.

Ist eine zonale Einteilung des Raums in Bereiche mit unterschiedlichen Helligkeiten erforderlich, erfolgt die Ausrichtung der Leuchten arbeitsplatzbezogener. Häufig ist aufgrund von flexiblen Arbeitsplätzen (z. B. in Großraumbüros) auch eine anpassungsfähige Beleuchtung beispielsweise mit Stehleuchten sinnvoll. Diese werden direkt am Arbeitsplatz aufgestellt und konzentrieren das Licht in diesem Bereich. Die Abstände der Leuchten zueinander müssen dabei so gewählt werden, dass die Zonen dazwischen nicht zu dunkel erscheinen.

Auch bei komplizierten Dachkonstruktionen bietet sich unter Umständen der Einsatz von Stehleuchten an. Dabei ist jedoch zu beachten, dass diese meist Kompaktleuchtstofflampen als Lichtquelle nutzen. Lineare T16-Leuchtstofflampen wie die der Pendelleuchten und Kompaktleuchtstofflampen enthalten gleichermaßen Quecksilber, allerdings sind nur lineare Leuchtstofflampen recycelbar. Es gilt jeweils die energiesparendere und umweltfreundlichere Lösung zu bestimmen. Häufig hängt die Wahl des Licht-

systems auch von gestalterischen Kriterien des Architekten ab. Für die künstliche Bürobeleuchtung empfiehlt sich im Allgemeinen eine Kombination von direkter und indirekter Beleuchtung mit höherem Indirektanteil. Der Indirektanteil, das von der Decke rückreflektierte Licht, erzeugt eine diffuse, relativ gleichmäßig verteilte, blendfreie Grundbeleuchtung im Raum. Durch den Direktanteil wird der Fokus auf den Arbeitsbereich gelenkt. Er hilft, die geforderten Beleuchtungsstärken zu erreichen und ein optimales Helligkeitsverhältnis von Arbeitsplatz zur näheren Umgebung von etwa 3:1 zu schaffen. Diese allgemeine Betrachtung geht jedoch von einer weißen Decke mit hohem Reflexionsgrad aus. Bei dunkler Decke funktioniert dieses Prinzip nicht mehr, und es sollte über ein anderes Verteilungsverhältnis des direkten und indirekten Lichtanteils nachgedacht werden.

Leuchtdichte

Bei der Entwicklung eines Kunstlichtkonzepts ist wie auch bei der Tageslichtplanung die Betrachtung der Materialien, Farben und Oberflächen sehr wichtig. Das menschliche Auge ist nicht in der Lage, Beleuchtungsstärken direkt und unmittelbar zu sehen bzw. zu bewerten. Erst über die Reflexion an einem Material wird Licht für das Auge sichtbar. Deshalb beginnt die Kunstlichtplanung immer mit der Betrachtung der Leuchtdichten im Raum. Leuchtdichten beschreiben Helligkeiten. Trifft das Licht mit einer bestimmten Beleuchtungsstärke E auf eine matte Oberfläche mit einem Reflexionsgrad ρ , wird deren Leuchtdichte L für das Auge sichtbar und bewertbar. Je größer der Reflexionsgrad, desto mehr Licht wird reflektiert und desto heller erscheint die Fläche. Bei der Lichtplanung ist darauf zu achten, sämtliche auf das Auge eindringenden Leuchtdichten untereinander in ein kontrolliertes Verhältnis zu bringen, um sogenannte stabile Wahrnehmungszustände zu erreichen. Das bedeutet, dass beispielsweise die Arbeitsfläche eine etwas höhere Leuchtdichte aufweisen sollte als die unmittelbare Umgebung, um bestimmend für die Wahrnehmung zu sein. Durch die Kategorisierung der Leuchtdichten in hellere und dunklere Bereiche können Wahrnehmungsprioritäten und Aufmerksamkeitspunkte gesetzt werden. Zu viel Kontrast ist störend bis blendend, zu wenig wirkt spannungs- und orientierungslos. Es gilt, für die jeweilige Situation die richtigen Raumzonen zu betonen und entsprechende Helligkeitswerte zu schaffen. Bei der Bewertung und Kategorisierung von Leuchtdichten sind vertikale Flächen nicht außer Acht zu lassen. Da sie im direkten Blickfeld des Betrachters liegen und großflächig auf ihn einwirken, können sie oftmals einen größeren Helligkeitseindruck erzeugen als horizontale Flächen gleicher Leuchtdichten, die in der Perspektive eher kleiner wirken. Die DIN-Normen geben hauptsächlich Richtlinien für horizontale Beleuchtungsstärken an, die am Arbeitsplatz selbst durchaus sinnvoll sind. Geht es jedoch um den allgemeinen Raumeindruck, sollten alle Flächen eines Raums betrachtet werden. Bei einem hohen Glasanteil der Fassade haben beleuchtete Rückwände den Vorteil, dass sie das Gebäude in dunkleren Tageszeiten transparent, hell und einladend erscheinen lassen.

