licht.de

licht.wissen 12

Lichtmanagement





01



Editorial



Lichtmanagementsysteme sind ein wichtiger Hebel für nachhaltiges Wirtschaften, effiziente Gebäudetechnik und ein gesundes Lebens- und Arbeitsumfeld. Gerade in Zeiten von Energieknappheit, Klimawandel und digitaler Transformation nimmt ihre Bedeutung drastisch zu.

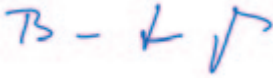
Die Dynamik der vergangenen Jahre zeigt, dass sich das Thema weit über die reine Steuerung von Leuchten hinaus entwickelt hat. Moderne Systeme integrieren Sensorik, Präsenz- und Tageslichtsteuerung. Sie werten Daten wie Energieverbrauch oder Raumbelegung aus und melden den Ausfall einzelner Leuchten. Damit rücken Aspekte wie Nutzerkomfort, Individualisierung und vorausschauende Wartung in den Fokus. Gleichzeitig ergeben sich Synergien mit Gebäudemanagementsystemen und dem Wandel unserer Städte zu Smart Citys. Licht wird Teil der vernetzten Infrastruktur, die Energie spart und aktiv zur digitalen Wertschöpfung beiträgt.

Lichtmanagement ist auch politisch gewünscht: Bereits ab dem Jahr 2028 muss die Beleuchtung von Nichtwohngebäuden mit mehr als 290 Kilowattstunden installierter Heiz-, Kühl- oder Lüftungsleistung in einem Building Automation Control System realisiert werden. Das schreibt die Energy Performance of Building Directive (EPBD) der EU vor. Internationale Klimaziele und verschärfte Energieeffizienzstandards setzen klare Signale: Wer heute auf nachhaltiges Gebäudemanagement setzt, kommt an Lichtmanagementsystemen nicht mehr vorbei.

Sie sind jedoch mehr als nur Werkzeuge der Effizienz. Lichtmanagementsysteme sind auch Treiber neuer Qualitätsmaßstäbe. Eine dynamische Lichtsteuerung, die an den circadianen Rhythmus des Menschen angepasst ist, fördert Konzentration und Regeneration. In Arbeitsumgebungen steigert sie nachweislich die Leistungsfähigkeit, im Gesundheitswesen unterstützt sie Genesungsprozesse und in Städten erhöhen adaptive Straßenbeleuchtungssysteme die Sicherheit und Lebensqualität ihrer Bewohner.

Für den Umgang mit digitalen Infrastrukturen brauchen wir Kompetenzen aus unterschiedlichen Disziplinen: Elektrotechnik, IT, Architektur und Nachhaltigkeitsmanagement müssen enger zusammenarbeiten denn je. Diese gewerkeübergreifende Zusammenarbeit stellt eine nicht zu unterschätzende Herausforderung für alle Beteiligten dar. Sie birgt aber auch ungeahnte Möglichkeiten für zukünftige Anwendungen, zum Beispiel bei der gemeinsamen Nutzung von Infrastruktur wie Sensorik und Netzwerk für Beleuchtung, Verschattung, Heizung und Einbruchsicherung.

Lichtmanagement hat das Potenzial, ein entscheidendes Instrument unserer Zeit zu sein – für Nachhaltigkeit, Wohlbefinden und intelligente Vernetzung.



Prof. Meike Barfuß
Fachhochschule Südwestfalen, Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik, Hagen

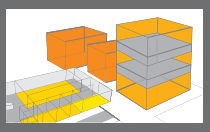
Genderhinweis:
Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung der Sprachformen männlich, weiblich und divers verzichtet.
Sämtliche Personenbezeichnungen sprechen alle Geschlechter an.



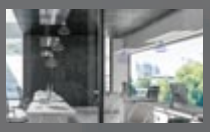
Lichtmanagement für Menschen, Lebewesen und Umwelt Seite 6



Systemanforderungen und Planung
Seite 12



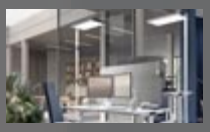
Gebäudestrukturen und Auswirkungen
Seite 18



Inbetriebnahme des Lichtmanagementsystems
Seite 22



Monitoring und Wartung
Seite 24



Lichtmanagement im Büro
Seite 26



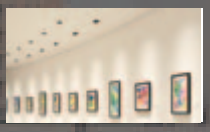
Smart lernen
Seite 30



Sicherheit in Gesundheitseinrichtungen
Seite 34



Produktivität und Flexibilität in der Industrie
Seite 36



Shop und Museum
Seite 38



Licht-Standard

Energieeffizienz und Nachhaltigkeit im Fokus der Gesetzgebung
Seite 60



Clevere Investition mit hoher Wirtschaftlichkeit
Seite 64





Ambiente und Komfort für Hotellerie und Gastronomie
Seite 40



Lichtmanagement in der Architekturbeleuchtung
Seite 44



Lichtmanagementsysteme für Straßen und Wege
Seite 48



Parkhäuser, Parkplätze und Vorplätze
Seite 52



Laden und Lagern
Seite 54



Lichtsteuerung für Sporthallen und Sportplätze
Seite 56



Schnittstellen für das Lichtmanagement
Seite 68



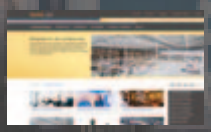
Sensoren – Basis für Lichtmanagement
Seite 70



Software
Seite 76

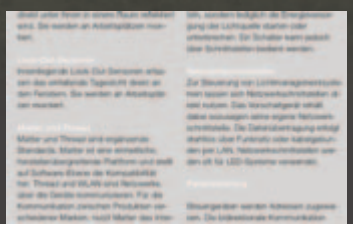


Schriftenreihe, Impressum
Seite 82



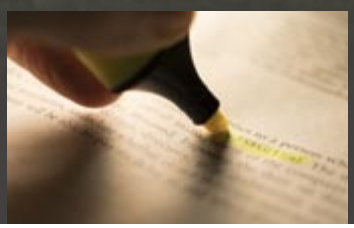
Fachbegriffe

Seite 78



Literatur/Normen

Seite 81





02

Lichtmanagement für Menschen, Lebewesen und Umwelt

Die Beleuchtungstechnik ist ein wichtiger Bestandteil der technischen Ausstattung von Gebäuden. Mit professioneller Planung bietet sie Betreibern und Nutzern einen hohen Mehrwert.

Nur „an“ und „aus“ war gestern. Lichtmanagementsysteme bringen das richtige Licht an den richtigen Ort – zum richtigen Zeitpunkt und in der richtigen Intensität. Ob hohe Beleuchtungsstärken für anspruchsvolle Sehaufgaben, eine präsenzabhängig gesteuerte Beleuchtung in Durchgangsbereichen oder wählbare Lichtszenen für „Diskussion“ und „Präsentation“ in Besprechungsräumen: Die Beleuchtung wird heute immer mehr speziellen Anforderungen und persönlichen Bedürfnissen angepasst und das möglicherweise „vollautomatisch”, das heißt selbstlernend und intelligent durch Künstliche Intelligenz (KI).

Gute Argumente für ein Lichtmanagementsystem

Lichtmanagement ist der Schlüssel zu mehr Nachhaltigkeit in der Beleuchtung und bald ein Muss für bestimmte Gebäudekategorien. Nur mit automatisierter Steuerung können Betreiber und Nutzer alle Vorteile ausschöpfen, die moderne Lichtquellen, Leuchten und Betriebsgeräte bieten. Zudem hat Licht als Wohlfühlfaktor heute einen hohen Stellenwert.

- Über Tageslichtsensoren wird die künstliche Beleuchtung automatisch auf das natürliche Licht abgestimmt. So lässt sich gegenüber Altanlagen aus den 80er-Jahren mehr als 80 Prozent Energie einsparen – bei viel besserer Lichtqualität. Wird die Beleuchtung professionell neu geplant, sind sogar Einsparungen von bis zu 85 Prozent möglich (siehe Seite 65).
- Präsenz- und Bewegungsmelder aktivieren die Beleuchtung immer dann – und nur dann, wenn ein Raum genutzt wird oder eine Raumzone. Per Zeitschaltung wird das Licht bei Abwesenheit automatisch auf ein Minimum heruntergedimmt oder es erlischt bei nur wenigen Schaltzyklen am Tag ganz – ein wirksames Mittel gegen unnötigen Stromverbrauch.
- Mit speicherbaren Lichtszenen kann die Beleuchtung rasch an wechselnde Anforderungen angepasst werden – eine praktische Lösung etwa für Büros, Gastronomie oder flexible Arbeitsplätze.
- Licht wird dynamisch: Helligkeit und Lichtfarben können beliebig variiert werden. So lassen sich nicht nur in der Shop-Beleuchtung interessante Effekte realisieren, sondern auch eine Beleuchtung nach dem Human-Centric-Lighting-Konzept (HCL) umsetzen (siehe Seite 79). HCL-Lösungen berücksichtigen auch nichtvisuelle Wirkungen von Licht und unterstützen den Menschen rund um die Uhr: Leistung und Wohlbefinden am Tag, Ruhe und Regeneration in der Nacht.

Die Aufgaben eines modernen Lichtmanagementsystems (Lighting Management System, kurz LMS) sind vielfältig und sehr unterschiedlich. Sie reichen von der lokalen Lichtregelung am Arbeitsplatz oder im gesamten Raum bis zu einer gebäudeübergreifenden Vernetzung der Systeme. In großen Gebäuden können diese Aufgaben beispielsweise von einem kompletten Gebäudemanagementsystem (Building Management System, kurz BMS) übernommen werden. Die Vernetzung der Einzelsysteme muss dabei nicht mehr leitungsgebunden erfolgen. Auch unterschiedliche Funklösungen stehen zur Verfügung.

Kein Nice-to-have, sondern ein Muss für viele Gebäude

Ein Grund für die Installation oder Nachrüstung kann die aktuelle Gesetzgebung sein: Die Energy Performance of Building Directive (EPBD) sieht vor, dass für bestimmte Gebäudekategorien die Beleuchtung ab dem Jahr 2028 in einem Building

[01] Überall, wo große Fensterfronten viel natürliches Licht einlassen, ist eine tageslichtabhängige Steuerung sparsam, effizient und nachhaltig. (Foto: licht.de/Loblicht)

[02] Eine gute Beleuchtung im Büro unterstützt die Kommunikation. Experten schätzen, dass etwa 80 Prozent aller realisierten Innovationen durch Face-to-Face-Gespräche entstehen. (Foto: licht.de/Waldmann)



03

Automation Control System (BACS) realisiert werden muss, also einem Lichtmanagementsystem (siehe Seite 62).

Lichtmanagement rechnet sich

Der Großteil des Stromverbrauchs entfällt auf die professionelle Beleuchtung, etwa in Schulen, Ausbildungsstätten, im Handel und Gewerbe sowie bei Behörden und im Verkehr. Entsprechend hoch ist der Beitrag, den intelligent eingesetztes Licht für die Energieeinsparung und CO_2-Reduktion leisten kann.

Gespart werden kann vor allem, wenn effiziente Lichtquellen eingesetzt und sie nach Bedarf, Sehaufgabe, Anwesenheit und Tageszeit gedimmt oder sogar ausgeschaltet werden. An sicherheitsrelevanten Stellen ist das Ausschalten zwar unter Umständen nicht zulässig, aber hier kann alternativ das Beleuchtungsniveau situativ reduziert werden. Dafür werden Anwesenheitssensoren mit Schaltern und integrierte, zur Lichtquelle passende Dimmer verwendet und entsprechend programmiert – eventuell

Ergonomische Ziele	Psychologische Effekte	Ökonomische Aspekte
■ Orientierung ermöglichen ■ Sicherheit erhöhen ■ Nutzung erleichtern ■ Komfort verbessern ■ Wohlbefinden steigern	■ Motivation stärken ■ Aufmerksamkeit wecken ■ Stimmungen erzeugen ■ Markenidentität unterstützen	■ Energie sparen ■ Kosten reduzieren ■ Anwendungsflexibilität erhöhen ■ Bedienungs- und Wartungsaufwand verringern ■ Umsatz steigern ■ Wertigkeit des Gebäudes erhöhen

[03] Zahlreiche Studien belegen den Zusammenhang von guter Beleuchtung, Gesundheit und Wohlbefinden. Immer mehr Krankenhäuser, Seniorenheime und Pflegeeinrichtungen nutzen deshalb eine Beleuchtung, die zugleich ergonomisch, emotional ansprechend und gesundheitsfördernd ist. Modernes Lichtmanagement unterstützt Patienten und Bewohner und entlastet das Personal. (Foto: licht.de/Signify)



kombiniert mit einer Zeitsteuerung. So kann die Anlage vollautomatisch etwa mit einer tageslichtabhängigen Regelung betrieben werden. Auf diese Weise lässt sich der Energieverbrauch signifikant senken – ohne Verlust an Lichtqualität.

Dies kann möglicherweise auch mit einer einfachen Umrüstung bei geringen Kosten erreicht werden.

Heft licht.wissen 09 „Nachhaltig und zukunftssicher sanieren“ beschreibt, welche Optionen zur Modernisierung der Beleuchtung zur Verfügung stehen und sich mit Lichtmanagement umsetzen lassen.

Anfängliche Mehrkosten gegenüber einer nicht gesteuerten Beleuchtungsanlage zahlen sich meist schon nach kurzer Zeit aus. Mithilfe erfasster Betriebsdaten erschließen sich weitere Optimierungs- und Sparpotenziale, zum Beispiel durch Energie-Monitoring oder Protokollierung von Messwerten.

Lichtmanagement gibt Sicherheit
Durch eine zentrale Steuerung und mögliche Fernüberwachung der Beleuchtung lässt sich zudem die Sicherheit erhöhen. Dazu zählen beispielsweise:

- Hinterlegung des Wartungsplans im Programm
- Rückmeldung von Fehlern bei defekten Lichtquellen, Sensoren oder Beleuchtungskomponenten der Anlage
- Schutz vor Einbruch – der Sicherheitsdienst kann über das Lichtmanagementsystem etwa einfach das Licht einschalten.

Eine Sicherheitsbeleuchtung kann direkt in das Lichtmanagementsystem integriert werden und auch Anforderungen an Arbeitsplätze mit besonderer Gefährdung berücksichtigen, etwa bei Tätigkeiten wie Fräsen oder Drehen. Wird das Lichtmanagementsystem gleichzeitig mit anderen elektrischen Systemen geplant, lässt es sich in das gesamte Gebäudemanagement integrieren.

Lichtmanagement schafft Ambiente
Moderne Lichttechnik kann Lichtfarben und Helligkeit so steuern, dass verschiedene Stimmungen entstehen oder bestimmte Lichtszenen ablaufen, etwa im Büro oder Konferenzraum. Die Bedienung, Programmierung und Steuerung einzelner Leuchten oder ganzer Gruppen kann auch per App erfolgen.

Lichtmanagement unterstützt den Menschen
In Bereichen mit wenig Tageslicht können Lichtmanagementsysteme Helligkeit und Farbe des Kunstlichts nach dem





04 © licht.de

[04] Beleuchtung muss intuitiv zu bedienen sein – ob im Büro oder in einer Industriehalle. Beschriftungen müssen für den Nutzer verständlich sein. (© licht.de)



05



06

Vorbild des natürlichen Tageslichts simulieren. Diese Beleuchtungskonzepte mit dynamisch gesteuerten Beleuchtungsstärken und Farbtemperaturen unterstützen den biologischen Rhythmus des Menschen und wirken sich positiv auf Wohlbefinden und Leistungsfähigkeit am Tag aus (siehe Seite 79).

Lichtmanagement bietet Flexibilität

Bei der Umwidmung von Industriebereichen oder neuen Dekorationen im Schaufenster bieten Lichtsteuerungen Flexibilität. Diverse Lichtfarben, unterschiedliche Leuchten, direktes und indirektes Licht in unterschiedlicher Kombination ermöglichen eine vielseitige Nutzung für verschiedenste Situationen und Aktivitäten. Lichtszenen und Beleuchtungseffekte können entsprechend den jeweiligen Anforderungen einfach konfiguriert werden. Häufig wird dafür eine einzeln adressierbare Schnittstelle wie DALI oder Zigbee genutzt (siehe Seite 78, 81).

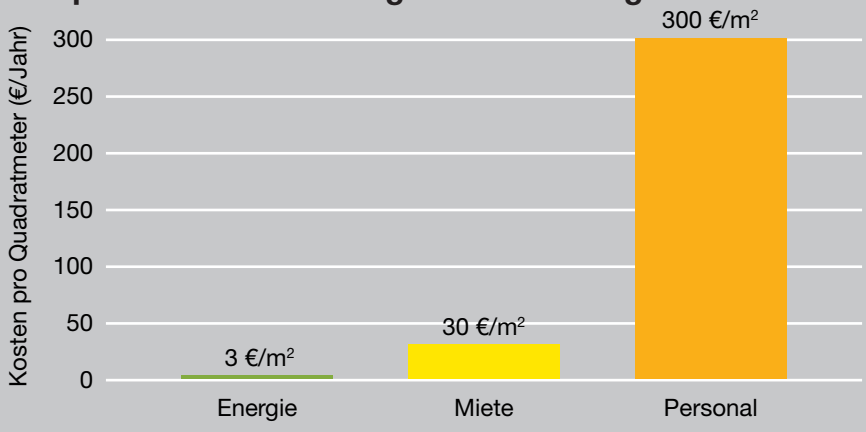
Die 3/30/300-Regel

Positive Effekte auf die Produktivität lassen sich sogar monetär beziffern mit der 3/30/300-Regel des amerikanischen Immobilienunternehmens JLL (Jones Lang LaSalle). Facility- und Immobilienmanagement verwenden die Faustformel, um Kostenverhältnisse für Energie, Miete und Personal pro Quadratmeter in Relation zu setzen. Sie zeigt, wie viel wichtiger Investitionen in das Wohlbefinden und die Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter sind, verglichen mit der Einsparung von Betriebskosten.

Personalkosten machen den größten Anteil an den Gesamtkosten aus. Sie sind etwa zehnmal so hoch wie die Miete und hundertmal so hoch wie die Energiekosten. Schon eine kleine Steigerung der Produktivität oder des Wohlbefindens – etwa durch bessere Beleuchtung, Luftqualität oder Akustik – kann einen enormen wirtschaftlichen Nutzen bringen. Deshalb ist es oft sinnvoller, auch in die Qualität des Arbeitsplatzes zu investieren, als nur die Betriebskosten zu senken.

Kosten	Kostenart	Faktoren
3 €	Energie & Betriebskosten	Strom, Heizung, Wasser, Wartung
30 €	Immobilie (Miete, Instandhaltung)	Mieten, Reinigung, Gebäudemanagement
300 €	Mitarbeiter (Gehälter, Sozialleistungen)	Löhne, Sozialabgaben, Personalnebenkosten

Beispiel: die 3/30/300-Regel im Büroalltag



Quelle: JLL, A surprising way to cut real estate costs, 2016

© licht.de

07

[05] Lichtmanagement bringt effizient „Licht nach Bedarf“ in Lagerhallen: Sensoren aktivieren die volle Ausleuchtung einer Zone, wenn sich Personen nähern. Bei Nichtbelegung wird das Licht gedimmt. (Foto: licht.de/Trilux)

[06] Aufenthaltsbereiche in Bürogebäuden laden dazu ein, Pausen oder Wartezeiten zu verbringen, und eignen sich gut für Gespräche im kleinen Kreis. Auch hier profitieren Menschen von einer intelligent gesteuerten Beleuchtung, deren Helligkeit und Farbtemperatur sich fließend einstellen lassen. (Foto: licht.de/Esylux)

[07] Arbeitsplätze müssen so attraktiv sein, dass die Menschen gerne dort tätig sind. Eine Studie von JLL aus den USA verdeutlicht die Optimierungspotenziale anhand der sogenannten 3-30-300-Regel. (© licht.de)

Systemanforderungen und Planung

In die Planung eines Lichtmanagementsystems sind alle Beteiligten – Licht- und Elektroplaner, Elektroinstallateur, Bauherr oder Betreiber, Energieberater und gegebenenfalls ein Architekt – möglichst frühzeitig einzubinden, damit alle Komponenten optimal ausgelegt werden können und das System den größtmöglichen Nutzen bietet.

Die Beschreibung der Lichtlösung ist traditionell der erste Schritt im Planungsprozess. Damit werden die Aufgabe und die Wirkung des Lichts in der entsprechenden Anwendung (Raum) aufgezeigt. Im Laufe der kreativen Umsetzung entstehen im gesamten Lighting-System-Design-Prozess Beleuchtungsanlagen, die im Betrieb die geplanten Lichtszenarien zur Verfügung stellen.

Vor Beginn der konkreten Planung eines Lichtmanagementsystems müssen sämtliche Anforderungen erfasst werden, die das System beeinflussen können. Sind darüber hinaus Zuständigkeiten und Aufgaben geklärt, können Licht-, Elektro- und TGA-Planer – idealerweise in enger Zusammenarbeit – mit ihrer Planung und der nachfolgenden Systemauswahl beginnen. Auf dieser Basis lässt sich der Leistungs- und Funktionsumfang des Systems spezifizieren.

Zu beachten sind dabei:
- Gebäudestruktur (Arbeitsplatz, Raum, Gebäude)
- Kunden- und Nutzeranforderungen
- Technische Anforderung: kabelgebunden oder drahtlos
- Tageslichtabhängige Steuerung oder Regelung
- Fernwartung (z. B. für Online-Monitoring)
- Raumbelegung
- Zeitsteuerung
- Circadiane Steuerung
- Bedienkonzept
- Gesetzliche Vorgaben mit Auswirkung auf die Planung
- Interoperabilität der Schnittstellen bei Anschluss an ein vorhandenes BUS-System
- Updates, Zugriffsrechte
- Datennutzung und Datenschutz

Erwartungen und Projektziele
Kunden- und anwendungsspezifische Erwartungen müssen so umfassend und genau wie möglich geklärt werden. Wichtig sind auch folgende Kriterien und Qualitätserwartungen:

- Beschreibung der Lichtqualität
- Ressourcenbedarf und Verbrauch
- Green-Building-Kategorie
- Innovationsgrad der Gebäudeautomation
- Betriebsdatenanalyse und -justierung
- Nutzerorientierte Eingriffsmöglichkeiten
- Personalisiertes Licht

Die skizzierten Projektziele werden durch die Qualitätserwartungen und einen höheren Planungsaufwand geprägt. Am Beispiel eines zu planenden Besprechungsraumes ergeben sich in den Leistungsphasen (LPH) entsprechende Aufwände und aufgrund der vorgegebenen Qualitätsziele für die Beleuchtung resultieren daraus auch höhere Quadratmeterpreise.

LPH 0: Zielfindung
Es besteht der Bedarf für eine Gebäudeautomation, unter anderem mit einer Lichtsteuerung. Bedingt durch grundlegende Anforderungen – zum Beispiel innovatives Gebäude, niedriger Energieverbrauch und Nachhaltigkeit – lässt sich die Forderung nach einer Lichtsteuerung ableiten (siehe Seite 14).

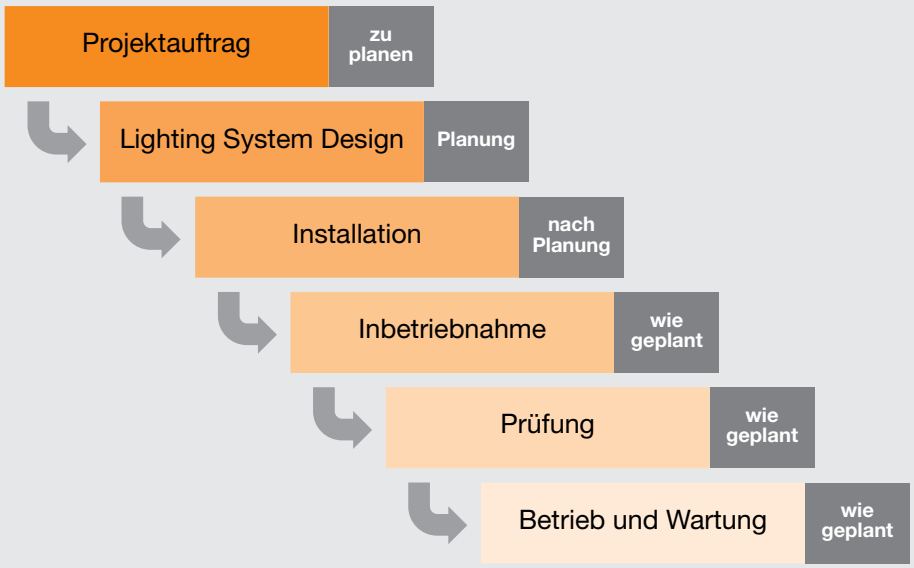
LPH 1: Grundlagenermittlung
Auf Basis des Raumprogramms, der Raumflächen und der Funktionen in Räumen erfolgt die Erstellung eines Kostenrahmens inklusive des Ausstattungsstandards.

LPH 2: Vorplanung Raumbuch
Lichtplanung ist eine besondere Leistung. Ihre Kosten werden nach HOAI DIN 276 Kostengruppen im Bauwesen, 445-1 Allgemeinbeleuchtung beziehungsweise 445-2 Sicherheitsbeleuchtung abgeschätzt. Aufgrund der höheren Qualität sind hier auch höhere Kosten anzusetzen.



