

licht.wissen 09

Nachhaltig und zukunftsicher sanieren







Editorial



Bis 2045 will unser Land klimaneutral sein. Soll die Energiewende gelingen, muss auch der Immobiliensektor einbezogen werden. Stolze 35 Prozent des Energieverbrauchs in Deutschland entfallen aktuell noch auf den Gebäudebestand. Sanierungen könnten hier also einen beachtlichen Beitrag zu mehr Energieeffizienz leisten. Zumindest theoretisch, denn in der Praxis lag die Sanierungsquote in den vergangenen Jahren bei einem Prozent. Momentan ist sie sogar rückläufig.

Die Erneuerung des Gebäudebestands wird damit zur Herkulesaufgabe. Und sie wird Jahrzehnte dauern. Dabei liegt gerade hier enormes Potenzial – und das beileibe nicht nur im Bereich der Gebäudehülle, auf die sich Politik und Bauwirtschaft jahrelang fokussierten. Denn mit der Sektorkopplung rückt auch ein bisher oft stiefmütterlich behandelte Bereich stärker ins Blickfeld: die technische Gebäudeausrüstung und deren Königsdisziplin, die Gebäudeautomation.

Ganz gleich, ob man das Thema „Beleuchtung im Gebäude“ nun isoliert betrachtet oder Lichtmanagement als wichtige Komponente eines integrierten gebäudetechnischen Systems sieht, ganz gleich, ob es sich bei einer Immobilie um einen Altbau, eine in die Jahre gekommene Produktionshalle oder ein neueres Bürogebäude handelt: Beleuchtung stellt immer eine nicht unerhebliche Stellschraube für mehr Energieeffizienz im Gebäudebereich dar. Und Energieeffizienz beziehungsweise eine nachhaltige Energieversorgung sind nicht erst seit dem Anstieg der Energiepreise wichtige Themen.

Bei der Installation von effizienter Lichttechnik wie auch bei der Sanierung bestehender, in die Jahre gekommener Lichtanlagen stellen die E-Handwerke einen verlässlichen Partner dar – für private Kunden und Hauseigentümer ebenso wie für die gewerbliche Wirtschaft, öffentliche Auftraggeber oder Wohnungsgesellschaften. Denn die professionelle Beratung, die Planung von Lichtanlagen und Beleuchtungskonzepten, deren Installation wie auch die Wartung und Reparatur gehören – ebenso wie Know-how im Bereich „Energieeffizienz“ – zu den Kernkompetenzen unserer rund 48.000 qualifizierten Fachbetriebe.

Ein großer Teil dieser Innungsfachbetriebe ist obendrein auf das Thema „Smart Building“ spezialisiert und besitzt daher viel Erfahrung im Bereich „integrierte Lichtplanung“. Das zeigt sich nicht zuletzt bei den Smart Living Professional Awards, die der Zentralverband der Deutschen Elektro- und Informationstechnischen Handwerke (ZVEH) und die Wirtschaftsinitiative Smart Living alle zwei Jahre im Rahmen der Light + Building verleihen: Hier werden Vorzeigeprojekte ausgezeichnet, die verdeutlichen, was im Bereich des intelligent vernetzten Gebäudes alles möglich ist. Und Licht spielt dabei immer eine ganz zentrale Rolle.

Widmen wir diesem spannenden Thema also die Aufmerksamkeit, die es verdient!

Ihr

Stefan Ehinger
ZVEH-Präsident

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



Deutschland steht vor einer Sanierungswelle
Seite 6



Sanierung mit System
Seite 10



Potenziale erfassen
Seite 14



Handlungsoptionen
Seite 20



Lichtmanagement
Seite 24



Lichtplanung
Seite 30



Licht-Standard

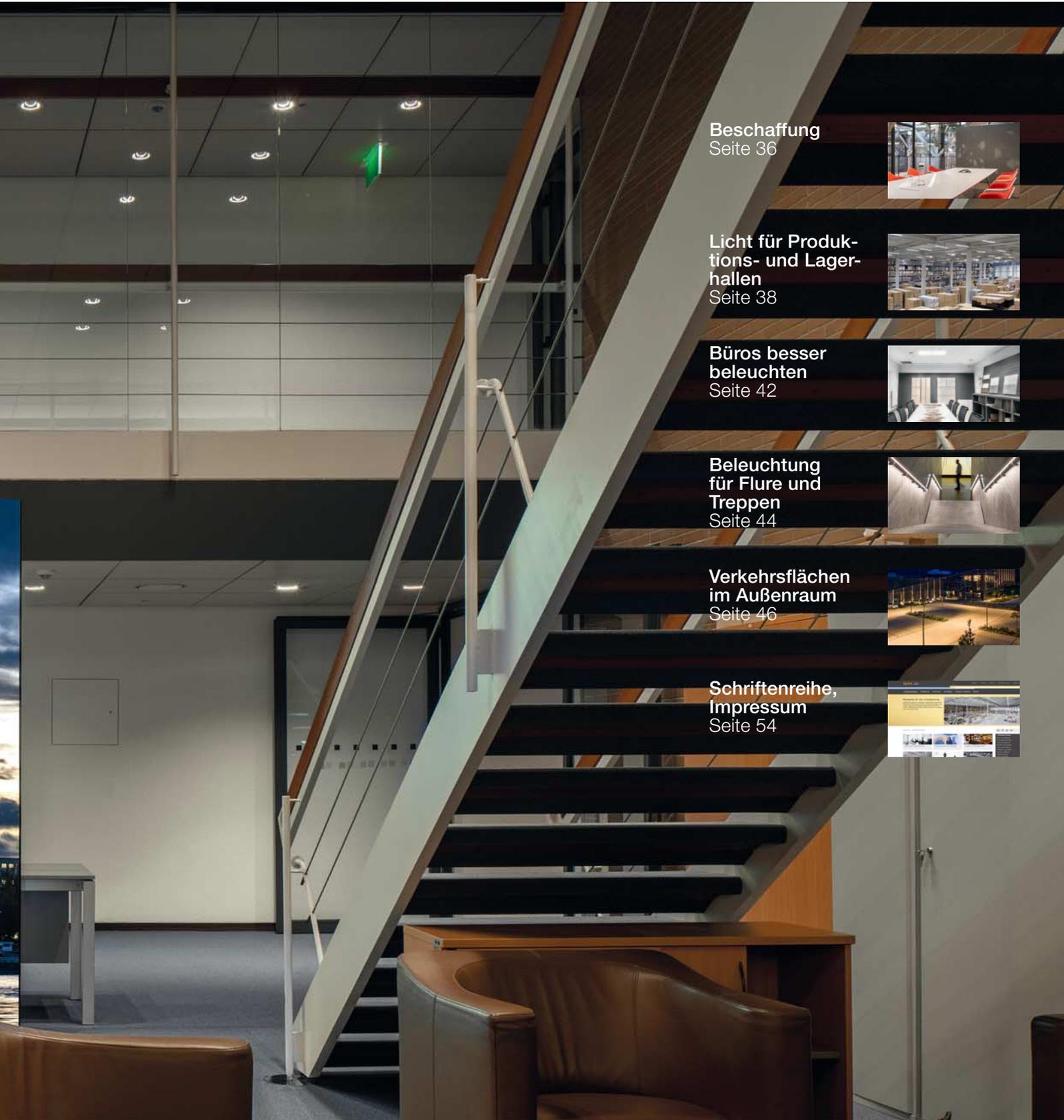
Bestandserfassung

Finanzierung

Seite 18

Seite 34





Beschaffung
Seite 36



Licht für Produktions- und Lagerhallen
Seite 38



Büros besser beleuchten
Seite 42



Beleuchtung für Flure und Treppen
Seite 44



Verkehrsflächen im Außenraum
Seite 46



Schriftenreihe, Impressum
Seite 54



Technische und rechtliche Aspekte

Seite 48



Glossar

Seite 52





Deutschland steht vor einer Sanierungswelle

Konventionelle Lampen sind Auslaufmodelle. Sie verschwinden zwar nicht von heute auf morgen, doch die Vorräte gehen zur Neige. Entsprechend steigt der Sanierungsbedarf bestehender Lichtanlagen in den nächsten Jahren, wenn herkömmliche Leuchtmittel nicht mehr verfügbar sind. Zusätzlich belasten veraltete Anlagen Betriebe mit hohen Energie- und Wartungskosten. In vielen Unternehmen entsprechen zudem Beleuchtung und Lichtqualität nicht mehr den aktuellen Anforderungen und Ansprüchen. Daher ist die Motivation groß, auf nachhaltige und zukunftsfähige Beleuchtungsanlagen umzustellen.

Gesetze der Europäischen Union (EU) haben das sogenannte Lampen-Aus besiegelt. Allein in Deutschland sollen 2021 noch 400 Millionen Leuchtstofflampen im Umlauf gewesen sein, schätzte die Europäische Umweltagentur. Der konsequente Wechsel zu fortschrittlicher Lichttechnik kann den Energiebedarf der Innenbeleuchtung um bis zu 85 Prozent senken, in der Außenbeleuchtung um bis zu 80 Prozent.

Aspekte einer zeitgemäßen Beleuchtung sind:

- Langlebige Qualitätsleuchten mit hoher Lichtausbeute, geringem Lichtstromrückgang über die Zeit, optimierter Lichtlenkung sowie einem Betriebsgerät mit langer Lebensdauer und geringer Ausfallrate
- Licht- und Gebäudemanagementsysteme mit Möglichkeiten, Leuchten ener-

giebewusst einzeln oder in Gruppen unabhängig voneinander zu steuern sowie Tageslicht, Raumbelagung und weitere Sensorfunktionen einzubeziehen

- Lichtplanung für alle Räume mit dem Ziel, die beste Balance zwischen Lichtqualität und Energieeffizienz zu erreichen

Verordnungen und Richtlinien kompakt erklärt

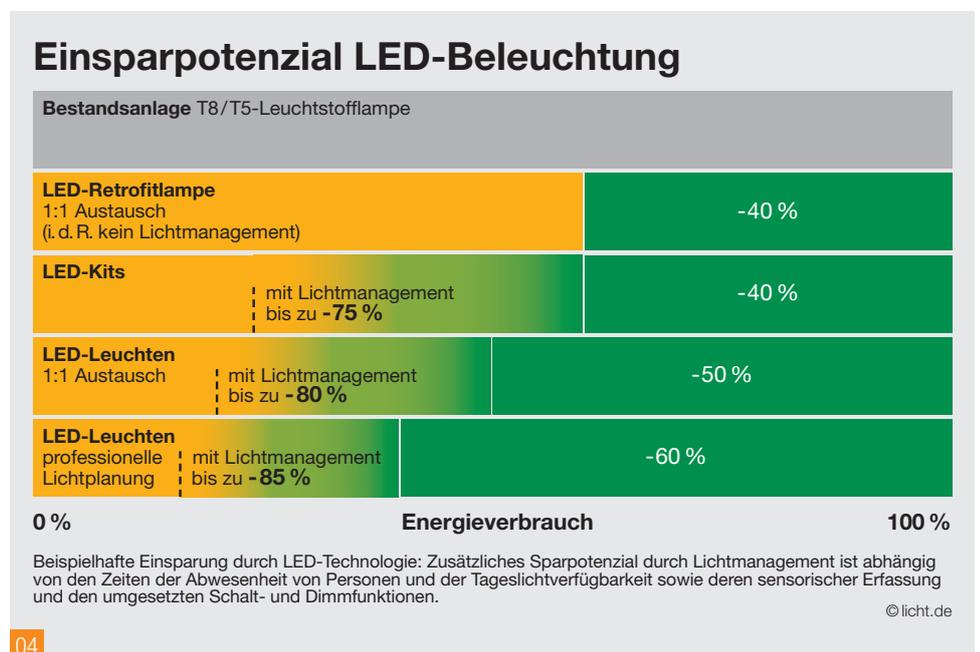
Europa braucht neues Licht. Die Gesetzgebung der EU verfolgt dabei zwei Ansätze: Die Ökodesignverordnung verbietet ineffiziente Produkte mit hohem Energieverbrauch vom Markt. Seit 25. Februar 2023 dürfen Kompaktleuchtstofflampen ohne integriertes Vorschaltgerät nicht mehr in Verkehr gebracht werden. Seit 25. August 2023 gilt das auch für die stabförmigen T8- und T5-Lampen. Für sie greift die Änderung der Regelung zur Einschränkung von

[01] Ein Blick in Büros, Werkstätten und Schulklassen zeigt: Viele Beleuchtungsanlagen sind veraltet. Eine Sanierung senkt den Energieverbrauch nachhaltig, spart Kosten und bringt ein deutliches Plus an Lichtqualität. (Foto: licht.de/Artemide)

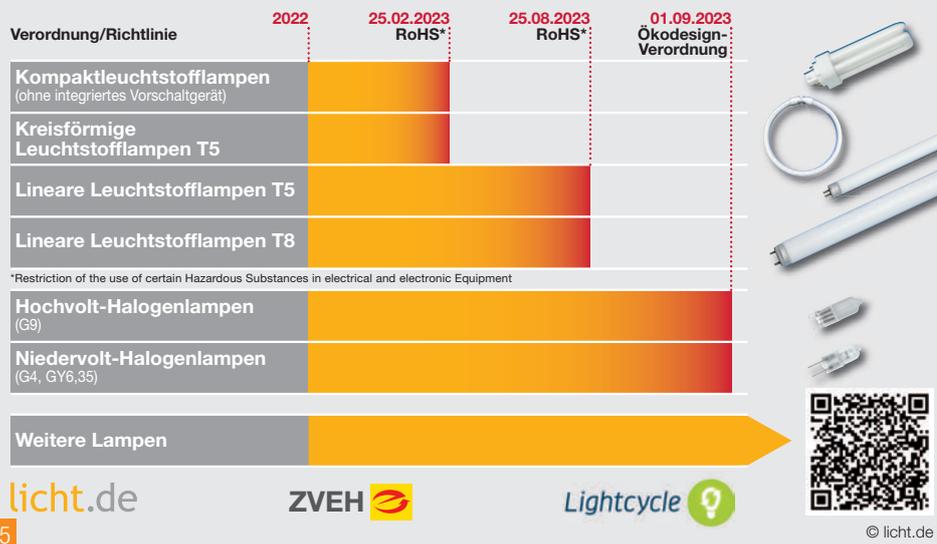
[02] Verschmutzung und Materialermüdung von Lampen, Leuchten und Betriebsgeräten können im Laufe der Jahre zu schlechten Lichtverhältnissen führen. Der Wechsel zu effizienter LED-Beleuchtung verbessert die Lichtqualität bei niedrigen Stromkosten. (Foto: licht.de/Zumtobel, Fotograf Faruk Pinjo)

[03] Auch in Bildungseinrichtungen ist der Sanierungsbedarf enorm. Gerade hier kann eine moderne Beleuchtung die Konzentration fördern und den Schulalltag erleichtern. (Foto: licht.de/Trilux)

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



Ausphasung konventioneller Lichtquellen



einer Beleuchtungsanlage verringert ihren CO₂-Fußabdruck und trägt zur Bekämpfung des Klimawandels bei.

Ein weiterer Aspekt ist die Abfallvermeidung: Hochwertige LED-Produkte haben in der Regel eine viel längere Nutzungsdauer als etwa Leuchtstofflampen und reduzieren somit die Menge an Elektroschrott und den Einsatz neuer Ressourcen für ihre Produktion. Die veralteten Leuchtstofflampen enthalten zudem Schadstoffe wie Quecksilber, die ordnungsgemäß entsorgt werden müssen.

Social – Eine unter Berücksichtigung der menschlichen Bedürfnisse geplante und optimierte Beleuchtung verbessert mit ihrer hohen Lichtqualität die Arbeitsbedingungen und das Wohlbefinden der Belegschaft – und trägt zu ihrer Gesundheit bei. Arbeitgeber profitieren im besten Fall von niedrigeren Fehlerquoten und weniger Krankheitstagen in der Belegschaft.

Governance – Immer mehr Unternehmen unterliegen der oben genannten Berichtspflicht. Nachhaltige Beleuchtungslösungen verbessern das Ergebnis in Bezug auf die CO₂-Bilanz. Im Sinne einer guten Unternehmensführung kann der Umstieg auf aktuelle Lichttechnologien auch ein positives Signal für verantwortungsbewusstes Handeln sein. Unternehmen oder Organisationen, die frühzeitig auf nachhaltige Systeme umstellen, demonstrieren ein starkes Engagement für die Umwelt und verbessern ihre Reputation.

Quecksilber – genauer die EU-Richtlinie 2011/65/EU zur Begrenzung gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten (engl. RoHS – Restriction of the use of certain Hazardous Substances in electrical and electronic Equipment). Die Verwendung von Quecksilber in Entladungslampen für die professionelle Beleuchtung war zuvor jahrzehntelang mit Sondergenehmigungen möglich, die nun schrittweise aufgehoben werden. Darüber hinaus dürfen die meisten Typen von Halogenlampen seit 1. September 2023 nach der Ökodesign-Verordnung 2019/2020/EU nicht mehr in Verkehr gebracht werden.

Umwelt, Soziales und Unternehmensführung

Die Gesetzgebung veranlasst Unternehmen zu Investitionen, die den Klimaschutz unterstützen und möglichst wenig Schadstoffausstoß verursachen. Denn sie müssen zunehmend in Nachhaltigkeitsberichten offenlegen, dass ihre Investitionen und Handlungen mindestens eines der sechs EU-Umweltziele erfüllen: Klimaschutz,

Anpassung an den Klimawandel, nachhaltige Nutzung von Wasserressourcen, Wandel zu einer Kreislaufwirtschaft, Vermeidung von Verschmutzung und Schutz von Ökosystemen sowie Biodiversität. Mit dem Green Deal will die Europäische Union ihre Netto-Emissionen von Treibhausgasen auf null reduzieren und als erster „Kontinent“ bis 2050 klimaneutral werden. Dazu 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 ein Faktor in der transparenten Kommunikation der ESG-Kriterien:

Environmental – Energieeinsparung ist ein wichtiger Beitrag zum Umwelt- und Klimaschutz. Der geringere Energieverbrauch einer aktuellen LED-Beleuchtung reduziert Treibhausgasemissionen, die durch Energieerzeugung verursacht werden. Schließlich wird Strom in vielen Regionen noch immer aus fossilen Brennstoffen wie Kohle oder Erdgas gewonnen. Die Umrüstung

[05] Leuchtstofflampen zur Allgemeinbeleuchtung sind Auslaufmodelle. Schon seit 2023 werden sie in der EU nicht mehr in den Verkehr gebracht. (© licht.de)

Kreislaufwirtschaft im Fokus

Auf EU-Ebene werden langfristig die Anforderungen an Produkte hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit und Kreislauffähigkeit weiter steigen. Zur Kreislaufwirtschaft informiert auch das Umweltbundesamt mit seinen neun Leitsätzen. Umwelt-Produktdeklarationen (Environmental Product Declaration, kurz EPD) nennen Inhaltsstoffe und umweltrelevante Eigenschaften eines Produktes in Form neutraler und objektiver Daten. Diese Angaben decken möglichst alle Auswirkungen ab, die ein Produkt auf die Umwelt haben kann. Dabei wird sein gesamter Lebenszyklus betrachtet. EPD werden auf Basis der Methodik zur Lebenszyklusan-

alyse (LCA) erstellt und bieten damit eine quantitative Grundlage für den Vergleich der Umweltauswirkungen von Produkten und Dienstleistungen. Sie werden gemäß diesen 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), Programmanbieter wie beispielsweise PEPecopassport (PEP = Produkt Environmental Profile) basieren auf diesen Normen.

