

licht.de

licht.wissen 02

Lernen in neuem Licht

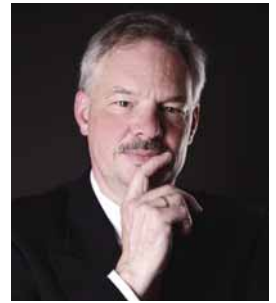


Freier Download auf
www.licht.de





Editorial



Lehrer, Schulleiter und Schulträger haben in den vergangenen Jahren mehr Verantwortung übernommen als je zuvor. Neben dem Erreichen der stofflichen, methodischen und didaktischen Ziele sind durch die zusätzlichen Stunden – Stichworte: Ganztagschule oder Nachmittagsunterricht – gesundheitliche Aspekte hinzugekommen. Organisationen, die sich um Kinder kümmern, kritisieren in unserer Gesellschaft, dass sich die Jüngsten zu wenig bewegen, übergewichtig werden, Koordinationsstörungen haben, eine Myopie (Kurzsichtigkeit) ausbilden und früher eine Brille brauchen.

Häufig werden dafür Smartphones, Tablets und Spielkonsolen verantwortlich gemacht, dabei wird aber übersehen, dass zu viel Zeit in schlecht oder falsch beleuchteten Räumen verbracht wird. Es ist zwar nicht möglich, nachhaltigen Einfluss auf die Zeit nach Schulschluss zu nehmen, doch in der Schule ist gute Beleuchtung Sache der Schulträger. Soweit von der Notwendigkeit, im Rahmen der Daseinsvorsorge zu handeln.

Keine gute Idee ist es auch, wenn Lehrer erst das Licht einschalten, wenn man quasi nichts mehr sieht. Flackernde Lampen, verschiedene Lichtfarben und blendende Strahler gehören mittlerweile hoffentlich bundesweit der Vergangenheit an. Aber trotzdem gibt es notwendige und sinnvolle Verbesserungsmöglichkeiten.

Etwa sollte der Bereich der Tafel oder des Whiteboards fokussierter ausgeleuchtet werden als der restliche Klassenraum. Adäquat zum Sonnenlicht sollte der Blaulichtanteil im sichtbaren Lichtspektrum morgens höher sein, während in den frühen Abendstunden die Beleuchtung zunehmend warmweiß werden sollte. Auch Aktivierungen und Beruhigungen der Kinder sind mit Lichtszenen möglich. Bei entsprechender Ausstattung könnten sich Lernenden und Lehrenden so bessere Einflussmöglichkeiten bieten.

Ähnlich, wie im geöffneten Kühlschrank immer das Licht an ist, könnte das auch in Klassenräumen, Fluren oder Toiletten sein: Wenn jemand da ist, ist es hell; ist der Raum leer, ist es dunkel – automatisch. Die Bankreihe an der Fensterseite erhält mehr Tageslicht als die fensterferne Reihe, sodass mit der künstlichen Beleuchtung der gesamte Klassenraum gleichmäßig ausgeleuchtet wird. Und weil mehrere Klassenzimmer mit den gleichen Bedingungen nebeneinander in einem Stockwerk liegen, genügt eine einzelne Sensorsteuerung pro Etage. Die Lehrerinnen und Lehrer müssten sich um nichts mehr kümmern.

Wer jetzt auf die Kosten verweist, der sollte sich einmal vom Kämmerer zeigen lassen, wie hoch der Anteil der Beleuchtungskosten an den gesamten Betriebskosten dieser Liegenschaft sind. Wenn Kinder früh Brillen brauchen und wegen schlechter Beleuchtung schlechte Leistungen bringen, nimmt langfristig auch die Gesellschaft Schaden. Eine Abschaltautomatik und die sensorgesteuerte Beleuchtungskontrolle, gekoppelt mit einem nutzerorientierten Beleuchtungskonzept, machen Lehrer, Schüler, Eltern und Kämmerer froh. Wie das genau geht, können Sie in diesem hilfreichen Magazin nachlesen. Was es bringt und warum solche Gedanken auch für die Kindertagesstätten gelten, steht hier auch. Ich selbst habe in meinen Büroräumen mit besserem Lichtkonzept die Kosten um ein Drittel gesenkt. Das können Sie auch.

*Ilw
Peter G. Baranec*

Peter Baranec
Chefredakteur Kommunalleasing Magazin KLM



Schule für
lebenslanges
Lernen
Seite 6



Damit Kindern ein
Licht aufgeht ...
Seite 10



Leichter lernen
mit digitaler Unter-
stützung
Seite 14



Zu Hause gut
lernen
Seite 15



Kindertagesstätten
– Licht für kleine
Entdecker
Seite 18



Unterrichtsraum,
Tafel und
Whiteboard
Seite 20



Fachräume
Seite 24

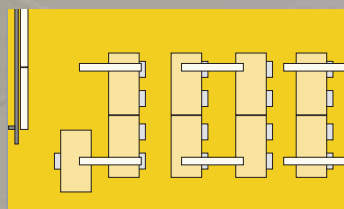


Aula, Hörsaal und
Audimax
Seite 32



Licht-Standard

Sanierung
Seite 28



Lichtquellen
Seite 30



Leuchten
Seite 38





Bibliothek
Seite 36



Konferenz- und Schulungsräume
Seite 40



Lehrerzimmer und Büro
Seite 42



Orientierung und Sicherheit auf Verkehrswegen
Seite 46



Cafeterien und Mensen
Seite 52



Sporthallen und Sportplätze
Seite 54



Pausenhöfe und Parkplätze
Seite 64



Schriftenreihe, Impressum
Seite 71



Lichtmanagement
Seite 44



Sicherheitsbeleuchtung
Seite 50



Fachbegriffe und Normen
Seite 58



Literatur, Studien, Glossar
Seite 66





02



03

Schule für lebenslanges Lernen

Die „Universalgelehrten“ des 16. und 17. Jahrhunderts konnten noch die gesamte Welt erklären. Sie wussten alles, was man wissen sollte. Heute ist das schlicht unmöglich. Erworbene Erkenntnisse und Technologiekompetenz können in wenigen Jahren bereits widerlegt und überholt sein. Wir befinden uns im „Zeitalter der Wissensexpllosion“, wie es das Zukunftsinstitut nennt, und verwandeln uns in eine Wissensgesellschaft. In dieser ist Bildung wichtiger denn je.