08

Lighting-System-Design-Prozess



© licht.de

09

[08] Gutes Lichtmanagement braucht einfach und intuitiv zu bedienende Steuerelemente. (Foto: licht.de/Ledvance)

[09] Der Lighting-System-Design-Prozess (LSDP) wird in der Technischen Spezifikation DIN SPEC 67503 „Licht und Beleuchtung – Planungsprozess für Beleuchtungssysteme" (deutsche Fassung von CEN/TS 17165) beschrieben. (© licht.de)

Beispiel für einen Besprechungsraum*

LPH 0-Kriterien	Individuelle Gewichtung	Bedeutung
Nachhaltigkeit	sehr wichtig	im Kontext der hier aufgeführten Kriterien
Gebäudedaten Schnittstelle	sehr wichtig	... weil unterschiedliche Systeme miteinander kommunizieren und Daten austauschen.
Energieverbrauch	weniger wichtig	... weil die Zahl der Betriebsstunden gering ist, kann eine höherwertige Lichtplanung mehr Atmosphäre schaffen.
Ressourcenverbrauch	besonders wichtig	… weil wenig Ressourcen die Umwelt schonen. Dazu zählen auch Reparierbarkeit und Langlebigkeit.
Nutzereinfluss	sehr wichtig	… weil unterschiedliche Komponenten in den Lichtszenen genutzt werden.
Lichtqualität	sehr wichtig	… für die Arbeitsleistung und das Wohlbefinden der Menschen im Raum.
Gestaltungsqualität	wichtig	... weil Licht- und Produktgestaltung sowie die architektonische und innenarchitektonische Gestaltung die Aufenthaltsqualität steigern.
Produktqualität	wichtig	denn Produkte mit höherer Qualität halten in der Regel länger und verbrauchen weniger Energie.
Lebenszykluskosten	sehr wichtig	… weil die alleinige Betrachtung der Investitionskosten gute und weitreichende Entscheidungen verhindert.

*Anforderungen variieren je nach Projekt und Kundenwunsch

Die Erarbeitung eines Beleuchtungskonzepts erfolgt unter Berücksichtigung der architektonischen Rahmenbedingungen und Nutzeranforderungen, Untersuchung von Varianten und deren Bewertung, qualitativ hinsichtlich Nutzerkomfort und Atmosphäre sowie quantitativ hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit.

Weiterhin erfolgen eine exemplarische, zum Beispiel zeichnerische Darstellung zur Integration in die Objektplanung, Angaben zum Raumbedarf, Entwicklung eines Funktionsschemas oder Prinzipschaltbildes für jede Lichtanlage. Im nächsten Schritt werden die grundlegenden Anforderungen an die Lichtsteuerung hinsichtlich der Strategie (z. B. Broadcast oder Einzelansteuerung) beschrieben.

Welche lichttechnischen Funktionalitäten und Ausstattungsmerkmale soll ein Besprechungsraum haben?
Zusätzliche Einflüsse auf die Auslegung des Lichtmanagementsystems ergeben sich aus der Betrachtung und Bewertung beispielsweise folgender Aspekte:

- Kosten, Verbrauch, Lebensdauer, Ausbauqualität
- Gegenseitiger Einfluss, z. B. hohe Lichtqualität versus Verbrauch
- Das Kriterium Lichtqualität wird durch die Wahl von Standard oder HCL geprägt.
- Die Qualitätsstufe für Produktqualität (Einstieg, Mittel, Performance) beeinflusst Kosten.
- Lichtsteuerung wird z. B. durch HCL, Gebäudedaten und Optimierungen (Settings) geprägt.
- Der Gebäudeautomationsgrad beeinflusst auch die technologische Lichtlösung.
- Licht- und Gestaltungsqualität soll gegenüber anderen Gewerken eine baulich höhere Relevanz bekommen (Sicherheitsthemen ausgenommen).

Folgende Tabelle kann eine gute Grundlage für einen Dialog zwischen Bauherrn und Lichtplaner sein: Die Antworten unterstützen eine schlüssige Argumentation für die Ausstattungsstandards.

[10] In Meetings werden die Weichen für neue Projekte gestellt. Das richtige Licht unterstützt Mitarbeiter, fördert Konzentration und Kreativität. (Foto: licht.de/Waldmann)

Raumanforderung (Raumprofil Besprechungsraum)*

Merkmal oder Nutzung	Auswirkung auf Lichtfunktionalität	Lichtbedingungen	Lichtsetting (Szene)
Vortrag	■ Rednerlicht ist eingeschaltet ■ Vortragsfläche und Raum sind abgedunkelt ■ Wandbeleuchtung ist eingeschaltet	Es werden vier Lichtbedingungen benötigt: ■ Flächiges Arbeitslicht ■ Redner-Spots ■ Wandflutung ■ Flipchart, Bild	■ Rednerlicht: 100 % ■ Vortragsfläche: 50 %, Raum (Arbeitslicht): 30 % ■ Wandbeleuchtung: 50 %
Besprechung	■ Arbeitsfläche ist hell, reflexfrei gleichmäßig ausgeleuchtet	Flächiges Arbeitslicht	■ Rednerlicht: 0 % ■ Vortragsfläche: 0 %, Raum (Arbeitslicht): 100 % ■ Wandbeleuchtung: 0 %
Event	■ Rednerlicht ist eingeschaltet ■ Vortragsfläche und Raum sind abgedunkelt ■ Wandbeleuchtung ist eingeschaltet	Es werden drei Lichtbedingungen benötigt: ■ Redner-Spots ■ Bild ■ Wandflutung	■ Rednerlicht: 80 % ■ Vortragsfläche: 0 %, Raum (Arbeitslicht): 0 % ■ Wandbeleuchtung: 80 %
Reinigung	■ Raumbeleuchtung ist eingeschaltet	■ Flächiges Arbeitslicht	■ Raum (Arbeitslicht): 100 %

*Anforderungen variieren je nach Projekt und Kundenwunsch



10



11

Lichtmanagementsystem im Kontext von Lichtqualität versus Effizienz
Die Tabelle rechts betrachtet beispielhafte Projektanforderungen (Indikatoren) und ihre Berücksichtigung für die Auslegung der Lichtlösung.

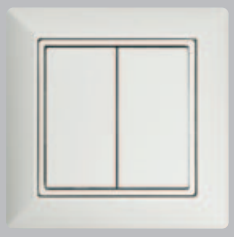
Qualitative Bewertung: Bedeutung für Gebäude, Nutzer und Umwelt
Quantitative Bewertung: Wertsteigerung und höhere Einnahmen

[11] Große Fensterflächen lassen viel Tageslicht herein. Passt sich die Beleuchtung daran an, können Energie und Kosten gespart werden. (Foto: licht.de/Helvar)

Licht im vernetzten Gebäude

Indikatoren	Bedeutung des Lichts
Lichtqualität	Bedeutung der Licht- und Beleuchtungsqualität für das gesamte Gebäude: Corporate Identity, Wohlbefinden, Akzeptanz, Arbeitsleistung, Fehlerreduzierung …
Nutzung/Nutzerkomfort	Die Lichtanlage sollte möglichst intuitiv und nachvollziehbar genutzt werden können: dynamisch und nutzerorientiert, mit Eingriffsmöglichkeiten und personalisiertem Licht.
Effizienz (Energiebedarf)	Beleuchtung verbraucht einen nennenswerten Teil des gesamten Energiebedarfs
Nachhaltigkeit	Verwendung von Tageslicht/Fachplanung erfüllt die Anforderungen an die Kreislaufwirtschaft.
Green-Building-Kategorie	Bestimmt unmittelbar die Produktauswahl hinsichtlich der Qualität und weiterer Kriterien.
Ressourcenschonung (EPD-dokumentierter Ressourcenverbrauch über den Lebenszyklus)	Über die Gebäudelebensdauer, die länger ist als die eines Produktes, sollte der Ressourcenbedarf so gering wie möglich ausfallen (Ressource Tageslicht nutzen).
Innovatives und hochautomatisiertes Gebäude mit Lichtmanagement	Eindeutige Kommunikation über Schnittstellen, Nutzung von Lichtmanagement, Auswertung von Betriebsdaten

Eingabegeräte und Bedienelemente



1



2



3



4



5



6



8



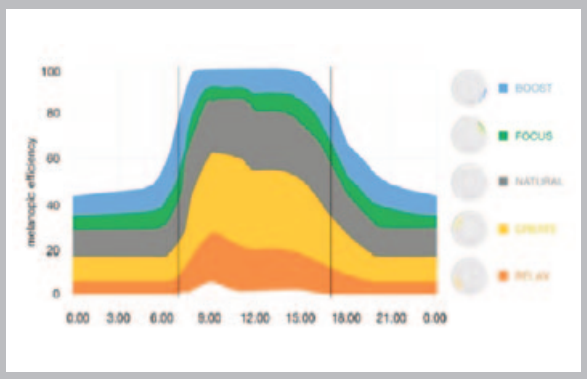
8



8



6



7



8



9

12



13



14

[12] Die Abbildung zeigt:
1) Taster, 2) Drehdimmer, 3-5) Touchpanel, 6) Fernbedienungen (IR oder Funk), 7) Screenshot eines Zeitgebers, 8) Schaltaktoren und 9) eine Smartphone-App. (© licht.de)

[13] Beispiel für ein Touchpanel zur Bedienung der Beleuchtung

[14] Die Bedienung des Lichtmanagements in einem Besprechungsraum hängt vom jeweiligen System ab. Sie kann über eine App oder ein Steuer- und Bedienelement erfolgen. (Foto: licht.de/Ledvance)



15

Gebäudestrukturen und Auswirkungen

Für die optimale Auswahl und Nutzung der richtigen Lichtmanagementlösung sind vor allem zwei Fragen von Bedeutung: Welche Aufgaben soll das System erfüllen – und wo? Auf Gebäudeebene sind drei Einsatzbereiche relevant: Arbeitsplatz, Raum und Gebäude.

Jede Gebäudestruktur ist individuell und stellt damit auch andere Anforderungen an die Beleuchtung. Sinnvoll ausgewählt und eingesetzt, erlauben Lichtmanagementsysteme eine optimale Beleuchtung der verschiedensten Bereiche und Zonen. Büroflächen gliedern sich in unterschiedlich konfigurierte Arbeitsbereiche und Kommunikationszonen. In Industriehallen befinden sich meist Montagearbeitsplätze oder Flächen für Maschinen. Jedes Gebäude hat zudem unterschiedliche Erschließungsbereiche, die nicht dauerhaft genutzt werden – Flure, Treppenhäuser, Toiletten, Abstell- oder Lagerräume. Die Beleuchtung sollte bei Bedarf einfach an geänderte Anforderungen angepasst und umprogrammiert werden können. Eine Lichtlösung mit Lichtmanagementsystem lässt sich immer wieder auf neue Konstellationen und individuelle Anforderungen optimieren.

Lichtmanagement am Arbeitsplatz

Die Beleuchtung am Arbeitsplatz kann leicht durch manuelles Schalten und Dimmen individuell geregelt werden. Direkt dem Arbeitsplatz zugeordnete, dezentrale Sensoren schaffen zudem automatisch angepasste Lichtverhältnisse: Tageslicht- und Anwesenheitssensoren regeln die Beleuchtung abhängig von einfallendem natürlichem Licht und Anwesenheit. Das ist komfortabel und spart Energie. Eine dynamische Steuerung des Lichts nach dem Vorbild des Tageslichts kann darüber hinaus den circadianen Rhythmus des Menschen unterstützen. Mit einem Lichtmanagementsystem kommunizieren Leuchten beispielsweise per Funk auch untereinander und ermöglichen eine „Schwarmfunktion“, sodass bei Anwesenheit auch die unmittelbare Umgebung mit einer angenehmen Grundhelligkeit beleuchtet ist und keine Lichtinseln entstehen.

Lichtmanagement im Raum

Im Raum lassen sich per Lichtsteuerung mehrere oder alle Leuchten vernetzen und beliebig gruppieren. Neben dem zentralen Schalten oder Dimmen erlaubt die Gruppenbildung auch einen einheitlichen Ablauf von Lichtszenen, was für eine unterstützende, nichtvisuell wirksame Beleuchtung vorteilhaft ist.

Lichtmanagement im Gebäude

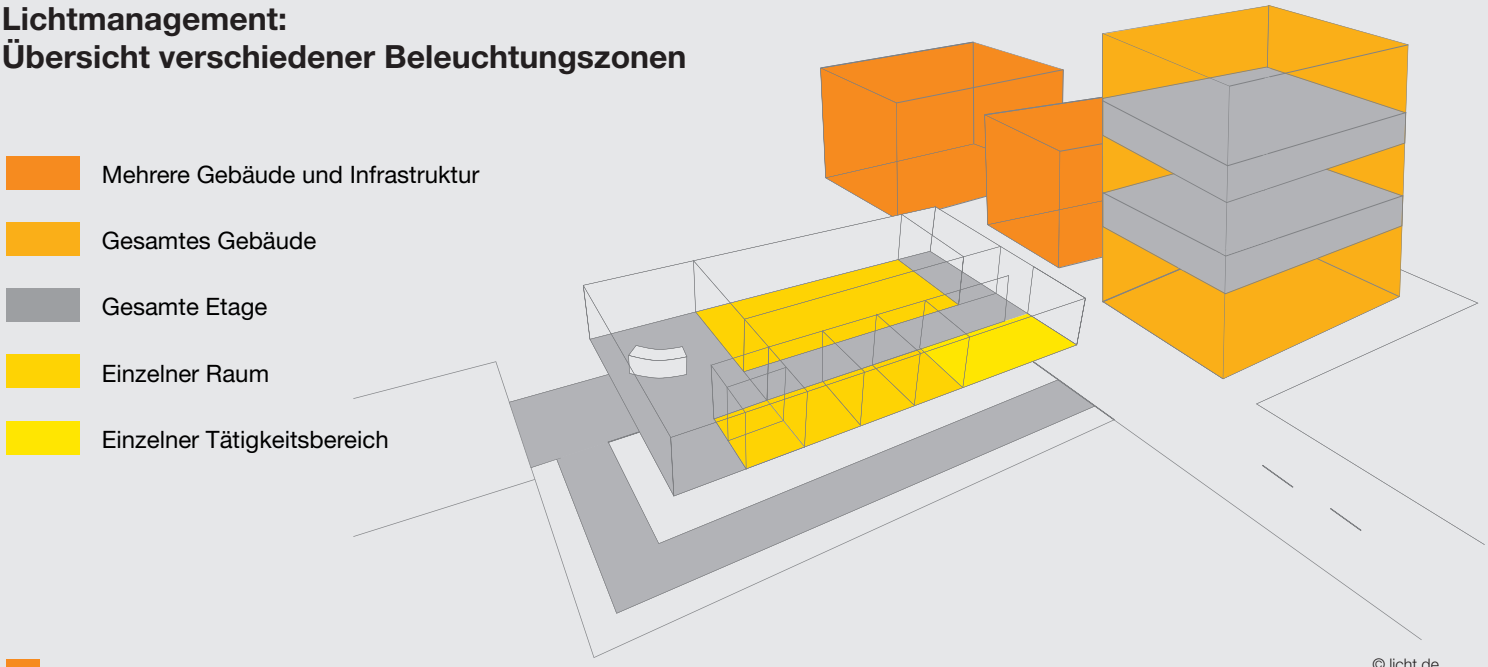
Auf Gebäudeebene können die dezentralen Informationen einzelner Leuchten oder Leuchtengruppen zum gewerkübergreifenden Steuern und Regeln genutzt werden. Heizung, Klima, Lüftung oder Verschattung lassen sich dann entsprechend anpassen: Wenn am Abend alle Personen den Raum verlassen haben, werden zum Beispiel Außenjalousien automatisch heruntergefahren und die Heizungswärme wird gedrosselt.

[15] In Großraumbüros, die nur teilweise belegt sind, verhindert eine Schwarmfunktion, dass Lichtinseln entstehen. (Foto: licht.de/Loblicht)



16

Lichtmanagement: Übersicht verschiedener Beleuchtungszonen



17

© licht.de

[16] Eine angepasste Beleuchtung auf Verkehrsflächen, etwa Flure und Treppen, vermeidet Schwierigkeiten mit der Adaptation und erhöht die Sicherheit. (Foto: licht.de/Signify)

[17] Schematische Gebäudestruktur mit lichttechnisch unterschiedlichen Nutzungsbereichen (© licht.de)

[18] Jede Gebäudestruktur ist individuell und stellt damit auch andere Anforderungen an die Beleuchtung. Sinnvoll ausgewählt und eingesetzt, erlauben Lichtmanagementsysteme eine optimale Beleuchtung der verschiedensten Bereiche und Zonen. (Foto: licht.de/Helvar)


18



19

Inbetriebnahme des Lichtmanagementsystems

Ist die Lichtplanung für die neue Anlage abgeschlossen – auch unter Berücksichtigung zukünftiger Anforderungen, Normen und anderer Parameter – sollte vor der eigentlichen Inbetriebnahme eine möglicherweise gewünschte Interaktion mit weiteren Gewerken geprüft werden. Ein gemeinsam erstellter Installationsplan schützt vor unliebsamen Überraschungen.

[19] Tageslichtsensoren messen das einfallende natürliche Licht und steuern nur so viel elektrisches Licht dazu, dass der Arbeitsplatz angemessen beleuchtet ist. (Foto: licht.de/Zumtobel)

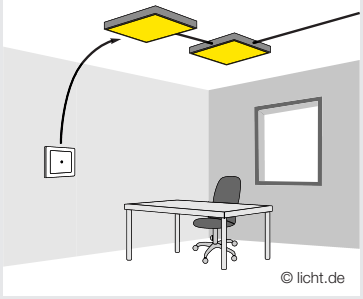
[20] Ein Taster ist die einfachste Form der Lichtsteuerung. Er kann mit einem Sensor gekoppelt und mit DALI an ein Lichtmanagementsystem angebunden werden. Dazu gibt es auch cloudbasierte Systeme. (© licht.de)

Die Lichtplanung muss durch eine Elektroplanung nach geltenden elektrotechnischen Normen ergänzt werden. Sie definiert außerdem die notwendige Not- und Sicherheitsbeleuchtung für das Gebäude und bindet das System in die Gebäudeinfrastruktur ein. So können andere Gewerke mit dem Lichtmanagementsystem interagieren, müssen es aber nicht.

Da Licht- und Elektroplanung üblicherweise nicht in der Hand des Personenkreises liegen, der sie vor Ort installiert und parametriert, muss eine umfangreiche Dokumentation in Form eines „Installationsplans“ erstellt werden. Zudem ist zu berücksichtigen, dass die Elektroinstallation in der Regel vor der Inbetriebnahme des Lichtmanagementsystems erfolgt. Je nach Systemausgestaltung müssen Leuchten an die Stromversorgung und – bei verdrahteten Kommunikationssystemen – zusätzlich an eine BUS-Leitung angeschlossen werden. Eventuelle Abweichungen vom Installationsplan, die sich erst vor Ort aufgrund bautechnischer Gegebenheiten ergeben, müssen dokumentiert werden. Nach Abschluss der Elektroinstallation empfiehlt sich neben der technischen Abnahme der Gesamtanlage ein genereller Funktionstest aller elektrischen Anschlüsse sowie der verlegten BUS-Leitungen. Das vermeidet bei Inbetriebnahme des Lichtmanagementsystems eine möglicherweise aufwendige Suche nach Fehlern, die in der elektrischen Anlage liegen.

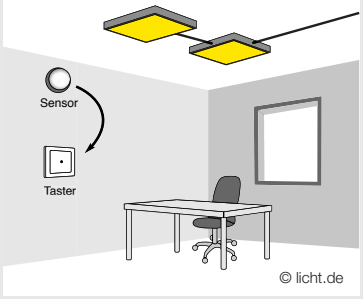
Wichtig ist ebenfalls, den Zeitpunkt der Inbetriebnahme unter der folgenden Annahme zu bestimmen: Lichtmanagementsysteme verhalten sich während der Inbetriebnahme unterschiedlich, etwa durch Ein- und Ausschalten oder Aufblinken von Leuchten während der Adressierung, die den normalen Betriebsablauf beeinträchtigen (beispielsweise im Büro) oder unmöglich machen könnten (beispielsweise im Krankenhaus). Ohnehin ist keine reguläre Nutzung von Räumen und Gebäuden möglich, bevor die verlässliche Funktion der Notbeleuchtung sichergestellt wurde. Einige

Manuelle Lichtsteuerung



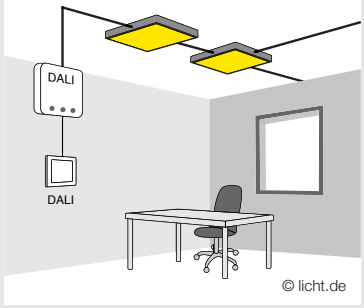
Manuelle Steuerungen, wie einfache Lichtschalter, erfordern keine besondere Inbetriebnahme. Ihre Funktion wird bereits durch die fachgerechte Installation gewährleistet.

Lichtsteuerung Inselanlage



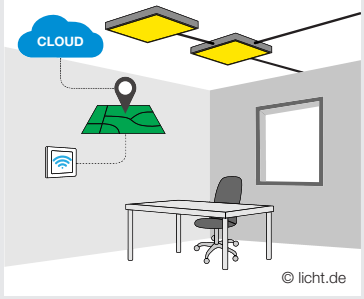
Inselanlagen mit erweiterten Funktionen werden in der Regel mithilfe von Sensoren ohne Tasten realisiert. Durch eine einmalige, lokal durchgeführte Programmierung lassen sich Energieeinsparungen und ein höherer Nutzerkomfort erreichen.

DALI-Lichtsteuerung



Managementsysteme benötigen zentrale, vernetzte Logikkomponenten. Sie ermöglichen eine übergeordnete Steuerung, umfassende Parametrierung sowie eine gezielte Instandhaltung der gesamten Anlage.

Cloudbasierte, georeferenzierte Lichtsteuerung



Mithilfe der Cloud lassen sich Komponenten lokalisieren und individuell programmieren. Nach Installation der Beleuchtungskomponenten werden sie an ein Netzwerk angebunden (drahtlos und kabelgebunden möglich). Anschließend wird das ganze System mit einer Cloud-Plattform verknüpft.

Lichtmanagementsysteme bieten für die rasche Inbetriebnahme einen Schnellstart mithilfe vorgegebener Werkseinstellungen.

Die Parametrierung kann ein Installateur oder ein Systemintegrator vornehmen. Vor Beginn sollte jedoch genau nachgelesen beziehungsweise definiert werden, welche Leuchten oder Leuchtengruppen sich in welcher Situation, bei welchem Auslöser und zu welchem Zeitpunkt wie verhalten sollen. Die Möglichkeiten variieren je nach gewähltem Lichtmanagementsystem und beziehen sich hauptsächlich auf Energieeffizienz, Komfort und Sicherheit. Einige Beispiele sind:

- **Zeiteinstellungen** können definieren, wann und in welchem Modus die Beleuchtungsanlage funktionieren soll.
- Beim Einsatz von **Präsenzmeldern** bietet eine präsenz- und tageslichtabhängige Konstantlichtregelung die größten energetischen Einsparmöglichkeiten.
- **Szenen** können vorab definiert und per Tastendruck aufgerufen werden, um die Lichtverhältnisse optional den Bedürfnissen bei bestimmten Tätigkeiten anzupassen.
- Die Parametrierung eines **Orientierungslichts** in einem Flur oder einer **Schwarmfunktion** in einem Büro kann komplett dunkle Zonen vermeiden und das Sicherheitsgefühl steigern.
- Ein **Tagesablauf** nach dem Konzept Human Centric Lighting – mit dynamischen Lichtveränderungen und Anpassung der Farbtemperatur nach dem Vorbild des Sonnenverlaufs – kann mit der biologischen Wirkung von Licht das Wohlbefinden und damit auch die Leistungsfähigkeit steigern.

Wie sich eine Leuchte oder Leuchtengruppe verhalten soll, kann in der Lichtmanagementsoftware festgelegt werden. Das Vorgehen bei einer solchen Parametrierung hängt vom gewählten Lichtmanagementsystem ab.

Inbetriebnahme mit DALI

Ein weit verbreitetes System ist DALI. Die Abkürzung steht für „Digital Addressable Lighting Interface“. Das bedeutet: Es wird ein digitales Protokoll verwendet, um Lichtquellen über eine elektrische Leitung zu verbinden und über ein BUS-System zu steuern. Dabei startet die Parametrierung mit der Identifikation (Adressierung) aller DALI-BUS-Teilnehmer. Mit dem Standard DALI-2 ist auch die Einbindung von Eingabegeräten wie Tastern, Präsenz- oder Bewegungsmeldern über einen DALI-BUS möglich.

Eindeutig identifizierte Leuchten und Eingabegeräte lassen sich einer oder mehreren Gruppen zuordnen. Für einzelne Leuchten oder Gruppen werden dann die gewünschten Einstellungen vorgenommen. Es ist ratsam, sämtliche Einstellungen detailliert zu dokumentieren.

Bei der Inbetriebnahme von Beleuchtungsanlagen ist die Vornorm DIN CEN/TS 18036 zu beachten, die zudem weitere Aspekte beschreibt.

Inbetriebnahme über die Cloud

Die cloudbasierte Inbetriebnahme von Beleuchtungssteuerungen ist eine moderne und effiziente Lösung, mit der sich Lichtmanagementsysteme zentral verwalten und flexibel optimieren lassen. Zunehmend setzen heutige Systeme auch auf digitale Zwillinge oder BIM-Modelle. Mit ihnen kann die Parametrierung unabhängig von der physischen Lokalisierung einzelner Elemente erfolgen. Für eine weitergehende Automatisierung werden die Endgeräte mit Geo-Referenzen versehen und die digitale Identität mit der realen Position in der Anlage verknüpft. Durch diesen Ansatz ist es möglich, komplette Projekte inklusive Funktionen, Gruppen und Schnittstellen bereits im Vorfeld digital zu definieren und dann in die reale Welt zu transferieren. Vor Ort müssen anschließend nur noch die Feldgeräte mit ihren virtuellen Äquivalenten in der Cloud verknüpft werden. Das verkürzt die Inbetriebnahme und spart Kosten. Zudem ist eine schrittweise Inbetriebnahme möglich, bei der direkt nach der Installation eine voll funktionsfähige Anlage zur Verfügung steht.