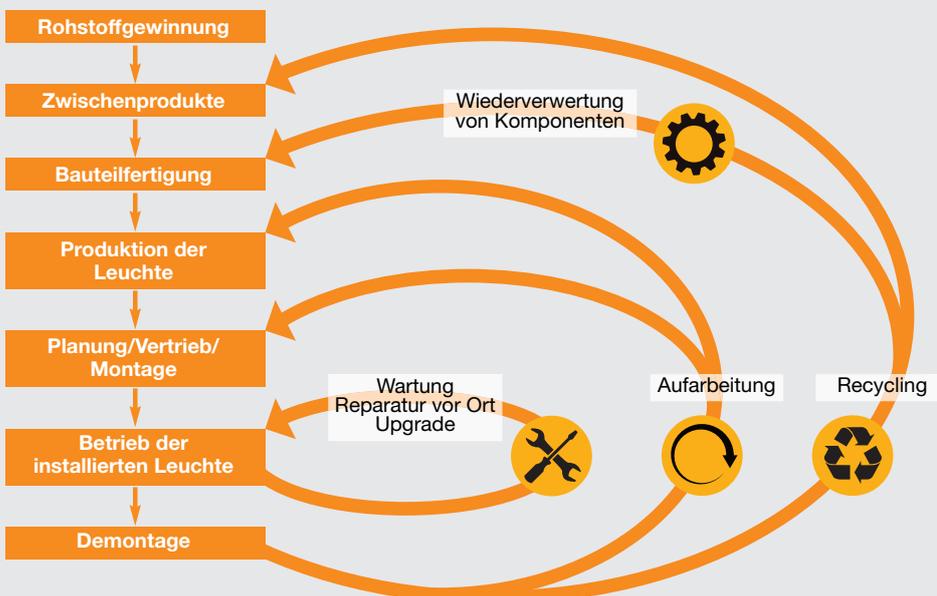
Entsorgung durch Spezialisten

Nach dem Elektro- und Elektronikgerätegesetz (ElektroG) müssen technische Leuchten (Nicht-Wohnraum-Leuchten), die vor März 2006 gekauft wurden, vom Eigentümer oder Nutzer/Betreiber selbst entsorgt werden. Später erworbene Leuchten sind mit dem Symbol einer durchgestrichenen Mülltonne gekennzeichnet. Ihre kostenfreie Rücknahme an den üblichen Annahmestellen der örtlichen Entsorger ist im Auftrag

der Leuchtenhersteller durch spezialisierte Unternehmen (wie den Interseroh-Konzern) organisiert. Für Rücknahme und Wiederverwertung von Leuchtmitteln hat die deutsche Lichtindustrie schon 2006 die Lightcycle Retourlogistik und Service GmbH gegründet. Sie organisiert als Non-Profit-Unternehmen bundesweit die Sammlung ausgedienter Leuchtstoffröhren, Energiesparlampen und LED-Lampen.

[06] Die Grafik beruht auf einer Darstellung der Stiftung Ellen MacArthur Foundation zur Kreislaufwirtschaft. licht.de zeigt hier den gesamten Lebenszyklus einer Leuchte, den eine nachhaltige Lichttechnik berücksichtigt – von der Rohstoffgewinnung über die Produktion bis zur Demontage. Im Sinne der Kreislaufwirtschaft sind die Umweltauswirkungen möglichst gering zu halten.

Leuchten in der Kreislaufwirtschaft



Das beginnt bei der Materialauswahl: Recycelte Materialien oder recycelbare und schadstoffarme Komponenten sollten lange halten und sich schließlich nach Möglichkeit wieder dem Stoffkreislauf zuführen lassen. Die Betriebsphase verlängert sich, wenn Komponenten eine lange Lebensdauer haben, Reparaturen vor Ort oder Upgrades möglich sind. Ist das nicht machbar, sollten Produkte aufgearbeitet werden – etwa durch Austausch der Lichtquelle oder Erneuerung ihres gesamten Innenlebens mithilfe eines Umrüstsatzes.

Am Ende des Lebenszyklus ist es wichtig, Komponenten nach der Demontage möglichst wiederzuverwenden (zum Beispiel Glasscheiben, Metallgehäuse oder Kunststoffe). Letzte Möglichkeit ist die Verwertung. Dafür müssen sich alle Stoffe trennen lassen, wozu Verbundmaterialien nicht geeignet sind. Eine nachhaltige Lichtplanung hat großen Einfluss auf die Leuchtenauswahl, -qualität und -anzahl. Intelligente Lichtsteuerungssysteme verkürzen Einschaltzeiten und tragen zu einem längeren Wartungsintervall bei. (© licht.de)



07

Sanierung mit System

Ein strukturierter Sanierungsprozess hilft, Effizienzpotenziale zu erfassen und Risiken zu minimieren. Er sorgt dauerhaft für eine hohe Lichtqualität und zufriedene Nutzer bei niedrigen Stromkosten für Betreiber.

[07] Für die ausreichende Beleuchtung großer Hallen ist eine Vielzahl an Leuchten nötig – entsprechend gewaltig ist das Energieeinsparpotenzial der Bestandsbeleuchtung. (Foto: licht.de/Signify)

Neue Beleuchtungsanlagen ermöglichen eine Vielfalt nützlicher Funktionen und verbesserter Performance. Mit einem Lichtmanagementsystem lässt sich ihr Licht an die spezifischen Bedürfnisse der Nutzer anpassen. Integriert in die Gebäudeautomation, rechnen sich solche Lichtlösungen schnell als Investition in die Zukunft.

Die sorgfältige Analyse und professionelle Planung sind Basis einer erfolgreichen Beleuchtungssanierung. Sie kann auch im Rahmen einer kompletten Gebäudemodernisierung stattfinden. Arbeiten alle Beteilig-

ten (Planer, Installateur, Bauherr oder Betreiber, Energieberater und gegebenenfalls ein Architekt) frühzeitig zusammen, gelingt der Wechsel zu einer Beleuchtung, die alle Wünsche der Beteiligten erfüllt.

Am Ende des Planungsprozesses entsteht ein zeitlich abgestimmtes Sanierungskonzept, das wirtschaftliche, lichttechnische, nutzungsorientierte und rechtliche Aspekte berücksichtigt. Mit den erfassten und analysierten Daten lässt sich für jeden Bereich des Projektes eine optimale Sanierungsstrategie wählen und umsetzen: So kann



08

die Sanierung alternativ auch abschnittsweise über mehrere Jahre erfolgen. Sie könnte dann zum Beispiel in Räumen oder Gebäudeteilen mit der längsten Betriebszeit beginnen. Oder sie setzt bei Leuchten- und Lampentypen mit dem höchsten Einsparpotenzial an – beziehungsweise jenen, die aufgrund der sogenannten Lampenverbote nicht mehr verfügbar sind.

Schritt 1: Ist-Analyse

Die Projektvorbereitung ist ein unverzichtbarer Bestandteil des Planungsprozesses. Nur von fundierten Ist-Daten lassen sich Lösungsstrategien ableiten und die für den weiteren Planungsprozess notwendigen Informationen schnell und sicher mit den Projektbeteiligten teilen. Wer in diesem Punkt nachlässig ist, riskiert den erfolgreichen Projektverlauf.



09

[08] Stehleuchten bringen im Büro zusätzliches Licht auf die Arbeitsfläche. Sie lassen sich individuell einstellen – je nach Vorlieben des Mitarbeiters. (Foto: licht.de/Waldmann)

[09] In der Kfz-Werkstatt müssen Leuchten so ausgerichtet sein, dass Fahrzeuge von allen Seiten beleuchtet werden. (Foto: licht.de/Trilux)

Eine wesentliche Grundlage jeder Sanierung ist deshalb die Erfassung aller relevanten Daten durch eine systematische Bestandsaufnahme und Anforderungsanalyse.

Zur Ist-Analyse gehören:

- Beschreibung der Gebäude-Topologie und Raumarten (Gebäudepläne, Kataster etc.)
- Betrachtung der Umgebungsbedingungen (Ex-Schutz, Brandschutz, Feuchtigkeit usw.)
- Sicht- und Funktionsprüfung
- Prüfung vorhandener Beleuchtungsstärken (ggf. messen)
- Übersicht erstellen: verbaute Leuchten-, Lampentypen und deren Anordnung, vorhandenes Lichtmanagementsystem (ggf. ursprüngliche Lichtplanung sichten)
- Soll-Ist-Abgleich von Norm und gemessenen Beleuchtungsstärken
- Ermittlung der Betriebsstunden
- Aufstellung der aktuellen Wartungs-, Reparatur- und Energieverbrauchskosten

Schritt 2: Lichtplanung

Die Lichtplanung muss den aktuellen Stand der Technik sowie gültige Normen beachten, den Ist-Zustand einbeziehen und in eine konkrete Beleuchtungslösung überführen.

Dafür ist unter anderem Folgendes zu tun:

- Definition des Lichtkonzepts (siehe Seite 36)
- Festlegung der Sehaufgaben und Tätigkeiten
- Entscheidung für eine Beleuchtungsart (z. B. direkt, direkt/indirekt, Wandaufhellung)
- Auswahl geeigneter Leuchten und Komponenten (siehe Seite 20)
- Ermittlung der notwendigen Anzahl von Leuchten und deren Anordnungen
- Definition des Lichtmanagements (siehe Seite 24)
- Erstellung eines Wartungsplanes
- Berücksichtigung der Betriebskosten für Strom und Wartung (siehe Seite 52)

Wirtschaftlichkeit als Entscheidungsgrundlage

Zur Planung gehört auch eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung (siehe Seite 36). Sie berücksichtigt verschiedene Optionen und vergleicht unterschiedliche Beleuchtungs-

lösungen. Darin sind die Gesamtkosten der Beleuchtungsanlage über den kompletten Betrachtungszeitraum aufzuführen. Bei einem Blick auf alle Kosten über die Lebensdauer fällt auf, dass Anlagen mit einer höheren Anfangsinvestition und damit auch einer längeren Amortisationszeit auf lange Sicht mehr Geld sparen können als solche, die sich schneller amortisieren. Die Amortisationszeit als Entscheidungsparameter liefert deshalb in der Regel nur die einfachste Alternative, jedoch selten auch die beste und langfristig attraktivste Lösung.

Relevante Größen für die Berechnung der Wirtschaftlichkeit sind:

- Investitions- und Finanzierungskosten
- Energiekosten
- Kosten für Reinigung, Wartung und Reparatur
- Entsorgungskosten

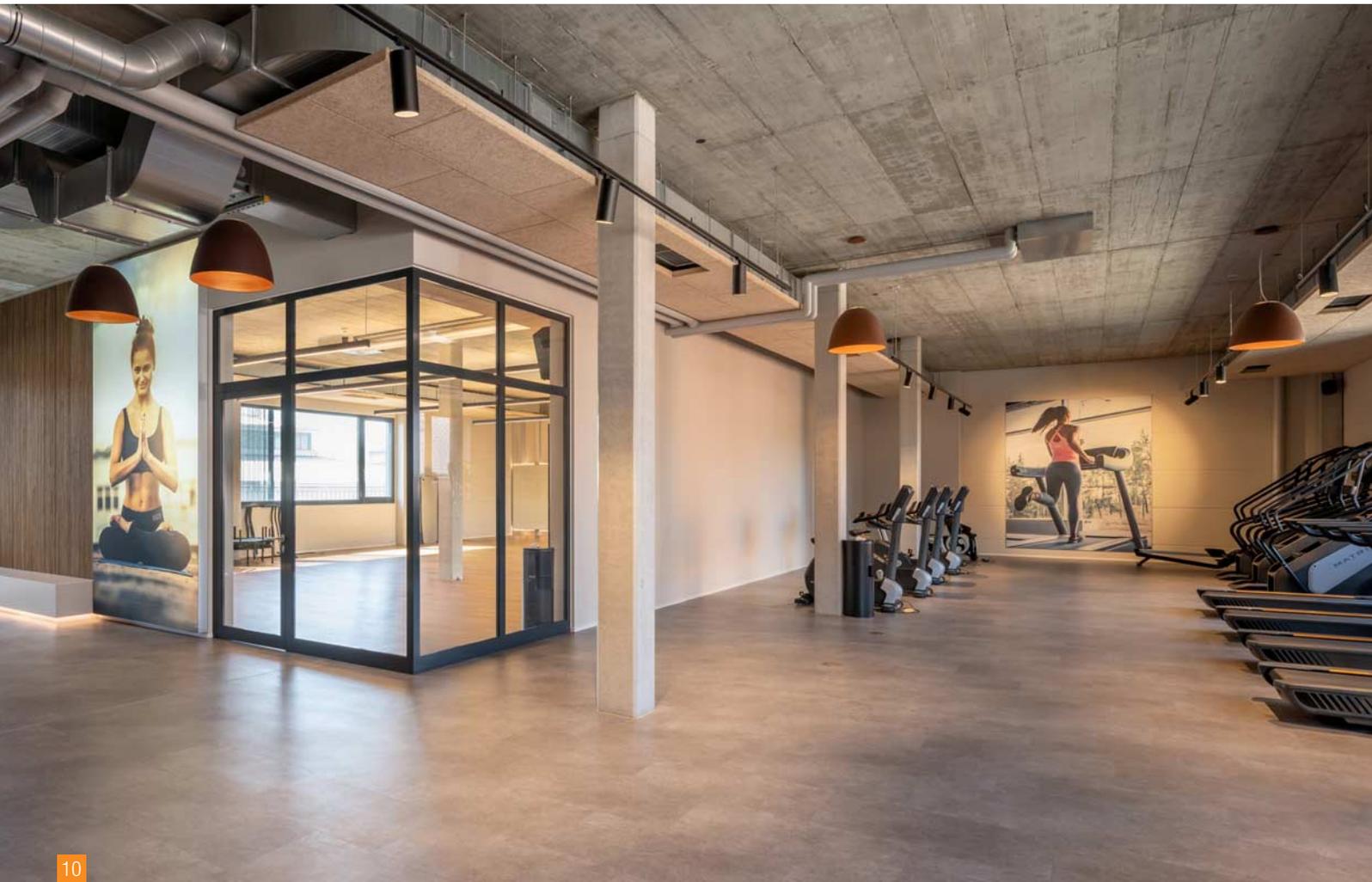
Lange Zeit stand bei Sanierungen vor allem ihre Energieeffizienz im Fokus. Heute wird vielmehr nach der besten Balance zwischen Effizienz und Lichtqualität gesucht. Mit gutem Grund: Gute Sehbedingungen fördern die Konzentration und unterstützen visuelle Leistungen, ob am Schreibtisch oder an der Werkbank, im Kundengespräch oder bei Präsentationen. Umgekehrt wirkt sich eine unzureichende Beleuchtung negativ auf das Konzentrationsvermögen über längere Zeit hinweg aus und die Fehlerquote steigt.

Schritt 3: Finanzierung

Ob Kommune oder Unternehmen: Attraktive Finanzierungskonzepte erleichtern die Entscheidung für eine energieeffiziente Beleuchtung. Modelle können Contracting, Mietkauf, Leasing, Finanzierungshilfen und Förderungen oder Light as a Service sein (siehe Seite 34).

Schritt 4: Beschaffung

Im Gegensatz zu öffentlichen Auftraggebern sind private Unternehmen bei der Beschaffung von Waren und Dienstleistungen nicht an das Vergaberecht gebunden. Eine Orientierung an den vergaberechtlichen Regelungen ist dennoch in vielen Fällen sinnvoll. Das unterstützt auch bei der Sanierung von Beleuchtungssystemen den Entscheidungsprozess und gibt Hinweise auf wichtige Kriterien, wie Lebenszyklus und Wirtschaftlichkeit (siehe Seite 36).



10

Ist-Analyse

Planung

Finanzierung

Beschaffung

Prüfung und Wartung

Schritt 5: Prüfung und Wartung

Die Funktionsfähigkeit der Anlage sollte regelmäßig geprüft und sichergestellt werden. Nach DIN EN 12464-1 gehört zur Lichtplanung auch die Erstellung eines Wartungsplanes mit Wartungszeitpunkten und -tätigkeiten. Das erhöht Lebensdauer und Effizienz einer Beleuchtungsanlage. Daraus lassen sich zudem wertvolle Hinweise und Kennzahlen für zukünftige Projekte gewinnen. Gut also, wenn Wartungsarbeiten dokumentiert und ausgewertet werden (siehe Seite 32).

[10] Für jeden Bereich das richtige Licht: Pendelleuchten für den Kursraum im Sportclub und Strahler sowie Anbau- und Pendelleuchten zum Aufwärm-Training im Gerätebereich. (Foto: licht.de/Artemide)

[11] Angenehmes Licht fördert die Regeneration im Pausenraum. Lineare und runde Pendelleuchten lockern die Atmosphäre auf. (Foto: licht.de/Artemide)



11



Potenziale erfassen

Vor der Sanierung steht die Bestandserfassung. Sie sollte immer das Ziel verfolgen, eine qualifizierte Basis für die jeweils anstehende Entscheidung zu bilden.

Soll die Sanierung aus rein wirtschaftlichen Gesichtspunkten erfolgen, reicht häufig eine Abschätzung der möglichen Einsparpotenziale mithilfe einer Checkliste (siehe Seite 18).

Ist jedoch die Entscheidung von weiteren Faktoren abhängig, sollte die Bestandserfassung umfangreicher sein und strukturiert erfolgen. Nicht nur die systematische Erfassung und Dokumentation von Bestandsleuchten, auch die sorgfältige Analyse der baulichen, technischen, normativen und weiterer Rahmenbedingungen gehören dazu. So können später die Erfolgsaussichten möglicher Handlungsoptionen und die damit verbundenen Kosten qualifiziert abgewogen werden.

Auf der Kostenseite sind es die laufenden Energie- und Wartungskosten, die zur Investition ins Verhältnis zu setzen sind. In Bezug auf die technische Umsetzung ist neben der Ist-Situation auch der Bedarf zu bestimmen – also die Soll-Situation mit allen Anforderungen.

Dabei stehen folgende Fragen im Vordergrund:

- Welche Beleuchtungsaufgaben müssen erfüllt werden (z. B. Sehaufgaben nach DIN EN 12464-1)?
- Entspricht die Beleuchtungsanlage den heutigen lichttechnischen Regeln der Arbeitssicherheit?
- Ist die Beleuchtung lichttechnisch auf dem Stand der Technik?
- Wird die Beleuchtungsanlage den gültigen Anforderungen an die geforderte elektrotechnische Sicherheit in der jeweiligen Anwendung gerecht?
- In welchem Erhaltungszustand befinden sich die Komponenten bezüglich der zu erwartenden Restlebensdauer und Ersatzteilverfügbarkeit?
- Welcher regelmäßige Wartungsaufwand ist für ihren Betrieb erforderlich?

- In welchem Zustand befindet sich die bauliche und installationstechnische Umgebung?
- Wie hoch ist der Energiebedarf für den Betrieb der Beleuchtungsanlage?

Sorgfältig zu erfassen sind zusätzlich immer auch die geometrischen Daten der Beleuchtungsanlage und des Raumes, in dem sie sich befindet. Moderne 3D-Scan-Verfahren helfen, die Immobilie zu digitalisieren, und schaffen eine Datenbasis für die Lichtberechnung.

Die gewonnenen Erkenntnisse machen eine qualitative, technische und kommerzielle Bewertung der (Alt-)Anlage möglich. Neben der Identifizierung kurzfristig erforderlicher Maßnahmen zur Mängelbehebung erlaubt die systematische Gesamtbewertung einer Anlage Rückschlüsse auf den zu erwartenden Aufwand weiterer Maßnahmen und Arbeitsschritte. Sie ermöglicht damit eine professionelle Beratung und Darstellung der Handlungsoptionen sowie der damit verbundenen wirtschaftlichen Auswirkungen.

Messungen zum Ist-Zustand

Bei der messtechnischen Erfassung des Bestands sollten ausschließlich hochwertige professionelle Messgeräte zum Einsatz kommen. Bis auf wenige Ausnahmen weisen einfache Smartphone-Apps häufig signifikante Ungenauigkeiten auf. Informieren Sie sich deswegen vor der Nutzung einer App eingehend über die erwartbare Qualität der Messergebnisse. Insbesondere für lichttechnische Messungen der Beleuchtungsstärke sollte immer ein professionelles Luxmeter verwendet werden. Sensoren in Mobiltelefonen können weder die räumliche Verteilung des Lichteinfalls noch die spektrale Gewichtung der erfassten Strahlung korrekt bewerten.