Wahl der Lichtquelle

Erst wenn die Leuchtdichteverteilung sowie die Flächen- und Zonenpriorisierung festgelegt sind, sollte über die Lichtquellen nachgedacht werden. Energieverbrauch, Farbtemperatur, Farbwiedergabe, Lebensdauer und Recycelbarkeit des Leuchtmittels sowie Blendungsbegrenzung, Lichtcharakteris-

tik und Wirkungsgrad der Leuchten sind abzuwägen und für den entsprechenden Einsatzort auszuwählen. Neben dem diffusen Lichtcharakter der allgemeinen Raum- und Arbeitsplatzbeleuchtung ist z. B. eine zusätzliche Arbeitsplatzleuchte mit einer Halogenglühlampe empfehlenswert. Sie ermöglicht eine individuelle Anpassung der Lichtverhältnisse an das Sehvermögen jedes Einzelnen. Die Halogenglühlampe bietet bestmögliche Farbwiedergabe mit einem dem Tageslicht ähnlichen Spektrum sowie einen warmen Lichtcharakter und erzeugt klare Schatten. In Kombination mit der raumfüllenden Allgemeinbeleuchtung stellt sie Objekte, Formen und Farben sehr natürlich dar. Da die Leuchte hauptsächlich in den Abendstunden eingeschaltet und nur in begrenzten Arbeitsplatzbereichen genutzt wird, ist der im Vergleich zur Leuchtstofflampe höhere Energieverbrauch der Halogenglühlampe im Verhältnis zur Lichtausbeute durchaus vertretbar, ebenso wie die kürzere Lebensdauer zugunsten der Farbwiedergabe und des angenehmen Lichtcharakters.

In den letzten Jahren ist auch die LED-Technologie so weit fortgeschritten, dass sie inzwischen über die Nutzung als Lichteffekt hinaus als vollwertiges Leuchtmittel eingesetzt werden kann. Die Entwicklungen beziehen sich neben der Lichtausbeute auch auf die Farbwiedergabe, sodass sich mittlerweile Ra-Farbwiedergabewerte von über 95 erreichen lassen. Die LED ist recycelbar, enthält kein Quecksilber und schreitet in ihrer Entwicklung weiterhin sehr schnell voran. Ursprünglich erzeugt eine blaue LED, vor die farbtönendernde Leuchtstoffe montiert werden, das weiße Licht in allen Farbtemperaturen. Auf die blaue Lichtfarbe reagiert der sogenannte Blaurezeptor des menschlichen Auges, der unter anderem den Tag-Nacht-Rhythmus und den damit verbundenen Hormonhaushalt beeinflusst. Außerdem werden LED-Leuchten meistens durch Pulsweitenmodulation (PWM), sprich ein schnelles Ein- und Ausschalten, gedimmt, deren gängige Frequenzierung für die meisten Menschen nicht sichtbar ist. Die Auswirkungen der LED-Technologie auf den menschlichen Körper sind jedoch bislang noch nicht hinreichend untersucht. Daher sollten LED-Leuchtmittel in einer Lichtplanung momentan nur als zuschaltbare Komponente in Kombination mit anderen Lichtsystemen oder zur Beleuchtung von kurzzeitig bis mittelfristig besetzten Arbeitsplätzen dienen.