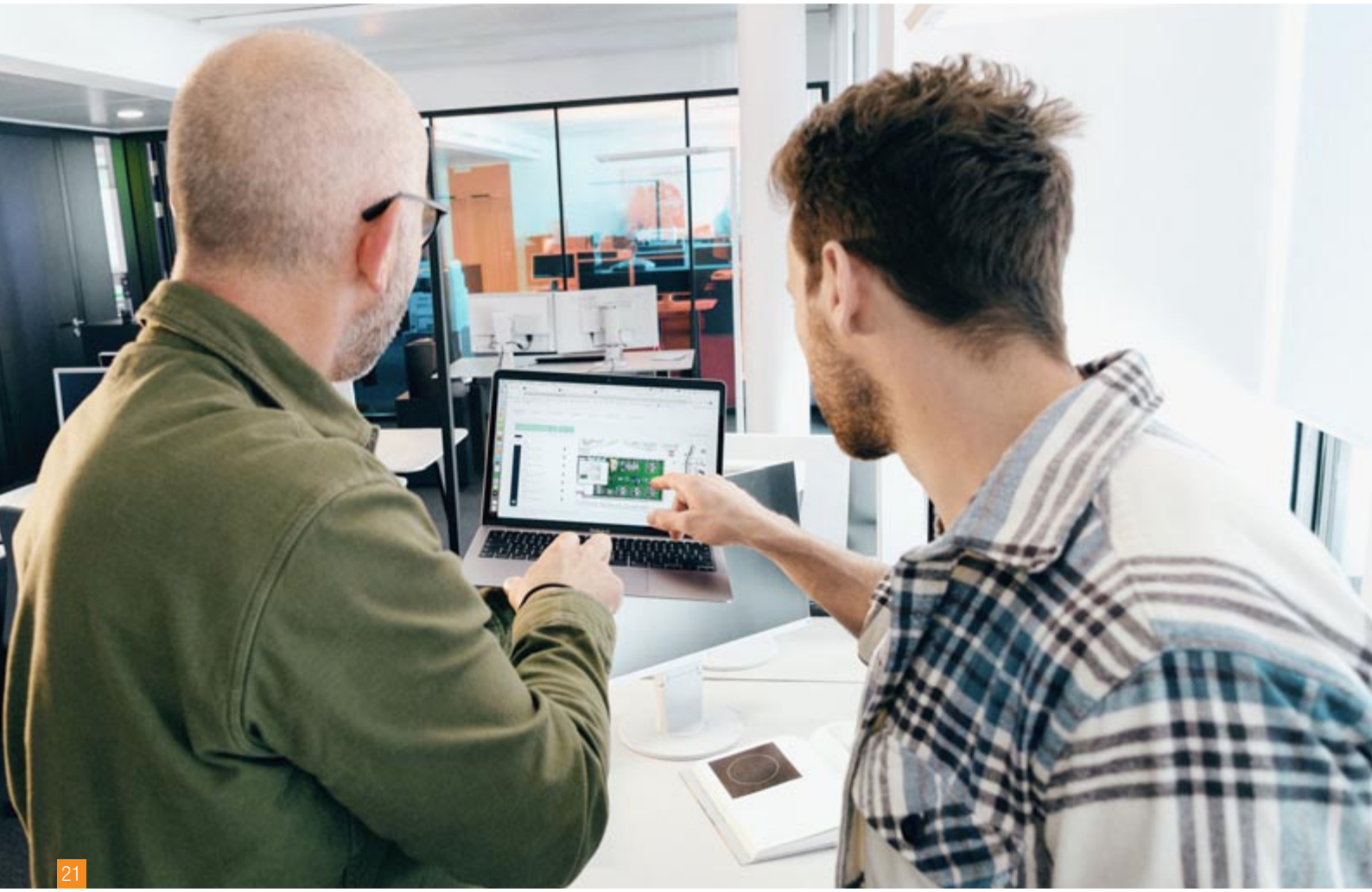
Monitoring und Wartung sichern dauerhafte Funktionalität

Die Ansprüche an eine Lichtsteuerung haben sich in den vergangenen Jahren stark verändert. Neben traditionellen Funktionen, wie Schalten und Dimmen, werden zunehmend die Abfrage und Überwachung von Nutzungs- und Zustandsinformationen verlangt. Diese Daten sind wichtig für die Wartung der Anlage und die Optimierung operativer Kundenprozesse.

Betreiber können ihre Monitoring-Systeme weltweit nutzen. Das ist besonders interessant für Unternehmen mit mehreren Gebäuden oder Standorten. Daten werden einfach über Apps oder sogenannte Dashboards im Internet-Browser abgerufen. Wichtige Meldungen, wie ein Ausfall der Beleuchtung, lassen sich in Echtzeit an die entsprechenden Fachabteilungen übermitteln. Zudem können regelmäßige Berichte über den Gesamtzustand der Beleuchtungsanlage erstellt werden – beispielsweise mit DALI (Teile 251, 252 und 253).

Erhalt und Erweiterung der Funktionalität

Neue Tools haben die Arbeitsschritte für die Wartung stark verändert. Routinemäßige Wartungsarbeiten können geplant und Schaden- oder Mängelbenachrichtigungen berücksichtigt werden.



[21] In den Einstellungen eines Lichtmanagementsystems können beispielsweise Leuchten neu gruppiert oder für die Tageslichtsteuerung Tageslänge oder Uhrzeit eingestellt werden. (Foto: licht.de/Waldmann)

Eine Wartung vor Ort beinhaltet Sicht- und Funktionsprüfungen sowie den Austausch, die Neuausrichtung oder Reinigung von Leuchten und Sensoren. Neben der Hardware wird die Wartung der Software immer wichtiger. Updates erfolgen über die Internetverbindung und niemand muss mehr vor Ort zu sein.

Zuverlässige Performance durch Wartungsverträge

Für Lichtsteuerungssysteme, die Software- und Funktionsupdates erhalten, empfiehlt sich der Abschluss eines entsprechenden Wartungsvertrags. Dienstleister erfüllen ihre Aufgaben meist aus der Ferne, ohne dass Fahrtkosten entstehen.

Auch Vertragsmodelle wie Light as a Service (siehe Seite 80) stellen Betrieb wie Funktionserhalt sicher und führen regelmäßige Optimierungen für maximale Effizienz und Leistung durch. Der zunehmende Einsatz von digitalen und automatisierten Prozessen bei der Wartung und Instandhaltung von Beleuchtungsanlagen ist ein Grund für das steigende Interesse an cloudbasierten Lichtmanagementsystemen.


22

[22] Per Tablet werden alle Räume angesteuert. Neben der Regelung über Tageslicht- und Präsenzsensoren können vorprogrammierte Lichtszenen abgerufen oder einzelne Bluetooth-fähige Leuchten angesprochen werden. (Foto: licht.de/Erco, Fotografie: Sebastian Mayer)

[23] Mit Lichtmanagement sammelt die Beleuchtung Nutzungsdaten, reagiert flexibel auf Veränderungen und zeigt im System Optimierungspotenzial auf. (Foto: licht.de/Signify)


23



24

Lichtmanagement im Büro – funktional und motivierend

Schreibtischarbeit, Meeting oder Videocall – wechselnde Tätigkeiten sind im Büro an der Tagesordnung. Office-Welten, in denen der Mensch und seine Bedürfnisse im Mittelpunkt stehen, sind die beste Basis für erfolgreiche Arbeit. Lichtmanagement unterstützt Wohlbefinden und Konzentrationsfähigkeit mit komfortabler und individuell einstellbarer Beleuchtung.

[24] Stehleuchten fügen sich dezent in die Büroeinrichtung ein. Zugleich erlauben sie den flexiblen Umbau der Arbeitsplätze. (Foto: licht.de/Waldmann)

[25] Zusätzliches Licht bringen Stehleuchten ins Gruppenbüro und Jalousien schützen vor Blendung. (Foto: licht.de/Waldmann)

Lichtmanagementsysteme steuern und regeln die Beleuchtung nach Bedarf, Anwesenheit, Tageszeit und natürlichen Lichteinfall. In Gruppen- und Open-Space-Büros können durch unterschiedliche Präsenzzeiten „Lichtinseln“ entstehen, die einen Schreibtisch erhellen, während der übrige Raum dunkler bleibt. Das vermeiden Lichtmanagementsysteme, deren Leuchten verschiedenen Bereichen oder Gruppen zugeteilt sind und im Schwarm agieren. Registriert eine Leuchte aus einer Gruppe Anwesenheit, meldet sie das den restlichen Gruppenmitgliedern, die dann die unmittelbare Büroumgebung auf einem angenehmen Grundniveau beleuchten – für mehr Sicherheit und eine bessere Raumatmosphäre.

Flexibles Licht für Besprechungen

Lichtsteuerung in Besprechungszimmern und Konferenzräumen ermöglicht eine flexible, funktionsbezogene Beleuchtung (siehe Seite 12ff). Verschiedene Lichtfarben, Leuchtenarten und die Kombination von direktem mit indirektem Licht in unterschiedlichen Zusammenstellungen werden für verschiedenste Situationen und Aktivitäten genutzt – beispielsweise als Vortragslicht am Rednerpult, Beleuchtung für Beamer-Präsentationen, funktionales Licht zum konzentrierten Arbeiten oder eine anregende Beleuchtung für das kreative Brainstorming. Mit Lichtmanagementsystemen lassen sich vordefinierte, auf die jeweilige Nutzung angepasste Lichtszenen und



25

26



27

Vernetzung

Ähnlich wie die Swarm-Funktion (siehe Seite 80) ist das Korridor-Linking eine Funktion moderner Beleuchtungssteuerungen. Sie kommt vor allem in Gebäuden mit vielen Räumen und angrenzenden Fluren zum Einsatz – etwa in Büros, Schulen oder Krankenhäusern. Mit dieser Verknüpfung (Linking) werden Flure automatisch beleuchtet, sobald in einem angrenzenden Raum Bewegung erkannt wird. Betritt beispielsweise jemand ein Büro und diese Bewegung wird von einem Präsenzsensor registriert, gibt das System ein Signal an den angrenzenden Korridor weiter. Er wird dann automatisch beleuchtet – auch wenn dort keine Bewegung stattgefunden hat. Das gewährleistet einen durchgehend beleuchteten und sicheren Übergang vom Raum zum Flur. Häufig bleibt das Licht im Flur dann auf einem niedrigeren Beleuchtungsniveau eingeschaltet und wird hochgedimmt, wenn Bewegung detektiert wird. Es wird erst abgeschaltet, wenn alle verknüpften Räume und der Korridor nicht mehr belegt sind.

Diese Funktion ist äußerst komfortabel, bedarfsgerecht, sparsam und trägt zur Sicherheit in Durchgangsbereichen bei. Technisch wird Korridor-Linking typischerweise über vernetzte Systeme wie KNX, DALI oder moderne Funklösungen realisiert, die eine flexible und zentrale Steuerung ermöglichen.



28

Beleuchtungseffekte realisieren – intuitiv und auf Knopfdruck.

Effiziente Beleuchtung für Flure und Treppen

Korridore und Treppen zählen nach DIN EN 12464-1 und DIN V 18599-10 zu den Verkehrsflächen. Mit einer relativen Abwesenheitsrate von 80 Prozent eignen sie sich bestens für eine bewegungsgesteuerte Regelung der Beleuchtung, womit sich viel Energie sparen lässt. Selbst bei guter Tageslichtversorgung von Fluren und Treppenhäusern lohnt sich hingegen eine tageslichtabhängige Regelung meist nicht: Sie wäre nur 20 Prozent der Zeit aktiv. Sinnvoller ist ein Schwellwertschalter, der das Tageslicht misst und die künstliche Beleuchtung nur dann einschaltet, wenn er Bewegung erfasst und das natürliche Licht nicht ausreicht. Es ist grundsätzlich vorteilhaft, wenn Licht sich automatisch einschaltet, weil Flure auch Transportwege sind und Nutzer häufig keine Hand für den Lichtschalter oder -taster frei haben. Ganz auf sie verzichten möchten jedoch die wenigsten. Dann sollte das manuelle Einschalten die Automatik übersteuern.

Der Erfassungsbereich von Sensoren muss so ausgelegt sein, dass bei Betreten des Flurs durch eine beliebige Tür das Licht zuverlässig einschaltet – und erst wieder erlischt, wenn sich nach einer definierten Zeitspanne niemand mehr im Flur aufhält (siehe Seite 80). Alternativ kann bei Abwesenheit das Beleuchtungsniveau auf einen Grundwert gesenkt werden – etwa in verwinkelten Fluren, wo die genaue Erfassung durch Sensoren schwierig ist.

Entspannendes Licht für Pausen- und Aufenthaltsräume

Pausenräume wie etwa Kantinen dienen der Regeneration – dort sollen die Menschen sich erholen und Kraft tanken. Eine Beleuchtung nach dem Human-Centric-Lighting-Konzept kann dazu beitragen, indem sie die Beleuchtungsstärke und Lichtfarbe dynamisch der Tageszeit anpasst. Da die Nutzungszeiten in diesen Bereichen häufig eher überschaubar sind, bietet sich eine Präsenzerfassung mit automatischem Ein- und Ausschalten der Beleuchtung über Sensorik an.

Eine optimale Beleuchtung im Büro fördert das Wohlbefinden und spart Energie- und Wartungskosten. Heft licht.wissen 04 stellt Anwendungen vor und erklärt, welche Normen beachtet werden müssen.



29

[26] Im futuristischen Firmensitz entsteht zwischen den Beleuchtungsniveaus des Verkehrsweges und des Besprechungsraums kein großer Unterschied. (Foto: licht.de/Helvar)

[27] Sensoren haben verschiedene Aufgaben – unter anderem: Tageslichtmessung, Bewegungs- oder Präsenzerfassung. (Foto: licht.de/Ledvance)

[28] Lichtsensoren messen die Menge des einfallenden Tageslichts auf einer Referenzmessfläche. Unterschreitet die Beleuchtungsstärke einen vorab eingestellten Sollwert, wird künstliches Licht bedarfsgerecht zugeschaltet, stufenlos nachgesteuert oder nachgeregelt. (Foto: licht.de/Esylux)

[29] In vielen Unternehmen ist die Küche zugleich Pausenraum. Pendelleuchten im Retrolook beleuchten die Arbeitsfläche und den Esstisch, Strahler die Bilder an der Wand. (Foto: licht.de/Bruck)



30

Smart lernen

Lichtmanagement unterstützt Schüler aller Altersgruppen und Lehrer. Die Palette an Möglichkeiten reicht von der Unterstützung des circadianen Rhythmus, über Lichtszenen für bestimmte Sehaufgaben im Unterricht bis zur automatischen Anpassung der Lichtmenge.

[30] Auch Schulbauten sind ein Spiegel ihrer Zeit und aktueller Trends. Sie müssen den bautechnischen und ausstattungstechnischen Anforderungen entsprechen. (Foto: licht.de/XAL, Fotograf Kurt Kuball)

[31] LED-Leuchten sind – über die gesamte Lebensdauer des Beleuchtungssystems betrachtet – die wirtschaftlichste Variante. (Foto: licht.de/Ledvance)

Lernumgebungen und Arbeitsplätze sollten möglichst viel Tageslicht bekommen, wie von Arbeitsstättenverordnung und ASR A3.4 empfohlen. Eine Beleuchtung, die das natürliche Licht einbezieht, ist einer reinen Kunstlichtlösung vorzuziehen. Voraussetzung dafür sind ausreichend Fensterflächen, die viel Licht einlassen. Effektiv und wirtschaftlich wird Tageslicht genutzt, wenn es seinen Weg kontrolliert in Innenräume findet und sich dort verteilt. Das erreichen Tageslichtsysteme, die eigens dafür entwickelt wurden: Sie verbreiten das natürliche Licht gleichmäßig im Raum und bringen zusätzliche Helligkeit in fensterferne Zonen.

Ist in der Raumtiefe oder in der dunklen Jahreszeit nicht genügend Tageslicht verfügbar, kann es entsprechend mit geeigneten Leuchten und Lichtmanagement ergänzt werden. Eine zeitgemäße Beleuchtung ist heute auch für die Qualität von Bildungseinrichtungen ein wichtiges Merkmal. Ziel ist eine hohe Lichtqualität bei möglichst geringem Energieverbrauch. Lichtmanagementsysteme mit Tageslichtsensoren schalten dafür bei Bedarf Kunstlicht zu, um die erforderliche Helligkeit im Raum zu erreichen. Die Kombination mit Anwesenheitssensoren optimiert die Beleuchtung auch energetisch weiter.

Präsenzerfassung spart Energie

Unterrichtsräume sind über den Tag hinweg nicht konstant belegt, doch in den Freistunden und Pausen bleibt das Licht oft eingeschaltet und Energie wird vergeudet.



31



[32] Das Foyer wird geschickt als Bibliothek und Aufenthaltsraum genutzt. Bücherregale sollten in ihrer ganzen Fläche gut ausgeleuchtet sein. (Foto: licht.de/Helvar)

Bequem und energieeffizient löst dieses Problem eine Lichtsteuerung mit Präsenzerfassung. Sie schaltet das Licht automatisch an und aus, wenn der Raum betreten oder verlassen wird. Nach dem gleichen Prinzip lässt sich viel Strom bei der Flurbeleuchtung sparen, wenn etwa Gänge während des Unterrichts nur selten aufgesucht werden, weil die Schüler in ihren Klassen sind. Besser als sie ganz auszuschalten, ist es, die Beleuchtung hier auf ein Mindestmaß herunterzudimmen. Das erhöht die Sicherheit und verlängert gleichzeitig die Lebensdauer der Beleuchtung, da häufiges Schalten vermieden wird (siehe Seite 28f).



Intuitive Lichtszenen
In Räumen, deren Nutzung sich permanent ändert, können Lichtmanagementsysteme ihre Vorteile besonders gut ausspielen: Auf verschiedene Tätigkeiten und Unterrichtszwecke abgestimmte Lichtszenen lassen sich per Bediendisplay einfach abrufen – etwa für eine Lehrveranstaltung, einen Vortrag oder eine Medienvorführung. Lichtmanagement und Lichtszenen sollten genauso detailliert geplant werden wie das Lichtkonzept. Sie müssen intuitiv bedienbar sein und dem Nutzer auch den freien manuellen Eingriff in Szenen und automatische Funktionen wie Anwesenheitserfassung und Lichtregelung gestatten. Das ermöglichen bereits viele vorkonfigurierte oder vorkonfigurierbare Systeme für Bildungseinrichtungen.

Vor dem Hintergrund des enormen Sanierungsbedarfs von Bildungsstätten veröffentlichte die Brancheninitiative licht.de 2023 die Publikation licht.wissen 02 „Lernen in neuem Licht“.



33



34

Sicherheit und Selbstständigkeit in Pflege und Gesundheitseinrichtungen

Zahlreiche Studien belegen den Zusammenhang von guter Beleuchtung, Gesundheit und Wohlbefinden. Immer mehr Krankenhäuser, Seniorenheime und Pflegeeinrichtungen haben deshalb eine Beleuchtung, die zugleich ergonomisch, emotional ansprechend und gesundheitsfördernd ist. Modernes Lichtmanagement unterstützt Patienten wie Bewohner und entlastet das Personal.

Licht ist für kranke Menschen wie Medizin, hebt die Stimmung und fördert mit nichtvisuellen Wirkungen die Regeneration. Während eines Klinikaufenthaltes fehlt meist Tageslicht. Patienten kommen nur selten oder gar nicht ins Freie, und nicht immer steht ihr Bett am Fenster. Eine Beleuchtung mit nichtvisueller Wirkung (siehe Seite 79) beeinflusst die biologischen Prozesse im menschlichen Körper positiv: beispielsweise als besonders helles Licht, das die Wachphasen fördert, oder als dynamisches, dem Tageslichtverlauf angepasstes Licht, das mit unterschiedlichen Beleuchtungsstärken und wechselnden Farbtemperaturen den Schlaf-Wach-Rhythmus des Patienten unterstützt. Solche Lichtlösungen entlasten auch das Klinikpersonal: Therapiezeiten und Pflegebedarf sind geringer, wenn der circadiane Rhythmus der Patienten stabil ist.

Licht im Seniorenheim

Altersbedingte Krankheitsbilder stellen hohe Anforderungen an die Beleuchtung in Pflegeheimen. Viele Bewohner sehen schlecht. Hinzu kommt: Viele der Senioren leiden an unterschiedlichen Formen der Demenz. Ihre Bewegungsabläufe sind unsicher, die Gefahr zu stürzen, ist hoch. Mangelnde Aktivität führt zu erhöhter Schläfrigkeit am Tag und zu unruhigen Nächten. Beispiele aus der Praxis belegen, dass neben ausreichend hellem Licht eine Beleuchtung mit nichtvisuellen Wirkungen zu deutlich mehr Aktivität und Wohlbefinden in den Wach-





35



36

phasen der Bewohner beiträgt. Zugleich werden weniger Schlafmittel benötigt und das Pflegepersonal wird entlastet.

Komfortable Beleuchtung für Zimmer und Aufenthaltsräume
Für Patienten, Bewohner und Personal ist es sinnvoll, die Beleuchtung zu automatisieren. Das Lichtmanagementsystem übernimmt zum Beispiel die nächtliche Grundbeleuchtung und stellt die Sicherheit auf Verkehrswegen her. Präsenz- oder Bewegungserfassung hebt bei Anwesenheit automatisch das Beleuchtungsniveau an. Das kann auch für die ärztliche Notversorgung genutzt werden. Speziell in Bewohnerbereichen ist Human Centric Lighting sinnvoll, um den Tag-/Nacht-Rhythmus zu verbessern. Für eine angenehme und bedarfsgerechte Atmosphäre werden zusätzliche Leuchten individuell gesteuert.

Nachtbeleuchtung für Flure und Wege
Wenn Treppen, Kanten und Unebenheiten klar erkennbar sind, sinkt das Risiko von Unfällen. Das kann etwa eine Nachtbeleuchtung leisten, die bei Bewegungserkennung angeht. Ältere oder kranke Menschen fühlen sich deutlich sicherer, wenn sie sich gut orientieren können. Bei Erhöhung der vertikalen Beleuchtungsstärken sind etwa Gesichter besser zu erkennen, was zum persönlichen Wohlbefinden beiträgt.

Entspannende Beleuchtung für Untersuchungs- und Behandlungsräume
Bei Untersuchungen sollten verschiedene Voreinstellungen der Beleuchtung abrufbar sein, damit sich Patienten besser entspannen können. Lichtszenen schaffen die Atmosphäre, die für den jeweiligen medizinischen Vorgang geeignet ist. Vor und nach der Behandlung sollte die Allgemeinbeleuchtung nicht blenden und keine zu großen Kontraste aufweisen.

In der Pflege sind kabelgebundene Systeme besser als funkbasierte, weil sie weniger Wechselwirkungen mit anderen (etwa medizinischen) Geräten haben und von festen Stationen, wie Schaltern oder Wandpanels, bedient werden.

Im Gesundheitswesen muss die Beleuchtung hohe Ansprüche erfüllen. Heft licht.wissen 07 nennt relevante Vorschriften und zeigt auf 64 Seiten, wie Licht zur Genesung beitragen kann.

[33] Senioren halten sich länger in Innenräumen auf als Jüngere. Dabei ändern sich ihre Lichtbedürfnisse im Tagesverlauf mehrfach. Die Beleuchtung sollte entsprechend flexibel sein. (Foto: licht.de/Signify)

[34] Flure müssen gut beleuchtet sein, damit sich Besucher schnell und problemlos zurechtfinden. Aufgehellte Wände verleihen ein Gefühl von Sicherheit, wirken einem „Tunneleffekt" entgegen und beeinflussen das Raumgefühl positiv. (Foto: licht.de/Helvar)

[35] Im Patientenzimmer gibt es verschiedene Anforderungen an die Beleuchtung, etwa Licht für Untersuchungen oder das Leselicht am Bett. Deswegen müssen alle Leuchten separat voneinander geschaltet werden können. Die richtige Beleuchtungssituation sollte auf Knopfdruck stets einfach wählbar sein. (Foto: Shutterstock/Beleuchtung RZB)

[36] In Anbetracht der körperlichen Einschränkungen mancher Patienten ist es sinnvoll, die Beleuchtung durch Bewegungsmelder ein- und auszuschalten. (Foto: IKE/Tom Bauer/Beleuchtung RZB)

Produktivität und Flexibilität in der Industrie

In Industriebetrieben steht Produktivität an erster Stelle. Die Beleuchtung muss deshalb wirtschaftlich und funktional sein – und eine sichere Arbeitsumgebung schaffen. Ein entscheidendes Kriterium bei der Auswahl der richtigen Lichtmanagementlösung ist Flexibilität: In Zeiten immer kürzerer Innovationszyklen und größerer Warenvielfalt müssen Produktionsbereiche kurzfristig umgebaut oder erweitert werden können.

Beleuchtung und Lichtmanagement in der Industrie tragen zu mehr Effizienz, Produktivität und Arbeitsschutz bei. Bei einer Nutzungsänderung kann die Anlage ohne großen Aufwand lichttechnisch flexibel umprogrammiert werden, sodass nicht die gesamte Beleuchtungsanlage umgebaut werden muss.

Individuelle Beleuchtung für Kontrolle und Handarbeit

An Handarbeits-, Kontroll- und Prüfarbeitsplätzen sind die Sehaufgaben besonders anspruchsvoll. Ältere Mitarbeiter haben einen höheren Lichtbedarf. Sie sollten Licht durch lokales Hochdimmen „ihrer“ Leuchten zuschalten können und dürfen. Auch die Arbeitsstättennorm DIN EN 12464-1 unterstützt mit ihren Kontextmodifikatoren die Wahl höherer Beleuchtungsstärken, wenn dafür bestimmte Gründe vorliegen. Montagetätigkeiten fallen leichter mit den passenden Farbtemperaturen für die jeweilige Montageart und verwendeten Materialien. An Handarbeitsplätzen können Helligkeit und Lichtfarbe bedarfsgerecht eingestellt werden, wenn die Beleuchtung die Funktionalität „Tunable White“ erfüllt.