Zudem ist bei der Messung zu berücksichtigen, in welchem Wartungszustand sich

[12] In hohen Räumen wie einem Hörsaal sind Wartungsarbeiten aufwendig. Langlebige Leuchtmittel reduzieren die Austauschrate und Instandhaltungskosten. (Foto: licht.de/Trilux)



13

die Bestandsanlage befindet. Gegebenenfalls können schon ihre Reinigung und ein Austausch der Leuchtmittel die gemessenen Beleuchtungsstärkewerte verdoppeln. Nur unter definierten und geprüften Randbedingungen können die Erfordernisse einer Sanierung und ihr Einsparpotenzial verlässlich beurteilt werden.

Alle Daten dokumentieren

Alle ermittelten Daten sollten elektronisch erfasst und abgelegt werden (mindestens Tabellenform). So können sie ohne großen Aufwand ergänzt oder ersetzt werden und ergeben immer ein aktuelles Bild. Das ist besonders bei größeren Vorhaben hilfreich, die in mehreren Schritten und über mehrere Jahre hinweg umgesetzt werden. Auch die genutzten Checklisten sollten in elektronischer Form im Projektordner gespeichert

werden, um später erneut prüfen und die Ergebnisse miteinander vergleichen zu können.

Checklisten helfen bei der Strukturierung

Für Planer und Installateure sind standardisierte Checklisten effektive Arbeitsinstrumente für eine zeitsparende und strukturierte Analyse. Sie helfen im Beratungsverlauf, Einsparpotenziale zu identifizieren und Maßnahmen nicht nur objektiv – leistungsbezogen wie wirtschaftlich – zu vergleichen, sondern für Auftragnehmer und Auftraggeber auch übersichtlich, lückenlos und rechtsverbindlich zu dokumentieren.

Checklisten sind äußerst praktikabel und strukturiert. Sie lassen sich kundenbezogen und anwendungsspezifisch modifizieren.

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



14

ren, denn in Projekten für Büro, Shop, Industrie, Handwerk oder Schule sind für Selbstnutzer oder Generalunternehmer ganz unterschiedliche Parameter von Bedeutung.

[14] Im Flur der geriatrischen Abteilung hilft biologisch wirksames Licht Senioren zu einem ausgeglichenen Tag-/Wach-Rhythmus: Morgens aktiviert kühles Licht, ab dem Mittag nimmt die Beleuchtungsstärke langsam wieder ab und die Lichtfarbe wird wärmer. (Foto: licht.de/Waldmann)

[15] Stilvoll restauriert: Die historischen Leuchten von 1912 sind anstelle von Halogenlampen nun mit modernen LED bestückt. (Foto: licht.de/Zumtobel, Fotograf Faruk Pinjo)



15

Bestandserfassung

Einsparpotenzial ermitteln

Verbraucht eine Anlage zu viel Energie, können die technische Qualität und der Optimierungsbedarf ermittelt werden. Diese praktische Arbeitshilfe wird mit nur wenigen Klicks ausgefüllt und gibt direkt eine Empfehlung. Entstanden ist die Checkliste „Einsparpotenzial ermitteln“

in Kooperation von licht.de und ZVEH (Zentralverband der Deutschen Elektro- und Informationstechnischen Handwerke) mit Unterstützung des VEG (Bundesverband des Elektro-Großhandels).



Download der Arbeitshilfe

licht.de

Checkliste: Einsparpotentiale identifizieren

Name des Kunden:

Adresse/Objektname:

Erfasser:

Wie effizient arbeitet Ihre Beleuchtungsanlage ?

*Auch wenn nur ein Kreuz gesetzt ist, gibt es Einsparpotenziale!
Sind mehrere Punkte erfüllt, steigen die Sparmöglichkeiten.*

Ist die Anlage älter als 10 Jahre ? Ja

Beträgt die jährliche Betriebsdauer mehr als 2.500 Stunden
bzw. die tägliche Betriebsdauer ≥ 10 Stunden ? Ja

Gibt es in der Anlage noch Lampen, die mittlerweile EU-weit verboten sind,
z.B. Glühlampen oder Quecksilberdampf-Hochdrucklampen ? Ja

Sind die Leuchten noch mit konventionellen Betriebsgeräten
(Trafos, Vorschaltgeräte) aus Metall / Kupfer ausgestattet ? Ja
(Hinweis: Leuchtstofflampen mit konventionellen Vorschaltgeräten erkennen Sie, indem Sie ein Bild der Leuchte mit Ihrem Handy machen. Erscheinen Streifen im Kamerasucher, handelt es sich um konventionelle Betriebsgeräte.)

Bestehende Lichtanlagen

Mit dem Erfassungsbogen (online ausfüllbar) werden alle in einem Gebäude vorhandenen Lichtsysteme zentral und vergleichbar dokumentiert. Die ausführliche Liste erfasst auch ergänzende Angaben, wie beispielsweise Projektdaten, laufende Sanierungsprogramme und Informationen

zur Anlagenwartung. Sie kann lokal auf dem eigenen Rechner gespeichert werden.



Download Lichtaudit



2/24/25 Drucken Reset Seite 1 von 6 << < > >>

Lichtaudit Basisfragen

Kunde

Firma _____
Ansprechpartner _____
E-Mail _____
Telefon / Mobiltelefon _____
PLZ / Ort _____
Straße / Hausnummer _____

Projekt

Wie hoch ist Sanierungsbudget ?	_____ €	Was soll erstellt werden?	<input type="checkbox"/> Angebot	Angebot soll auch enthalten:
Projektpotential insgesamt	_____ €	<input type="checkbox"/> TCO-Berechnung	<input type="checkbox"/> Garantieverlängerung	Zeitraum: _____
Projekt befindet sich in der Startphase	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> Lichtberechnung	<input type="checkbox"/> Wartungsvertrag	<input type="checkbox"/> Finanzierung
Strompreis	_____ 0,3 € / kWh	<input type="checkbox"/> Bemusterung	_____	_____
Anzahl Wettbewerber	_____	<input type="checkbox"/> Referenztermin	_____	_____
Jährliche Stromkosten	_____ €	<input type="checkbox"/> Visualisierung	_____	_____
Jährliche Wartungskosten	_____ €			
Anteil Licht am Gesamtverbrauch	_____ %			
Betrachtungszeitraum für TCO	_____ Jahre			
Angebot bis zum Datum	_____			
geplanter Sanierungsbeginn Monate	_____			

Gebäude

Gebäudebezeichnung _____
Gebäudenutzung _____
Büro - Verwaltung - Industrie - Hotel - Shop - Krankenhaus - Altersheim - Schule - Kindergarten - Gewerbe - Handel - Logistik - kommunale Einrichtung

Anzahl der Mitarbeiter _____ davon, Alter > 50 Jahre <10% 10 bis 25% >25%

Bauvorhaben Neubau Sanierung

Eigentumsverhältnis Eigentum Miete Pacht **Laufzeit Jahre:** _____

Gesamtgröße _____ m²

Handlungsoptionen

Technischer Fortschritt und gesetzliche Regelungen zum Aus der Entladungslampen bewegen zum Umstieg auf LED. Der Vorrat an Leuchtstofflampen ist nicht unbegrenzt und ein weiterer Betrieb solcher Beleuchtungsanlagen schon aus wirtschaftlichen Gründen nur bedingt sinnvoll. Deshalb heißt es, aktiv werden. Dafür stehen vier Handlungsoptionen zur Verfügung. Technologisch ergeben sich jeweils verschiedene lichttechnische Ergebnisse und unterschiedlich große Energiesparpotenziale. Je nach Befund der Bestandsaufnahme muss die Entscheidung im Einzelfall getroffen werden.

LED-Austauschlampen



Eine Austauschlampe für Bestandsleuchten wird als Retrofitlampe bezeichnet – dabei handelt es sich üblicherweise um eine LED-Lichtquelle. Ist zu ihrem Betrieb jedoch ein Eingriff in den elektrischen Aufbau der Leuchte erforderlich (etwa die Deaktivierung des Vorschaltgerätes), sprechen wir nicht mehr von Retrofit-, sondern von Konversionslampen. In beiden Fällen ist eine detaillierte Planung angebracht und vorab zu prüfen, ob alle aktuellen Anforderungen (Errichtungsbestimmungen und Arbeitssicherheit) eingehalten werden können.

Zudem kann es sein, dass Materialien von Bestandsleuchten durch lange Betriebszeiten gealtert sind. Dann muss geklärt werden, ob noch Ersatzteile lieferbar sind. Möglicherweise bringen LED-Austauschlampen einen Mehrwert, weil sie etwa Dimmen oder automatisierte Lichtmanagementfunktionen ermöglichen.

■ **Retrofitlampe**

Der Einsatz von Retrofitlampen bedeutet per Definition keine bauliche Veränderung an der Leuchte. Den Lampentausch dürfen grundsätzlich auch Laien vornehmen. Die Retrofitlampe muss jedoch für die Schaltungsart der bestehenden Leuchte geeignet sein (zum Beispiel Tandem-Schaltung). Bei Leuchten mit eingebautem elektronischen Vorschaltgerät (EVG) müssen zudem Betriebsgerät und Lichtquelle kompatibel sein (siehe Angaben der Lampenhersteller).

■ **Konversionslampe**

Von Konversion ist die Rede, wenn die Leuchte baulich verändert werden muss.

Beispielsweise können Konversionslampen für Netzspannung nach dem Umbau der Leuchte direkt ohne Betriebsgerät an ein Versorgungsnetz mit 230 Volt Netzspannung und 50 Hertz Frequenz verwendet werden. In anderen Fällen sind Vorschaltgeräte in die Leuchte einzubauen, die für den Betrieb von LED-Konversionslampen geeignet sind, und die Innenverdrahtung muss angepasst werden.

Vor der Umrüstung muss die verantwortliche Person grundsätzlich eine Risikobewertung durchführen und dabei zunächst feststellen, ob eine „wesentliche Veränderung“ vorliegt. Wenn nicht, kann er ohne neue CE-Kennzeichnung umrüsten (siehe Seite 49).



Weitere Informationen finden Sie im ZVEI-Whitepaper „Umrüsten von Leuchten“, 2024.



Umbau- und Sanierungskits



Als Umbau- oder Sanierungskits werden ganze Leuchteneinsätze bezeichnet. Im Gegensatz zur Konversion erfordern

sie keinen Eingriff in die elektrische Schaltung, sondern ersetzen sie vollständig. Neben der elektrischen Funktionseinheit können Umbaukits weitere Komponenten beinhalten, wie zum Beispiel Befestigungselemente oder optische Komponenten. Leuchtenkörper und eventuell weitere Komponenten bleiben erhalten. Das kann vorteilhaft sein, um etwa ein spezielles Leuchtdesign zu bewahren. Bei Bedarf können mit Umrüstsätzen auch Dimmbarkeit und automatisierte Lichtmanagementfunktionen realisiert werden. Es gibt universelle und leuchtenspezifische Umbaukits:

- **Leuchtenspezifische Umrüstsätze**
wurden für eindeutig benannte Bestandsleuchten entwickelt. Sie sind auf deren Anforderungen und Eigenschaften abgestimmt. Zusatzfunktionen (zum Beispiel die Luftdurchführung bei Abluftleuchten) können unter Umständen beibehalten werden. Die Planung muss sicherstellen, dass anhand der technischen Daten alle aktuellen Anforderungen eingehalten werden, etwa verfügbarer Lichtstrom oder die Lichtverteilung. Ursprungshersteller können bei Bedarf Ersatzteile wie Abdeckwannen oder Dichtungen bereitstellen.
- **Universelle Umrüstsätze**
Der Umrüster muss zusätzlich zur oben erwähnten Planungstätigkeit auch im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung die Gewährleistung der allgemeinen Kompatibilität prüfen.

Leuchtentausch



Eine weitere Option ist der 1:1-Austausch der gesamten Bestandsleuchte gegen eine neue LED-Leuchte. Auch in

diesem Fall ist eine Planung erforderlich. Zusätzlich muss die bauliche Situation für die Montage der neuen Leuchte berücksichtigt werden, wie passende Befestigungselemente oder verfügbarer Deckenraum für Einbauleuchten.

Für neue Leuchten stehen vollständige technische Spezifikationen, Dokumentationen und lichttechnische Datensätze zur Verfügung. Der Hersteller übernimmt Gewährleistung sowie gegebenenfalls das Einholen von Zulassungen (in der Lebensmittelproduktion zum Beispiel HACCP – Hazard Analysis and Critical Control Points) und Zertifikaten (etwa des Sicherheitszeichens ENEC – European Norm Electrical Certification).

Die Praxis zeigt, dass bauliche Rahmenbedingungen, wie marktübliche Deckensysteme, seit Jahrzehnten sehr beständig sind. Deswegen sind für den 1:1-Austausch in den meisten Fällen Serienleuchten in den aktuellen Produktprogrammen der Hersteller verfügbar – mit den heute üblichen technischen Ausführungen: dimmbar, veränderliche Farbtemperatur, erhöhter Lichtstrom und optimierte Lichtstärkeverteilung, integriertes Lichtmanagement und so weiter. Sonderanfertigungen sind in der Regel nicht erforderlich.

Neukonzeption der Beleuchtungsanlage



Eine Neukonzeption ermöglicht es, die Beleuchtung gemäß heutigen technischen Spezifikationen und Lösungskonzepten frei zu planen – ohne auf den Bestand,

seine Anordnung, Bauform, Montageart und gegebenenfalls weitere technische Gegebenheiten Rücksicht nehmen zu müssen. Anstelle der klassischen gleichmäßigen Verteilung der Leuchten kann beispielsweise eine zonale Anordnung gewählt werden: Sie konzentriert das Licht auf den Arbeitsbereich, eröffnet gestalterische Möglichkeiten und spart Energie.

Der Übergang zur LED-Technologie hat lichttechnische Innovationen mit sich gebracht. Im Vergleich zu früheren Techniken ergeben sie in vielen Praxissituationen große Optimierungsspielräume. Die Leuchten können im besten Fall in einem größeren Abstand zueinander positioniert und ihre Anzahl deutlich reduziert werden. Dafür muss jedoch ihre Lichtverteilung speziell optimiert sein – beispielsweise bei der Beleuchtung von Verkehrsflächen, wie Fluren oder Parkgaragen.

Lichtberechnungsprogramme helfen im Planungsprozess, die spezifischen Daten der Leuchtenvarianten detailliert zu bewerten und dann gezielt einzusetzen, damit alle Potenziale voll ausgeschöpft werden.

[16] Der Lampentausch ist die erste von vier möglichen Umrüstooptionen. (Foto: licht.de/Signify)



17



18

[17] Retrofitlampen können als 1:1-Ersatz oder mit Umrüstung zum Einsatz kommen (= Konversionslampen, z. B. bei Abklemmen, Ausbau, Austausch der Betriebsgeräte). Die Kompatibilität bzw. lichttechnische Eignung ist sicherzustellen.

1) T8 LED-Lampe; 2) T5 LED-Lampe;
3) LED-Ringlampe; 4) E40 LED-Lampe mit Glaskolben klar; 5) E40 LED-Lampe mit Glaskolben matt; 6) LED-Kompaktlampe

mit Kunststoffkörper; 7) LED-Kompaktlampe mit Glaskolben; 8) LED-Kompaktlampe in flacher Bauform (© licht.de)

[18] Leicht zu montieren: Die konventionelle Lampe wird durch ein maßgeschneidertes LED-Sanierungs-kit ausgetauscht. Der Leuchtenkörper und das optische System werden weiter genutzt. (Foto: licht.de/Trilux)



[19+20] Für den direkten Austausch von Altleuchten durch effiziente LED-Leuchten sind in den meisten Fällen Serienleuchten verfügbar. (Foto: licht.de/Trilux)

[21] Bei einer Neukonzeption der Beleuchtung können Lichtplaner alle Optimierungsspielräume ausschöpfen. Objektspezifische Anforderungen werden dabei bestmöglich abgedeckt und mit intelligentem Lichtmanagement umgesetzt. (Foto: licht.de/Signify, Rendering: Trilux)



22

[22] Gutes Licht erleichtert in Bibliotheken die Orientierung, schafft gute Sicht an den Bücherregalen und macht den Aufenthalt angenehmer. (Foto: licht.de/ Zumtobel, Fotograf Jens Ellensohn)

DALI

Die digitale Beleuchtungsschnittstelle DALI (Digital Addressable Lighting Interface) ist eine gängige Schnittstelle für professionelle Beleuchtung und wurde für den Gebrauch in der Gebäudeinstallationstechnik entwickelt. Sie hat große Installationsvorteile gegenüber anderen Schnittstellen: der einfache, verpolungssichere Anschluss der DALI-Teilnehmer und die Leitungsführung in einer gemeinsamen Mantelleitung mit der Netzversorgung (230 V, 5-aderige NYM-Leitung).

Diese Schnittstelle dient der sicheren und störungsunempfindlichen Kommunikation zwischen einem Steuergerät, Sensoren, Bedientastern und mehreren zu steuernden Betriebsgeräten. Auch Rückmeldungen von Fehlfunktionen und Betriebsdaten können über die DALI-Schnittstelle erfasst werden. Es werden zwei Kommunikationsprinzipien unterschieden:

- **DALI Broadcast (Direct DALI)** – alle Teilnehmer folgen gemeinsam einem Steuersignal.
- **DALI Adressierbetrieb** – jeder Teilnehmer bekommt eine Individualadresse, wird einer oder mehreren Gruppen zugeordnet und folgt den adressierten Steuersignalen.

Immer wichtiger werden Anwendungen für eine dynamische Beleuchtung, inklusive dem Aufruf vordefinierter Lichtszenen. Zusätzlich zur Helligkeit ist bei DALI auch die Ansteuerung der Farbtemperatur einfach und standardisiert. Das Betriebsgerät der Leuchte muss jedoch darauf ausgelegt sein.

Eine Weiterentwicklung des Standards für Funk-Anwendungen ist DALI+. Bei Renovierungen kann DALI+ ohne zusätzliche Leitungsverlegung genutzt werden.

Lichtmanagement: Der Schlüssel zu mehr Qualität, Effizienz und Komfort

Die Kombination von LED und Lichtmanagement ergibt intelligente Lichtlösungen, die effizient, bedarfsgerecht und komfortabel sind. Das lässt sich auch für die Beleuchtungssanierung nutzen.

Einfaches „An“ und „Aus“ war gestern. Lichtmanagementsysteme bringen das richtige Licht an den richtigen Ort – zum richtigen Zeitpunkt und in der richtigen Intensität. Beleuchtung kann heute spezielle Anforderungen und persönliche Bedürfnisse immer besser erfüllen: ob hohe Beleuchtungsstärken für anspruchsvolle Sehaufgaben, eine präsenzgesteuerte Beleuchtung in Durchgängen oder wählbare Lichtszenen wie „Workshop“ und „Präsentation“ in Besprechungsräumen.

Die Anforderungen an ein modernes Lichtmanagement sind vielfältig und können je nach Anwendung sehr unterschiedlich sein. In großen Gebäuden können die Funktionen des Lichtmanagements zentral von Komponenten eines vorhandenen Gebäudemanagements übernommen werden. Der Trend geht jedoch zu immer mehr Intelligenz in der einzelnen Leuchte: von der lokalen

Lichtregelung am Arbeitsplatz oder dem gesamten Raum bis zu einer gebäudeübergreifenden Vernetzung der Systeme (auch unabhängig vom Gebäudemanagement möglich).

Bei der Planung von Beleuchtung und Lichtmanagement sind alle Beteiligten möglichst frühzeitig einzubinden, damit die Komponenten optimal ausgelegt werden, alle gewünschten Funktionen vorhanden sind und das System den größtmöglichen Nutzen bietet. Beteiligte können je nach Projekt etwa Auftraggeber, Architekt, Lichtplaner, Elektroplaner, Elektroinstallateur, Leuchtenhersteller oder auch der Nutzer sein.