Eine bereits realisierte Planung auf LED-Basis ist z. B. der Plenarsaal des Landtags von Nordrhein-Westfalen, in dem sich hauptsächlich temporäre Arbeitsplätze befinden. Zur Dimmung wurde ein Konstantstromverfahren gewählt, um ein störendes Flimmern bei TV-Aufnahmen zu vermeiden und

eine für das menschliche Auge bestmögliche und verträgliche Lichtsituation zu erreichen. Die gewählte LED-Lichterzeugung durch Konversionstechnik in warmweißer Farbtemperatur in Kombination mit geeigneten Reflektorsystemen schaffen eine Lichtatmosphäre, die einer herkömmlichen mit Halogenglühlampen bestückten Downlight-Anlage sehr nahe kommt, aber erheblich weniger Energie benötigt. Die Nutzer konnten sich bereits vorab anhand eines Simulationsmodells von der Licht- und Raumwirkung überzeugen und sind auch im fertigen Gebäude mit dem Raumeindruck sehr zufrieden (Abb. 8 und 9).

Fazit

Um eine Lichtatmosphäre zu schaffen, in der sich die Nutzer eines Gebäudes wohlfühlen, ist es wichtig, während der gesamten Planungsphase funktionelle Aspekte, atmosphärische Wirkungen, aber auch biologische Einflüsse des Tages- und Kunstlichts auf den menschlichen Organismus zu berücksichtigen und gegebenenfalls durch Versuche zu überprüfen. Eine optimale Nutzung des Tageslichts mit rein ergänzendem Einsatz des Kunstlichts ist dabei nicht nur die energiesparendste, sondern auch die gesündeste Lösung für den Menschen. Neueste Technologien und Erkenntnisse aus Wissenschaft und Forschung helfen dabei, eine nachhaltige Lichtplanung zu generieren, sollten jedoch stets kritisch betrachtet werden.

- 5 Bürogebäude Mainzer Landstraße, Frankfurt/M. (D) 2003, BRT Architekten
Der Einsatz von geeigneten Pendelleuchten ermöglicht eine möblierungsunabhängige, jedoch architekturbezogene Anordnung der Leuchten.
- 6 Bürogebäude Mainzer Landstraße, Frankfurt/M. (D) 2003, BRT Architekten
Die charakteristische Innenhofatmosphäre entsteht im Zusammenspiel der Außenwirkung der Bürobereiche mit der Ausleuchtung der Wintergärten, die jeweils der Bepflanzung angepasst ist.
- 7 Konferenzraum, Radio Bremen (D) 2008, Böge Lindner K2 Architekten
Die Einbauleuchten sind bündig in die klar gegliederte, dunkle Metalldeckenstruktur eingefügt. Sie weisen jeweils eine diffus strahlende sowie zwei gerichtet strahlende Lichtkomponenten auf.
- 8 Maßstabsmodell des Plenarsaals, Landtag von Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf (D) 2004, Eller + Eller Architekten
Authentische Materialien und miniaturisierte LED-Leuchten machen im Modell die Lichtatmosphäre schon vor der Realisierung erlebbar.
- 9 Plenarsaal, Landtag von Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf (D) 2004, Eller + Eller Architekten
Der Plenarsaal ist vollständig mit LED-Leuchten ausgeleuchtet. Trotzdem besitzt er die angenehme Lichtatmosphäre eines mit Halogenglühlampen beleuchteten Raums.