Spezielle Beleuchtung für vollautomatisierte Bereiche

Komplett automatisierte Bereiche werden meistens nur zu Wartungszwecken betreten. Ihre Arbeitsbeleuchtung sollte sich deshalb über Handbetrieb zuschalten lassen. Im Normalbetrieb arbeiten die Maschinen autark und die Beleuchtungsstärke wird stark reduziert. Optische Sensorik, wie Kameratechnik, erfordert dagegen ein höheres Lichtniveau.

Schichtarbeit

Viele Menschen, die in der Industrie im Schichtbetrieb arbeiten, leiden an Schlafmangel. Ihr natürlicher Schlafrhythmus ist beeinträchtigt. Die Forschungen zur Lichtwirkung bei Schichtarbeit empfehlen eine Lichtsteuerung nach dem Human-Centric-Lighting-Konzept mit Dynamik bei Helligkeit und Lichtfarben – analog dem natürlichen Verlauf des Tageslichts, das einen Wechsel zwischen Tag und Nacht ermöglicht. Generell sollten am Abend und in der Nacht warmweiße Lichtfarben verwendet werden – durchaus bei hohen Beleuchtungsstärken.



Die Broschüre licht.wissen 05 zeigt, wie optimal geplante Beleuchtungsanlagen ergonomisches Arbeiten ermöglichen und dabei zugleich Energie und Kosten gespart werden können.

[37] Arbeitsplätze zur Kontrolle und Qualitätssicherung verlangen den Augen Höchstleistungen ab. Bedarfsgerechtes Licht unterstützt sie dabei. (Foto: licht.de/Waldmann)


37



38

Attraktivität und Atmosphäre in Shop und Museum

Ins rechte Licht gesetzte Produkte und Exponate kommen bei Kunden und Besuchern gut an. Publikumsmagnete generieren einen höheren Umsatz. Energieeffiziente Beleuchtungssysteme und eine flexible, leicht zu bedienende Lichtsteuerung sind die Basis für ansprechende Präsentationen von Waren oder Ausstellungsobjekten.

In Verkaufsräumen spielt die Beleuchtung eine große Rolle: Licht ist hier nicht nur ein kreatives, verkaufsförderndes Element, sondern erfüllt auch wichtige Funktionen, indem es etwa zentrale Laufwege markiert oder als Sicherheitsbeleuchtung zu den Notausgängen leitet.

Tageslicht nutzen oder empfindliche Waren schützen

In Bekleidungs- und Lebensmittelgeschäften sind die Waren lichtempfindlich und große Fenster oder Oberlichter deshalb eher selten. In vielen anderen Verkaufssparten wird Tageslicht gerne gesehen, etwa in Autohäusern und Baumärkten. Überall dort, wo große Fensterflächen natürliches Licht einlassen, nutzen Lichtmanagementsysteme das Tageslicht, um die künstliche Beleuchtung entsprechend zu reduzieren und zugleich den Energieverbrauch zu senken.

Im Eingangs- und Schaufensterbereich hingegen sollte bei steigendem Tageslichteinfall die Beleuchtungsstärke erhöht werden.



Sie lenkt die Aufmerksamkeit der Passanten und Besucher auf die Waren. In den Nachtstunden wird sie mit Lichtsteuerung automatisch reduziert, damit Passanten und Anwohner nicht geblendet werden. Bewegungsmelder sind in weniger frequentierten Bereichen sinnvoll. Hier kann die Beleuchtungsstärke lediglich reduziert werden, damit sie nicht komplett in Dunkelheit versinken.

Flexibles Licht für Präsentations- und Sonderflächen

Für eine flexible Nutzung der Verkaufsflächen, wie etwa bei wechselnden Produkten in sogenannten Pop-up Stores, bieten sich flexible, dimmbare und farbveränderliche Beleuchtungskonzepte an. Leuchten können dabei als Grund- oder Akzentbeleuchtung eingesetzt werden, je nachdem, welches Produktportfolio präsentiert wird. Aktuelle Lichtmanagementsysteme ermöglichen eine einfache Umprogrammierung und intuitive Bedienung.

Wandelbare Beleuchtung für Museen und Ausstellungen

Lichtmanagement inszeniert auch die Werke großer Künstler. Dynamisches weißes oder farbiges Licht weckt zum Beispiel besondere Aufmerksamkeit. In Bereichen mit wechselnden Exponaten oder verschiedenen Ausstellungen ist häufig eine einfache Anpassung der Beleuchtungsstärke und Farbtemperatur gewünscht. In diesem Fall sind Leuchten richtig, deren Lichtfarbe und Helligkeit sich leicht steuern lassen. Bewegungsmelder können in Museen sinnvoll sein, sollen Exponate nicht unnötig lang einer eventuell schädigenden Strahlung von Kunstlicht ausgesetzt sein. Sie werden nur dann beleuchtet, wenn auch Besucher anwesend sind. Heutige Lichtmanagementtechnologien lassen auch ein Vorauseilen des Lichts an den Laufwegen für die Besucher zu – eine gestalterische Abwandlung der Korridorfunktion (siehe Seite 80). Das ist auch ein spannender Ansatz für Ausstellungen.

Heft licht.wissen 06 erklärt, worauf es bei der Shopbeleuchtung ankommt.

licht.wissen 18 informiert über Beleuchtung für Museen und Ausstellungen.

[38] Im Einzelhandel können LED ihre Vorteile ausspielen: Ihre reduzierte UV- und Wärmestrahlung schont empfindliche Lebensmittel. (Foto: licht.de/Helvar)

[39] Licht inszeniert mit Wahrnehmungshierarchien Exponate und Räume. Brillantes Licht und eine gute Farbwiedergabe sorgen dafür, dass Details gut erkannt werden können. (Foto: licht.de/Signify)



40

Ambiente und Komfort für Hotellerie und Gastronomie

Ob repräsentative Lobby, stilvolles Restaurant oder wohnliche Zimmer: In Hotels und anderen Unterkünften sollen sich die Gäste jederzeit und überall wohlfühlen. Beleuchtungssysteme mit Lichtsteuerung kreieren dafür eine angenehme Atmosphäre und erlauben es, Tagungs- und Veranstaltungsräume flexibel zu nutzen.

Licht betont architektonische Besonderheiten, gibt Lounges und Eingangsbereichen Struktur, setzt Akzente und grenzt Verkehrs- und Ruhezonen voneinander ab. Lichtmanagementsysteme mit programmierbaren Lichtszenen können auch vorhandenes Tageslicht einbeziehen, um Energie zu sparen und Ressourcen zu schonen.

Ein möglichst kleiner CO_2-Fußabdruck ist auch gut fürs Image. Sollen Exponate, Firmenlogos oder weitere Besonderheiten hervorgehoben werden, ist die Variation der Beleuchtungsstärke das Mittel der Wahl. Auf Verkehrswegen leitet dynamische und mittels Sensorik ausgerichtete Beleuchtung Besucher durch Helligkeits- oder Farbeffekte.



41

Wohnlich-funktionelle Beleuchtung für Gästezimmer
Individuell und stilvoll eingerichtete Zimmer fördern mit in Farbe und Helligkeit veränderbarem Licht das Wohlbefinden der Gäste. Lichtmanagementsysteme bieten Lichtszenen und sind in Gruppen organisiert, die sich über geeignete Bediengeräte abrufen lassen. Und wenn niemand im Raum ist, schalten Präsenz- und Bewegungsmelder die Beleuchtung automatisch ab.

Für Notfälle ist eine netzunabhängige Sicherheitsbeleuchtung Pflicht: In Zimmern und Gängen gewährleistet die Lichtsteuerung die Einhaltung der geforderten Werte nach den entsprechenden Normen und Vorschriften.

Entspannendes Licht für Wellness
In Wellness-Bereichen ist alles auf Erholung und Regeneration ausgerichtet. Menschen können sich besser entspannen, wenn die Beleuchtung dem natürlichen Tagesverlauf folgt. Weitere Effekte und Lichtfarben setzen Akzente. Dank größtenteils automatisierter Programmabläufe und intuitiver Bedienoberflächen lässt sich die Beleuchtung leicht auf individuelle Wünsche und Vorlieben anpassen.

Geschmackvolle Beleuchtung in der Gastronomie
Im Restaurant bringt eine eher zurückhaltende Grundbeleuchtung eine entspannte Stimmung und gleichzeitig den nötigen Sehkomfort. Durch Akzentuierung der

[40] Lichtsteuerungen bieten bedarfsgerechte Szenen – von der Festbeleuchtung bis zum Licht für Reinigungsarbeiten. (Foto: licht.de/Ledvance)

[41] In Hotelzimmern sollten Leuchtendesign und Lichtfarben auf die Einrichtung abgestimmt und die Beleuchtungsstärken für die jeweiligen Sehaufgaben anpassbar sein. (Foto: licht.de/Molto Luce)

[42] Ein vollständig adressierbares DALI-Beleuchtungssteuerungssystem in der Mensa kreiert ein besonderes Nutzererlebnis. Definierte Lichtstärken betonen die biophile Gestaltung des Gebäudes. (Foto: licht.de/Helvar)

[43+44] Am Morgen sorgt gleichmäßig flächige Beleuchtung für eine angenehm homogene Helligkeit. Frisch wirkt die eher kühle, diffuse Lichtstimmung mit 4.000 Kelvin. Später am Tag liegt der Fokus auf der warmweißen Beleuchtung einzelner Tische. (Foto: licht.de/Erco, Fotografie: Alexandra Lechner)

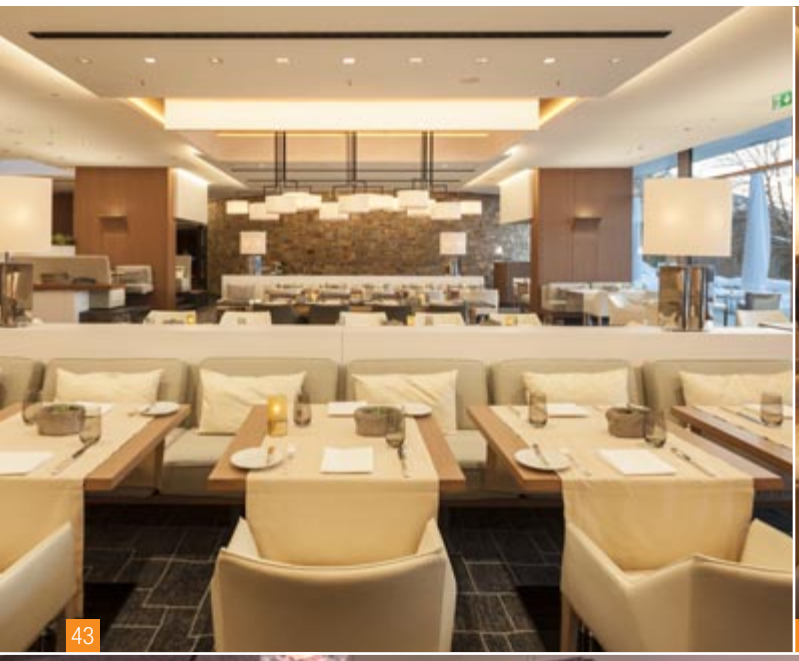
Tische oder Sitzplätze sind Speisen und Getränke gut zu erkennen. An der Theke empfiehlt sich eine punktuelle Zusatzbeleuchtung – mit einem Lichtmanagementsystem geht das ganz automatisch. Höhere Beleuchtungsstärken beispielsweise für die Reinigung lassen sich auf Knopfdruck, per Schalter oder Taster abrufen. Änderungen der Lichtszenen übernimmt am besten geschultes Fachpersonal – auch aus der Ferne über die Cloud. Denn weniger Anfahrten reduzieren nochmals den CO_2-Fußabdruck.

Flexibles Licht für Konferenzen und Events

Viele Hotels haben größere und kleinere Veranstaltungsräume, die vielseitig genutzt werden: tagsüber als Konferenz-, Tagungs- oder Vortragssaal, abends und nachts als Partylocation oder Tanzfläche. Dafür bieten Lichtmanagementsysteme ideale Voraussetzungen: Vorprogrammierte Lichtszenen werden vom Hotelpersonal per Fernbedienung, Bedienpanel, Taster oder App einfach abgerufen und passen die Beleuchtung schnell der jeweiligen Raumnutzung an.



42


43


44





45

Lichtmanagement in der Architekturbeleuchtung

Die Beleuchtung von Architektur hat längst einen Wandel zum Architainment vollzogen – einem Mix aus architektonischem und Entertainment-orientiertem Licht. Ansprechende Lichtkonzepte mit modernen Leuchten inszenieren und gestalten Fassaden und Gebäude, beleben das Stadtbild, prägen das Image und schonen die Natur.

Effekte aus dem Entertainment lassen sich auch auf die Beleuchtung von Gebäuden, Brücken, Denkmälern und Landmarken übertragen. Mit einer Vielfalt von 16,7 Millionen Farbmöglichkeiten können durch unterschiedliche Optiken Akzente gesetzt, Flächen atmosphärisch in Licht getaucht werden und einem Bauwerk ganz unterschiedliche Wirkungen verleihen. Lichtmanagementsysteme setzen Gebäude am Abend wirkungsvoll in Szene, zum Beispiel mit:

- Farbspielen auf Fassaden
- Hervorhebungen architektonischer Besonderheiten wie Nischen, Erker, Vorsprünge, Ornamente und Figuren
- Zeigefinger-/Laserpointer-Effekten, die auf besonders wichtige Stellen hinweisen.

Bei der Leuchten- und Systemwahl sind **drei Entscheidungen** zu treffen:

1. Wahl der Lichtfarbe – einfarbig oder bunt?
LED-Leuchten mit weißem oder farbigem Licht können geschaltet oder gedimmt werden. Dynamisches Licht braucht immer eine entsprechende Steuerung. Noch mehr Möglichkeiten bieten RGBW-Leuchten (RGBW = Rot, Grün, Blau, Weiß), die neben Weißtönen gleich mehrere Farben ab Werk mitbringen – von der einfachen Farbwahl zu Farbwechseln und dynamischen Abläufen bis zur kompletten Lichtshow. Mehrkanalleuchten (zum Beispiel 4-/5-Kanalleuchten) ermöglichen mit ihrem erweiterten Farbspektrum die gezielte Anpassung der Beleuchtung an vorhandene Materialien, etwa gelbes Licht für warme Materialien wie Holz und eher bläuliches Licht für kühle Materialien wie Beton, Stahl oder Glas.

2. Automation: „Set and forget“ oder Flexibilität?
Wiederkehrende Abläufe, basierend auf Uhrzeit und/oder Jahreszeiten, benötigen andere Komponenten als Systeme, die flexibel genutzt werden sollen. Bei flexiblen Beleuchtungsanlagen kann die Interaktion von einfachen Schaltern bis zu sensorgesteuerten Effekten reichen oder interaktiv gesteuert werden. Diese Flexibilität ist in den vergangenen Jahren immer wichtiger geworden, um die Beleuchtung schnell anpassen zu können. Heute tauchen bei aktuellen Anlässen oft Fassaden-Anstrahlungen oder -Projektionen Gebäude in die Farben von Länderflaggen – etwa das Brandenburger Tor in den Farben der Ukraine-Flagge. Ein anderes Beispiel waren Regenbogenfarben auf den Medienfassaden der großen Flussballstadien.

3. Installation: Gebäude-Inszenierung oder Betonung einzelner Elemente
Gebäude können unterschiedlich in Szene gesetzt werden: durch ihre komplette Inszenierung oder Betonung einzelner Elemente. Folgende Gestaltungselemente sind möglich:

- Schalten (an/aus) einzelner Leuchten oder Leuchtengruppen nach Konzept (zum Beispiel DALI)
- Statisches Dimmen einzelner Leuchten oder Leuchtengruppen nach Konzept (Phasenanschnitt/-abschnitt)
- Dynamisches Steuern, Pulsieren und Dimmen über Flächen (DMX/Ethernet)
- Bespielung einer Fläche mit Video-Content durch ein Pixelsystem (Ethernet)

[45] Ob für Gottesdienst, Feierlichkeiten oder Reinigungsarbeiten – smart gesteuertes Lichtmanagement sorgt für Licht nach Bedarf. (Foto: licht.de/Erco, Fotografie: Frieder Blickle)



46

Sanierungsbeispiel – der Kölner Dom

Ein prominentes Beispiel der Lichtsanierung ist die Hohe Domkirche zu Köln, deren steuerbare LED-Außenbeleuchtung seit 2025 die vorherigen Halogen-Metalldampflampen ersetzt. Rund 700 Lichtquellen inszenieren die gotische Kathedrale. Die Beleuchtung ist dimmbar und kann ihre Farbtemperatur variieren. Am Bauwerk installierte LED kreieren eine plastische, präzise und punktgenaue Akzentuierung der Architektur bei möglichst wenig Streulicht. Ihre Lichtsteuerung erlaubt auch nachträgliche Hervorhebungen bestimmter Gebäudeteile und einen Nachtmodus mit geringerer Beleuchtungsintensität.

[46] Die neue Außenbeleuchtung des Kölner Doms pointiert seine Architektur. (© Hohe Domkirche zu Köln, Dombauhütte, Foto: RheinEnergie AG, Luca Menke)



47

[47] Deutlich mehr Streulicht verbreiteten auf die Domkirche ausgerichtete Strahler vor der Renovierung. (Foto: licht.de/Signify)

In der dynamischen Fassadenbeleuchtung sind häufig schnelle Farbwechsel gewünscht und/oder viele einzeln zu adressierende Leuchten. Hier stößt das DALI-System an seine Grenzen. In diesem Fall sind DMX-Steuerungen eine gute Wahl. Dynamische Beleuchtung ist jedoch nicht überall erlaubt, insbesondere in der Nähe von Straßen, wo sie die Verkehrssicherheit beeinträchtigen kann. Städte oder Gemeinden reglementieren das individuell und unterschiedlich stark.


48


49


50

[48-50] Für die Sport- und Freizeitanlage sind die Linsen-Optiken auf farbige LED abgestimmt und ermöglichen eine homogene Farbmischung, sanfte Farbübergänge und hohe Wirkungsgrade. (Fotos: licht.de/WE-EF, Fotografie: Frieder Blickle)



51

Lichtmanagementsysteme für Straßen und Wege

In der kommunalen Beleuchtung hilft ein Lichtmanagementsystem, die gesetzlichen Vorgaben zur Energieeinsparung zu erfüllen, ohne auf Lichtkomfort verzichten zu müssen. Zukunftssichere Leuchten mit beispielsweise standardisierter Schnittstelle sind die beste Voraussetzung dafür. Verschiedene Systeme stehen zur Auswahl.

[51] Mit einem Controller lassen sich auch bestehende Lichtpunkte einfach an ein vernetztes Managementsystem anschließen. (Foto: licht.de/Signify)

Autarke sensorgestützte Systeme ohne Cloud-Anbindung

Eine einfache Möglichkeit für den Einsatz von Lichtmanagement im öffentlichen Raum sind autarke Lösungen. Sensorgestützte Systeme erlauben die bedarfsgerechte Steuerung der Beleuchtung. Die Sensorik erkennt Verkehrsteilnehmer und steuert per Funk eine Leuchtengruppe gezielt an. In Zeiten ohne Detektion befindet sich die Beleuchtung in einem Schlummermodus, um Energie zu sparen und Lichtimmissionen zu reduzieren. Diese Art von Lichtmanagement empfiehlt sich für naturnahe Rad- und Fußwege, Wohngebiete und Parkplätze.

Einschränkungen dieser autarken Lösungen sind: Anpassungen der Licht- oder Sensoreinstellungen müssen vor Ort vorgenommen werden und diese Systeme geben keine Rückmeldung über ausgefallene Leuchten. Um das zu überwinden, können Systeme zusätzlich mit einer internetbasierten Lichtsteuerung verbunden werden.

Cloudbasierte Lichtmanagementsysteme

Moderne, cloudbasierte Lichtmanagementsysteme mit Fernanbindung dienen Kommunen und Betreibern als Arbeitswerkzeug, um interne Prozesse und das Asset Management zu erleichtern. Sie ermögli-



52



53

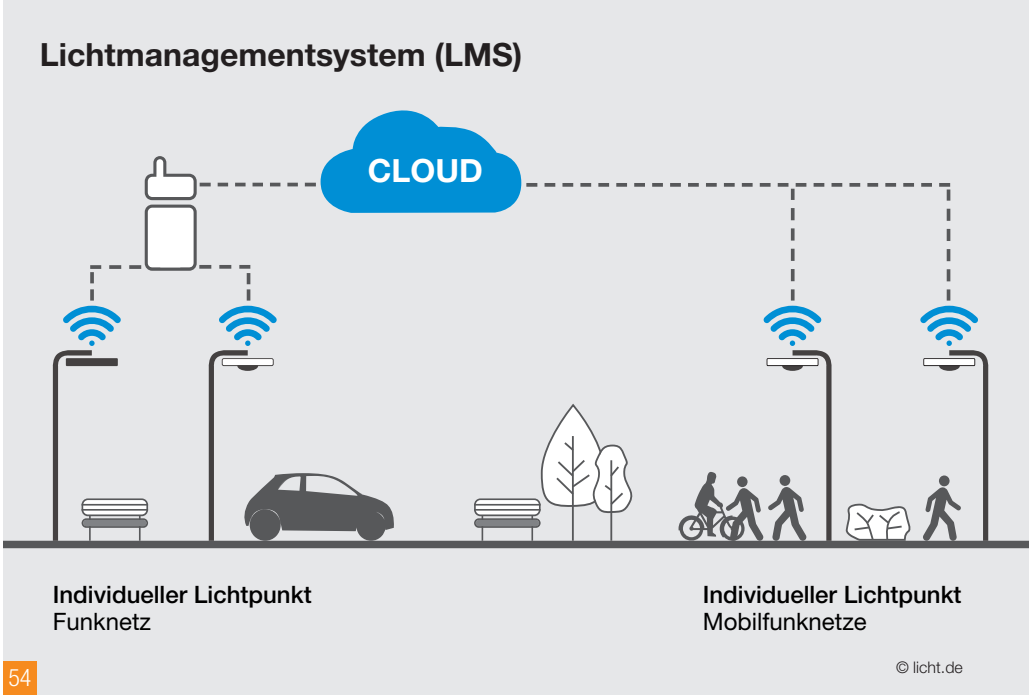
chen ihnen, flexibel und effektiv auf sich ändernde Rahmenbedingungen zu reagieren (zum Beispiel Politik, Energiekosten, Technologie), und sind heute aus den Arbeitsabläufen nicht mehr wegzudenken. Hersteller und Betreiber sind im Hinblick auf die Cyberresilienz-Verordnung (Cyber Resilience Act) bestrebt, größtmögliche Sicherheit zu ermöglichen.

Grundsätzlich wird technisch zwischen Systemen zur Gruppensteuerung (Strangsteuerung) und zur Einzellichtpunktsteuerung unterschieden. Beide Typen verfügen über eine bidirektionale Kommunikationsanbindung zum Datenaustausch, meist über Mobilfunk, und können softwareseitig im gleichen Lichtmanagementsystem kombiniert werden. Offene Schnittstellen für die Anbindung von Drittsystemen (API), beispielsweise zur Integration in eine Datenplattform, ermöglichen Kommunen den Wandel zur Smart City.

Gruppensteuerung im Schaltschrank
Bestehende Schaltschränke mit Fotozelle oder Rundsteuerempfänger lassen sich

[52] Eine adaptive Beleuchtung ermöglichen Leuchten mit Sensoren, die Radfahrer erkennen. Bei Bedarf regeln sie die Beleuchtung auf volle Leistung; entfernen sich die Radler, reguliert sich die Helligkeit wieder herab. (Foto: licht.de/Signify)

[53] Beispiel für eine bedarfsgerechte Beleuchtungssteuerung über autarke Sensorik (© licht.de)



heute mit modernen Steuercontrollern mit bidirektionaler Kommunikationsanbindung nachrüsten. Im Schaltschrank installierte Steuergeräte gestatten das getrennte Schalten und Überwachen der angeschlossenen Leuchtenstränge. Im Lichtmanagementsystem hinterlegte Kalender verwalten die Schaltzeiten und können bei Bedarf angepasst werden. Als zusätzliche Funktionen möglich sind etwa die Einbindung von Stromzählern, eine zeitgesteuerte Nachtabsenkung sowie die Überwachung von Leckströmen oder dem Ausfall einzelner Leuchten.

Die Gruppensteuerung ist eine der einfachsten und kostengünstigsten Lösungen als Ersatz für Rundsteueranlagen. Ihr Nachteil ist die fehlende individuelle Steuerung und Überwachung der einzelnen Leuchte.

Einzellichtpunktsteuerung
Die Einzellichtpunktsteuerung ist das Mittel der Wahl bei Sanierungs- und Neubauprojekten. Jede Leuchte erhält einen Steuercontroller, der in der Regel über eine Zhaga-Schnittstelle angebunden ist und automatisch die Verbindung zur Lichtsteuerung herstellt. Durch integrierte GPS-Module im Steuercontroller werden die Positionsdaten der Leuchten übertragen und automatisch im Lichtmanagementsystem dargestellt.

Technisch gibt es zwei dominierende Varianten der **Einzellichtpunktsteuerung**.

a) **Direkte Mobilfunkverbindung pro Controller**
b) **Controller, die ein lokales Funknetzwerk aufbauen**, das über zentrale Segment-Controller mit der Cloud verbunden ist.

Systeme mit **direkter Mobilfunkanbindung** lassen sich „Plug and Play“ installieren. Sie bieten die größte planerische Freiheit. Eine typische erste Anwendung für eine Einzellichtpunktsteuerung mit direkter Mobilfunkanbindung ist die Überwachung von Leuchten an Fußgängerüberwegen, die über das Gemeinde- oder Stadtgebiet verteilt sind. Defekte Leuchten werden automatisch dem Lichtmanagementsystem gemeldet. Der Anlagenbetreiber kann zeitnah Defekte beheben und dies auch dokumentieren.