Bei einer Sanierung ist vorab zu überlegen, ob

- eine bestehende Leitung zur Lichtsteuerung genutzt werden kann (z. B. als Tastersignal)

Viele gute Gründe

Es gibt viele gute Gründe für den Einsatz von Lichtsteuerungen:

- **Effizienz steigern:** Durch Dimmen und Schalten lässt sich der Energieverbrauch der elektrischen Beleuchtung optimieren. Bei ausreichendem Tageslicht ist nur wenig elektrische Beleuchtung erforderlich (Tageslichtergänzung). Brauchen Menschen kein oder wenig Licht, kann es gedimmt oder ganz ausgeschaltet werden.
- **Lichtqualität steigern:** Licht inszeniert Räume im Innen- und Außenbereich. Die Beleuchtung kann individuell angepasst und optimiert werden – entsprechend den eigenen Vorstellungen und allgemeinen Anforderungen an die Sehaufgabe.
- **Höhere Sicherheit:** Sicherheitsbeleuchtung kann integriert und effizient überwacht, gesteuert und betrieben werden.
- **Mehr Flexibilität:** Durch Parametrierung können Leuchten gruppiert, Lichtszenen erstellt und an die Nutzungsbedingungen angepasst werden. So kann bei Bedarf schnell und flexibel auf arbeitsorganisatorische und räumliche Veränderungen reagiert werden.
- **Intelligentes Lichtmanagement** bringt zugleich mehr Nachhaltigkeit in die Beleuchtung – unter anderem halten Lichtquellen länger und unnötige Lichtimmissionen werden vermieden.

- eine zwei-adrige Steuerleitung (DALI) bei der Elektroinstallation nachgerüstet werden kann
- eine drahtlose Steuerung über Funk infrarot kommt

Zu diesen Zwecken können Sensoren integriert und Steuerkonzepte verwirklicht werden:

- Über Tageslichtsensoren wird die künstliche Beleuchtung automatisch auf das vorhandene Tageslicht abgestimmt. So lässt sich gegenüber Altanlagen aus den 80er-Jahren bis zu 85 Prozent Energie einsparen – bei viel besserer Lichtqualität.
- Präsenzmelder und Bewegungssensoren aktivieren die Beleuchtung immer dann, wenn ein Raum oder eine Raumzone genutzt werden. Licht kann bei Abwesenheit entweder auf niedriger Dimmstufe in Betrieb bleiben oder abgeschaltet werden. Bei Anwesenheit wird es wieder auf 100 Prozent gesteuert –

ein wirksames Mittel gegen unnötigen Stromverbrauch.

- Mit einem Klick können gespeicherte Lichtszenen die Beleuchtung rasch an wechselnde Anforderungen anpassen und nachjustieren – eine praktische Lösung zum Beispiel im Büro, Schulbetrieb oder in der Gastronomie.
- Mit Steuerung wird Licht dynamisch: Helligkeit und Lichtfarben lassen sich automatisch oder manuell variieren. Beispielsweise können damit in der Shop-Beleuchtung interessante Effekte realisiert werden. Diese Dynamik erlaubt darüber hinaus auch eine Beleuchtung nach dem Human-Centric-Lighting-Konzept (HCL).



Hinweise zur Planung von Beleuchtung nach dem HCL-Konzept gibt licht.wissen 21 „Leitfaden Human Centric Lighting (HCL)“.

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

[24] Auch in Bibliotheken kann Tageslicht genutzt und künstliche Beleuchtung reduziert werden. (Foto: licht.de/Zumtobel, Fotograf Faruk Pinjo)



Lichtmanagementsysteme gibt es als Stand-Alone-Lösung für einen Raum und als Teil einer Gebäudesteuerung. Dabei stellt ein Gateway die Verbindung zwischen der Beleuchtung und Gebäudesteuerung her. Stand-Alone-Systeme werden häufig mit einem mobilen Endgerät und einer App in Betrieb genommen, angepasst und geändert. Die Systeme sind in der Regel einfach zu konfigurieren und können auch von eingewiesenem Personal angepasst werden.

Vorab sollte geprüft werden, ob das System in ein lokales IT-Netzwerk eingebunden werden soll. Die Integration in ein lokales Netzwerk oder in ein Gebäudemanagement ermöglicht weitere Funktionen, zum Beispiel das Übertragen von Betriebsdaten in eine Cloud oder Fernwartung. Vorteile sind:

- Einfache Anpassung der Beleuchtungsanlage über Distanz
- Monitoring von Betriebsdaten für die Geräteüberwachung und Energiemanagementsysteme

- Bessere Planbarkeit der Wartungsarbeiten
- Vermeidung von Anfahrts- und Arbeitszeiten durch Diagnose- und Wartungsmöglichkeiten aus der Ferne
- Turnusmäßige Prüfungen (z. B. Notbeleuchtung)

Wireless – drahtlos komfortabel

Drahtlose Steuerungen von Lichtsystemen über Funk sind heute in vielen Anwendungen hinsichtlich ihrer Funktionalität und Bedienung gleichwertig zu drahtgebundenen Systemen. Gerade bei Renovierungen ist das ein großer Vorteil, weil die aufwendige Verlegung zusätzlicher Leitungen entfällt.

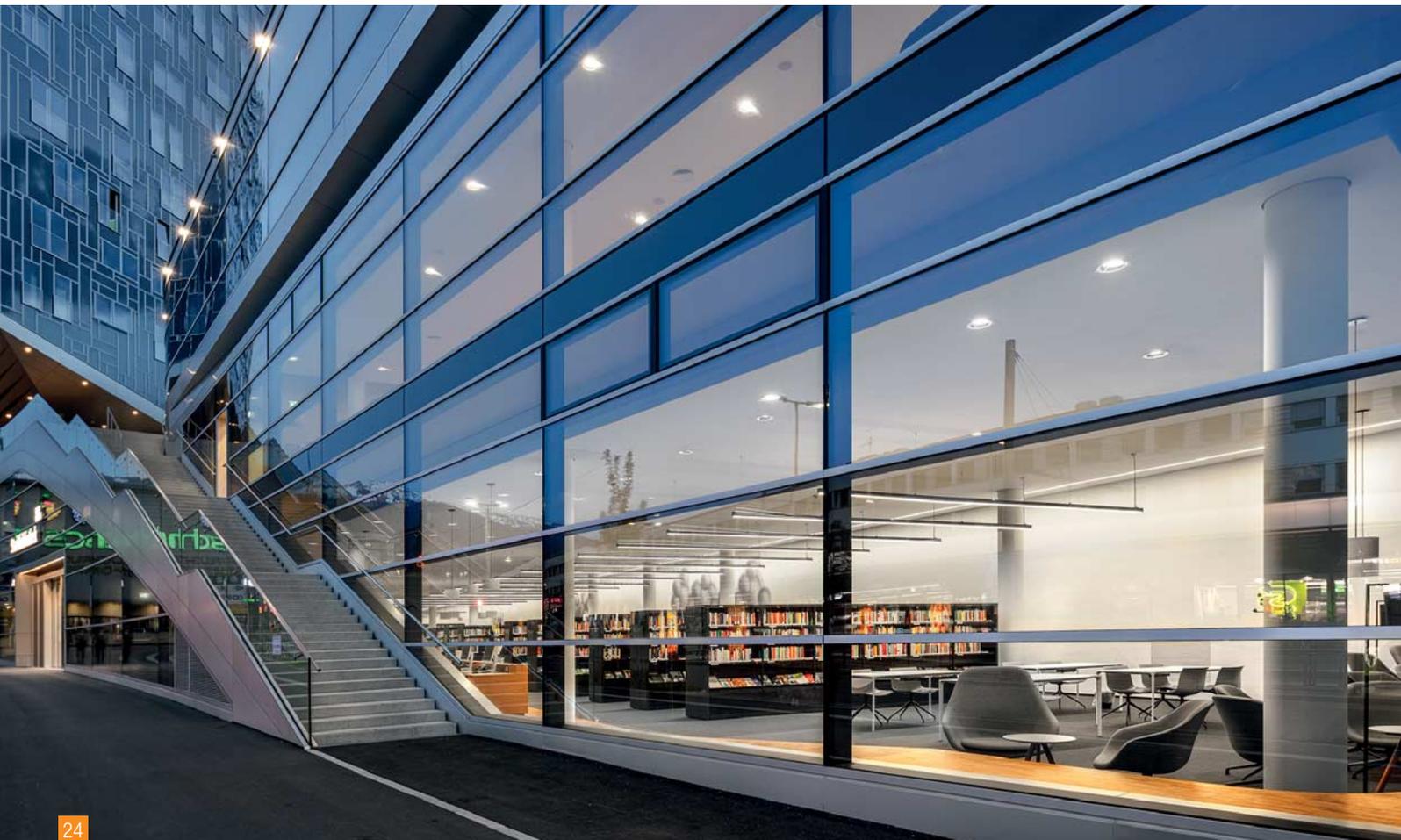
Meist basieren Wireless-Systeme auf einer Bluetooth- oder ZigBee-Verbindung zwischen den Teilnehmern innerhalb der Beleuchtungsanlage. Dies können Lampen, Leuchten, Sensoren, Taster oder Gateways zu übergeordneten Systemen sein. Sensoren lassen sich auch in Leuchten integrieren.

Ziele entscheiden über Strategie

Mit welchen Strategien erreicht ein Lichtmanagementsystem sinnvolle Ziele? Dafür ist es wichtig, zunächst diese Ziele zu definieren und ihre Akzeptanz bei Nutzern zu prüfen. Die Internationale Beleuchtungskommission CIE ordnet im Technischen Report „CIE 222:2017 Decision Scheme for Lighting Controls in Non-Residential Buildings“ 14 Steuerungsmöglichkeiten zwei maßgeblichen Zielen zu:

Ziel 1: Energie effizient nutzen

- 1) Individuell ein- und ausschalten:
Diese einfachste Form setzt einen Schalter voraus, der sich in der Nähe zur Person befindet. Viele Menschen schätzen diese Möglichkeit zwar, nutzen sie allerdings häufig nicht.
- 2) Tageslichtsteuerung – automatische Schaltfunktion:
Für automatisches Ein- und Ausschalten liefert ein Stellsignal die Menge des über einen Sensor gemessenen Tageslichts.



- 3) Tageslichtsteuerung – halbautomatische Schaltfunktion:
Für automatisches Aus- und manuelles beziehungsweise individuelles Einschalten sind ein Tageslichtsensor und ein Schalter erforderlich.
- 4) Tageslichtsteuerung – Dimmen:
Das Lichtmanagementsystem dimmt automatisch auf Konstantwert, dafür liefert ein Steuersignal den Messwert des über einen Sensor gemessenen Tageslichts.
- 5) Anwesenheitssteuerung – automatische Schaltfunktion:
Für automatisches Ein- und Ausschalten liefert ein Sensor, der die Anwesenheit von Personen erfasst, das Stell-signal.
- 6) Anwesenheitssteuerung – Schaltfunktion:
Automatisches Aus- und individuelles Einschalten setzt einen Anwesenheits-sensor und Schalter voraus.
- 7) Konstantlicht (ohne Tageslicht):
Ein konstanter Lichtstrom über die Betriebszeit bedeutet, dass die Energieaufnahme erst mit der Alterung der Anlage leicht ansteigt. Neben der sensorischen Erfassung der Helligkeit kann dies auch durch eine intern programmierte Funktion des Betriebsgerätes umgesetzt werden.
- 8) Zeitsteuerung:
Zu vorgegebenen Zeiten werden zuvor

definierte Szenen abgerufen beziehungsweise wird die Anlage aus- oder eingeschaltet.

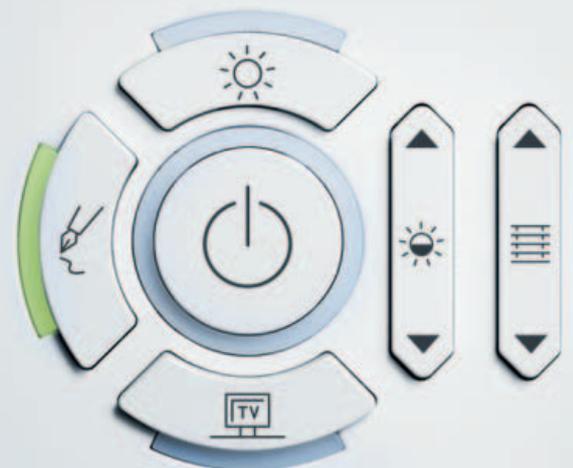
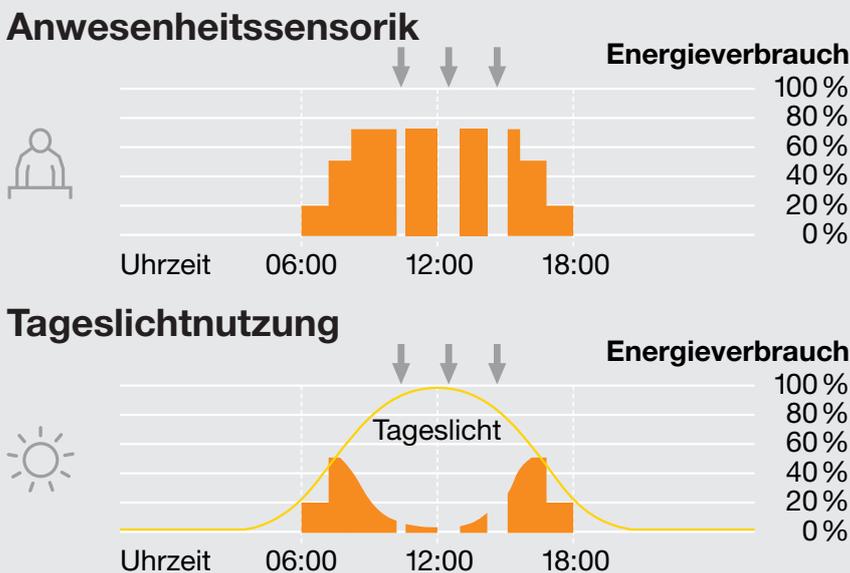
- 9) Lastbegrenzung:
Die Anschlussleistung wird durch das Abschalten einzelner Leuchten oder durch Dimmen der Anlage reduziert.

Ziel 2: Verbesserung der Lichtqualität

- 10) Tätigkeitsbezogene Steuerung:
Die Lichtszenen werden individuell der Tätigkeit entsprechend eingestellt. Dies kann das Schalten und Dimmen von einzelnen Jalousien, Leuchten und Leuchtengruppen im Umfeld miteinschließen.
- 11) Individuelle Tageslichtkontrolle:
Das individuelle Bedienen von Jalousien vermeidet Störungen wie Blendung und Wärme.
- 12) Automatische Tageslichtkontrolle:
Eine automatische Steuerung von Jalousien reduziert den Wärmeeintrag sowie Blendung bei Sonneneinstrahlung und zu hoher Außenhelligkeit. Dafür ist ein Tageslichtsensor nötig.
- 13) Dynamische Beleuchtung umfasst Lichtveränderungen, die durch Anpassung an das Tageslicht, an das Nutzerverhalten oder durch vorgegebene Steuerkurven erreicht werden können.
- 14) Raumrelevante Szeneneinstellung ist die Auswahl voreingestellter statischer oder dynamischer Lichtszenen.

[25] Anwesenheitserfassung trägt deutlich dazu bei, Energie und Betriebskosten zu sparen. Die Grafik illustriert den Energieverbrauch zum Zeitpunkt der Nutzung. (© licht.de)

[26] Lichtsteuerungen müssen einfach und intuitiv zu bedienen sein. Anschauliche Icons zeigen die Auswahl der speziellen Lichtszenen. (Abb: licht.de/Zumtobel)



Entscheidungsschema

Wie lassen sich die Vorteile einer gesteuerten Beleuchtung – anhand der Kriterien Energieeffizienz, Lichtqualität und Nutzerakzeptanz – bewerten? Folgende Tabelle zeigt den Auszug eines Entscheidungsschemas aus dem Technischen Report „CIE 222:2017 Decision Scheme for Lighting Controls in Non-Residential Buildings“. Es bewertet die Kriterien von „sehr hoch“ bis „gering“. Auftraggeber sollten vorab abwägen, welche Kriterien für ihr Projekt wie wichtig sind. Dann können sie im nächsten Schritt anhand der Tabelle die geeignete Steuerung finden. Zum Beispiel sind die Betriebsstunden und der Energieverbrauch eines Produkts für das Kriterium Energieeffizienz besonders wichtig. Oder das Kriterium Nutzerakzeptanz spielt eine große Rolle, weil Räume unterschiedlich genutzt werden. Die Tabelle zeigt die Auswirkung der einzelnen Strategien auf Energieeffizienz sowie Lichtqualität und bewertet die Nutzerakzeptanz.

[27] Auf dem Touch Panel lässt sich die Lichtfarbe auch individuell einstellen. (Foto: licht.de/Zumtobel, Fotograf Jens Ellensohn)



Strategie: Art und Funktion der Lichtsteuerung	Energie- einsparung	Licht- qualität	Nutzer- akzeptanz
Manuelles Schalten: Ein und Aus	gering	mittel	hoch
Dimmen	gering	hoch	hoch
Tageslichtsteuerung: automatisch ein- und ausschalten	mittel	mittel	gering
Tageslichtsteuerung: schalten	hoch	mittel	mittel
Tageslichtsteuerung: automatisch entsprechend Tageslicht- verfügung dimmen	hoch	mittel	mittel
Tageslichtsteuerung: automatisch mit zunehmendem Tageslicht dimmen; manuell bei zu wenig Tageslicht einschalten	sehr hoch	mittel	hoch
Anwesenheitsteuerung: automatisch ein- und ausschalten	hoch	mittel	mittel
Anwesenheitsteuerung: manuell einschalten, bei Abwesenheit automatisch ausschalten	sehr hoch	mittel	hoch
Zeitsteuerung: automatische Steuerung (schalten oder dimmen) nach einem Zeitplan	sehr hoch	mittel	hoch
Szeneneinstellung: manuell voreingestellte Szenen wählen	mittel	sehr hoch	mittel

Weitere Faktoren und Einflüsse

Vor Beginn der konkreten Planung eines Lichtmanagementsystems müssen weitere Faktoren betrachtet werden, die das System oder seine Regelung beeinflussen. Dazu zählen:

- Gesetzliche Vorgaben können die Planung bestimmen oder einschränken (z. B. Gebäudeenergiegesetz (GEG), DIN V 18599 „Energetische Bewertung von Gebäuden“).
- Es gibt spezielle Systemanforderungen wie Skalierbarkeit, Funktionsumfang und bestimmte Schnittstellen.
- Bei Anschluss an ein vorhandenes Gebäudeleitsystem muss die Interaktion mit anderen Gewerken sichergestellt sein (z. B. Heizung, Lüftung, Rollläden, Sicherheits-/Schließsysteme oder Unterhal-

tungselektronik), und alle Schnittstellen müssen funktionieren.

Sind alle Parameter geklärt, kann der Licht-, Elektro- oder TGA-Planer mit seiner Arbeit beginnen. Zu berücksichtigen sind:

- Leitungen, Eignung für Funkprotokolle (Stahlbetonwände)
- Bedienelemente
- Sensoren



Die Fachpublikation licht.wissen 12 „Lichtmanagement“ informiert kompakt über das komplexe Thema.



Lichtplanung

Eine eingehende Beratung des Bauherrn sollte jeder Lichtplanung vorangehen. Die enge Zusammenarbeit von Bauherr, Architekt und Planer nimmt etwas mehr Zeit in Anspruch, macht sich jedoch schnell bezahlt: Ziele und Prioritäten der Beleuchtungslösung sind so von Beginn an bis zur Inbetriebnahme definiert.

Beleuchtung soll heute vielen Wünschen gerecht werden, und die Lichtplanung sollte auch neue technologische Innovationen berücksichtigen. Erkenntnisse aus der Forschung fließen in das Beleuchtungskonzept Human Centric Lighting ein, das erst durch Lichtmanagementsysteme möglich wird. Zudem steigen die Erwartungen an Energieeffizienz und CO₂-Reduktion. Arbeitsstätten müssen mindestens die europäische Norm EN 12464-1 und die gesetzlichen Vorgaben des Arbeits- und Gesundheitsschutzes erfüllen.

Im Fokus: mehr Lichtqualität

Licht ist ein Gestaltungsmittel, um Blickpunkte zu setzen, Kontraste hervorzuheben und Raumzonen zu schaffen. Dimmbares oder steuerbares Licht erzeugt ein beson-

deres Ambiente und steigert den Wert einer Immobilie. Eine bessere Lichtqualität ist ein wichtiges Ziel der Lichtplanung. Sie ist für uns Menschen direkt wahrnehmbar. Lichtfarben können etwa entspannend, motivierend oder neutral wirken. Durch zusätzliche Variation von Lichtintensität und -farbe lassen sich in Räumen motivierende Lichtstimungen kreieren, die obendrein energiebewusst zu einem positiven Arbeitsumfeld beitragen. Das Wohlbefinden von Menschen in Räumen und Gebäuden ist ein wichtiges Qualitätsmerkmal einer Beleuchtungsanlage, ebenso wie bei der Gebäudezertifizierung.

Welches Licht wird zu welchem Zweck an welchem Platz gebraucht?

Bei der Planung werden je nach Sehaufgabe Wartungswerte der Beleuchtungsstärke vorgegeben. Planer haben die Möglichkeit, die Beleuchtungsstärke anhand von Tabellen und Kontextmodifikatoren in DIN EN 12464-1 selbst zu definieren und zu begründen. Weitere Kriterien sind Begrenzung der Blendung, Leuchtdichteverteilung, Lichtrichtung, Lichtfarbe, Farbwidrigkeit, Modelling und Flimmerfreiheit. Störungen gilt es dagegen zu vermeiden. Zudem sind die Aspekte Tageslichtnut-

zung, Energieeffizienz und Auswirkungen der Beleuchtung auf die Umwelt zu beachten.



Die Broschüre licht.forum 60 „Leitfaden DIN EN 12464-1: 2021-11 Beleuchtung von Arbeitsstätten in Innenräumen“ gibt nützliche Hinweise, wie die Arbeitsstättennorm zu lesen ist und wie sich Planer auch in unüblichen Situationen helfen können.

Im weiteren Prozess müssen folgende Grundsatzfragen geklärt werden:

- Definition des Lichtkonzepts
- Festlegen der Sehaufgaben und Tätigkeiten
- Entscheidung für eine Beleuchtungsart (z. B. direkt, direkt/indirekt, Wandaufhellung)
- Auswahl geeigneter Leuchten und Komponenten (siehe Seite 20)
- Ermittlung der notwendigen Anzahl von Leuchten und deren Anordnungen
- Definition des Lichtmanagements (siehe Seite 34)
- Erstellung eines Wartungsplanes
- Berücksichtigung der Betriebskosten für Strom und Wartung (siehe Seite 52)

[28] Moderne Arbeitswelten brauchen helles und dabei atmosphärisches Raumlicht. (Foto: licht.de/Trilux)

Tabellenaufbau DIN EN 12464-1

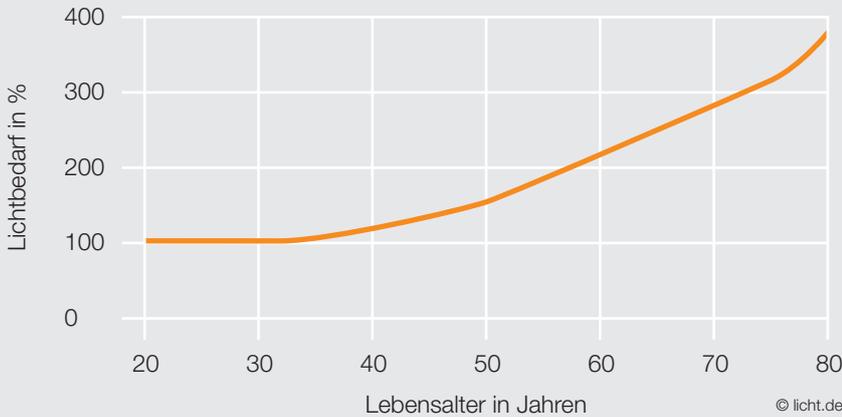
Gestaltung des Bereichs der Sehaufgabe oder Tätigkeit				Anforderungen an die Gestaltung des Raumes oder Raumbereichs			
Anforderungen an die Aufgabe oder Tätigkeit				Für visuelle Kommunikation und Erkennung von Objekten (5.6.2)		Helligkeit der Räume (5.2.2/5.2.3)	
\bar{E}_m lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,Wand}$ lx	$\bar{E}_{m,Decke}$ lx
Erforderlich ^a	Modifiziert ^b				$U_o \geq 0,10$		
^a Erforderlich: Mindestwert ^b Modifiziert: berücksichtigt übliche Kontextmodifikatoren in 5.3.3							

Tabelle gestaltet in Anlehnung an DIN EN 12464-1, Tabelle 8



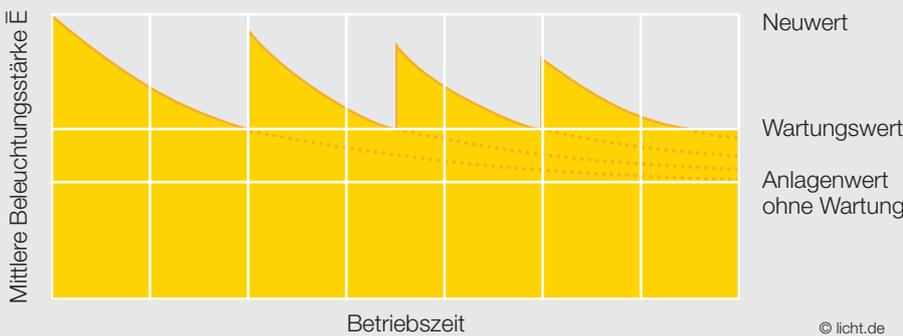
29

Lichtbedarf und Alter



30

Wartungszyklen



31

Leuchtenwartungsfaktor (LMF) im Vergleich

Reinigungsintervall	1 Jahr				2 Jahre				3 Jahre			
	SS	S	N	V	SS	S	N	V	SS	S	N	V
Umgebung												
IP 50-Leuchte	0,96	0,94	0,90	0,86	0,93	0,91	0,86	0,81	0,92	0,90	0,84	0,79
IP 20-Leuchte	0,94	0,88	0,82	0,77	0,91	0,83	0,77	0,71	0,89	0,79	0,73	0,65

SS = sehr sauber / S = sauber (Reinräume, Rechenzentren) / N = normal (Montagehallen, Lagerhallen, Laboratorien) / V = verschmutzt (Chemische Anlagen, Holzverarbeitung)

Mithilfe der Lebenszykluskostenrechnung (englisch: Life Cycle Costing, Assessment, LCA) lassen sich Produkte unter Berücksichtigung aller relevanten Kosten auf ihre Wirtschaftlichkeit hin vergleichen. Langlebige und effiziente Produkte erweisen sich dabei in vielen Fällen – selbst bei höheren Anschaffungskosten – als die wirtschaftlichste Variante.

Mehr Licht für Ältere

Bei der Lichtplanung muss darüber hinaus einbezogen werden, dass mit dem Lebensalter der Lichtbedarf steigt (siehe Grafik links). Deswegen sollten Beleuchtungsstärken angepasst werden können: runter in der Jugend, rauf im Alter. Das ermöglichen Lichtmanagementsysteme mit steuerbaren Leuchten. Die Beleuchtungsanlage sollte die höchsten Werte für Ältere erreichen und ansonsten gedimmt werden können.

Energieverbrauch senken

Neben der Erfüllung normativer und gesetzlicher Vorgaben ist bei Sanierung und Renovierung der Energieverbrauch ein sehr wichtiger Aspekt. Werden Tageslicht und künstliche Beleuchtung kombiniert, lässt sich viel Strom sparen. Deswegen sind Lichtsteuerungen auch im Sanierungsfall sinnvoll. Sie nutzen nicht nur das Tageslicht im vollen Umfang, sondern reagieren auch auf Präsenz und ermöglichen zeit- oder szenengesteuerte Beleuchtung (siehe Seite 24). Ein niedriger Energieverbrauch verbessert auch die CO₂-Bilanz einer Anlage: Jede eingesparte Kilowattstunde Strom muss gar nicht erst erzeugt werden.

Wartung

Der Lichtplaner erstellt einen Wartungsplan und definiert darin Zeitpunkt und Art der Wartung. Um den Wert über einen längeren Zeitraum zu erhalten, werden neue Beleuchtungsanlagen mit höheren Werten projektiert. Sie werden mit dem Wartungsfaktor ermittelt. Für die Planung gilt:

$$\text{Wartungswert} = \text{Wartungsfaktor} \times \text{Neuwert}$$

Der Wartungsfaktor gibt an, wieviel Lichtstrom eine Beleuchtungsanlage am Ende ihrer Lebensdauer zum Zeitpunkt ihrer Wartung noch liefert (siehe Seite 53). Er berücksichtigt den Lichtstromrückgang aufgrund von Verschmutzung und Abnutzung der

Leuchten bis hin zu deren Ausfall. Ein Wartungsfaktor von 0,8 bedeutet, dass der Anlagenlichtstrom von 100 auf 80 Prozent zurückgegangen ist, bis die Wartung anfällt. Dieser Faktor wird bei der Planung neuer Beleuchtungsanlagen verwendet, damit die erforderliche Beleuchtungsstärke über die gesamte Betriebsdauer hinweg auch ausreichend und normkonform bleibt.

Die beste Balance finden

Energieeinsparung einerseits, mehr Licht für Ältere andererseits – diese Aspekte und die damit verbundenen Kosten sind bei einem Sanierungskonzept miteinander abzuwägen. Bei langfristiger Betrachtung hat der Betreiber seine Energiekosten besser im Griff: Denn die höhere Investition in eine Beleuchtungsanlage mit Lichtmanagement amortisiert sich meist bereits innerhalb weniger Jahre. Danach spart der Betreiber täglich Strom und Kosten. Er profitiert zudem von positiven Auswirkungen auf seinen Betriebsablauf: Leistungsbereitschaft und Aufmerksamkeit der Mitarbeiter werden unterstützt und wirken sich unter anderem positiv auf die Fehlerquote aus.

[29] Im Restaurant bringen unterschiedlich hohe Tische Abwechslung in das Interieur. Licht spenden Pendelleuchten über dem Tresen, Anbauleuchten hinter dem Ausschank und Strahler an Stromschienen im Gastraum. (Foto: licht.de/Artemide)

[30] Die Sehkraft lässt im Alter nach, die Augen werden blendempfindlicher. Daher empfiehlt sich ein höheres Beleuchtungsniveau und eine Begrenzung der Blendung. (© licht.de)

[31] Der Wartungswert der Beleuchtung darf während der Betriebszeit einer Anlage nicht unterschritten werden. (© licht.de)

[32] Rettungszeichenleuchten markieren Fluchtwege. Dabei müssen Richtungswechsel immer angegeben werden. (Foto: licht.de/ABB Kaufel)

[33] Damit Waren und Preise problemlos erfasst und Geldbeträge abgezählt werden können, muss das Display der Kasse reflexfrei und die Tastatur ausreichend hell beleuchtet sein – nach DIN EN 12464-1 mit mindestens 500 Lux. (Foto: licht.de/Trilux)



Finanzierung

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

Finanzierungen unterscheiden sich in Bezug auf ihr Eigentumsrecht. Erfolgen sie mit Eigenkapital und Krediten, können Investitionen abgeschrieben und Fördermittel direkt in Anspruch genommen werden. Beim Contracting bleibt der Contractor Inhaber der Beleuchtungsanlage. Allgemein lässt sich sagen: Mit einer mittelfristigen Finanzierung, richtiger Planung und Umsetzung führt die recht hohe Einsparung häufig zu einer sofortigen Amortisierung der neuen Beleuchtung. Denn die eingesparten Ausgaben für Energie plus Finanzierungskosten liegen häufig unter den vorherigen Stromkosten. Wird die Beleuchtung gleich bezahlt, ergibt sich dieser Effekt zwar nicht, doch die geringen Gesamtkosten zahlen sich aus.

Light as a Service

Eine Möglichkeit der Finanzierung ist die Lichtmiete. Scheuen Unternehmen oder Kommunen die Ausgaben für moderne Beleuchtungssysteme, können sie auf Vertragsmodelle nach dem Prinzip „Light as a Service“ (LaaS) oder „Licht als Serviceleistung“ setzen. Als eine Art Rundum-Sorglos-Paket übernimmt der Dienstleister die Planung der neuen Beleuchtungsanlage – inklusive Bestandsaufnahme, Bedarfsanalyse und Beratung – sowie Installation und Wartung. Der Auftraggeber verabredet dafür im Voraus mit dem Dienstleister eine Anzahl fest definierter Performance-Kriterien. Die Vergütung erfolgt über regelmäßige Servicezahlungen, die dem Umfang der Dienstleistung entsprechen.

Contracting

Weitere bekannte Finanzierungsmodelle sind das Energiespar-Contracting und Energieliefer-Contracting, die eine zeitnahe Umsetzung von Modernisierungsmaßnahmen auch bei knappem Budget ermöglichen. Vereinbaren die Partner ein Laufzeitmodell, erhält der Contractor in der Regel die eingesparten Betriebskosten als Entgelt für seine Leistungen – beim Beteiligungsmodell nur einen Anteil.

Förderungen

Mit finanziellen Mitteln schließt der Staat Bedarfslücken oder setzt gezielt Anreize für erwünschte Entwicklungen. Neubau- und Sanierungsprojekte sollen energieeffizient sein und dadurch zum Klimaschutz beitragen. Dazu gehört auch eine stromsparende Innenbeleuchtung, etwa in Kommunen oder Unternehmen. In der Außenbeleuchtung sollen Lichtimmissionen vermieden und die Umwelt geschützt werden. Die Bundesländer haben zusätzliche Programme aufgelegt. Ob sie miteinander kombinierbar sind, muss im Einzelfall geprüft werden.

Kredite

Die bundeseigene Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) ist die größte nationale Förderbank. Sie hat unterschiedliche Förderprogramme für Kommunen und Unternehmen aufgelegt. Spezielle Kredite mit Tilgungszuschüssen helfen bei der Finanzierung effizienter Beleuchtungsanlagen in Gebäuden und Liegenschaften. Die Konditionen sind in ihrer Höhe auch abhängig von der zu erreichenden Effizienzgebäudestufe. Sind Eigenanteile zu erbringen, muss der Antragsteller zusätzlich Bonitätsunterlagen einreichen.



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.



34



35

[34] Auf die Wand gerichtete Downlights machen die Nummerierung der Schließfächer gut erkennbar. (Foto: licht.de/Zumtobel, Fotograf Faruk Pinjo)

[35] Eine eigene Beleuchtung für Sitzcken und Wartebereiche: Besucher brauchen ausreichend helles Licht zum Lesen. (Foto: licht.de/MoltoLuce)



36

Beschaffung

Ist die Lichtplanung abgeschlossen und die Finanzierung gesichert, steht die Auftragsvergabe an. Alle Angebote werden anhand verschiedener Kriterien beurteilt. In der Regel ist es sinnvoll, in der Ausschreibung mit der Leistungsbeschreibung Bewertungskriterien festzulegen.

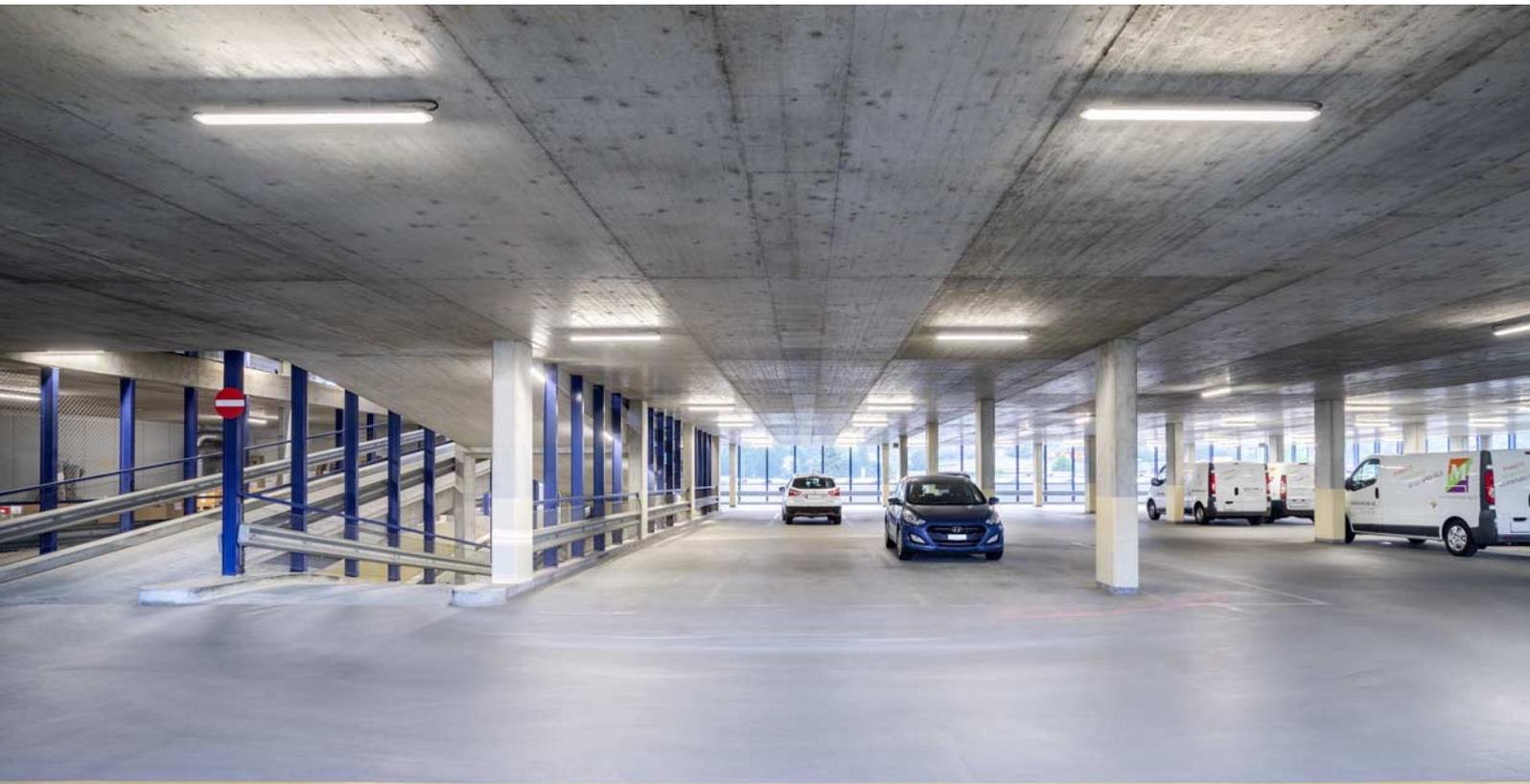
Schon während der Lichtplanung werden Kriterien ermittelt und Werte definiert, die in die Leistungsbeschreibung eingehen. Jeder Bieter sollte in einem solchen Fall anhand einer Musterberechnung nachweisen, dass sein Produkt die normativen Anforderungen erfüllt beziehungsweise überschreitet. Unternehmen, deren Produkte den Mindestanforderungen oder Eignungskriterien nicht genügen, sollten konsequenterweise von der Angebotsabgabe ausgeschlossen werden. Wichtiger als ein günstiger Preis ist ein gutes Preis-Leistungsverhältnis. Für öffentliche Auftraggeber ist eine Auftragsvergabe nach dem alleinigen Entscheidungskriterium Preis ohnehin durch die Vergabegesetzgebung ausgeschlossen. Bei Produkten, die Strom benötigen, muss der Energieverbrauch über die Lebensdauer mitberücksichtigt werden. Denn die Anschaffungskosten für die Beleuchtung betragen in Relation zu den Betriebskosten etwa 20 Prozent. licht.de empfiehlt deshalb eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.