Lichtmanagementsysteme mit lokalem Funknetzwerk haben Vorteile bei großflächigen, zusammenhängenden Sanierungen. Mit ihnen lassen sich Kostenvorteile erzielen, ihre Planung und koordinierte Inbetriebnahme ist jedoch aufwendiger.

Heft licht.wissen 03 informiert über Beleuchtung für Straßen, Wege und Plätze.

DIN 13201-1 ist der nationale Teil der EN-Norm „Straßenbeleuchtung“, „Teil 1: Auswahl der Beleuchtungsklassen“ gilt nicht EU-weit.

[54] Darstellung einer Einzellichtpunktsteuerung mit lokalem RF-Mesh-Netzwerk und direkter Mobilfunkanbindung im Steuerungscontroller (© licht.de)

[55] Mit offenen Schnittstellen lassen sich Sensoren mit einem Lichtmanagementsystem verbinden. Es passt die Beleuchtungsintensität automatisch an äußere Einflüsse an. (Foto: licht.de/Signify)

55



56

Parkhäuser, Parkplätze und Vorplätze

Zu- und Ausfahrten von Tiefgaragen und Parkhäusern sind Unfallschwerpunkte. Eine gute Beleuchtung ohne Dunkelzonen senkt die Unfallgefahr, erleichtert die Orientierung und das Erkennen von Fahrzeugen, Personen und Hindernissen.

[56] Eine gleichmäßige Beleuchtung mit komfortablen Beleuchtungsstärken erhöht die Sicherheit in Parkgaragen. (Foto: licht.de/Trilux)

Für Parkhäuser schreibt DIN 67528 an Ein- und Ausfahrten tagsüber eine mittlere horizontale Beleuchtungsstärke von mindestens 300 Lux vor, während nachts 50 Lux ausreichen. Der Grund: Tagsüber passt sich das Auge nur mit einer zeitlichen Verzögerung von der hellen Umgebung an die vergleichsweise dunkle Einfahrtszone in Parkhäusern oder Tiefgaragen an (Adaptation). Beim Wechsel von Hell nach Dunkel können Minuten vergehen, im umgekehrten Fall dauert die Anpassung nur Sekunden. Lichtmanagementsysteme in Kombination mit Tageslichtsensoren gleichen das aus. Schranken müssen gegebenenfalls zusätzlich beleuchtet werden. Auch auf der Parkfläche selbst sind nachts eine mittlere vertikale Beleuchtungsstärke von 50 Lux vorgesehen. An bestimmten Stellplätzen, wie Frauen-, Behinderten- und Familienstellplätzen, stärkt eine höhere Beleuchtungsstärke das Sicherheitsgefühl. Lichtmanagementsysteme mit der Möglichkeit, Leuchten einzeln zu adressieren, sind dafür genau richtig.

Lichtsteuerungen in Verbindung mit Sensoren sparen in Parkhäusern viel Energie. Die Grundhelligkeit kann stark reduziert und bei Anwesenheits- und Bewegungserkennung



der jeweilige Erfassungsbereich adaptiert werden. Gleichzeitig wird in der Nacht die Umgebung nicht durch zu viel Helligkeit gestört. Für Parkgaragen sind zusätzlich die Garagenverordnungen der Länder und bei Arbeitsstätten DIN EN 12464 Teil 1 und Teil 2 zu beachten.

Stellplätze für Frauen, Menschen mit Behinderung und Familien

Die Straßenverkehrsordnung fordert zudem für Frauenparkplätze, dass sie gut ausgeleuchtet, möglichst videoüberwacht sind und sich in der Nähe von Ausgängen, Aufzügen oder Fluchtwegen befinden. Parkplätze für Menschen mit Behinderung und Stellplätze für Familien mit kleinen Kindern sind breiter als normale, damit die Wagentür in vollem Radius geöffnet werden kann. Deshalb müssen Leuchten hier anders positioniert oder ausgerichtet sein. Auch diese Stellflächen sollten besonders günstig gelegen sein und etwa Gehbehinderten oder Menschen mit Atemwegserkrankungen nur kurze Distanzen zumuten.

Parkplätze im Außenbereich

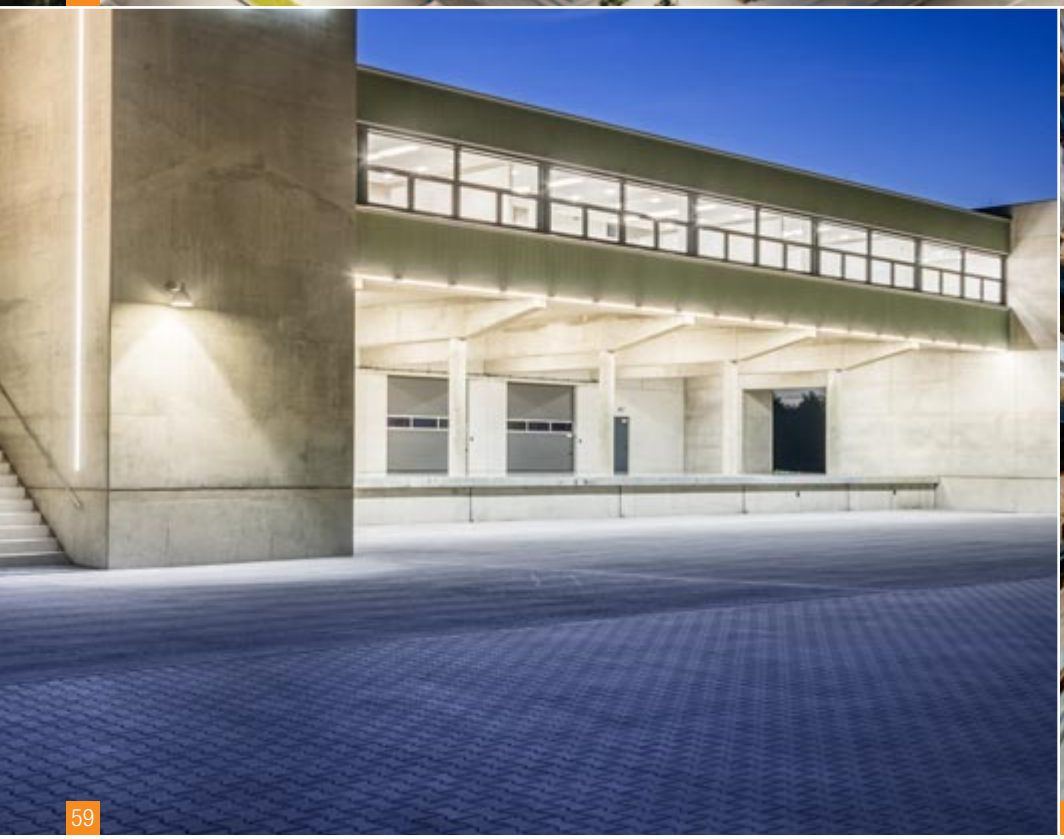
Auch in die Außenbeleuchtung bringen Lichtmanagementsysteme Effizienz und Komfort und schaffen zudem interessante Lichteffekte. Sie steuern die Helligkeit der Beleuchtung und schalten einzelne Leuchtengruppen komplett aus, wenn Wege und Parkflächen nachts nicht genutzt werden. Um in der Außenbeleuchtung Schaltvorgänge bei Tageslicht zu verhindern, empfiehlt sich die Kombination von Bewegungsmeldern mit Lichtsensoren. Weniger Schaltungen der Leuchten verlängern zudem ihre Lebensdauer.

Parkplätze sind Verkehrszonen. Hier begegnen sich Fußgänger, Autos, Motor- und Fahrräder. Mit zunehmendem Verkehrsaufkommen wächst die Kollisionsgefahr. Die Verkehrsfrequenz hat einen Einfluss auf die geforderten mittleren Beleuchtungsstärken. Lichtmanagement und Sensorik können je nach Verkehrsaufkommen sinnvoll auf die geforderten Beleuchtungsstärken angepasst werden. Je nach Nutzergruppe sind die Werte nach DIN EN 12464-2 (Arbeitsstätte) oder nach DIN EN 13201 (öffentlicher Bereich) einzuhalten.

[57] Nachhaltiges und ressourcenschonendes Licht rund ums Gebäude ist heute gefragt: vom Parkplatz über Wege und Eingangsbereiche bis zu Werkstraßen, Lager- und Logistikflächen. (Foto: licht.de/Trilux)



58



59



60

Laden und lagern

Lagerhallen haben verschiedene Bereiche: Verladerampen, Regale oder Büros stellen unterschiedliche Anforderungen an die Beleuchtung. Bei der Planung müssen außerdem hohe Dachkonstruktionen mit großen Lichtpunkthöhen und oft schmale Regalgänge berücksichtigt werden. In vielen Lagerhallen gibt es nur wenig oder überhaupt kein Tageslicht.

Logistikzentren und Überladebrücken
Höfe von Unternehmen dienen oft dem Verladen von Waren. Im Freien sind die Beleuchtungsbedingungen meist schwieriger als im Innenraum, wo Reflexionen von hellen Wänden das Gesichtsfeld zusätzlich aufhellen. Arbeitsstätten im Freien sollten gleichmäßig ausgeleuchtet sein. Dafür werden meistens Leuchten mit starker Leistung an hohen Masten montiert. Gefährliche Tarnzonen (Schattenzonen) müssen durch die Lichtplanung vermieden werden. Licht sollte angesichts hoher Energiekosten nur in dem Maße vorhanden sein, wie und wo es Be- und Entladung erfordern.

Auch die Ein- und Ausfahrten von Logistikzentren und Lagern bergen ein erhöhtes Unfallrisiko. Bewegt sich etwa ein Staplerfahrer von einer gut beleuchteten Halle in einen dunklen Lagerbereich im Freien, besteht die Gefahr, dass er dort Personen oder Gegenstände nicht erkennt und mit ihnen kollidiert. Korrekte Beleuchtungsstärken an Einfahrten beugen dem vor. Sofern auch Be- und Entladung stattfinden, muss DIN EN 12464-2 beachtet werden. Lichtmanagementsysteme mit Sensorik passen die Beleuchtung dem jeweiligen Personen- und Fahrzeugverkehr an und adressieren die Leuchten individuell.

Keine Blendung an Treppen, Rampen und Wegen
Treppen, Rampen und Wege im Außenbereich sollten immer so beleuchtet werden, dass die Leuchten direkt auf den Boden strahlen. Abhängig von der Länge der Wege kann ein Lichtmanagementsystem sinnvoll sein, um Energie zu sparen und die Sicherheit in diesen Bereichen zu verbessern. Die Kombination von Licht- mit Anwesenheits-/Bewegungssensoren schafft eine klare und sichere Beleuchtungsführung. Gleichzeitig wird die Umwelt nicht unnötig durch Streulicht belastet.

Laderampen sind Einrichtungen, die das Be- und Entladen von Transportfahrzeugen erleichtern sollen. Um einen zügigen und sicheren Betrieb zu gewährleisten, sollten hier Lichtsysteme installiert werden, die das Manövrieren erleichtern und den Lkw-Verkehr steuern. Zielgerichtete Beleuchtung mit Leuchten, die flexibel über ein Lichtmanagementsystem mit Bewegungssensorik betrieben werden, vermeiden auch hier nachts Streulicht und schonen die Umwelt.

Bewegungsgesteuerte Beleuchtung für Lager und Regalbereiche
In Lager- und Regalbereichen steigert eine Beleuchtung mit Lichtmanagement, Bewegungs- und Anwesenheitssensorik die Sicherheit. Sie senkt Energiekosten drastisch, indem das Beleuchtungsniveau in Bereichen ohne Bewegung auf ein Minimum reduziert wird und in Bewegungsbereichen von Menschen und Fahrzeugen bedarfsgerecht erhöht wird. In voll automatisierten Lagerbereichen mit Robotern reicht ein Minimum an Beleuchtung aus. Eine Grundbeleuchtung auf niedrigem Niveau verlängert die Lebensdauer der Anlage. Im Lichtmanagementsystem können zudem Bereiche gegliedert, Leuchten oder Gruppen über die Einzeladressierbarkeit zugeordnet und Lagerflächen flexibel genutzt werden. Bei entsprechender Dimensionierung und auf Wunsch lässt sich das Licht zusätzlich auch über Taster oder Bedienfelder manuell ein- und ausschalten.

Beleuchtung für Kommissionierflächen
Flächen für die Kommissionierung werden in der Regel zu verschiedenen Tageszeiten und unterschiedlich lang genutzt. Auch die Sehaufgaben können sich unterscheiden. Zu Zeiten geringer Belegung wird die Beleuchtungsstärke auf ein Minimum reduziert. Ein Lichtmanagementsystem mit Anwesenheits- und gegebenenfalls Lichtsensorik schafft auch hier eine optimale Lösung: Unnötiger Energieverbrauch wird vermieden, Geld gespart und CO_2-Emissionen werden gesenkt.

[58] Der Umwelt zuliebe muss der Lichtaustritt von Außenleuchten nach oben begrenzt werden, um Lichtimmissionen zu vermeiden. (Foto: licht.de/Ledvance)

[59] Laderampen sind in Gebäude integriert und bilden mit Toren und Überladebrücken eine Einheit. Für Mitarbeiter kann es hier gefährlich werden, deshalb ist eine gute Beleuchtung unerlässlich. (Foto: licht.de/Trilux)

[60] Über eine App kann zum Beispiel die Intensität einzelner Leuchten oder ganze Gruppen von Leuchten eingestellt werden. (Foto: licht.de/Signify)



61

Lichtsteuerung für Sporthallen und Sportplätze

Muskeleinsatz, Spielfreude und Spaß am Zusehen stehen in Sporthallen und auf Sportplätzen im Vordergrund. Ihre Beleuchtung muss spezifische Anforderungen erfüllen. Es geht um Sehaufgaben, Helligkeit, Lichtqualität sowie um technische Konstruktionen, die Langlebigkeit und Wirtschaftlichkeit sichern. Auch ökologische Aspekte werden bei der Beleuchtung von Sportanlagen immer wichtiger.

Für die vielfältigen Bedürfnisse der Nutzer von Sporthallen sind bei der Beleuchtung vor allem zwei Dinge wichtig: zum einen die Lichtqualität, die sich aus der horizontalen und vertikalen Beleuchtungsstärke, der Homogenität, Blendungsfreiheit und Farbwiedergabe ($R_a > 90$) des Lichts zusammensetzt; zum anderen muss die Beleuchtung flexibel steuerbar sein.

Beleuchtungsstärken

Nach DIN EN 12193 gibt es unterschiedliche Anforderungen an die horizontale Beleuchtungsstärke nach Sportarten und Beleuchtungsklassen. Bei Wettkämpfen und im Wettkampftraining steigen die empfohlenen Werte für die Beleuchtungsstärke in der Regel deutlich an. Etwa werden beim Tischtennis im Breitensport 300 Lux gefordert, für Wettkämpfe und im Wettkampftraining sind es 500 bis 750 Lux.

Werden Schulsporthallen auch für Breitensport genutzt, müssen sie ebenfalls DIN 12193 entsprechen. Zusätzlich gelten für den Schulsport noch die Technischen Regeln ASR A3.4 und die Hinweise des Arbeitskreises Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen (AMEV) „Beleuchtung“. Hier werden mindestens 300 Lux gefordert.

Auswahl von Leuchten und Lichtmanagement

Mit den heutigen Möglichkeiten des Lichtmanagements ist ein wirtschaftlich nachhaltiger Betrieb von Sportanlagen möglich. Es wird nur dort vollumfänglich beleuchtet, wo es auch erforderlich ist. Einzelne Teile einer Sporthalle können separat eingestellt werden. Möglich sind auch diverse vorprogrammierte Lichtszenen für Training und Wettkampf. Mithilfe einer digitalen, adressierbaren Beleuchtungsschnittstelle wie DALI lassen sich vielfältige Lösungen umsetzen. Fällt Tageslicht in die Sporthalle, kann bei der Regulierung des Beleuchtungsniveaus auch der natürliche Lichteinfall über Tageslichtsensoren einbezogen werden. Für den Sport selbst ist ein solcher Lichteinfall eher nicht erwünscht – dafür aber auf Zuwegen ins Foyer und in weitere Nebenräume. Präsenzmelder verhindern wirkungsvoll, dass Licht eingeschaltet ist, wo sich keine Personen aufhalten. Für den Parkplatz oder Wege durch einen Park können Astrosteuerungen oder Echtzeituhren mit entsprechend programmierten Zeitplänen dem jeweiligen Sonnenuntergang folgen.

Vielfältige Nutzung von Mehrzweckhallen

Unterschiedliche Sportarten benötigen auch individuelle Beleuchtungsniveaus, die ihren Bedürfnissen entsprechen (siehe Tabelle Seite 58). Das stellt hohe Anforderungen an die Beleuchtung selbst und die Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke. Schlüssel für eine vielfältige Raumnutzung ist ein intelligentes Lichtmanagementsystem: Es stimmt das Beleuchtungsniveau auf die jeweilige Sportart ab und spart dabei Energie. Auf Knopfdruck kann damit zum Beispiel Licht für den einfachen Sportunterricht oder eine anspruchsvollere Wettkampfsituation abgerufen werden.

In teilbaren Hallen oder solchen, in denen eine Bühne aufgebaut werden kann, muss es möglich sein, das Licht für einzelne Bereiche separat zu schalten und zu dimmen. Mit Lichtmanagementsystemen ist die Zonierung durch die Programmierung unterschiedlicher Leuchtengruppen und abrufbarer Szenen möglich. Denkbar sind auch andere Nutzungen – beispielsweise für Schulveranstaltungen. Über ein Display

[61] Je schneller die Sportart und je kleiner der Ball, desto höher muss das Beleuchtungsniveau in der Halle sein. (Foto: licht.de/Zumtobel, Fotograf Faruk Pinjo)



62

Auszug der Anforderungen aus DIN EN 12193 für den Breitensport

Werte zehn beliebter Sportarten für Training, Unterricht und Freizeitsport nach Beleuchtungsklasse III

Innenanlage	Horizontale Beleuchtungsstärke			
	$E_{hor\ Ave}$ lx	$U2_{hor}$	$R_G{}^b$	R_a
Eishockey/Eiskunstlauf* PA	300	70	40	60
Fußball, Handball, Karate, Leichtathletik, Reiten, Schießen, Turnen, Wettschwimmen*	200	0,50	40	60
Tennis				
PA	300	0,50	40	60
TA	75 % PA	75 % PA		

* Start- und Wendeblöcke $E_{hor\ Min}$ lx 600
PA principal area/Hauptfläche
TA total area/Gesamtfläche
Weitere Werte sind der Norm zu entnehmen.

[62+63] Flutlichtanlagen ermöglichen es, auch nach Einbruch der Dunkelheit zu trainieren. (Fotos: licht.de/Signify)

oder eine App wird die Beleuchtung vorprogrammiert. Ihre Bedienung sollte intuitiv möglich sein.

Umkleideräume

Umkleiden verlangen nach einer gleichmäßigen, hellen Beleuchtung. Harte Schatten wirken unvorteilhaft. An den Waschbecken leuchten Spiegelleuchten das Gesicht angenehm aus. Hohe vertikale Beleuchtungsstärken ermöglichen zudem eine gute Sicht in den Spind. Damit die Farben der Kleidung unverfälscht bleiben, ist eine gute Farbwiedergabe der Lichtquellen sinnvoll. Vorteile von Lichtmanagementsystemen in Umkleiden und Sanitärräumen sind: mehr Sicherheit, eine längere Lebensdauer der Lichtquellen und optimale Energieeffizienz. In Kombination mit Präsenz- und Bewegungsmeldern kann das Licht je nach Bedarf gedimmt oder an- und ausgeschaltet werden.

Sportplätze und Außenanlagen

In der Regel werden Hochleistungsmastleuchten als Fluter zur Beleuchtung von Sportplätzen eingesetzt. Optimal wird die Beleuchtungsaufgabe erfüllt, sind sie in den Ecken beziehungsweise längs der Spielfläche positioniert. Je höher die Lichtquellen, desto gleichmäßiger die Ausleuch-





63

tung des Platzes bei weniger Blendung. Scheinwerfer oder Strahler müssen so ausgerichtet sein, dass mindestens zwei Leuchten jede Position auf dem Spielfeld beleuchten, um harte Schlagschatten zu verhindern und zugleich die Blendung der Zuschauer zu vermeiden. Streulicht in die naturnahe Umgebung ist wegen des Artenschutzes unerwünscht, in Siedlungen ist Rücksicht auf die Anwohner zu nehmen. Um Sporthallen und Sportplätze richtig zu beleuchten, empfiehlt sich die gute und vorausschauende Arbeit eines professionellen Lichtplaners.

Sporthallen und -plätzen widmet auch das Heft licht.wissen 02 „Lernen in neuem Licht“ ein eigenes Kapitel.

Energieeffizienz und Nachhaltigkeit im Fokus der Gesetzgebung

Energieeffizienz, Nachhaltigkeit und Kreislaufwirtschaft sind politisch erwünscht und deshalb gesetzlich verankert. Die Europäische Union hat dabei ein festes Ziel vor Augen: Sie will mit dem Green Deal ihre Netto-Emissionen von Treibhausgasen auf null reduzieren und als erster „Kontinent“ bis 2050 klimaneutral werden.

In Nachhaltigkeitsberichten dokumentieren Unternehmen, dass ihre Investitionen und Handlungen mindestens eines der sechs EU-Umweltziele erfüllen:

1) Klimaschutz
2) Anpassung an den Klimawandel
3) nachhaltige Nutzung von Wasserressourcen
4) Wandel zu einer Kreislaufwirtschaft
5) Vermeidung von Verschmutzung und Schutz von Ökosystemen
6) Biodiversität

Zur Klimaneutralität beitragen sollen auch die European Sustainability Reporting Standards (ESRS). Sie bilden einen einheitlichen Reporting-Rahmen für Environment, Social und Governance (ESG) in der EU. Die heutige Lichttechnik ist nachhaltig und deshalb ein Faktor in der transparenten Kommunikation der ESG-Kriterien.

Umweltproduktdeklaration (EPD)

Die Umweltproduktdeklaration (Environmental Product Declaration, EPD) ist ein überprüftes Dokument, das die Umweltauswirkungen des Lebenszyklus eines Produkts zusammenfasst. Die Ergebnisse einer Ökobilanz können in einer EPD dargestellt werden.

Die wachsende Nachfrage nach Umweltproduktdeklarationen treibt weltweit lokale Initiativen an, die Anforderungen an Lebenszyklusanalysen und EPD für Beleuchtungsprodukte zu konkretisieren, durch sogenannte produktspezifische Regeln. Eine internationale Standardisierung zur Berechnung von EPD wurde von der International Electrotechnical Commission (IEC) angestoßen. Sie basiert auf den produktspezifischen Regeln für Leuchten PSR 0014 (Product Specific Rules, PSR) der französischen Umweltschutzorganisation PEP Ecopassport (PEP = Product Environmental Profile).

EPD basieren in ihrer Erstellung auf der Methodik zur Lebenszyklusanalyse (Life Cycle Assessment, LCA) und bieten damit eine quantitative Grundlage für den Vergleich der Umweltauswirkungen von Produkten und Dienstleistungen. Sie werden gemäß dieser relevanten Standards erstellt:

- Für die Baubranche:
  DIN EN ISO 14025 und DIN EN 15804
- Für die Elektronikbranche:
  DIN EN ISO 14025 (Typ-III-Umweltdeklaration) und DIN EN ISO 14040/44 (Ökobilanz), Programme wie beispielsweise PEP Ecopassport basieren auf diesen Normen.

Sanierungsbedarf durch das Aus für konventionelle Lampen

Konventionelle Leuchtmittel sind Geschichte. Die EU-Gesetzgebung verfolgte damit zwei Ansätze: Die Ökodesignverordnung verbannte ineffiziente Produkte; die EU-Richtlinie 2011/65/EU zur Begrenzung gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten (Restriction of the use of certain Hazardous Substances in electrical and electronic Equipment, RoHS) hob größtenteils bereits die Ausnahmeregelungen für die Verwendung von Quecksilber in Entladungslampen auf.

Das erzeugt Sanierungsdruck: Wenn es die jahrelang genutzte Lampe nicht mehr gibt, kann die gesamte Beleuchtung auf den Prüfstand gestellt und ein neues Lichtkonzept mit Lichtmanagement umgesetzt werden.



Der ZVEI hat das Whitepaper „Umrüstung von Leuchten” herausgegeben.



Gebäudeenergiegesetz (GEG)
Das Gebäudeenergiegesetz (GEG) ist die deutsche Umsetzung der europäischen Richtlinie 2010/31/EU EPBD (Energy Performance of Buildings Directive) und Nachfolger der EnEV. Es ebnet seit 2020 den Weg für effiziente Beleuchtungsanlagen mit modernem Lichtmanagement.

Die zuvor parallelen Bestimmungen zum Energieeinsparungsgesetz (EnEG), der Energieeinsparverordnung (EnEV) und des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) wurden mit dem GEG in einem gemeinsamen Regelwerk zusammengeführt. Es stellt Anforderungen an die zu verwendende Technologie für Leuchten und Steuerung in Nichtwohngebäuden. In einem Berechnungsmodell wird der Energieverbrauch des geplanten Neubaus mit einem Referenzgebäude verglichen. Mit der Berechnung wird der Primärenergiebedarf ermittelt – nach DIN V 18599 „Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung“ – und im Anschluss genehmigt. Derzeit gültig ist DIN V 18599 aus dem Jahr 2018 (siehe Seite 79). Bei Verkauf oder Vermietung eines Gebäudes muss ein gültiger Energieausweis vorliegen.