Bewertung

Angebote lassen sich auch anhand von Zuschlagskriterien bewerten. Beschaffungskriterien bestehen also aus Mindestanforderungen und Bewertungs- beziehungsweise Zuschlagskriterien. Qualität, die über das Minimum hinausgeht, wird nach diesem System auch besser bewertet. Die Ausprägung und Gewichtung der einzelnen Kriterien hängt sehr stark vom jeweiligen Projekt-, Gebäude- oder Raumtypus ab.

Die Bewertung gelingt am besten mit einer Matrix, wie sie bei der Vergabe von Aufträgen für die öffentliche Straßenbeleuchtung heute schon Standard ist. Für die Innenbeleuchtung hat sich das Verfahren bislang noch nicht durchgesetzt. Es wäre jedoch vorteilhaft, wenn mehr Auftraggeber die langfristigen Auswirkungen von Produkten stärker berücksichtigten.

[36] Über Konferenztischen machen große Pendelleuchten einen guten Eindruck – und in Kombination mit Lichtmanagement eine angenehme Lichtstimmung. (Foto: licht.de/Artemide)



37



38

[37] In Parkgaragen gibt gleichmäßiges Licht mehr Sicherheit. (Foto: licht.de/Trilux)

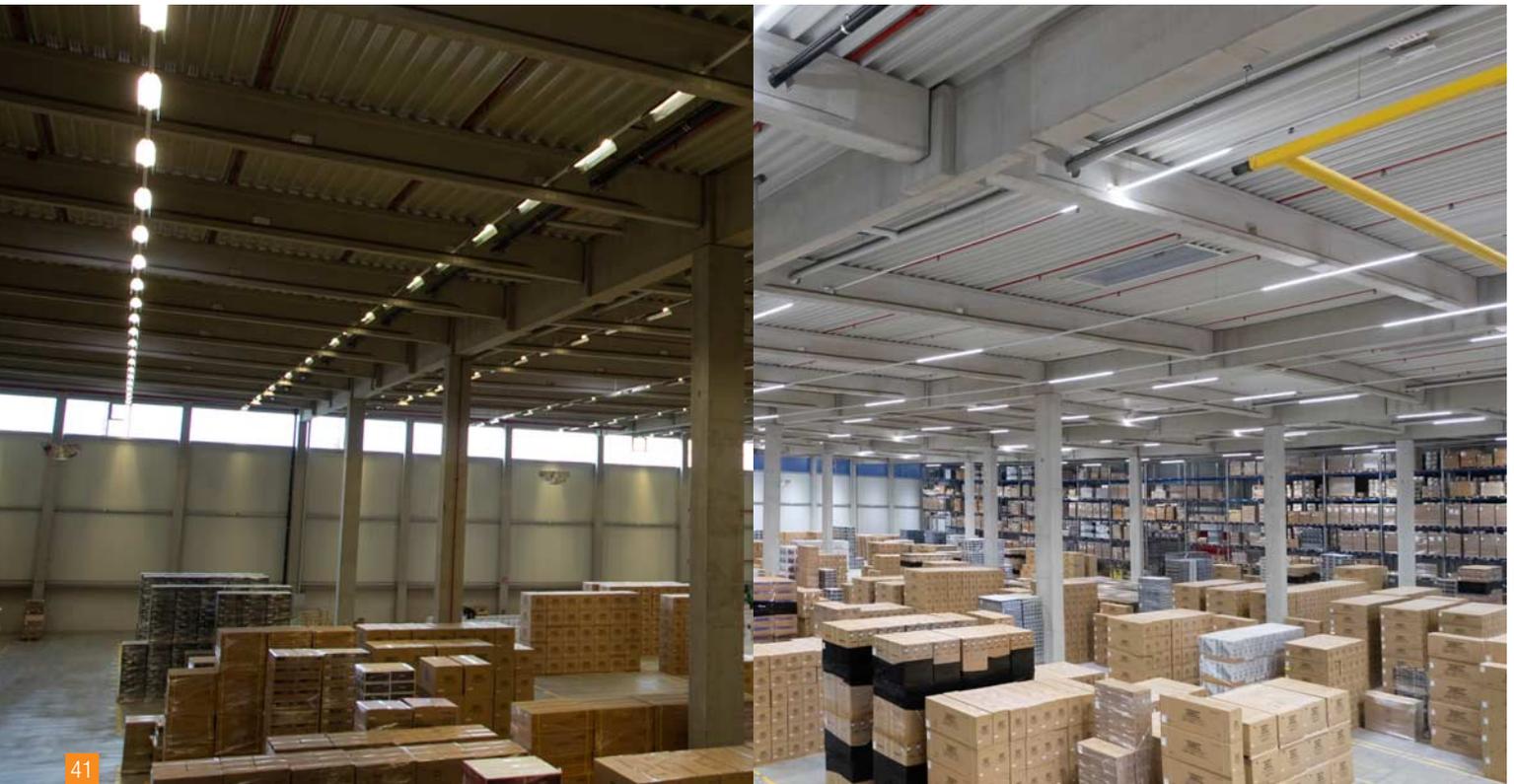
[38] Für die medizinische Untersuchung, Beratung und auch die Bildschirmarbeit muss das Sprechzimmer funktional und zugleich angenehm beleuchtet sein. (Foto: licht.de/Derungs)

[39] Elektrisches Licht ergänzt das in die Sporthalle einfallende Tageslicht. (Foto: licht.de/Trilux)



39





41

Licht für Produktions- und Lagerhallen

Die Digitalisierung von Prozessen und die Vernetzung von Maschinen und Daten verändern Industrie und Logistik. Mit Lichtmanagement sammelt die Beleuchtung Nutzungsdaten, reagiert flexibel auf Veränderungen und versorgt den Arbeitsplatz mit der jeweils optimalen Lichtqualität.

In Produktionshallen ist es in vielen Fällen sinnvoll und möglich, bei einer Sanierung die vorhandene Anordnung und das System der Leuchten beizubehalten. Dabei sollten LED-Leuchten mit geeignetem Lichtstrom und richtiger Lichtverteilung verwendet werden. Der Nachweis einer lichttechnischen Planung ist dennoch erforderlich, damit die Anforderungen des Arbeitsschutzes gewährleistet sind. DIN EN 12464-1 nennt Wartungswerte der Beleuchtungsstärke für die jeweiligen Tätigkeiten.

Auswahl der Leuchten nach Hallenhöhe

In Produktionshallen mit größeren Höhen können breit und tief strahlende Hallenpendelleuchten oder LED-Lichtbänder eingesetzt werden. In niedrigeren Höhen bieten sich LED-Lichtbandsysteme an, da sie in der Regel kleinere Lichtstrompakete haben. Eine Optik zur Lichtlenkung ist für beide Systeme unerlässlich. Sie sollten immer parallel zur Hauptblickrichtung installiert sein. Beide Systeme sollten unterschiedliche Lichttechniken bereitstellen, damit Lager-,

Kommissionier-, Verpackungs- und Versandbereiche bedarfsgerecht ausgeleuchtet werden können. Besonders effizient und montagefreundlich sind integrierte Lichttechniken, die zusätzliche Reflektoren überflüssig machen. Ergänzende Einzelplatzleuchten werden auf die jeweilige Sehaufgabe abgestimmt. Alternativ können spezielle Leuchten arbeitsplatzbezogen installiert werden. Ab mehr als sechs Metern Raumhöhe können Hallenspiegelleuchten zum Einsatz kommen.

Leseaufgaben im Lager

Für die Arbeit in Lagerhallen wird weniger Licht benötigt als in der Produktion. Relativ hohe Beleuchtungsstärken braucht es jedoch beim Umgang mit kleinteiligem Lagergut und für alle Kommissionierungsarbeiten, bei denen Verpackungen beschriftet und Auftragsformulare ausgefüllt werden. Für Regallager ist eine hohe vertikale Beleuchtungsstärke besonders wichtig. Höchste Ansprüche stellen Hochregallager mit teilweise sehr schmalen Wegen. Hier sind

[40] Nach der Sanierung verringern neue Leuchten für das menschliche Auge ungünstige Blendeffekte in der Fabrikhalle, sie erhöhen zudem die Lichtintensität und vereinheitlichen die Farbtemperatur. (Foto: licht.de/Signify)

[41] Vor und nach der Sanierung: Lichtmanagement kann viel Energie sparen. Sensoren aktivieren dabei die volle Ausleuchtung einer Zone, wenn sich Personen nähern. Ist niemand im Lager, wird das Licht gedimmt. (Foto: licht.de/Trilux)



entsprechend tief strahlende und bei Lese- oder Suchaufgaben breit oder schräg strahlende Leuchten für ausreichende vertikale Beleuchtungsstärken richtig. Geeignet sind die Lichtfarben warmweiß oder neutralweiß. Für eine gute Farberkennung sollte der Farbwiedergabeindex mindestens bei R_a 80 liegen.

Raue Umgebungen

Vom Reinraum bis zur Raffinerie: So vielfältig wie die industriellen Anwendungsbereiche sind auch ihre Umgebungsbedingungen. Material, Beschaffenheit und Konstruktion der Beleuchtung sollten darauf angepasst sein. Hierbei sind Umgebungstemperaturen, Feuchtigkeit, Staub und Schmutz zu beachten sowie mögliche mechanische oder chemische Belastungen und Einteilungen von Überspannungskategorien. Insbesondere Schadgase dürfen nicht ignoriert werden: So war beispielsweise die schwefelhaltige Luft in Reifenlagern unproblematisch für konventionelle Lichtlösungen. Nicht ausreichend geschützte LED altern jedoch deutlich schneller in dieser schädlichen Atmosphäre.



Über Besonderheiten bei der Blendungsbewertung in Industrieanwendungen informiert der ZVEI-Leitfaden „Grenzen und Anwendung des UGR-Verfahrens“.

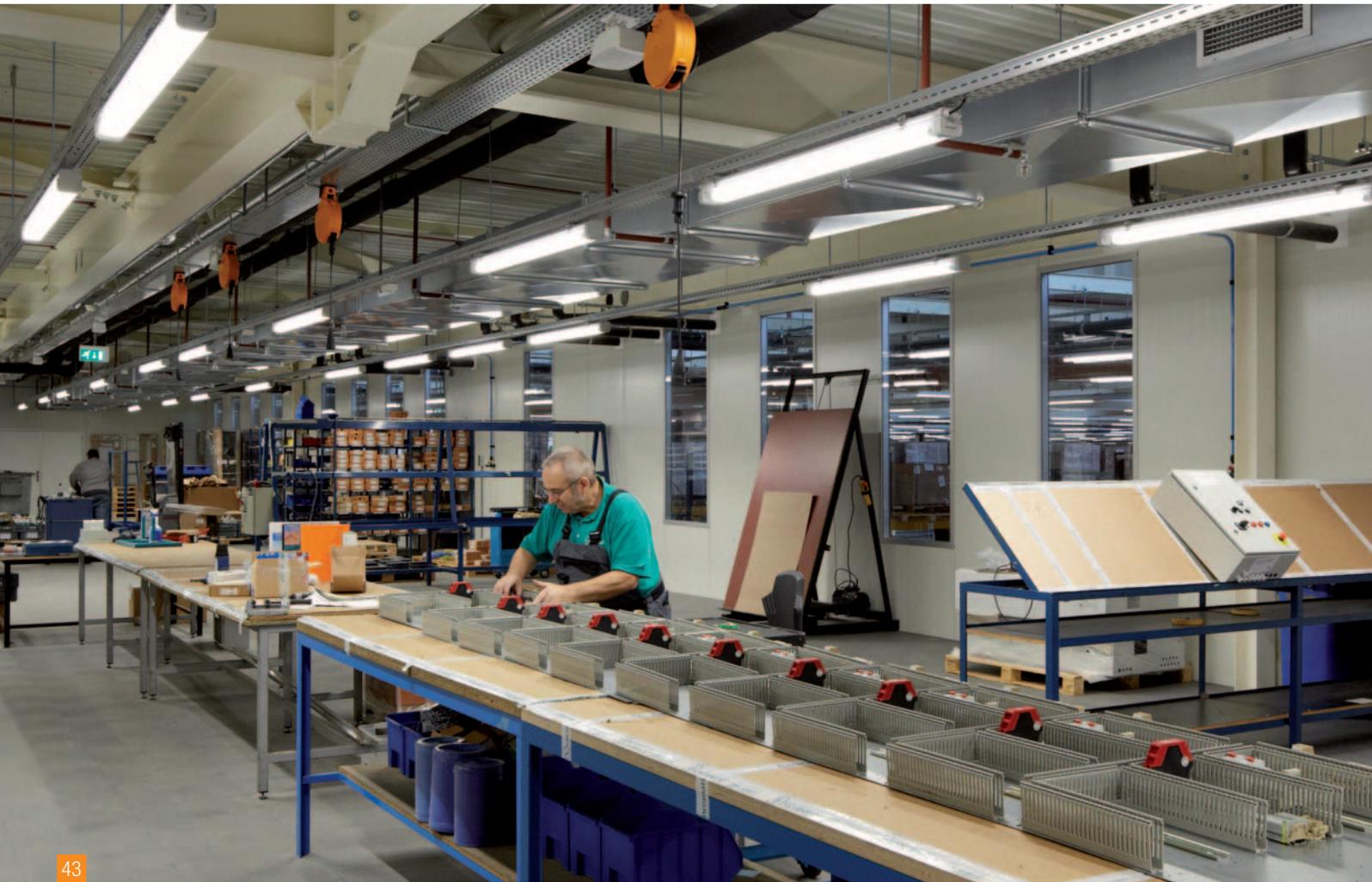


Heft licht.wissen 05 „Industrie und Handwerk“ nennt Beleuchtungsbeispiele für verschiedene Branchen und Informationen zum Arbeitsschutz.

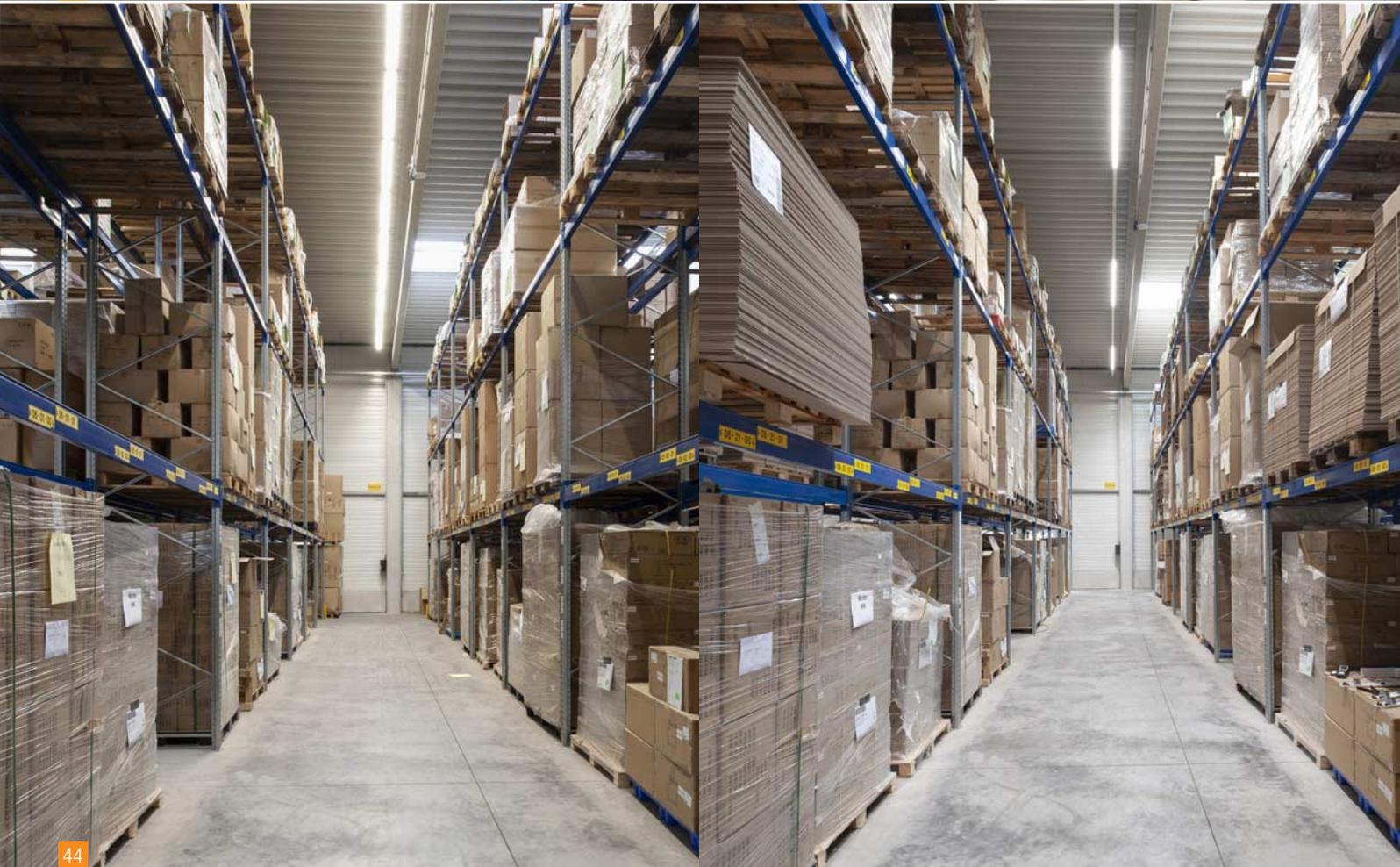
[42] Die Tage der Leuchtstofflampen sind gezählt. Ein Wechsel zu effizienter LED-Beleuchtung spart viel Strom und Kosten. Je größer die Flächen, desto höher das Sparpotenzial. (Foto: licht.de/Signify)

[43] In der Produktion müssen robuste Leuchten eingesetzt werden. Sie sollten eine höhere Schutzart haben, wenn in der Umgebung Feuchtigkeit und Wasser oder Staub und Faserstoffe vorkommen. (Foto: licht.de/Signify)

[44] Das Ergebnis einer Sanierung mit durchdachter Lichtplanung: Es müssen weniger Leuchten installiert werden. (Foto: licht.de/Molto Luce)



43



44



45

Büros besser beleuchten

Arbeitsbereiche für Besprechung, Online-Meeting und New-Work-Style: Im Büro ersetzen flexible, dynamische Lichtlösungen mit hoher Beleuchtungsqualität statische und oft standardisierte Beleuchtungskonzepte.

Licht fördert Konzentration und Kommunikation – und trägt zum Wohlbefinden am Arbeitsplatz bei. Je schwieriger die Sehaufgaben, desto höher sollte die Beleuchtungsstärke sein. Mindestens 500 Lux sind nach DIN EN 12464-1 zum Lesen und Schreiben richtig. Mit zusätzlichen Arbeitsplatzleuchten kann die Helligkeit individuell angepasst werden. Für die Allgemeinbeleuchtung empfiehlt sich eine Kombination aus direkter und indirekter Lichtverteilung im Raum. Ein angenehmes visuelles Ambiente entsteht, wenn Licht und Schatten ausgewogen verteilt sind.

heit erhebliche Kompromisse erforderten. In vielen Fällen ist im Büro deshalb das Potenzial einer Neukonzeption von Lichtanwendungen besonders hoch.

Leuchten mit asymmetrischer Lichtverteilung, sogenannte Wallwasher, bringen Licht an die Wände, das von dort in den Raum zurückstrahlt und die räumliche Wahrnehmung unterstützt. Auch großflächige Leuchten liegen im Trend. Beide Lösungen eignen sich als Komponente zur Umsetzung einer circadian wirksamen Beleuchtung.