EU-Gebäuderichtlinie EPBD
Gebäude sind die größten Energieverbraucher und stellen nach Angaben des Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) etwa 40 Prozent des gesamten Energiebedarfs in Europa dar. Der EU zufolge wurden etwa 85 Prozent aller Gebäude vor dem Jahr 2000 errichtet und 75 Prozent davon weisen eine schlechte Energieeffizienz auf. Um die Energie- und Klimaziele in der EU zu erreichen, sind daher Renovierungsmaßnahmen nötig.

Die neue EU-Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden EPBD soll Abhilfe schaffen, indem sie Mindestanforderungen an die Energieeffizienz festlegt. Auch Lichtsteuerungssysteme spielen in der EPBD eine Rolle. Sie können die Anforderungen der Richtlinie an Gebäude- und Steuerungssysteme bestens erfüllen.

EPBD-Ausgabe 2024: Überarbeitung der Richtlinie
Im Frühjahr 2024 hat die EU eine überarbeitete Fassung der Richtlinie veröffentlicht – mit dem Ziel, den CO_2-Fußabdruck des Gebäudesektors deutlich zu verringern. Gleichzeitig soll sie den Einsatz intelligen-

[64] Im Regierungsviertel in Brüssel werden Verordnungen verabschiedet, die anschließend in nationales Recht umgesetzt werden müssen. (Foto: IMAGO/Chris Emil Janßen)


65

ter, innovativer Technologien zur Verbesserung der Luft- und Umweltqualität in Innenräumen fördern. Die aktualisierte Richtlinie schreibt Mindestanforderungen an die Energieeffizienz für Renovierungen sowie Neubauten von Wohn- und Nichtwohngebäuden vor und enthält einen Zeitplan für Energieeinsparziele. Diese Anforderungen müssen bis spätestens Frühjahr 2026 in nationales Recht der EU-Mitgliedstaaten überführt werden.

Neue EPBD-Anforderungen an Gebäudeautomations- und Steuerungssysteme

Heizung, Raumkühlung, Belüftung, Warmwasserbereitung und fest installierte Beleuchtung gelten als Technische Gebäudeausrüstung (TGA) und tragen zum Energieverbrauch eines Gebäudes bei. Systeme, die diese Funktionen steuern und verwalten, werden als Gebäudeautomations- und Steuerungssysteme (Building Automation and Control Systems, BACS) bezeichnet. Zur Steuerung und Reduzierung ihres Energieverbrauchs enthält die überarbeitete EPBD spezifische Anforderungen. Ein Lichtsteuerungssystem zur Regelung fest installierter Beleuchtung gilt als BACS. Das bedeutet: Ein Gebäude kann mehrere BACS einsetzen, um unterschiedliche TGA-Funktionen zu verwalten – es muss nicht ein System für alles sein.

Anforderungen an BACS

Artikel 13 der EPBD 2024 legt spezifische Kriterien fest, die EU-Mitgliedstaaten bei der Festlegung nationaler Anforderungen zur Optimierung des Energieverbrauchs der technischen Gebäudeausrüstung für Bestands- und neue Nichtwohngebäude berücksichtigen müssen. Abschnitt 10 bezieht sich explizit auf Gebäudeautomations- und Steuerungssysteme. Sie müssen in der Lage sein,

- „den Energieverbrauch kontinuierlich zu überwachen, aufzuzeichnen, zu analysieren und eine Anpassung zu ermöglichen“.
- „die Energieeffizienz des Gebäudes zu bewerten, Effizienzverluste der technischen Gebäudeausrüstung zu erkennen und die zuständige Person für das Facility- oder technische Gebäudemanagement über Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung zu informieren“.
- „mit angeschlossenen technischen Systemen und weiteren Geräten im Gebäude zu kommunizieren und mit verschiedenen proprietären Technologien, Geräten und Herstellern interoperabel sein“.
- „ab dem 29. Mai 2026 die Überwachung der Innenraumluftqualität zu ermöglichen“.

Abschnitt 12 beschreibt zudem die Kriterien und Anwendungsfälle, in denen Lichtsteuerungen vorgeschrieben sind. Automatische Lichtmanagementsysteme müssen entsprechend zoniert sein, über eine Anwesenheitserkennung verfügen und bis zu den folgenden Fristen umgesetzt werden:

- bis 2028 für Nichtwohngebäude mit einer installierten Heiz-, Kühl- oder Lüftungsleistung von mehr als 290 Kilowatt
- bis 2030 für Nichtwohngebäude mit einer installierten Heiz-, Kühl- oder Lüftungsleistung von mehr als 70 Kilowatt

[65] Effizienz und Nachhaltigkeit in der Architektur: Ein Smart Building arbeitet durch intelligente Systeme ressourcenschonend. (Foto: AdobeStock/axel)



Smart Readiness Indikator – wie smart ist ein Gebäude?
Die überarbeitete EPBD enthält eine neue Größe zur Förderung intelligenter Gebäudetechnologien: den Smart Readiness Indicator (SRI). Er bewertet, inwieweit ein Gebäude in der Lage ist,

- seine Energieeffizienz und den Energieverbrauch zu optimieren,
- seinen Betrieb an die Bedürfnisse der Nutzer anzupassen
- und auf Signale des Energienetzes flexibel zu reagieren.

Er umfasst einen Katalog von „Smart Ready"-Diensten in neun technischen Bereichen. Dazu zählen: Heizung, Kühlung, Warmwasserbereitung, Lüftung, Beleuchtung, dynamische Gebäudehülle, Stromversorgung, Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge sowie Überwachung und Steuerung. Tabelle 2.1 bewertet Funktionen zur „Anwesenheitserkennung bei Innenraumbeleuchtung" auf einer Skala von null bis drei – von nicht smart bis maximal smart.

Funktionalitätsniveau
Eine SRI-Bewertung, die zur Einstufung des Beleuchtungsbereichs eines Gebäudes erforderlich ist, besteht darin, die Leistung der definierten Smart Ready Services im Vergleich zu den folgenden sieben angestrebten Wirkungsbereichen intelligenter Gebäude zu bewerten:

- Energieeffizienz
- Wartung und Fehlererkennung
- Komfort
- Nutzerfreundlichkeit
- Gesundheit, Wohlbefinden und Barrierefreiheit
- Information für die Nutzer
- Energieflexibilität und -speicherung

Das Ergebnis dieser Bewertung wird in einem zusammengefassten Gesamt-SRI-Gebäudewert ausgedrückt, der das Ausmaß der implementierten Smart Ready Services widerspiegelt.

Jedes Funktionalitätsniveau eines Smart Ready Service hat jeweils eigene Einzelbewertungen für die sieben zuvor genannten adressierten Wirkungskriterien, die in Stufe 0 bis 3 eingeteilt werden.

Lichtsteuerungen
Die Wahl des Beleuchtungssystems in Neubauten und bei Renovierungen spielt eine zentrale Rolle – insbesondere zur Reduzierung des CO_2-Fußabdrucks und für die Einhaltung der EPBD-Vorgaben. LED-Leuchten mit einem Lichtsteuerungssystem, die automatisch das Beleuchtungsniveau nach Anwesenheit oder Tageslicht anpassen, tragen erheblich zur Energieeinsparung bei und helfen, Nachhaltigkeitsziele zu erreichen.



66

Clevere Investition mit hoher Wirtschaftlichkeit

Die Investition in ein intelligentes Lichtmanagementsystem spart auf lange Sicht Betriebskosten. Häufig lohnen sich schon nach kurzer Zeit die anfänglichen Mehrkosten gegenüber einer nicht gesteuerten Beleuchtungsanlage. Von diesem Zeitpunkt an kann die weitere Einsparung der Energiekosten als Gewinn betrachtet werden. Wichtig ist, die Faktoren zu kennen, die das Einsparpotenzial und damit den möglichen Ertrag bestimmen.

[66] Beleuchtungssysteme, die über Sensoren gesteuert werden, minimieren Energieverbrauch, Betriebskosten und Wartungsaufwand. (Foto: AdobeStock/ Ngampol)

Die Wirtschaftlichkeit einer Beleuchtungsanlage und ihrer Steuerung wird bestimmt durch ihren Nutzen und die Kosten. Dazu werden die Ausgaben über den gesamten Lebenszyklus berechnet:

- Anschaffungs- und Installationskosten
- Ggf. Kapitalkosten (Zinsen)
- Wartungs- und Instandhaltungskosten
- Energiekosten
- Kosten für Demontage und Entsorgung

Aus ihnen setzen sich die Gesamtkosten der Beleuchtung (Total Costs of Ownership, TCO) zusammen, die sich auf einen festzulegenden Betrachtungszeitraum beziehen – maximal die Nutzlebensdauer des Lichtmanagementsystems. Ein Lichtmanagement ist als wirtschaftlich anzusehen, wenn die Investitions- und Kapitalkosten durch die Einsparungen der Betriebskosten für Wartung und Energie kompensiert werden können, sich also vor dem Ende des Betrachtungszeitraumes bezahlt gemacht haben.

Betrachtungszeitraum und Amortisationszeit

Der Betrachtungszeitraum sollte so gewählt sein, dass er dem wirtschaftlichen Horizont des Endkunden oder der Anwendung entspricht. Insbesondere, wenn es sich um ein Projekt in einem Mietgebäude handelt: Dann profitiert nicht der Investor von der Einsparung, sondern der Mieter. Um hier einen fairen Interessensausgleich zu schaffen, sollten Modellberechnungen

dafür sorgen, dass beide Seiten etwas von der Ersparnis haben.

Viele Investoren scheuen sich, den Betrachtungszeitraum auf mehr als fünf Jahre anzulegen, weil sie in einer sich schnell ändernden Welt eine Zukunftsprognose über einen sehr langen Zeitraum für nicht sicher halten. In diesem Fall sollte der Betrachtungszeitraum so gewählt werden, dass er etwa 30 bis 50 Prozent über der Amortisationsdauer der einfachsten Beleuchtungslösung liegt. Damit ist sichergestellt, dass auch investitionsintensivere Lösungen (zum Beispiel eine Lichtsteuerung) mit höherer Einsparung ihre Wirtschaftlichkeit beweisen und umgesetzt werden können. Grundsätzlich gilt: Je länger der Betrachtungszeitraum, desto eher können optimierte Lösungen gewählt werden.

Spezifisch für die Straßenbeleuchtung sind sehr lange Lebenszyklen: 25 Jahre Betriebsdauer ist ein Richtwert, der häufig sogar deutlich überschritten wird. Ein guter Grund, Entscheidungen über Kosten und Aufwendungen nicht nur auf den Zeitpunkt der Investition zu beziehen, sondern über die gesamte Betriebsdauer.

Eine Betrachtung der Amortisationszeit greift also in den meisten Fällen zu kurz. Sie führt in der Regel nicht zur wirtschaftlichsten Lösung (Entscheidung). Für eine Anlage mit Lichtmanagement kann sich die Amortisationszeit aufgrund der höheren Anfangsinvestition verlängern, wohingegen sich der Gesamtertrag wegen der höheren Einsparungen über den Betrachtungszeitraum der Nutzung erhöht. Neue Beleuchtungsanlagen sind also eine sehr gute und sichere Form der Mittelverwendung.

Energiekosten überwiegen

Innerhalb der Betriebskosten dominieren die Energiekosten: Hier ist der größte Hebel, Ausgaben für die Beleuchtung dauerhaft zu senken – ein überzeugendes Argument für den Einsatz energieeffizienter Beleuchtungstechnik und einer bedarfsorientierten Lichtsteuerung. Der Energiepreis in Deutschland schwankt auch in der Folge geopolitischer Unsicherheiten. Jede nicht verbrauchte Kilowattstunde Strom spart bares Geld. Dazu trägt ein Lichtmanagementsystem im Schnitt mit einem Sparpotenzial von 25 bis 35 Prozent bei.

Betriebsdauer

Die Betriebsdauer ist in der Regel durch die Arbeitszeiten und Anwesenheitszeiten am Arbeitsplatz bestimmt. Konkrete Zahlen dafür sollten möglichst mit dem Betreiber ermittelt werden. Wertvolle Hinweise dazu sowie zu den durch automatisiertes Ausschalten nutzbaren Abwesenheitszeiten finden sich in DIN V 18599-10.

Dimmen

Um Strom durch Dimmen zu sparen, sind viele Faktoren relevant, etwa die Größe der Fensterflächen, die geografische Lage und die Ausrichtung des Gebäudes. Das Sparpotenzial bei großen Fensterflächen (Tageslichteinfall) ist beträchtlich.

Anschaffungskosten

Die höheren Anschaffungskosten einer Anlage mit Lichtmanagement setzen sich zusammen aus:

- Gerätekosten
- Mehraufwand für Installationsmaterial
- Arbeitslohn für die Montage
- Arbeitslohn für die Inbetriebnahme

Finanzierung

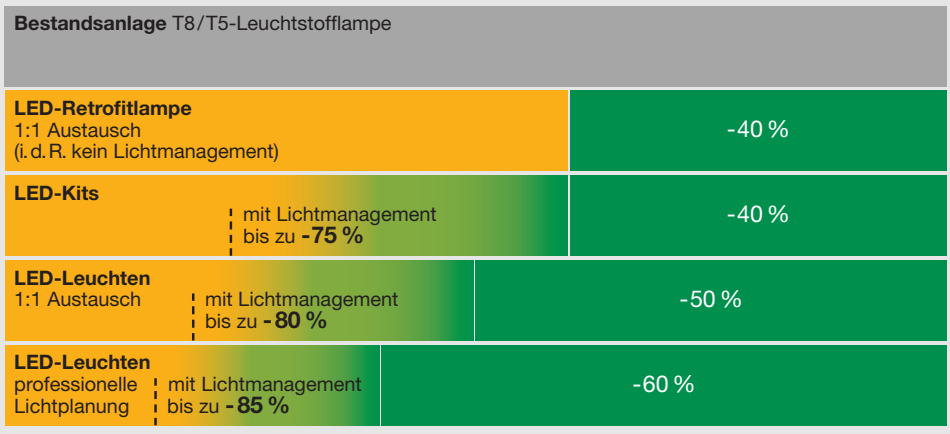
Wer seine neue Beleuchtung nicht sofort oder in voller Höhe bezahlen möchte, kann Förderungen oder zinsgünstige Darlehen nutzen oder aber sein Licht ganz einfach mieten.

Bei Erscheinen dieser Publikation war die Förderlandschaft in Deutschland stark im Umbruch. Informationen über aktuelle Programme veröffentlicht die Brancheninitiative licht.de daher auf ihrer Webseite.

Wartung

Wartungskosten sind dediziert zu kalkulieren: Mehrkosten für Wartung werden in der Regel durch eine längere Lebensdauer kompensiert. Oft ist die Ersparnis sogar größer, etwa durch zentrale Fehlermeldungen oder die längere Lebensdauer von Leuchtmitteln (siehe Seite 24).

Einsparpotenzial LED-Beleuchtung



Beispielhafte Einsparung durch LED-Technologie: Zusätzliches Sparpotenzial durch Lichtmanagement ist abhängig von den Zeiten der Abwesenheit von Personen und der Tageslichtverfügbarkeit sowie deren sensorischer Erfassung und den umgesetzten Schalt- und Dimmfunktionen.

© licht.de

67

[67] Bis zu 85 Prozent Energie spart ein Wechsel zu energieeffizienten LED-Leuchten, die mit Lichtmanagementsystemen und professioneller Lichtplanung kombiniert werden. (© licht.de)



68

Laufzeit

Relevant für die Laufzeit ist die gesamte Nutzungsdauer der Anlage. Sie hängt auch vom Gebäudegebrauch ab: Während Industriebetriebe häufig in Maßstäben von Jahrzehnten planen, sind etwa im Ladenbau Anlagenlaufzeiten von fünf bis sieben Jahren üblich. Bei längeren Zeiträumen sind deshalb in der Regel auch längere Amortisationszeiten wirtschaftlich akzeptabel. In jedem Fall sollte bei der Entscheidung über eine Investition von Anfang an berücksichtigt werden, ob eine vermeintlich günstigere Lösung in der Restlaufzeit nach ihrer Amortisation auch die Ertragsmöglichkeiten in optimaler Höhe ausschöpft.

Leuchtenhersteller müssen Angaben zum Lichtstromrückgang bezogen auf die Lebensdauer machen. Eventuell anfallende Ersatzinvestitionen müssen ebenfalls in die Analyse einfließen.

Gesamteinsparung über den Lebenszyklus

Bei Betrachtung aller Kosten über die Lebensdauer fällt auf: Anlagen mit einer höheren Anfangsinvestition und damit auch einer längeren Amortisationszeit können auf lange Sicht mehr Kosten sparen als solche, die sich schneller amortisieren. Der Entscheidungsparameter Amortisationszeit liefert deshalb in der Regel lediglich die einfachste Alternative, selten jedoch die beste und langfristig attraktivste Lösung. Hochwertige LED-Leuchten plus Lichtmanagementsystem sind in der Anschaffung zwar meist teurer, überzeugen aber auf der Langstrecke mit niedrigen Lebenszykluskosten, dank hoher Effizienz und geringer Wartungskosten. Zugleich bieten sie eine verlässlich höhere Lichtqualität – ein Plus fürs Wohlbefinden.

Qualität der Beleuchtung

Kosten für subjektive Werte wie „Qualität“ sind nur schwer zu kalkulieren. Unterschiedliche Studien kommen indes zu dem Ergebnis, dass sich eine bessere Lichtqualität unmittelbar auf die Nutzer der Beleuchtung auswirkt.

Entscheider sind gut beraten, sich zu den relevanten Kriterien für eine Lichtanlage schon im Vorfeld Gedanken zu machen und sich von Planern umfassend beraten zu lassen. Neben der Lichtqualität einer Anlage sollten auch weitere Aspekte berücksichtigt werden, etwa Produktqualität, langfristige ökonomische Faktoren, wie die Servicequalität des Anbieters oder die Lebensdauer der Beleuchtungsanlage.

[68] Die Abstimmung auf Arbeitszeiten, Anwesenheit und vor allem das Tageslicht eröffnet ein breites Spektrum an Einsparmöglichkeiten bei der Energie für die Beleuchtung. Lichtmanagementsysteme erledigen diese Aufgabe mühelos. (Foto: licht.de/Zumtobel, Fotograf Jens Ellensohn)

[69+70] In der Innen- und Außenbeleuchtung helfen Lichtmanagementsysteme, unnötigen Energieverbrauch zu reduzieren. (Foto: licht.de/Loblicht; ZVEI © OFB Projektentwicklung/Klaus Helbig Fotografie)



69



70



71

Schnittstellen für das Lichtmanagement in Gebäuden

Damit alle technischen Komponenten – von Heizung über Klima bis zur Beleuchtung – an ein System angebunden und von einer Hauptstelle gesteuert werden können, müssen Schnittstellen kompatibel sein. Funk- und Drahtlösungen ergänzen sich in der Welt der Automation ideal.

Schnittstellen lassen unterschiedliche Komponenten im Lichtmanagementsystem miteinander kommunizieren. Im Steuergerät werden alle relevanten Informationen gesammelt und bei Bedarf an die Komponenten übermittelt. Es gibt Schnittstellen zwischen Steuergerät und Anwendern, Sensoren oder Betriebsgeräten von Leuchten.

Grundsätzlich ist zwischen zwei Ebenen von Schnittstellen der Beleuchtungstechnik zu unterscheiden:

- **Beleuchtungsschnittstellen** ermöglichen es dem Anwender, Steuerkomponenten und Leuchten mit gleicher Schnittstelle direkt miteinander zu ver-

Übersicht der Anbindungsmöglichkeiten

Möglichkeiten		Prinzip	Bedienung	Umstellung Gruppenzuordnung
Schalten	▪ Einschalten bei Präsenz- oder Bewegung	Sensor	Lokal	
1...10V	▪ AN/AUS über Netzschalter ▪ Stufenlos dimmen für alle dimmbaren Lichtquellen	2-Draht-Leitung, analog, „Stand-by“		Umverdrahtung
DALI	▪ AN/AUS ▪ Stufenlos dimmen für alle dimmbaren Lichtquellen, Farbsteuerung, Lichtszenen programmieren ▪ Kombinierbar mit Zeitsteuerung	2-Draht-Leitung, digital, „Stand-by“	Lokal & zentral	Programmierung
DMX	▪ AN/AUS ▪ Stufenlos dimmen für alle dimmbaren Lichtquellen, Farbsteuerung, Lichtszenen programmieren, auch in schnellem Wechsel möglich ▪ Kombinierbar mit Zeitsteuerung	Multiplex, digitales Steuerprotokoll (aus der Bühnenbeleuchtung), „Stand-by“		
ZigBee EnOcean Bluetooth WLAN	▪ AN/AUS ▪ Stufenlos dimmen für alle dimmbaren Lichtquellen, Farbsteuerung, Lichtszenen programmieren ▪ Kombinierbar mit Zeitsteuerung	Drahtlos, „Stand-by“		
Netzwerkschnittstellen (z. B. BACNET, LON, KNX, herstellerbezogene Netzwerke, Ethernet-TCIP/Rechnernetzwerk)		Drahtgebunden		

binden. Ihre Funktionen sind in Bezug auf die Beleuchtungssteuerung standardisiert.

- **Allgemeine Datenschnittstellen** werden innerhalb eines Steuerungssystems verwendet. Auch diese Schnittstellen sind in der Regel standardisiert, jedoch nur hinsichtlich des Datenaustauschs zwischen Sender und Empfänger. Ihre Funktionen in Bezug auf die Beleuchtungssteuerung werden vom Hersteller definiert.

Außerdem kann unterschieden werden zwischen leitungsgebundenen (zum Beispiel DALI) und nicht leitungsgebundenen Schnittstellen. Die Anzahl der Schnittstellen und Anforderungen an die Funktionalität entscheidet über die Komplexität des Systems.

Beliebte Standards für drahtlose Kommunikation sind Zigbee, Enocean, Bluetooth, Matter und Thread (siehe Seite 79ff).

Die Verbindung über Bluetooth und WLAN ermöglicht die intelligente Steuerung über mobile Endgeräte und Apps (Smart Home), wobei Licht weiterhin eine Rolle beim Internet of Things (IoT) spielt. Es unterstützt unmerklich den Menschen bei seinen Tätigkeiten.

[71] Schnittstellen verbinden Komponenten wie Steuergeräte, Sensoren und Leuchten – oder auch ganze Smart Citys. (Foto: AdobeStock/metamorworks)

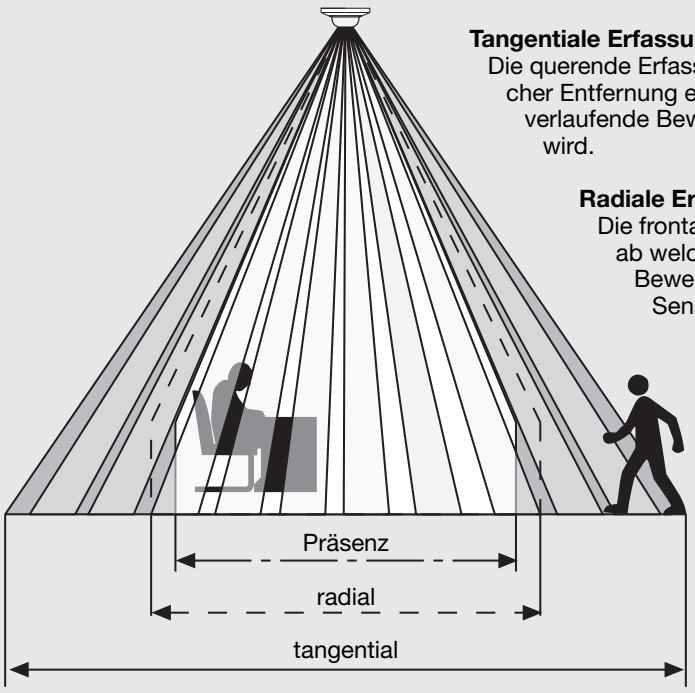


72

[72] Ein Lichtsensor hat die Aufgabe, das einfallende Tageslicht zu messen. Dazu wird ein spezieller Helligkeitssensor zusätzlich zur Leuchte angebracht. (Foto: licht.de/Molto Luce)

[73] Passiv-Infrarot-Sensoren (PIR siehe Seite 73) nehmen Wärmestrahlung zum Beispiel von bewegten Personen und Fahrzeugen wahr. Bewegte Körper werden als Spannungsänderung registriert. Hochfrequenz-Sensoren (HF) tasten aktiv ihren Erfassungsbereich ab. (© licht.de)

Anwesenheitserfassung



Tangentiale Erfassung
Die querende Erfassung gibt an, ab welcher Entfernung eine quer zum Sensor verlaufende Bewegung detektiert wird.

Radiale Erfassung
Die frontale Detektion gibt an, ab welcher Entfernung eine Bewegung direkt Richtung Sensor erfasst wird.

73

© licht.de

Sensoren – Basis für ein funktionierendes Lichtmanagement

Lichtmanagementprojekte sind immer individuell und oft komplex. Für jede Ausbaustufe gibt es passende Sensoren – von der reinen Bewegungs- über Präsenzerfassung bis zu tageslichtabhängiger Regelung in Innenräumen oder der Lichtsteuerung nach Verkehrsaufkommen und Witterung auf Straßen. Sie messen kontinuierlich die relevanten Parameter und ermöglichen eine automatische Anpassung der Beleuchtung nach den vorgegebenen Sollwerten.

Sensoren für Tageslichtnutzung
„Intelligentes" Lichtmanagement nutzt das natürliche Licht, bietet hohen Komfort und das höchste Sparpotenzial. Lichtsensoren messen die Menge des einfallenden Tageslichts im Gebäude auf einer Referenzmessfläche. Unterschreitet die Beleuchtungsstärke einen vorab eingestellten Sollwert, wird künstliches Licht bedarfsgerecht zugeschaltet oder stufenlos nachgesteuert beziehungsweise nachgeregelt. Tageslicht variiert nach Tages- und Jahreszeit, nach Wetter und geografischer Lage. Aufgrund dieser Schwankungen und je nach Raumtiefe kann in Innenräumen deshalb auch tagsüber häufig nicht auf künstliches Licht verzichtet werden, beispielsweise um gesetzliche und normative Vorgaben (ASR A3.4, DIN EN 12464-1) zu erfüllen.