Lichtkomfort schaffen

Eine Planung, die Tages- und Kunstlicht aufeinander abstimmt und sie mit Lichtma-

Im Bestand sind diese Aspekte oft nicht berücksichtigt, da Bildschirmgeräte und verfügbare Leuchtentechnik in der Vergangen-

[45] Kluge Idee bei kompletter Gebäudesanierung: Lichtschächte in der Decke lassen extra viel Tageslicht in den Raum und kreieren in Verbindung mit Kunstlicht eine raffinierte Lichtlösung. (Foto: licht.de/Molto Luce, Fotograf Marco Zanta)

nagement kombiniert, kreiert ein angenehmes Lichtklima mit hohem Komfort und spart zugleich Energie. Die derart beleuchteten Büros haben einen Mehrwert aufgrund besserer Raumwahrnehmung und Orientierung. Sinnvoll abgestimmte Lichtszenen unterstützen die verschiedenen Tätigkeiten und Anforderungen in den unterschiedlichen Arbeitsbereichen, schaffen damit Akzeptanz und Wohlbefinden bei Mitarbeitern. Eine Planung mit Sensoren trägt erheblich zur Energieeinsparung bei. Denn sie erkennen belegte oder ungenutzte Bereiche. Damit kann das örtliche Licht entsprechend geschaltet und gedimmt werden – stark ungleichmäßig beleuchtete Bereiche werden vermieden.

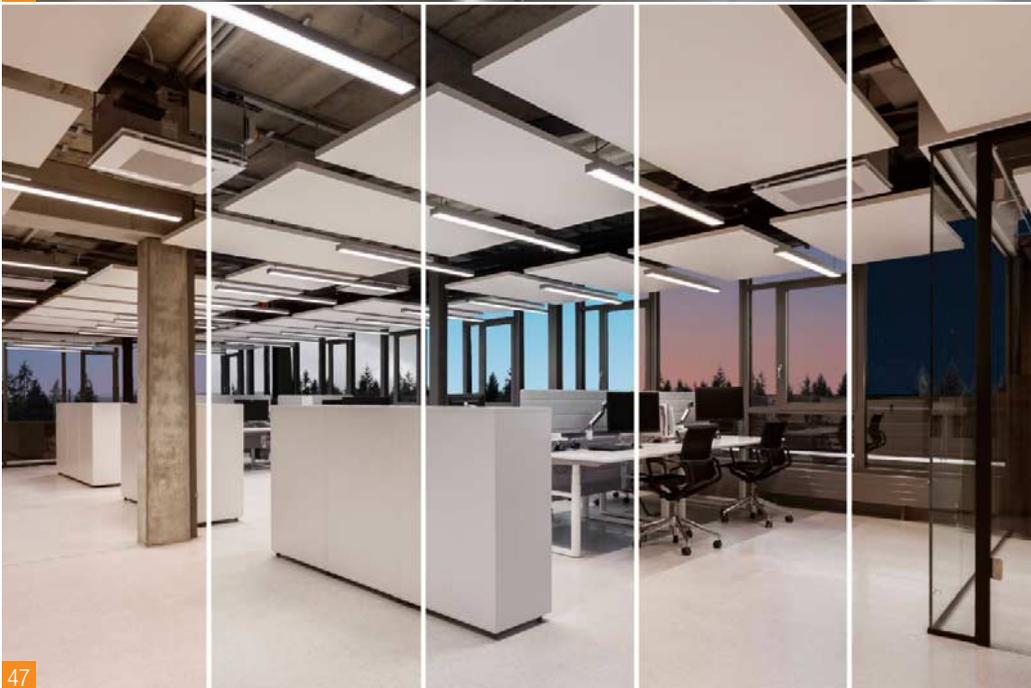
Blendung begrenzen

Nach geltenden Normen und ASR A3.4 muss Blendung vermieden werden. Das gilt für Störungen durch Tageslicht wie auch durch Leuchten. Während Jalousien den Tageslichteinfall regulieren, müssen Leuchten so beschaffen sein, positioniert und eingestellt werden, dass ihr Licht den Nutzer nicht blendet – weder direkt noch indirekt durch Reflexblendung.

 Die Broschüre licht.wissen 04 „Licht im Büro, motivierend und effizient“ stellt auf 56 Seiten Anwendungsbeispiele aus der Office-Welt vor.



46

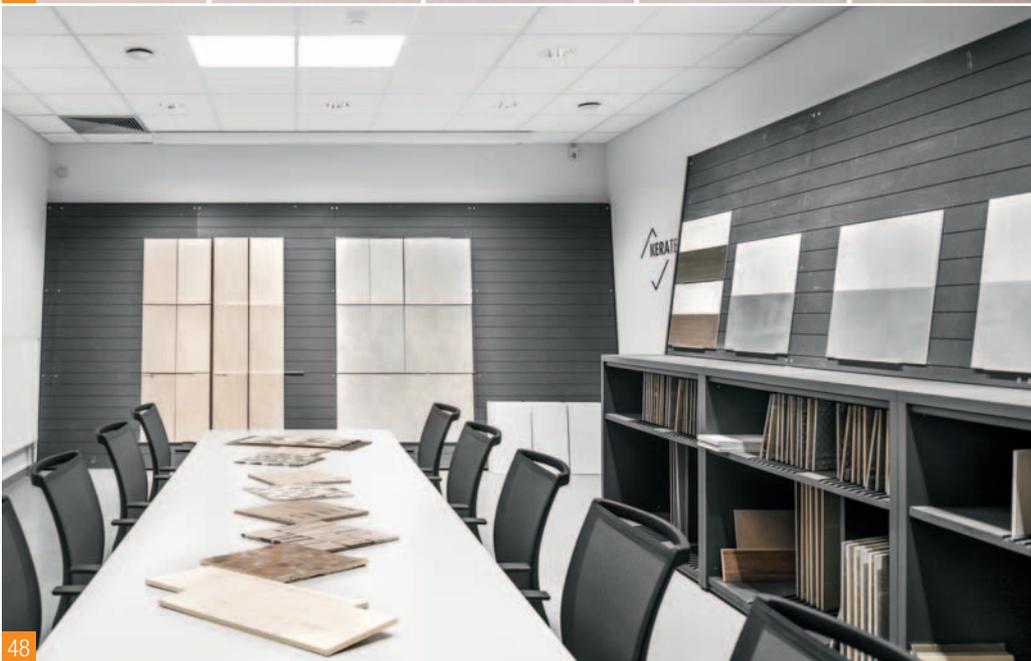


47

[46] Lineare Pendelleuchten mit Strahlern an einer Schiene erhellen die Arbeitsplätze im Büro-Loft. Zusätzliche Leuchten auf dem Schreibtisch geben flexibles Licht. (Foto: licht.de/Artemide)

[47] Lichtquellen mit verschiedenen Farbtemperaturen sorgen im Großraumbüro zu jeder Tageszeit für eine angenehme Arbeitsbeleuchtung. (Foto: licht.de/Trilux)

[48] Eine hohe Beleuchtungsqualität schafft beste Arbeitsbedingungen: Wer gut sehen kann und die Raumatmosphäre angenehm findet, ist motivierter und produktiver. (Foto: licht.de/ Zumtobel, Fotograf Jens Ellensohn)



48



49



50



51

Beleuchtung für Flure und Treppen

Licht gibt Orientierung und Sicherheit auf allen Wegen durch das Gebäude. Treppen und Flure sind meist zugleich Fluchtwege und brauchen deshalb meist auch eine Sicherheitsbeleuchtung.

Helle Wände und Decken in Fluren und auf Treppen wirken sich positiv auf das Raumgefühl und Wohlbefinden aus.

Schon ein geringes Beleuchtungsniveau im Flur genügt: DIN EN 12464-1 schreibt eine Beleuchtungsstärke von mindestens 100 Lux vor. Diese Werte sind in Übereinstimmung mit den gesetzlichen Regeln für Arbeitsstätten seit vielen Jahren unverändert. Sind angrenzende Räume deutlich heller beleuchtet, sollte auch die Helligkeit im Flur angehoben werden. Die Augen können dann den Übergang von helleren in dunklere Bereiche und umgekehrt gut meistern. Ergänzende Wandleuchten markieren Aufzugs- und Kommunikationsbereiche.

Treppen müssen mit 100 Lux und blendfrei ausgeleuchtet sein, damit sie sicher für den Nutzer sind. Licht, das vom oberen Treppenabsatz nach unten fällt, wirft kurze, weiche Schatten auf die Stufen. Gut geeignet sind hier Leuchten mit breit strahlender Lichtstärkeverteilung.

Präsenzerfassung rechnet sich

Ein Großteil der Energie in Gebäuden wird für Licht in nicht oft genutzten Fluren und Foyers verbraucht. Lichtsteuerungen mit Präsenzsensoren schalten die Beleuchtung nur dann ein, wenn sie tatsächlich benötigt wird. Eine einfache DALI-Schaltung dimmt bei Abwesenheit das Beleuchtungsniveau auf 20 Prozent. Der Dimmbetrieb wirkt sich zudem günstig auf die Lebensdauer der LED-Lichtquelle aus. Marktübliche Sensoren unterstützen diese Flurfunktion ohne Programmieraufwand für mehrere Leuchten.

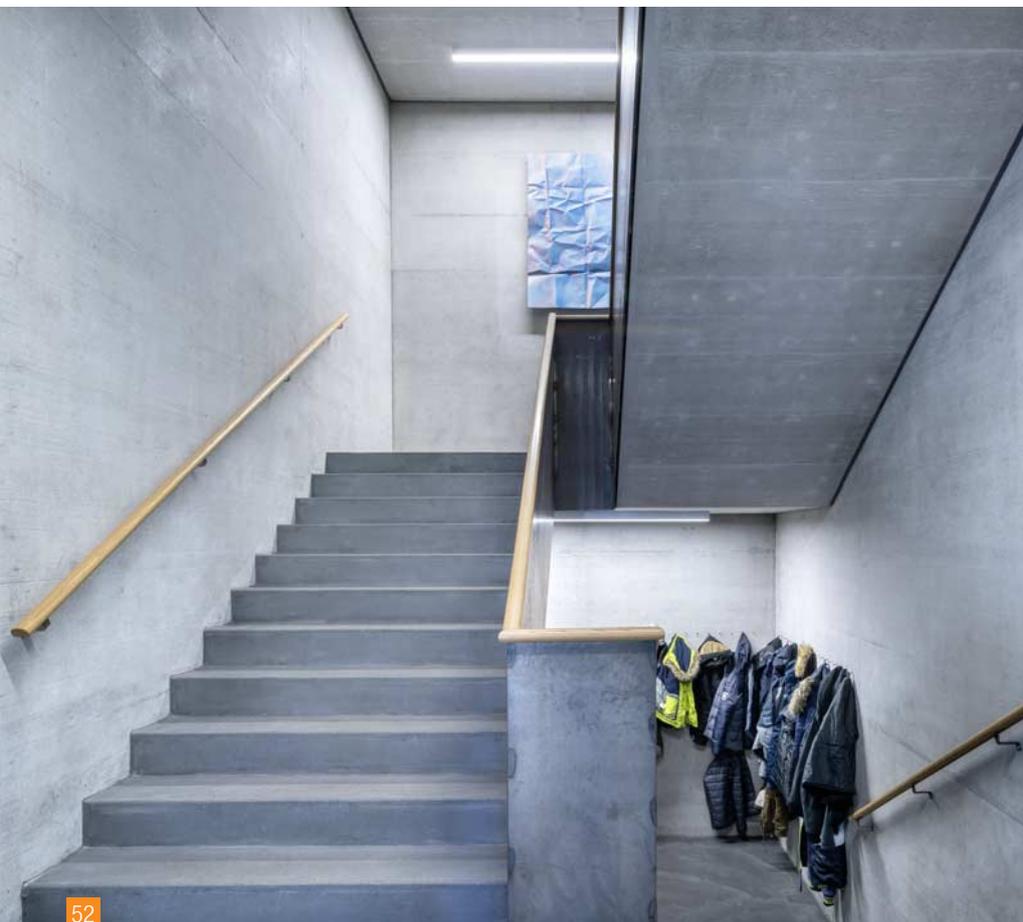
Wichtig: Für Verkehrswege innerhalb von Gebäuden ist Sicherheitsbeleuchtung in der Regel vorgeschrieben. Sie muss im Notfall einspringen, wenn die Netzspannung ausfällt.

[49] Flure in Gesundheitseinrichtungen müssen gut ausgeleuchtet sein und die Orientierung erleichtern. (Foto: licht.de/De-rungs)

[50] Eine dezent in den Handlauf der Treppe integrierte Beleuchtung ist nicht nur attraktiv, sondern gibt Sicherheit und Orientierung. (Foto: licht.de/Barthelme)

[51] Helle Decken lassen Flure größer wirken. Aufgehellte Wände verleihen ein Gefühl von Sicherheit und beeinflussen das Raumgefühl positiv. (Foto: licht.de/Signify)

[52] Licht von oben und kontrastreiche, helle Beleuchtung machen Stufen gut erkennbar. (Foto: licht.de/Trilux)





53

Verkehrsflächen im Außenraum

Eine differenzierte Beleuchtung im Freien erleichtert die Orientierung und verringert die Unfallgefahr. An Ein- und Ausfahrten, Treppen und Hindernissen ist der Lichtbedarf größer: Diese Gefahrenstellen sollten gleichmäßig und blendfrei beleuchtet sein mit bedarfsgerechter Helligkeit auf horizontalen und vertikalen Flächen.

[53] Licht nur da, wo es gebraucht wird: Mastleuchten schaffen gute Sicht auf der Parkplatzfahrbahn, Poller- und Wandleuchten erhellen Wege und Eingänge. (Foto: licht.de/Trilux)

Die Beleuchtung von Außentreppen verdient besondere Aufmerksamkeit. Ausreichend Licht sorgt dafür, dass Passanten Trittstufen richtig einschätzen können und nicht ins Stolpern geraten. Dabei kommt es auf eine gut geplante Helligkeitsverteilung mit einem ausgewogenen Verhältnis von Licht und Schatten an – so treten Stufen plastisch hervor und sind gut erkennbar. Harte und lange Schatten erhöhen dagegen die Unfallgefahr.

Für die Beleuchtung von Treppen, Rampen und Wegen eignen sich Außenleuchten mit passenden optischen Systemen. Sie strahlen direkt auf den Boden. So werden Passanten nicht geblendet, und störendes Streulicht wird vermieden. Eine für Besucher klar erkennbare Lichtführung entsteht durch linear angeordnete Leuchten.

Licht für Zufahrtstraßen

Zufahrtstraßen und Parkbuchten können



mit Mastleuchten und Lichtstelen eindeutig gekennzeichnet werden. Pollerleuchten trennen die Parkbereiche von Autos und Fahrrädern und markieren angrenzende Fußwege. Das erleichtert die Orientierung. Eine komfortable vertikale Helligkeit im Außenbereich hält zudem „ungebetene Besucher“ fern und schafft Sicherheit.

Ein- und Ausfahrten

Ein erhöhtes Unfallrisiko bergen große Lichtunterschiede an Ein- und Ausfahrten. Bewegt sich etwa ein Staplerfahrer von einer hell beleuchteten Halle in einen dunklen Lagerbereich im Freien, besteht die Gefahr, dass er dort Personen oder Gegenstände nicht erkennt und mit ihnen kollidiert. Denn: Die Anpassung der Augen an unterschiedliche Helligkeiten (Adaptation) benötigt Zeit. Beim Wechsel von Dunkel

nach Hell dauert sie nur Sekunden – im umgekehrten Fall können jedoch Minuten vergehen. Korrekte Beleuchtungsstärken an Einfahrten beugen dem vor.

Robuste Leuchten für den Außenbereich

Leuchten im Außenbereich müssen witterungsbeständig sein und sollten mindestens mit IP 44 gekennzeichnet sein. Diese Schutzart gewährleistet, dass die Leuchten ausreichend widerstandsfähig gegen Feuchtigkeit, Temperaturschwankungen und Verschmutzung sind. Je robuster eine Leuchte konstruiert ist, desto besser ist sie vor Umwelteinflüssen gefeit.

Lichtmanagement

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 in der Nacht oder am Wochenende nicht genutzt werden. So ist die Beleuchtung nur dann eingeschaltet, wenn sie auch benötigt wird.

Bewertungskriterien für Außenanlagen und Wege

Über das Auswahlverfahren von DIN 13201-1 und anhand der besonderen Entscheidungskriterien für Verkehrswege und -flächen können die jeweiligen Anforderungen an die Beleuchtung ermittelt werden.

- Für Parks und Grünanlagen gelten die Anforderungen an die horizontale Beleuchtungsstärke.
- Lichttechnisches Bewertungskriterium für den reinen Fußgängerverkehr ist die mittlere horizontale Beleuchtungsstärke. Der Wert sollte 2 Lux bis 15 Lux betragen. Im Bewertungsfeld müssen es mindestens 0,4 Lux bis 3 Lux sein.
- Eine gute Wahrnehmung von Personen und ihren Gesichtern kann durch eine angemessene, minimale halbzyklische Beleuchtungsstärke von 0,4 Lux bis 3 Lux erreicht werden.
- Hinweise zur Beleuchtung von Treppen gibt DIN EN 12464-2. Bei gelegentlich benutzten Treppen genügen 5 Lux, bei stark frequentierten hingegen sind bis zu 100 Lux vorgeschrieben. Die Gleichmäßigkeit muss mindestens 0,25 bis 0,40 betragen.
- Für Radwege gilt die Auswahl nach DIN 13201-1. Je nach Umgebungshelligkeit und Verkehrsaufkommen beträgt der Wert der mittleren horizontalen Beleuchtungsstärke 2 bis 15 Lux. Im Bewertungsfeld muss die minimale Beleuchtungsstärke zwischen 0,6 und 3 Lux liegen.
- Für Parkplatzflächen gilt DIN EN 12464-2. Bei geringem Verkehr reicht ein Wert der Beleuchtung von mindestens 5 Lux.
- Sofern auch Be- und Entladungen stattfinden, muss DIN EN 12464-2 beachtet werden.

Technische und rechtliche Aspekte

Rüsten Elektrofachbetriebe eine vorhandene Leuchte auf LED-Technik um, müssen sie einige Dinge beachten. Einfacher Lampentausch oder Leuchtenumbau mit Konversionslösung und Umrüstsätzen sind möglich.

Wenn eine Bestandleuchte umgerüstet werden soll, muss ihre Grundsubstanz „stimmen“. Das heißt, ihre elektrotechnischen und mechanischen Eigenschaften müssen für den Weitergebrauch und die voraussichtliche längere Lebensdauer nach der Umrüstung geeignet sein. Folgende Aspekte sollten geprüft werden.

Umgebungs- und Anschlussbedingungen

- Umgebungstemperatur von -20°C bis $+45^{\circ}\text{C}$
- Umgebungsbedingungen vor Ort (Schmutz, Wasser, Staub) passend zum IP-Schutz
- Kein Einfluss chemisch aktiver Stoffe
- Normale Oberfläche oder D- bzw. FF-Kennzeichnung zur Montage auf leicht entflammaren Oberflächen

Allgemeine Prüfpunkte

Die Leuchte ist nicht

- an eine Lichtsteuerung angebunden
- für Notbeleuchtung vorgesehen
- zum Einsatz in einer Sporthalle bestimmt oder trägt das Ballwurfsicherheitszeichen
- ATEX-zertifiziert

Sichtprüfung der Leuchte

- Leuchte und Befestigung ohne erkennbare Schäden (Verformungen, Beulen, Öffnungen und Risse oder sonstige Schäden)
- Dichtungen in einwandfreiem Zustand
- Ausreichende mechanische Festigkeit für Kunststoffe an stromführenden Teilen oder zum Schutz gegen elektrischen Schlag
- Keine Veränderung der Schutzklasse:
Leuchten der Schutzklasse 1: alle leitfähigen Gehäuseteile verbunden mit dem Schutzleitersystem der Elektroinstallation;
Leuchten der Schutzklasse 2: verstärkte oder doppelte Isolierung

Wird bei einer Umrüstung keine erhebliche Änderung an der Original-Leuchte vorgenommen und bestehen auch keine erhöhten Risiken, muss keine neue CE-Kennzeichnung erstellt werden. Durch die obligatorische Risikobewertung wird festgestellt, ob eine wesentliche Veränderung vorliegt. Nur dann wäre die Leuchte als neues Produkt einzustufen und ein Konformitätsbewertungsverfahren erforderlich.