Sensoren für Bewegungs- und Präsenzerfassung
Bewegungssensoren nehmen Geh- und Fahrbewegungen in ihrem Erfassungsbereich wahr und reagieren darauf. Ein typisches Beispiel ist der Bewegungsmelder am Haus: Er detektiert Personen bei Dunkelheit und schaltet das Licht automatisch ein. Nach einer zuvor definierten Zeit ohne Bewegung wird es wieder ausgeschaltet. Integrierte Dämmerungsschalter stellen sicher, dass Bewegungsmelder nur in den Dunkelstunden arbeiten.

Präsenzsensoren sind empfindlicher als Bewegungssensoren. Sie reagieren auch auf kleinste Bewegungen, etwa bei der Schreibtischarbeit. Ihre Aufgabe besteht darin, beispielsweise in einem Büro oder Flur das Licht zuverlässig auszuschalten oder zu dimmen, wenn niemand im Raum ist. Bei Anwesenheit und Aktivität wird die Beleuchtung wieder in der gewünschten Helligkeit eingeschaltet oder hochgefahren. Jeder Präsenzsensor ist auch ein Bewegungssensor, aber nicht jeder Bewegungssensor ist ein Präsenzsensor.

Sensoren für Anwesenheits- und Bewegungserfassung werden häufig mit einem Lichtsensor kombiniert, um eine tageslichtabhängige Beleuchtungsregelung zu ermöglichen.

Tageslichtmessung: Basis für Lichtsteuerung und -regelung
Für die bedarfsgerechte Steuerung der künstlichen Beleuchtung stehen zwei Technologien zur Auswahl:

- Bei der **Lichtsteuerung** wird das Tageslicht an geeigneter Stelle gemessen und die künstliche Beleuchtung aufgrund der Menge an Tageslicht gedimmt sowie an- oder ausgeschaltet.
- Bei der **Lichtregelung** wird die gewünschte Beleuchtungsstärke vorab festgelegt. So wird auch in der Raumtiefe und je nach Tages- oder Jahreszeit ein konstantes Beleuchtungsniveau sichergestellt (= Konstantlichtregelung). Das System misst die aktuelle Lichtsumme im Raum (= die Summe aus Tageslicht und Kunstlicht) – und regelt das Kunstlicht automatisch auf das vorab eingestellte Beleuchtungsniveau.

In Kombination mit Bewegungs- und Präsenzsensoren werden die Leuchten in beiden Fällen nur bei Bewegung eingeschaltet und wenn wenig Licht vorhanden ist.



74

Drei Arten von Tageslichtsensoren

Innenliegende Look-Down-Sensoren	Innenliegende Look-Out-Sensoren	Außenliegende Tageslichtmessköpfe
Montage am Arbeitsplatz. Erfasst das Licht direkt unter dem Sensor: + Misst das Licht dort, wo es gebraucht wird, und regelt es kontinuierlich nach, um es konstant zu halten. + Wartungsfaktorausgleich an den einzelnen Leuchten – Gefahr von gegenseitigem Einfluss – Starke Abhängigkeit von der Reflexionsfläche	Montage am Arbeitsplatz. Erfasst das einfallende Licht an einem Punkt: + Ein Sensor kann mehrere gleichartige Räume steuern. – Erfasst keine Verschattungen im Raum	Montage eines Messkopfes zentral auf dem Dach. Erfasst die tageslichttechnische Situation außen: + Über Zusatzkomponenten kann die Lichtqualität (Sonnenstand, diffus/gerichtet etc.) erfasst werden. + Kostengünstig für große Gebäude – Keine Information über Gebäudeinneres



75

Sensoren für Anwesenheitserfassung
Mit zwei Sensortechnologien können alle Standardanforderungen für Bewegungs- und Präsenzerfassung erfüllt werden:

1) **Passiv-Infrarot-Sensoren (PIR)** geben ein kurzes Signal weiter, sobald sie eine Temperaturänderung erfassen. Dafür wird mithilfe einer Linse ein definierter Bereich in aktive und passive Zonen unterteilt. Bewegt sich ein Körper, zum Beispiel eine Person, durch mehrere Zonen, wird seine Wärme in Form von Infrarotstrahlung registriert. PIR-Sensoren geben selbst keine Strahlung ab (= passiv) und können im Innen- und Außenbereich eingesetzt werden. Typische Anwendungsbereiche sind Büros, Klassenräume, Flure oder Außenanlagen rund um ein Gebäude.

2) **Hochfrequenz-Sensoren (HF)** tasten ihren Erfassungsbereich ab (= aktiv). Wie bei Fledermäusen werden Signale ausgesendet und als reflektierte Echosignale wieder empfangen. Eine Echoveränderung bedeutet eine Bewegungsregistrierung. HF-Sensoren sind beispielsweise immer dann geeignet, wenn Objekte oder Personen keine Infrarotstrahlung aussenden (kalte Fahrzeuge oder auch im Winter warm angezogene Menschen) oder der Sensor in einer geschlossenen Leuchte verbaut werden soll. Typische Anwendungsbereiche sind etwa Eingänge, Tiefgaragen, Lager und Verkehrswege.

Leuchten können auch die Infrastruktur für andere Sensoren bilden (Luftgüte, Temperatur). Der DALI-BUS kann bei DALI-2 gesammelte Informationen weitergeben (vergleiche Teile 251 bis 253 des DALI-Standards, EPBD 2024 Artikel 13d und Indoor Environmental Quality, IEQ).

[74] Bei der Montage von Sensoren müssen unter anderem die Montagehöhe und Raumgröße, Erfassungsgeometrie sowie klimatische Besonderheiten beachtet werden, damit sie reibungslos funktionieren. (Foto: licht.de/Esylux)

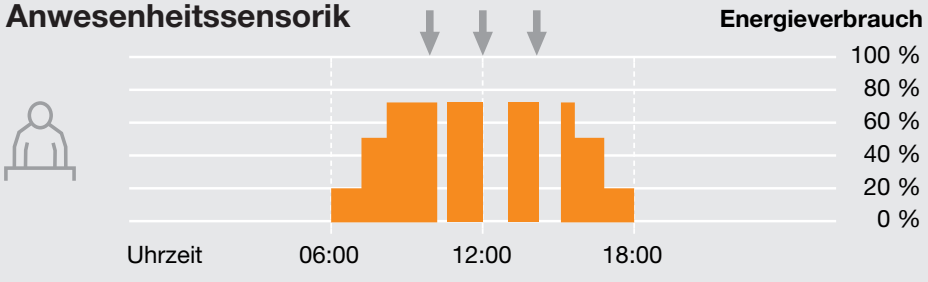
[75] Licht ist für die Gestaltung moderner Arbeitsplätze ein wesentlicher Faktor: Es schafft die Voraussetzungen für gutes Sehen und eine angenehme Atmosphäre. (Foto: licht.de/Signify)

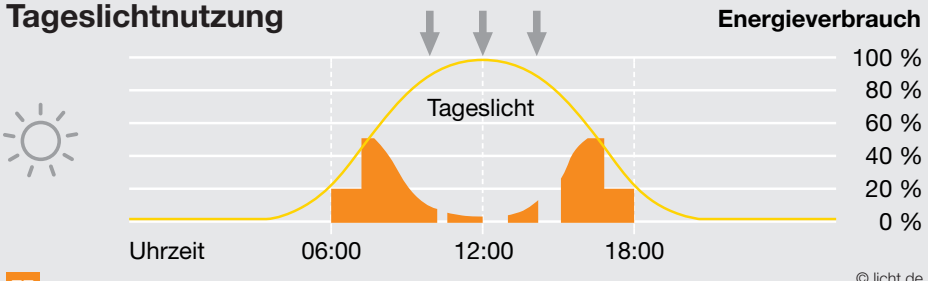
Präsenz- und Bewegungsmeldertechnologien

Melder	Verwendet in	Anwendungsbereiche	Vorteile	Nachteile
PIR	▪ Separat installierten oder in Leuchten integrierten Präsenz- und Bewegungsmeldern ▪ Meist in Verbindung mit Tageslichtsensoren eingesetzt	Schwerpunkt: Büroflächen, Flure, Klassenzimmer, Aufenthaltsräume, Eingangsbereiche	▪ Einfache Installation des Melders ▪ Leichte Inbetriebnahme des Melders ▪ Kostengünstig und daher flächendeckend einsetzbar ▪ PIR = Passiv Infrarot: Es werden keine aktiven Signale vom Melder ausgesendet, die die Umwelt negativ beeinflussen könnten. ▪ Erfassungsbereich leicht eingrenzbar	▪ Störungsanfällig bei bewegter Luft (z. B. durch Lüfter) ▪ Es werden nur sich bewegende Körper mit Wärmestrahlung erfasst. D. h. keine Erfassung durch Wände oder bei sich nicht bewegenden Körper ohne Temperatur. ▪ Beim Einbau in eine Leuchte muss die Linse des PIR immer herausschauen und kann nicht hinter einer Abdeckung „unsichtbar" integriert werden.
Hochfrequenz/ Radar	▪ Separat installierten oder in Leuchten integrierten Präsenz- und Bewegungsmeldern ▪ Teilweise in Verbindung mit Tageslichtsensoren eingesetzt	Schwerpunkt: Tiefgaragen, Industrieanwendungen (v. a. mit Wärmequellen, großen Lüftungsanlagen)	▪ Einfache Installation des Melders ▪ Leichte Inbetriebnahme des Melders ▪ Kostengünstig und daher flächendeckend einsetzbar ▪ Beim Einbau in eine Leuchte kann der Melder hinter einer Abdeckung „unsichtbar" integriert werden.	▪ Ausrichtung schlecht definierbar, daher störungsanfällig (z. B. Erfassung durch Wände) ▪ es werden permanent aktive Hochfrequenz-Signale vom Melder ausgesendet
Optik/ Kamera (OCR-Chip)	▪ Spezielle Melder, die meist einzeln in ausgewählten Räumen platziert werden.	Schwerpunkt: Erfassung von Raumbegrenzungsflächen, Zählen von Personen in Innenräumen (z. B. Meetingraum, Veranstaltungsraum)	▪ Optimale Erfassung durch digitale Auswertung optischer Signale ▪ Nahezu fehlerfreie Detektion ▪ Einfache Installation des Melders ▪ Benötigt oft keine zusätzlichen Tageslichtsensoren, da Lichtmessung durch optische Erfassung möglich ist.	▪ Hoher Inbetriebnahmeaufwand durch die Verwendung und Parametrierung spezieller Software ▪ Im Vergleich zu Meldern mit alternativer Sensortechnik relativ kostenintensiv, daher kaum flächendeckend verwendbar
Akustik	▪ In Gebäuden fast ausschließlich in Kombination mit PIR-Sensoren, seltener mit Hochfrequenz-Sensoren verwendet ▪ Separat installierten oder in Leuchten integrierten Präsenz- und Bewegungsmeldern	Schwerpunkt: Verwinkelte Räume, in denen Personen sich nicht oder wenig bewegen (z. B. WC)	▪ Großer Erfassungsbereich ▪ Einfache Installation des Melders ▪ Leichte Inbetriebnahme des Melders	▪ Störungsanfällig gegen Fremdgeräusche ▪ Abgrenzung des Erfassungsbereichs nicht möglich
Temperatur, VOC, Luftfeuchtigkeit, CO_2 etc.	▪ In Gebäuden fast ausschliesslich in Kombination mit PIR-Sensoren und Hochfrequenz-Sensoren verwendet ▪ Nur in Gebäuden sinnvoll, die ein BUS-System (KNX, DALI-2) verwenden und die von den Sensoren erhobenen Daten über eine Software auswerten können.	Schwerpunkt: Räume, in denen neben der erfassten Präsenz von Personen, die das Licht schalten, regeln oder steuern, noch weitere Raumparameter erfasst werden sollen, z. B. Raumtemperatur, Luftgüte, Luftfeuchtigkeit.	▪ Einfache Installation des Melders ▪ Die hauptsächlich für das Lichtmanagement notwendige Infrastruktur wird gleichzeitig für die Erfassung weiterer Raumparameter genutzt.	▪ Inbetriebnahme relativ aufwendig ▪ Melder benötigen für die korrekte Funktion eine gewisse Luftzirkulation, können daher nur mit viel Aufwand direkt in Leuchten eingebaut werden.



76



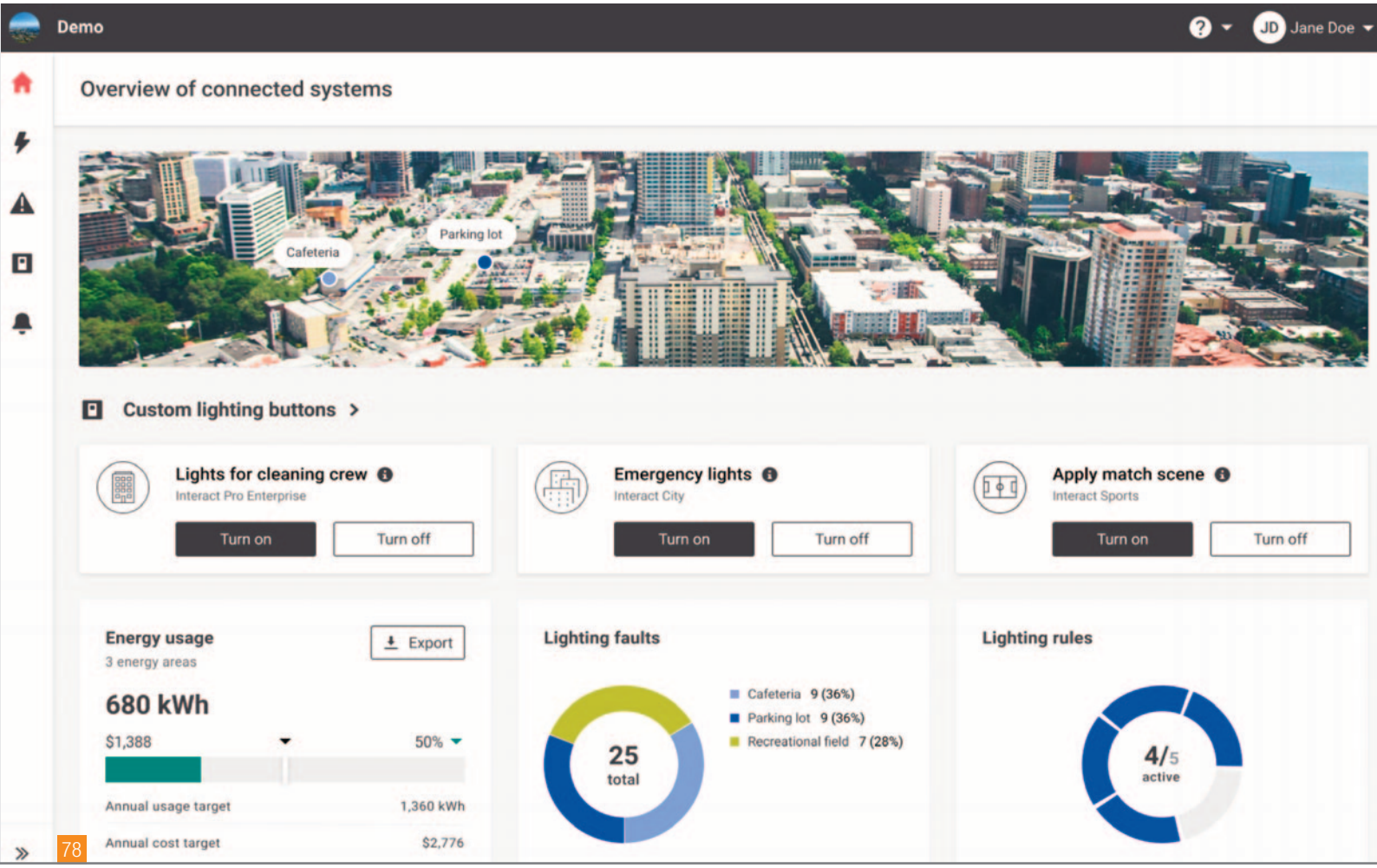


© licht.de

77

[76] Bewegungsmelder erkennen in ihrem Erfassungsbereich größere Bewegungen, zum Beispiel wenn ein Mensch durch einen Flur geht. Dann messen sie mit ihrer Lichtsensorik einmalig die Helligkeit. Liegt sie unterhalb des zuvor eingestellten Helligkeitswerts, wird die Beleuchtung aktiviert. Detektieren sie keine Bewegung mehr, schalten sie das Licht nach Ende der Nachlaufzeit wieder aus. (licht.de/Esylux)

[77] Tageslicht- und Anwesenheitserfassung helfen, viel Energie einzusparen und die Betriebskosten zu senken. Die Grafik von licht.de stellt den Energieverbrauch zum Zeitpunkt der Nutzung dar. (© licht.de)



Software

In der modernen Gebäudetechnik spielt Lichtsteuerung eine zentrale Rolle. Mit Softwarelösungen können Lichtplaner und Systemintegratoren Beleuchtung effizient und flexibel gestalten. Dieses Kapitel stellt verschiedene Arten von Softwares vor, die für die Lichtsteuerung verwendet werden. Von Inbetriebnahmesoftware über Benutzerschnittstellen und Überwachungssoftware bis zu mobilen Anwendungen und Software Development Kits – jede dieser Lösungen trägt dazu bei, Beleuchtungssysteme optimal zu steuern und zu überwachen. Ziel ist es, Licht- und Elektroplanern oder anderem Fachpersonal einen verständlichen Überblick der verfügbaren Softwaretools zu geben und ihren Nutzen für die tägliche Arbeit zu erläutern.

[78] Ob Gebäude oder ganze Quartiere – Benutzeroberflächen geben einen schnellen und intuitiven Überblick.

Inbetriebnahmesoftware
Inbetriebnahmesoftware für Lichtsteuerungssysteme ermöglicht die einfache und effiziente Inbetriebnahme neuer Beleuchtungsanlagen. Sie bietet häufig eine benutzerfreundliche Schnittstelle, die es dem Lichttechniker, Installateur oder Facility Manager ermöglicht, verschiedene Lichtquellen und Steuerungskomponenten zu konfigurieren und zu testen. Typische Funktionen sind die automatische Geräteerkennung, die Konfiguration von Lichtgruppen und Szenen sowie die Integration von Sensoren und Aktoren. Der Einsatz der Inbetriebnahmesoftware kann Installationszeiten verkürzen und Installationsfehler minimieren.

Benutzeroberflächen
Benutzerschnittstellen für Lichtsteuerungssysteme sind so konzipiert, dass die Bedienung und Verwaltung von Beleuchtungsanlagen so intuitiv wie möglich ist. Sie können als Webanwendungen, Desktop Software oder mobile Anwendungen verfügbar sein und bieten eine visuelle Darstellung der Beleuchtungsanlage. Autorisierte Benutzer können über diese Schnittstellen Lichtszenen einstellen, Zeitpläne erstellen sowie Helligkeit und Farbtemperatur technisch



geeigneter Leuchten anpassen. Eine gut gestaltete Benutzerschnittstelle erleichtert die Steuerung und Überwachung der Beleuchtung und trägt zur Effizienz und Benutzerfreundlichkeit des Systems bei.

Monitoring Software
Monitoring Software für Lichtsteuerungssysteme ermöglicht die kontinuierliche Überwachung und Analyse von Beleuchtungsanlagen. Die Software sammelt Daten über Energieverbrauch, Betriebsstunden und Zustand der Leuchtmittel. Facility Manager können mit Hilfe der Monitoring Software Probleme frühzeitig erkennen und Wartungsmaßnahmen planen. Darüber hinaus bietet die Software häufig Funktionen zur Erstellung von Berichten oder sogenannten Dashboards sowie zur Visualisierung von Leistungsindikatoren, was zur Optimierung der Beleuchtung und Senkung der Energiekosten beiträgt.

Apps für Lichtsteuerung
Lichtsteuerungs-Apps bieten eine flexible und mobile Lösung zur Steuerung von Beleuchtungssystemen. Diese Apps sind für Smartphones und Tablets verfügbar und ermöglichen es dem Benutzer, Lichtquellen lokal und bei Bedarf auch aus der Ferne zu steuern. Typische Funktionen sind das Ein- und Ausschalten von Leuchten, das Dimmen, die Farbsteuerung und das Erstellen von Lichtstimmungen. Einige Apps bieten auch die Integration anderer Gewerke und die Möglichkeit, Lichtsteuerungen über Sprachbefehle zu bedienen. Mit einer App kann der Nutzer die Beleuchtung komfortabel und effizient an seine Bedürfnisse anpassen.

Software Development Kit (SDK)
Ein Software Development Kit (SDK) für Lichtsteuerungssysteme bietet Softwareentwicklern die notwendigen Werkzeuge und Bibliotheken, kundenspezifische Anwendungen zu erstellen, die nahtlos mit der Lichtsteuerungshardware und -software kommunizieren. Ein SDK enthält typischerweise APIs (Application Programming Interfaces), Dokumentation und Beispielcodes, die eine Integration von Lichtsteuerungsfunktionen in eigene Softwarelösungen erleichtern. Entwickler können ein SDK verwenden, um spezifische Anforderungen und Funktionen zu implementieren, wie die Steuerung von DMX-Geräten, Synchronisierung von Lichtshows mit Musik oder Erstellung benutzerdefinierter Oberflächen. Unternehmen können ihre Lichtsteuerungssysteme mit einem SDK erweitern und an ihre individuellen Bedürfnisse anpassen.

[79] Monitoring Software für Beleuchtungssysteme erfasst den Energieverbrauch und Systemstatus. Sie ermöglicht auch Fehlererkennung und die bedarfsgerechte Steuerung. (Foto: licht.de/Waldmann)



80

[80] Präsentationen, Diskussionsrunden, Vorträge: Räume für Konferenzen und Schulungen sind Kommunikationszentren, ausgestattet mit moderner Medientechnik. Ihre multifunktionale Nutzung erfordert eine flexible, zugleich angenehme und effiziente Beleuchtung. (ZVEI © OFB Projektentwicklung/Klaus Helbig Fotografie)

Fachbegriffe

Analoge Schnittstelle 1…10 V
Eine seit vielen Jahren genutzte Schnittstelle ist die Schnittstelle 1…10 V. Bei ihr liefert das Vorschaltgerät als aktive Last die Steuerspannung. Der Lichtstrom der Leuchte variiert mit der Höhe der Steuerspannung.

API
Über eine API (Application Programming Interface = programmierbare Schnittstelle) können verschiedene Programme oder Systeme miteinander kommunizieren. Sie legt fest, wie Softwarekomponenten miteinander interagieren, ohne dass man wissen muss, wie sie intern funktionieren. Sie zeigt, welche Daten verfügbar sind, und ermöglicht es, Funktionen oder Daten anzufordern. Besonders häufig werden Web- und Rest-APIs eingesetzt. Sie erleichtern die Integration und Zusammenarbeit zwischen unterschiedlichen Programmen und sind ein grundlegender Bestandteil moderner Softwareentwicklung. Ihre Unabhängigkeit von speziellen Programmiersprachen macht sie flexibel einsetz- und skalierbar.

BACnet
Die gebäudeübergeordnete Schnittstelle Building Automation and Control Networks, kurz BACnet, integriert Beleuchtungssysteme nahtlos mit anderen Gebäudefunktionen wie Heizung, Lüftung, Klima, Sicherheitssysteme und Energiemanagement. Das erleichtert die Kommunikation zwischen verschiedenen Geräten. BACnet ist sowohl für kleine als auch große Installationen geeignet und unterstützt verschiedene Netzwerkstandards, was die Erweiterung und Anpassung von Lichtmanagementsystemen ermöglicht.

Building Management Systems (BMS)
BMS sind computergestützte Systeme, die in Gebäuden installiert werden, um ihre mechanischen und elektrischen Anlagen zu steuern und zu überwachen, zum Beispiel Heizung, Lüftung und Klimatisierung, Beleuchtung, Energie, Brandschutzsysteme sowie Sicherheitssysteme.

Bluetooth
Die Bluetooth-Technologie ist ein Standard für die drahtlose Kommunikation und Leuchtensteuerung. Ihr großer Vorteil ist die direkte Steuerung über mobile Endgeräte (Smartphones, Tablets). Inzwischen haben sich Mesh-Netzwerke dafür etabliert, weil sie größere Beleuchtungsanlagen vernetzen.

DALI
DALI ist eine standardisierte Schnittstelle nach IEC 62386. Alle Geräte die DALI-2 zertifiziert sind, können interoperabel in einem Projekt verwendet werden.

DALI eignet sich für den Einsatz in einzelnen Räumen, Stockwerken sowie Gebäuden und kann auch in ein übergeordnetes Gebäudemanagement eingebunden werden. Unterschieden werden zwei Kommunikationsprinzipien:

- ***DALI Broadcast (Direct DALI)*** Alle Teilnehmer folgen gemeinsam dem Steuersignal.
- ***DALI Adressierbetrieb*** Jeder Teilnehmer bekommt eine Individualadresse und kann optional bis zu 16 Gruppenadressen und 16 Szeneneinstellungen erhalten.

Vorteile für Installateure sind gegenüber anderen Schnittstellen der einfache, verpolungssichere Anschluss der DALI-Teilneh-

mer sowie die Leitungsführung mit der Netzversorgung (230 Volt) in einer gemeinsamen Mantelleitung (zum Beispiel NYM, 5-adrig). So lässt sich das komplette Raumlicht mit nur einem „Gateway“-Knoten steuern.

Neben der Zuweisung der Individual- und Gruppenadressen und der Zustandsabfrage ermöglicht die DALI-Schnittstelle die Übertragung vieler DALI-Parameter und DALI-Befehle vom Steuergerät an die Betriebsgeräte. Der wichtigste, in allen DALI-Anwendungen genutzte DALI-Parameter ist der Dimmwert. Er wird in 8-Bit-Auflösung (255 Stufen von 0 % bis 100 % und „unverändert”) übertragen. Weitere DALI-Parameter können anwendungsspezifisch genutzt werden



Digital Alliance

DIN V 18599

Die Vornorm stellt den Einfluss dar, den Steuerung und Regelung sowie von Raum- und Gebäudeautomation einschließlich des technischen und energetischen Gebäudemanagements auf den Energiebedarf eines Gebäudes im Betrieb haben. Eine große Bedeutung im Hinblick auf einen energieeffizienten Gebäudebetrieb hat insbesondere das Energiemanagement als Teil des übergeordneten Gebäudemanagements zur Koordination der Verteilung und Nutzung der Energie im Gebäude.
Die DIN V 18599 ist mehrteilig aufgebaut.

- *Teil 4* ermöglicht die Ermittlung des Nutz- und Endenergiebedarfs für die Beleuchtung. In den Berechnungen werden statistisch ermittelte Daten für die Energieeffizienz der eingesetzten Technologien sowie der Beleuchtung verwendet.

- *Teil 10* nennt die Nutzungsrandbedingungen, wie etwa Betriebsstunden oder die angenommene Abwesenheit in einem Einzelbüro und weiteren 40 Raumarten.

- *Teil 11* beschreibt die Energiemanagementfunktionen und deren Wechselwirkungen mit den anderen Bereichen der Energieanwendung im Gebäude.

DMX 512

Für die Bühnenbeleuchtung wurde bereits Anfang der 90er-Jahre der Standard DMX 512 geschaffen, um mit adressierten digitalen Steuersignalen viele Teilnehmer schnell und individuell ansteuern zu können. Die DMX-Schnittstelle findet oft auch in der Architekturbeleuchtung Anwendung (siehe Seite 44). Es gibt eine große Produktvielfalt, insbesondere farbiger Leuchten.

DMX RDM

Das DMX-Signal wird durch eine verdrillte, geschirmte, zweiadrige Steuerleitung übertragen. Die Weiterentwicklung des DMX-Standards zu DMX RDM ermöglicht Rückmeldungen von den Geräten zur Steuerung. Anwender schätzen insbesondere für die Umsetzung dynamischer Lichtsteuerungen die hohe Flexibilität und Geschwindigkeit dieser Schnittstelle sowie die große Teilnehmerzahl an einer Steuerleitung.

Enocean

Die Enocean-Technologie benötigt für das Senden kurzer Funksignale nur geringe Mengen an Energie. Die Sender nutzen daher die Piezoelektrizität von Schaltern (Energy Harvesting), die Energie von Solarzellen oder Peltier-Elementen oder auch die Bewegungsenergie elektrodynamischer Energiewandler. Diese Energie reicht für den batterielosen und wartungsarmen Betrieb der Sender aus. In einigen Anwendungsfällen sind jedoch weder gute Lichtverhältnisse noch mechanische Betätigungen zu erwarten, sodass teilweise auch Batterien als Energiequelle vorkommen.

Gebäuderichtlinie (EPBD)

Die Richtlinie (EU) 2024/1275 über die Gesamtenergieeffizienz von Bauten (Energy Performance of Buildings Direktive, umgangssprachlich Gebäuderichtlinie) ist neben der Energieeffizienzrichtlinie eines der wichtigsten Rechtsinstrumente der EU zur Verbesserung der Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden. Die ursprüngliche Richtlinie 2010/31/EU wurde vom Kyoto-Protokoll inspiriert, das die EU und alle ihre Mitglieder verpflichtet, verbindliche Emissionsreduktionsziele festzulegen. Nach mehrmaligen Veränderungen wurde die Richtlinie 2024 umfassend neu aufgelegt.

Halbautomatik

Der Betriebsmodus Halbautomatik für Bewegungs- und Präsenzmelder schaltet bei Tastendruck die Beleuchtung ein. Melder mit der Option zur Lichtregelung starten die Regelung. Wird keine Präsenz oder Bewegung mehr erkannt, beginnt die Nachlaufzeit und anschließend wird die Beleuchtung ausgeschaltet beziehungsweise die Regelung beendet.

Human Centric Lighting (HCL)

Ein Lichtmanagementsystem ist die Voraussetzung für HCL-Beleuchtungen. HCL-Anlagen variieren im Laufe eines Tages die Farbtemperatur von warmweiß bis tageslichtweiß. Auch die Beleuchtungsstärke wird bedarfsgerecht dem circadianen Rhythmus des Menschen angepasst und setzt je nach Tageszeit die richtigen Impulse. Die Ansteuerung der einzelnen Leuchten erfolgt stufenlos, sodass die Veränderung nicht unmittelbar wahrgenommen wird – ihre nichtvisuelle Wirkung sich aber nachhaltig entfalten kann. Tageslicht gibt die zu planenden und vom Lichtmanagementsystem zu steuernden Faktoren vor: Beleuchtungsstärke, Flächigkeit, Lichtrichtung, Farbtemperatur, Dynamik des Lichts im Tages- und Jahreszeitenverlauf. Zur Umsetzung eines HCL-Konzeptes stellen Licht- und Elektroindustrie ein umfassendes Portfolio an Lichtmanagementsystemen mit passender Anwendungssoftware zur Verfügung, die bei Bedarf in Gebäudemanagementsysteme integriert werden können. HCL-Konzepte müssen frühzeitig im Projekt verankert werden und bilden die Grundlage einer ganzheitlichen interdisziplinären Planung.



Weitere Informationen finden sich in den Heften licht.wissen 19 „Wirkung des Lichts auf den Menschen” und licht.wissen 21 „Leitfaden Human Centric Lighting (HCL)”.

KNX

KNX ist ein intelligentes BUS-System der Elektroinstallation. Es vernetzt alle Komponenten der Haus- und Gebäudesystemtechnik und steuert sie intelligent – beispielsweise Beleuchtung, Heizung oder Alarmanlage.

Konstantlichtregelung
In Räumen, durch deren Fenster oder Oberlichter Tageslicht einfällt, muss die künstliche Beleuchtung nicht durchgängig auf höchstem Niveau eingeschaltet sein. Hier bietet sich vielmehr eine Konstantlichtregelung an: eine tageslichtabhängige Regelung als Summe aus Tageslicht und geregeltem künstlichen Licht für ein gleichmäßiges Beleuchtungsniveau. Bei dieser Art der Konstantlichtregelung bleibt die Beleuchtungsstärke durch Zugabe oder Rücknahme des künstlichen Lichts durchgehend gleich, auch wenn der Tageslichtanteil variiert. Entsprechend wird bei großer Außenhelligkeit die Beleuchtung zurückgenommen oder abgeschaltet, bei wenig Tageslicht ihr Niveau angehoben. Wichtig: An Arbeitsplätzen in der Raumtiefe mit großer Distanz zur Fensterfront sollten die installierten Leuchten mehr künstliches Licht abgeben als Leuchten in relativer Fensternähe.

Korridorfunktion
Die Korridorfunktion ist eine spezielle Einstellung für die effiziente Beleuchtung von Verkehrsflächen. Sie sorgt dafür, dass Licht nur dann in Fluren oder Korridoren eingeschaltet wird, wenn es tatsächlich benötigt wird. Das spart Energie und verlängert die Lebensdauer der Leuchtmittel.

Typischerweise wird die Korridorfunktion durch Bewegungs- oder Präsenzmelder aktiviert. Wenn jemand den Flur betritt, schaltet sich die Beleuchtung für eine gewisse Zeit ein. Nach einer festgelegten Dauer ohne Bewegung schaltet sie sich automatisch wieder aus. Dieses Vorgehen ist nützlich für öffentliche Gebäude, Büros oder Wohnanlagen, wenn Korridore häufig genutzt werden, aber nicht ständig beleuchtet sein müssen.

Light as a Service (LaaS)
Bei dem Servicemodell wird Beleuchtung als Dienstleistung angeboten und genutzt. Es vereinfacht die Neuplanung oder Sanierung und den ordnungsgemäßen Betrieb einer Beleuchtungsanlage für den Betreiber. Im Unterschied zum Projektmodell kauft der Kunde keine Beleuchtungsanlage, sondern sichert sich Licht für einen festgelegten Zeitraum über eine Anzahl fest definierter Performance-Kriterien, die er mit dem Anbieter verabredet. Die Vergütung erfolgt über regelmäßige Servicezahlungen – in dem Umfang, in dem die Dienstleistung beansprucht wird.



Mehr Informationen dazu bietet der ZVEI-Leitfaden „Light as a Service“.

Lighting-System-Design-Prozess (LSDP)
ist ein Planungsprozess für Beleuchtungssysteme. Er wird in der Technischen Spezifikation DIN SPEC 67503 beschrieben. Grundlegende Planungserwägungen für gute und energieeffiziente Lichtqualität gehen dabei ein in Installation, Inbetriebnahme und Betrieb einer Beleuchtungsanlage, die möglichst umfassend die Anforderungen der Nutzer erfüllt. Dazu gehört auch eine Risikoanalyse für die Sicherheitsbeleuchtung. Der Prozess unterstützt die Umsetzung von Regulierungsmaßnahmen und Entwicklung von Prüfanforderungen.

Look-Down-Sensoren
Innenliegende Look-Down-Sensoren an der Raumdecke messen das Licht, das direkt unter ihnen in einem Raum reflektiert wird. Sie werden an Arbeitsplätzen montiert.

Look-Out-Sensoren
Innenliegende Look-Out-Sensoren erfassen das einfallende Tageslicht direkt an den Fenstern. Sie werden an Arbeitsplätzen montiert.

Matter und Thread
Matter und Thread sind ergänzende Standards. Matter ist eine einheitliche, herstellerübergreifende Plattform und stellt auf Software-Ebene die Kompatibilität her. Thread und WLAN sind Netzwerke, über die Geräte kommunizieren. Für die Kommunikation zwischen Produkten verschiedener Marken nutzt Matter das Internetprotokoll (IP). WLAN und das Thread-Protokoll sind IP-basiert und dienen Matter als Grundlage.

Mesh-Netzwerke
Zigbee und Thread sind energieeffiziente Mesh-Netzwerke. Bei einem Mesh-Netzwerk geben mehrere Geräte das Signal weiter. Die einzelnen Thread-Geräte, die eine ständige Stromversorgung haben, verstärken auf diese Weise das Netzwerk.

MQTT
Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) ist eine Alternative zu BACnet. Als ein leichtgewichtiges Protokoll ermöglicht MQTT eine effiziente und flexible Steuerung von Lichtmanagementsystemen. Es integriert Beleuchtungssysteme nahtlos mit anderen Gebäudefunktionen und arbeitet nach dem Publish-Subscribe-Prinzip, das eine schnelle und zuverlässige Kommunikation gewährleistet. Gebäudemanager können Beleuchtungssysteme aus der Ferne überwachen und steuern, indem sie MQTT-Nachrichten verwenden.

Insgesamt bietet MQTT eine leistungsstarke Lösung für die Integration und Steuerung von Lichtmanagementsystemen in modernen Gebäuden.

Netzschalter
Netzschalter sind die einfachsten Komponenten, Licht zu steuern. Netzschalter selbst sind nicht als Schnittstelle zu verstehen, da sie keine Informationen übermitteln, sondern lediglich die Energieversorgung der Lichtquelle starten oder unterbrechen. Ein Schalter kann jedoch über Schnittstellen bedient werden.

Netzwerkschnittstellen
Zur Steuerung von Lichtmanagementsystemen lassen sich Netzwerkschnittstellen direkt nutzen. Das Vorschaltgerät erhält dabei sozusagen seine eigene Netzwerkschnittstelle. Die Datenübertragung erfolgt drahtlos über Funknetz oder kabelgebunden per LAN. Netzwerkschnittstellen werden oft für LED-Systeme verwendet.

Parametrierung
Steuergeräten werden Adressen zugewiesen. Die bidirektionale Kommunikation moderner Beleuchtungssysteme ermöglicht eine individuelle Parametrierung der Komponenten:

1) Leuchte
2) Sensorik
3) Bedienelemente

Swarm-Funktion
Wer allein in einem Mehrpersonenbüro an

seinem Schreibtisch sitzt, arbeitet oft in einer isolierten Lichtinsel – weil der restliche Raum nicht beleuchtet wird und bei wenig Tageslicht sogar im Dunkeln liegt. Menschen empfinden das oft als unangenehm. Zudem ermüden die starken Kontraste zwischen Arbeitsplatz und Umgebung die Augen. Eine Schwarmfunktion dimmt die Beleuchtung in nicht besetzten Raumbereichen auf ein angenehmes Grundniveau. Erst wenn alle Personen das Büro verlassen haben, wird das Licht in allen Zonen ausgeschaltet.

Tageslichtmessköpfe
Ein außenliegender Tageslichtmesskopf ermittelt mit mehreren Sensoren Sonnenrichtung, Himmelsbedingungen und Intensität des Tageslichts. Der Messkopf wird zentral auf dem Dach montiert.

Taster und „intelligente" Lichtschalter
Programmierbare Taster unterscheiden sich von Netzschaltern in ihrer Funktion und technischem Aufbau. Sie trennen die Energieversorgung der Leuchte nicht, sondern senden Impulse direkt an Leuchten (zum Beispiel per Funk) oder an übergeordnete Steuerungskomponenten. Je nach Typ können diese WLAN-Schalter und Taster auch programmiert werden und direkt unterschiedliche Lichtszenen aufrufen.

Vollautomatik
Im Betriebsmodus Vollautomatik von Präsenz- und Bewegungsmeldern wird bei Anwesenheit oder Bewegung sowie unterschrittenem Helligkeitsschaltwert beziehungsweise Helligkeitssollwert die Beleuchtung eingeschaltet. Bei Meldern mit der Option Lichtregelung startet die Regelung.

Wird keine Präsenz oder Bewegung mehr detektiert, beginnt die Nachlaufzeit, anschließend wird das Licht ausgeschaltet oder die Regelung beendet.

Zhaga
Zhaga ist eine freiwillige Kooperation von internationalen Herstellern aus der Lichtbranche. Sie entwickelt einheitliche Standards für mechanische, thermische und photometrische Schnittstellen von LED. Damit wird unter anderem der Austausch von LED-Modulen verschiedener Hersteller vereinfacht (siehe Seite 48).

Zigbee
Zigbee ist eine Spezifikation für drahtlose Netzwerke mit geringem Datenaufkommen, wie Hausautomation, Sensornetzwerke und Lichttechnik. Der Schwerpunkt von Zigbee liegt auf Netzwerken mit kurzer Reichweite innerhalb von Gebäuden (10 bis 100 Meter). Es sind aber auch Reichweiten von mehreren Kilometern im Außenbereich möglich. Zur Steuerung der Beleuchtung über Zigbee kann das Profil Zigbee Light Link eingesetzt werden. Es beschreibt die üblichen Funktionen wie Ein- und Ausschalten, Dimmen oder die Steuerung von Farbanteilen.



Viele weitere lichttechnische Fachbegriffe, Definitionen und Maßeinheiten sind im alphabetisch geordneten Lichtlexikon von licht.de zu finden.

Literatur

Beleuchtungstechnik: Grundlagen
Herausgeber LiTG, Autoren u. a. Roland Baer, Meike Barfuß, Dirk Seifert, Huss, 2020, ISBN 978-3-341-01648-0

Beleuchtungstechnik für Praktiker
Hans Rudolf Ris, 7. aktualisierte und überarbeitete Auflage, VDE Verlag, 2024, ISBN 978-3-8007-6238-5

Gebäudeautomation
Thomas Hansemann, Christof Hübner, Kay Böhnke, 5. aktualisierte und erweiterte Auflage, Hanser Fachbuch, 2025, ISBN 978-3-446-48287-6

Normen

ASR A3.4 Technische Regeln für Arbeitsstätten – Beleuchtung

DIN EN 12193 Licht und Beleuchtung – Sportstättenbeleuchtung

DIN EN 12464-1 Licht und Beleuchtung – Beleuchtung von Arbeitsstätten, Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen

DIN EN 12464-2 Arbeitsplätze im Freien

DIN 13201-1 Straßenbeleuchtung

DIN EN ISO 52120-1 Energieeffizienz von Gebäuden – Beitrag von Gebäudeautomation und Gebäudemanagement

CEN/TS 17165/DIN SPEC 67503 Licht und Beleuchtung – Planungsprozess für Beleuchtungssysteme

DIN CEN/TS 18036 Licht und Beleuchtung – Inbetriebnahme von Beleuchtungsanlagen in Gebäuden

DIN 5031-100 Strahlungsphysik im optischen Bereich und Lichttechnik – Teil 100: Über das Auge vermittelte, nichtvisuelle Wirkung des Lichts auf den Menschen – Größen, Formelzeichen und Wirkungsspektren

DIN/TS 67600 Ergänzende Kriterien für die Lichtplanung und Lichtanwendung im Hinblick auf nichtvisuelle Wirkungen von Licht – dieses Dokument beschreibt Ursache-Wirkungs-Beziehungen für melanopische Wirkungen von Licht, die für die Lichtplanung herangezogen werden können

Die Schriftenreihe von licht.de



licht.wissen 09

Nachhaltig und zukunftssicher sanieren

In Deutschland entfällt ein erheblicher Teil des Energieverbrauchs auf den Gebäudebestand – und der ist stark veraltet. Wo noch immer keine LED-Beleuchtung installiert ist, müssen Betreiber aufhorchen: Konventionelle Leuchtmittel sind Auslaufmodelle. Wie sich der Sanierungsbedarf feststellen lässt und welche Optionen es für die Umrüstung gibt, beschreibt das Sanierungsheft.



[licht.wissen 01] Heft licht.wissen 01 vermittelt auf 60 Seiten allgemein verständlich und herstellerneutral die Grundlagen moderner Beleuchtung. Es ist der Auftakt zu insgesamt 21 „licht.wissen“-Heften.



[licht.wissen 02] Vor dem Hintergrund des enormen Sanierungsbedarfs von Bildungsstätten veröffentlichte die Brancheninitiative licht.de 2023 die Fachpublikation „Lernen in neuem Licht“.



[licht.wissen 17] Die Schrift führt in die technischen Grundlagen der LED-Beleuchtungstechnik ein. Sie beschreibt auf 56 Seiten verschiedene Anwendungen, nennt Qualitätsmerkmale und die wichtigsten Kennzahlen: Werte, Kosten und Umweltaspekte.



[licht.wissen 21] Auf 36 Seiten vermittelt das Heft Hintergrundwissen zur Chronobiologie und beschreibt, wie Licht den Schlafrhythmus und die Grundstimmung des Menschen beeinflussen kann. Vier typische Anwendungen – Büro, Schule, Industrie und Home – stellen exemplarisch Lösungen vor.

licht.wissen – kostenfreie PDF-Datei (Download) unter www.licht.de/lichtwissen

01 Die Beleuchtung mit künstlichem Licht (2016)
02 Lernen in neuem Licht (2023)
03 Straßen, Wege und Plätze (2014)
04 Licht im Büro, motivierend und effizient (2012)
05 Industrie und Handwerk (2018)
06 Shopbeleuchtung, attraktiv und effizient (2011)
07 Gesundheitsfaktor Licht (2012)
08 Sport und Freizeit (2010)
09 Nachhaltig und zukunftssicher sanieren (2025)
10 Notbeleuchtung, Sicherheitsbeleuchtung (2016)
11 Gutes Licht für Hotellerie und Gastronomie (2005)
12 Lichtmanagement (2025)
13 Arbeitsplätze im Freien (2007)
14 Licht für Wohnräume (2019)
15 Gute Beleuchtung rund ums Haus (2009)
16 Stadtmarketing mit Licht (2010)
17 LED: Grundlagen – Applikation – Wirkung (2018)
18 Licht für Museen und Ausstellungen (2016)
19 Wirkung des Lichts auf den Menschen (2014)
20 Nachhaltige Beleuchtung (2014)
21 Leitfaden Human Centric Lighting (HCL) (2018)

Some booklets are available in English as PDF files. Free download at www.all-about-light.org

Alles über Beleuchtung!

Herstellerneutrale Informationen
licht.de informiert über Vorteile guter Beleuchtung. Die Brancheninitiative hält zu allen Fragen des künstlichen Lichts und seiner richtigen Anwendung umfangreiches Informationsmaterial bereit. Es ist herstellerneutral aufbereitet und basiert auf den relevanten technischen Regelwerken nach DIN und VDE.

licht.wissen
Die Reihe „licht.wissen“ umfasst 21 Titel. Mit vielen Beleuchtungsbeispielen erläutern diese Themenhefte lichttechnische Grundlagen und zeigen beispielhafte Lösungen. Alle lichttechnischen Aussagen sind grundsätzlicher Art.

licht.forum
Das licht.de-Periodikum „licht.forum“ thematisiert aktuelle Fragen der Lichtanwendung und stellt Beleuchtungstrends vor. Diese kompakten Fachinformationen erscheinen in loser Folge.

www.licht.de
Ihr umfangreiches Lichtwissen präsentiert die Brancheninitiative auch im Internet unter www.licht.de. Architekten, Planer, Installateure und Endverbraucher finden hier auf mehr als 5.000 Seiten praxisorientierte Tipps, viele Lichtanwendungen und aktuelle Informationen zu Licht und Beleuchtung. Eine Datenbank mit umfangreichen Produktübersichten weist den direkten Weg zum Hersteller.





Impressum

Herausgeber
licht.de
– eine Brancheninitiative des ZVEI e. V. –
Amelia-Mary-Earhart-Str. 12
60549 Frankfurt am Main
Tel. 069 6302-353, Fax 069 6302-400
licht.de@zvei.org, www.licht.de

Redaktion und Gestaltung
rfw. kommunikation, Darmstadt
www.rfw-kom.de

ISBN-Nr. PDF-Ausgabe: 978-3-945220-37-5
Dezember 2025

Berücksichtigt wurden die bei Herausgabe gültigen DIN-Normen und VDE-Vorschriften, wiedergegeben mit Erlaubnis des DIN, Deutsches Institut für Normung e. V.
Maßgebend für das Anwenden der DIN-Norm ist deren jeweils aktuelle Fassung, erhältlich bei *DIN Media.*

Der komplette oder auszugsweise Nachdruck von licht.wissen 12 ist nur mit Genehmigung des Herausgebers gestattet.

Bildnachweis
Titel: ZVEI © OFB Projektentwicklung/Klaus Helbig Fotografie
Innentitel: Helvar
Icons Titel + Social Media: Vecteezy.com

Bildnummern Rückseite
81 Helvar; 82: © OFB/Klaus Helbig; 83: Bruck; 84: Signify; 85: Zumtobel, Jesper Malmkvist; 86: Signify

	81	
82	83	84
85	86	

www.facebook.com/lichtde

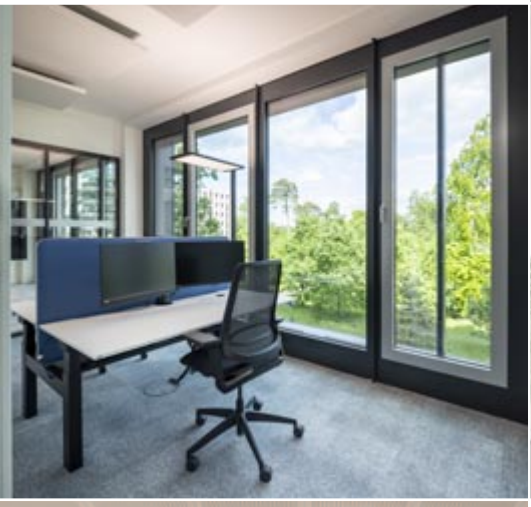
linkedin.com/company/licht-de

www.youtube.com/@licht_de

licht.wissen 12

Lichtmanagement

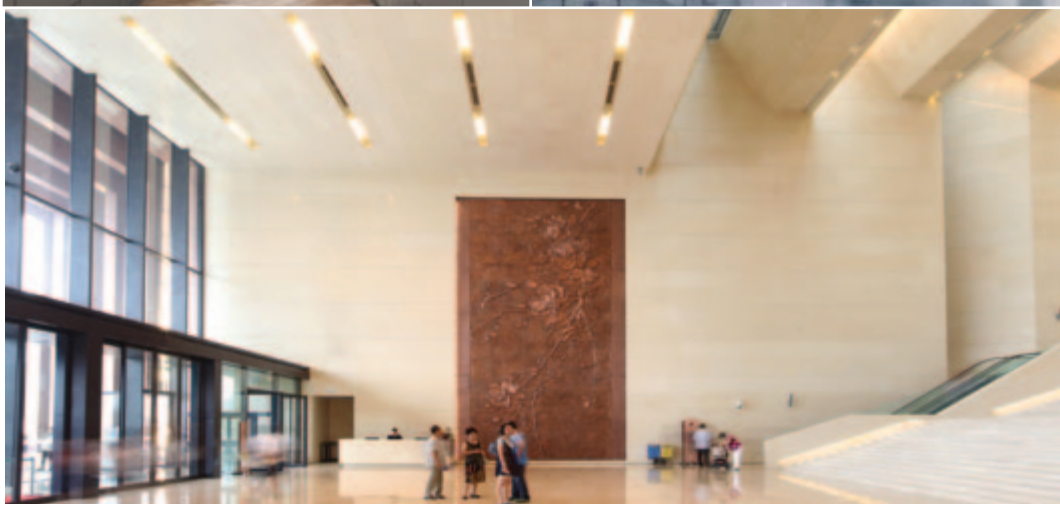












licht.de

Amelia-Mary-Earhart-Str. 12
60549 Frankfurt am Main
Tel. +49 (0)69 63 02-353
Fax +49 (0)69 63 02-400
licht.de@zvei.org
www.licht.de