Veränderungen, die Auswirkung auf die mit dem Produkt verbundenen Risiken haben können, sind zum Beispiel:

Veränderung der ursprünglichen Leistung

Umrüslösungen führen in der Regel zu einer reduzierten Leistungsaufnahme. Meist wird dadurch in der Leuchte weniger Wärme erzeugt und das damit verbundene Risiko sinkt. Bei einer Erhöhung der elektrischen Leistung ist eine Einzelfallprüfung notwendig.

Veränderung der Verwendung

Die Verwendung der Leuchte darf nicht verändert werden. Beispielsweise müssen Innenleuchten, Büroleuchten oder Straßenleuchten nach der Umrüstung als solche weiterhin genutzt werden. Das Risiko ändert sich nicht.

Veränderung der Bauart

Die Bauart der Leuchte darf nicht verändert werden. Ortsfeste Leuchten mit der Schutzart IP 65 zum Beispiel müssen weiterhin die gleichen Eigenschaften aufweisen. Das Risiko bleibt in diesem Fall bestehen. Ändert sich die Schutzklasse, ist von einer wesentlichen Veränderung auszugehen, da eine umfangreiche Änderung der Anforderung zum Schutz gegen elektrischen Schlag vorliegt.

Weitere Veränderungen

Der Austausch bestehender und der Einsatz neuer Komponenten führt in der Regel zu einer veränderten elektromagnetischen



Dieses Kapitel basiert auf dem ZVEI-Whitepaper „Umrüsten von Leuchten“, 2024.

Verträglichkeit (EMV) und anderen Blaulichteigenschaften. Der Hersteller der Umrüslösung sollte die EMV-Konformität und die Normenkonformität der Blaulichteigenschaften der entsprechenden Umrüslösung bestätigen. Zur Sicherstellung der EMV-Konformität sind spezifische Hinweise zu befolgen, etwa zu Abständen zwischen Leitungen. Werden funkbasierte Steuerungssysteme verwendet, sind Anforderungen aus der Funkanlagenrichtlinie (RED 2014/53/EU) zu beachten.

Umrüslösungen mit einer Blaulichtklassifikation RG0/RG1 können ohne weitere Prüfungen genutzt werden. Komponenten der Klassifikation RG2 erfordern hingegen weitergehende und in der Montageanweisung angeführte Maßnahmen. Zur Einschätzung der Gefahr ist eine Risikobewertung erforderlich. Werden erhöhte Risiken erkannt, liegt eine wesentliche Änderung vor und eine neue Konformitätsbewertung ist nötig.

Aktuell geltende Normen und Vorschriften sind dem EU-Amtsblatt und nationalen Veröffentlichungen zu entnehmen.

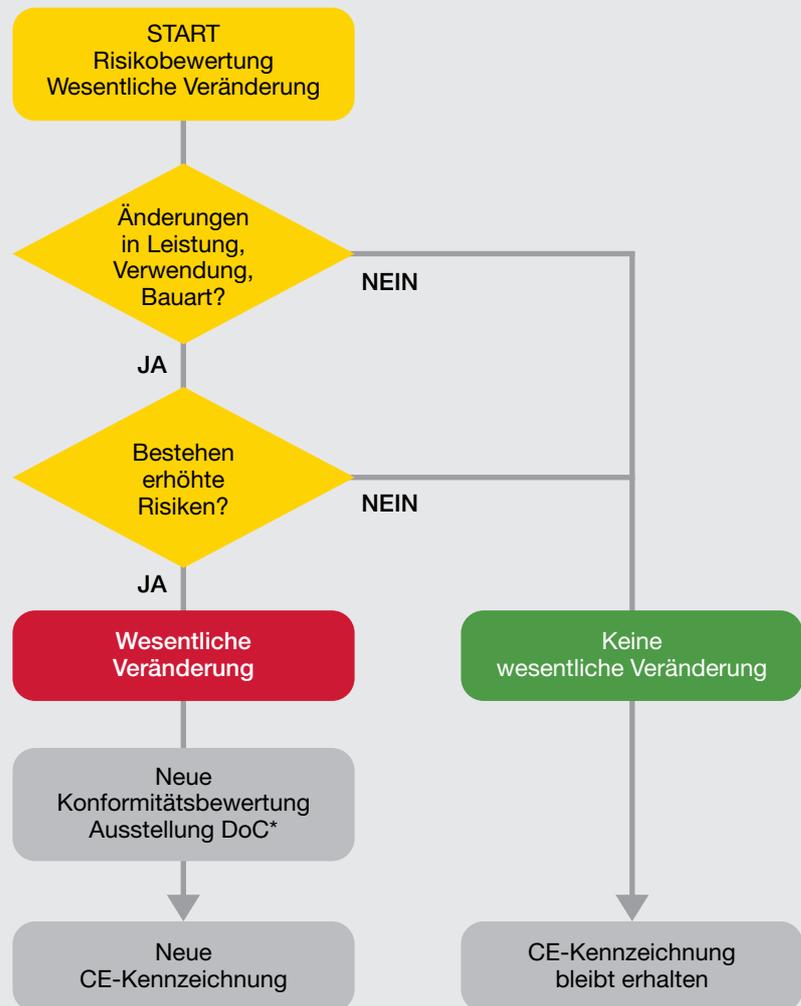
Risikobewertung der Veränderung

Verfahren zur Bewertung sind in sektoralen Richtlinien und Normen beschrieben. Eine Möglichkeit in Anlehnung an die Maschinenrichtlinie ist ein mehrstufiges Verfahren nach dem Interpretationsvorschlag des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales, das für Leuchten adaptiert wurde.

Der Verband der Elektro- und Digitalindustrie ZVEI empfiehlt als Hilfestellung die Verwendung des Flussdiagramms auf der rechten Seite. Damit lässt sich feststellen, ob es sich bei der Umrüstung um eine wesentliche Veränderung handelt.

Modernisierte Produkte ohne wesentliche Veränderungen erfordern keine erneute Konformitätsbewertung. Führt eine Modernisierung zu einer wesentlichen Veränderung, ist die neue Konformitätsbewertung wie für ein neues Produkt schriftlich zu belegen und in die DoC (Declaration of Conformity) aufzunehmen. Das Produkt ist dann erneut mit der CE-Kennzeichnung zu versehen, und die umrüstende Person wird zum Hersteller des neuen Produktes mit Übernahme aller Herstellerpflichten.

Bewertung wesentlicher Veränderungen



*Declaration of Conformity = Konformitätserklärung

© licht.de

54

Ein Konformitätsbewertungsverfahren ist mit sehr großem Aufwand verbunden. Deswegen sollte die Umrüslösung (Konversionslampen oder Umrüstsätze) so beschaffen sein, dass sie zu keinem erhöhten Risiko und somit auch zu keiner wesentlichen Veränderung der Leuchte führt. Das stellen folgende Anforderungen an den Hersteller der Umrüslösung oder den Umrüstenden der Bestandsleuchte sicher:

Hersteller der Umrüslösung

- Risikoanalyse und -bewertung der Umrüslösung vornehmen
- EU-Konformität der Umrüslösung feststellen

Verantwortliche Person bei der Umrüstung der Leuchte

- Eignungsprüfung der Bestandsleuchte: technisch/lichttechnisch
- Durchführung einer Risikoanalyse und -bewertung der umgerüsteten Leuchte in Kombination mit eingebauter Umrüslösung (nicht erforderlich bei Retrofit und bei leuchtenspezifischen Umrüstsätzen)

[54] Das Flussdiagramm hilft bei der Beurteilung, ob eine Umrüstung zu einer „wesentlichen Veränderung“ führt. (Quelle: ZVEI)



55

Definition

Der EU Blue Guide beschreibt das Konzept einer wesentlichen Veränderung:

„Ein Produkt, an dem nach seiner Inbetriebnahme wesentliche Änderungen oder Überarbeitungen vorgenommen wurden, kann als neues Produkt angesehen werden, wenn

- i) seine ursprüngliche Leistung, Verwendung oder Bauart geändert wurde, ohne dass dies bei der ursprünglichen Risikobewertung vorgesehen war,*
- ii) sich die Art der Gefahr geändert oder das Risikoniveau im Vergleich zu den einschlägigen Harmonisierungsrechtsvorschriften der Union erhöht hat,*
- iii) das Produkt zur Verfügung gestellt wird (oder in Betrieb genommen wird, wenn die Inbetriebnahme ebenfalls in den Anwendungsbereich der geltenden Rechtsvorschriften fällt).* Dies ist von Fall zu Fall und insbesondere vor dem Hintergrund des Ziels der Rechtsvorschriften und der Art der Produkte im Anwendungsbereich der betreffenden Rechtsvorschrift zu entscheiden.

Wird ein modifiziertes Produkt als neues Produkt eingestuft, so muss es bei Bereitstellung bzw. Inbetriebnahme den Bestimmungen der anzuwendenden Rechtsvorschrift entsprechen. Dies ist anhand des entsprechenden Konformitätsbewertungsverfahrens, das in der betreffenden Rechtsvorschrift festgelegt ist, zu überprüfen. Ergibt die Risikobewertung, dass das modifizierte Produkt wie ein neues Produkt angesehen werden muss, dann muss überprüft werden, ob das modifizierte Produkt die geltenden wesentlichen Anforderungen einhält, und muss derjenige, der die wesentlichen Veränderungen vornimmt, dieselben Anforderungen erfüllen wie der eigentliche Hersteller, beispielsweise technische Unterlagen erarbeiten, die EU-Konformitätserklärung ausstellen und die CE-Kennzeichnung am Produkt anbringen.“

[55] Sanierungsfall: Viele herkömmliche Lampen dürfen nicht mehr in den Verkehr gebracht werden, weil sie zu viel Energie verbrauchen oder gefährliche Stoffe enthalten – ein guter Grund, umzurüsten. (Foto: licht.de/Signify)

[56] Für Flure schreibt DIN EN 12464-1 eine Beleuchtungsstärke von mindestens 100 Lux vor. (Foto: licht.de/Signify)



Glossar

Betriebskosten

Betriebsausgaben für Energie, Wartung und Instandhaltung erreichen leicht eine Größenordnung von 80 Prozent der gesamten Lebenszykluskosten. Hier lässt sich also der größte Hebel ansetzen, wenn Ausgaben für die Beleuchtung dauerhaft gesenkt werden sollen – ein überzeugendes Argument für den Einsatz energieeffizienter Beleuchtungstechnik (siehe Seite 12).

CE-Kennzeichnung

CE steht für Conformité Européenne. Alle Leuchten bzw. technischen Produkte müssen diese Kennzeichnung haben, wenn sie in der EU in Verkehr gebracht werden. Sie wird ergänzt durch eine Konformitätserklärung. Mit dem Zeichen „CE“ auf ihren Produkten oder der Verpackung dokumentieren die Hersteller in Eigenverantwortung, dass ihre Produkte den „grundlegenden Anforderungen“ bestimmter Richtlinien und Schutzzielen der Europäischen Union entsprechen. Die CE-Kennzeichnung ist kein Sicherheitsprüfzeichen wie VDE-, ENEC- oder GS-Zeichen (siehe Seite 20, 48f).

DALI

DALI (Digital Addressable Lighting Interface) ist ein international IEC-standardisiertes Protokoll für digitale Kommunikation zwischen Beleuchtungskomponenten (siehe Seite 24).

Degradation

In der Lichttechnik beschreibt der Begriff den Rückgang des Lichtstroms. LED fallen meist nicht aus; ihre Lichtleistung nimmt mit der Zeit aber ab. Der Alterungsprozess kann durch widrige Betriebszustände beschleunigt werden, z. B. hohe Umgebungstemperatur. Die Degradation des Lichtstroms besteht aus zwei Werten: Anteil des Bemessungslichtstroms (in %) zum Zeitpunkt der Bemessungslebensdauer.

EPD

Environmental Product Declaration (EPD) sind Umweltprodukterklärungen. Sie fassen

alle Umwelteinflüsse eines Produktes über die Lebensdauer zusammen – etwa den Verbrauch an Primärenergie und Rohstoffen (siehe Seite 9).

Horizontale und vertikale Beleuchtungsstärke

Die Beleuchtungsstärke lässt sich in jeder virtuellen Ebene im Raum berechnen oder einfach mit einem Luxmeter messen. Meist werden Bewertungsflächen horizontal angenommen und haben immer Bezug zur Nutzfläche, z. B. der Schreibtisch. Bei Regalwänden oder zur Gesichtserkennung ist dagegen die vertikale Beleuchtungsstärke von Bedeutung (siehe Seite 39f, 46f).

Human Centric Lighting (HCL)

HCL steht für ein Beleuchtungskonzept, das neben den visuellen Aspekten von Wahrnehmung und Sehkomfort auch biologische und emotionale Gesichtspunkte gleichwertig berücksichtigt (siehe Definition in der Einführung zu Heft licht.wissen 21 „Leitfaden Human Centric Lighting (HCL)“ oder im ZVEI-Positionspapier zu Human Centric Lighting). International wird in diesem Zusammenhang auch „Integrative Lighting“ verwendet (siehe Seite 26, 31).

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 geregelterm künstlichen Licht für ein konstantes Beleuchtungsniveau. Bei dieser Art der Konstantlichtregelung bleibt die Beleuchtungsstärke durch Zugabe oder Rücknahme des künstlichen Lichts durchgehend gleich, auch wenn der Tageslichtanteil variiert. Bei großer Außenhelligkeit wird die Beleuchtung zurückgenommen oder abgeschaltet, bei wenig Tageslicht ihr Niveau entsprechend 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 (siehe Seite 28).

Human Centric Lighting (HCL)



57

© licht.de

Lichtausbeute

Die Lichtausbeute (Kurzzeichen: η) zeigt an, wie viel Energie für einen bestimmten Lichtstrom aufgewendet werden muss. Sie wird in Lumen pro Watt (lm/W) angegeben. Dabei gilt: Je höher dieser Wert, desto effizienter ist die Leuchte.

Ökodesign-Verordnung

Die Ökodesign-Verordnung bildet den europäischen Rechtsrahmen für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Produkten (siehe Seite 7).

Parametrierung (DALI)

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 (siehe Seite 25).

Retrofit

Eine LED-Austauschlampe auf Basis einer von der Ursprungslampe abweichenden Technologie wird Retrofit genannt (heute im Allgemeinen LED-Retrofits, siehe Seite 20).

RoHS

Die EU-Richtlinie 2011/65/EU (Restriction of Hazardous Substances = RoHS) beschränkt den Gebrauch verschiedenster Substanzen in Elektrogeräten und unterstützt die Verwendung von Ersatzstoffen (siehe Seite 8).

Steuern und Regeln

Lichtmanagementsysteme steuern das Licht. Die Arbeitsstättenbeleuchtung hat in der Regel zum Ziel, durch automatisierte Funktionen den Bedien- und Beleuchtungskomfort sowie die Energieeffizienz zu erhöhen. Dazu werden in Abhängigkeit von zum Beispiel der Zeit, der erfassten Anwesenheit von Personen oder dem verfügbaren Tageslicht die zu steuernden Lichtquellen geschaltet, gedimmt und gegebenenfalls ihre Farbtemperatur eingestellt.

Ist Tageslicht vorhanden, wird häufig das Prinzip der Sollwertregelung angewendet: Sobald ein Sensor am Arbeitsplatz Tageslicht misst, das einen voreingestellten Sollwert unterschreitet, wird künstliches Licht konstant ergänzt.

In der Praxis hat es sich bewährt, die automatische Steuer- und Regelfunktionen manuell unterbrechen zu können, etwa mit Installationstastern oder einer App auf einem mobilen Endgerät.

Wartungsfaktor

Der Wartungsfaktor ist für jedes Projekt zu ermitteln. Er hängt von vier Faktoren ab: die Lichtstrom-Degradation, der Raum- und Leuchtenwartungsfaktor sowie ein Lampenlebensdauerfaktor, der aber in Zeiten der LED nicht weiter betrachtet wird. Ein Wartungsfaktor von 0,8 bedeutet z. B., dass die anfängliche Beleuchtungsstärke von 100 Prozent bis zum Ende des Wartungsintervalls auf 80 Prozent zurückgehen wird (siehe Seite 32).



Mehr zu Wartung und Wartungsfaktor

Wartungsplan

Der Wartungsplan wird vom Lichtplaner erstellt. Er definiert Zeitpunkt und Art der Wartung. Planer müssen das Wartungsprogramm dokumentieren: inklusive der Intervalle zum Reinigen und Wechseln der Lichtquellen und der Wartung der gesamten Beleuchtungsanlage. Diese Dokumentation kann mit entsprechender Lichtplanungssoftware erstellt und im Handbuch aufgenommen werden. Verantwortlich für die Einhaltung des Wartungsplanes ist der Betreiber der Anlage (siehe Seite 12f, 31f).



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

Die Schriftenreihe von licht.de

licht.wissen 21

Leitfaden Human Centric Lighting (HCL)

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



[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 10] 52 Seiten zur Not- und Sicherheitsbeleuchtung: Heft 10 informiert über relevante Normen und Vorschriften, erklärt licht- und elektrotechnische Anforderungen und stellt zahlreiche Anwendungslösungen vor.



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

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 (2016)
- 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!

Herstellernerneutrale 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

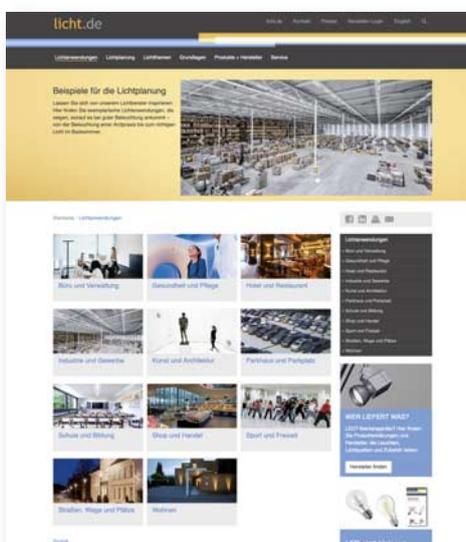
Die Reihe „licht.wissen“ umfasst 21 Titel. Mit vielen Beleuchtungsbeispielen erläutern diese Themenhefte lichttechnische Grundlagen und zeigen beispielhafte Lösungen. Alle lichttechnischen Aussagen sind grundsätzlicher Art.

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
Fördergemeinschaft Gutes Licht
– 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

rřw. kommunikation, Darmstadt
www.rřw-kom.de

ISBN-Nr. PDF-Ausgabe 978-3-945220-34-4
September 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 GmbH*.
Publikationen der Internationalen Beleuchtungskommission CIE sind in dessen *Webshop* erhältlich.

Der komplette oder auszugsweise Nachdruck von licht.wissen 09 ist nur mit Genehmigung des Herausgebers gestattet.

Bildnachweis

Titel: ArGe Medien im ZVEH
Innentitel: Ledvance
Social Media Icons: Vecteezy.com

Bildnummern Rückseite
58: Signify; 59: Artemide; 60: Molto Luce; 61: Ledvance; 62: Molto Luce, Fotograf Marco Zanta; 63: Artemide

		58
59	60	61
62		63

Alle Bilder, Visualisierungen und Grafiken stammen von licht.de-Mitgliedsunternehmen oder wurden im Auftrag von licht.de angefertigt.



www.facebook.com/lichtde



linkedin.com/company/licht-de



www.youtube.com/@licht_de

licht.wissen 09

Nachhaltig und
zukunftsicher sanieren



licht.de

Fördergemeinschaft Gutes Licht
Amelia-Mary-Earhart-Str. 12
60528 Frankfurt am Main
Tel. +49 (0)69 63 02-353
Fax +49 (0)69 63 02-400
licht.de@zvei.org
www.licht.de