Wer heute eine „Ausbildung“ abschließt, ist sicher nicht „ausgebildet“ und kann sich keinesfalls die nächsten Jahrzehnte auf dem Gelernten ausruhen. Der rasante Zuwachs an Wissen erfordert vielmehr eine kontinuierliche Fortbildung. „Ein Universalgelehrter ist heute also nicht mehr jemand, der alles weiß, sondern jemand, der mit Wissen und Nichtwissen souverän umgehen kann“, so das Zukunftsinstitut.¹ Wissen verliert seinen elitären Charakter und wird zum Allgemeingut. Entsprechend hat das Zukunftsinstitut die Wissenskultur als Megatrend ausgemacht, der langfristig unsere Gesellschaft verändert. Der enorme Zuwachs an Wissen erfordert jedoch einen neuen, reflektierten Umgang mit Informationen und den Mitteln seiner Verbreitung.

Entsprechend können Bildung und Ausbildung von heute sich nicht mehr auf den Anfang des Lebens beschränken, sondern werden zum lebenslangen Prozess. Und die Schulzeit kann nicht mehr allein die Anhäufung von Wissen zum Ziel haben, sondern muss den Aufbau von Kompetenzen fördern, die zum lebenslangen Selbstlernen befähigen. Sie muss Persönlichkeiten hervorbringen, die über die Methoden verfügen, sich Wissen selbstständig anzueignen und sich beim Lernen auch flexibel den äußeren Bedingungen anzupassen – das hat uns zuletzt auch die Corona-Pandemie gezeigt. Zugleich sieht sich Schule heute den gesellschaftlichen Erwartungen an Ganztagsunterricht und Inklusion gegenüber (siehe Seite 69). Und obendrein wird von jeder einzelnen Bildungsstätte eine individuelle pädagogische Profilierung erwartet.

Schule findet heute also unter völlig anderen Voraussetzungen statt als im vergangenen Jahrhundert, als viele auch heute noch genutzte Gebäude entstanden: Als „Flurschulen“ organisierte Häuser, in denen die Klassenräume sich an Gängen aufreichten, die

vornehmlich Verkehrswege waren, allenfalls noch Garderobe. Der klassische Frontalunterricht weicht vielerorts moderneren Unterrichtskonzepten, die stärker die individuellen Lernprofile der Schülerinnen und Schüler berücksichtigen, zwischen Methoden, Arbeitsformen und Lernorten wechseln.

Individualität entfalten

„Kinder und Jugendliche werden sich ihres Lernens dann bewusst, wenn sie vielfältige und häufige Perspektivwechsel einnehmen können: hier Zuhörer, dort Redner, hier Beobachteter, dort Beobachter, hier Lerner, dort Lehrer“, sagt Dr. Otto Seydel, Leiter des Instituts für Schulentwicklung in Überlingen.³ Herkömmliche Klassenräume sind seiner Ansicht nach für ein solches Lernen eher ungeeignet. „Wenn ich die Kinder einsperre in enge Bänke, wie sie vor 100 Jahren produziert wurden, dann kann sich daraus keine Selbstlernkompetenz entwickeln. Ich muss Fläche haben, damit Individualität sich auch entfalten kann.“

All diese Anforderungen treffen vielerorts auf einen erheblichen Nachholbedarf im Schulbau. So will etwa Berlin mit seiner 2017 gestarteten Schulbau-Offensive bis 2026 mit mehr als 5,5 Milliarden Euro nahezu alle Schulen sanieren und mindestens 60 neue Schulen und Erweiterungsbauten errichten, um Platz für rund 70.000 zusätzliche Schülerinnen und Schüler zu schaffen. Hamburg und München haben ähnliche Programme aufgesetzt.

„Der Raum als dritter Pädagoge“

Das birgt viel Potenzial, mit neuen Raumkonzepten die Pädagogik der Zukunft zu fördern. Dort erlebt „der Raum als dritter Pädagoge“ eine Renaissance. Die Idee kam schon in den 1960er- und 1970er-Jahren aus der frühkindlichen Erziehung, wurde von Schulen adaptiert, geriet dann aber wieder in Vergessenheit.

[02] Immer in Bewegung: In Kindergarten und Vorschule wechseln Kinder vom Gruppentisch zum Malen in die Musikecke oder setzen sich an einen Einzelarbeitsplatz. (Foto: licht.de/Trilux)

[03] Starkes Duo: Lichtlösungen, die einfallendes Tageslicht einbinden, steigern das Wohlbefinden und sind energieeffizient. (Foto: licht.de/Ledvance)



04

„Es muss gelingen, die anstehenden Investitionen nicht wieder in überholte Klassenraum-Flur-Schulen, sondern in zukunftsfähige Typologien für Lernräume und leistungsfähige Schulbauten zu lenken“, schreibt die Montag Stiftung, die in Zusammenarbeit mit Experten aus der Pädagogik, den Bereichen Architektur, Städtebau und Planung sowie Politik und Verwaltung entstanden ist.²

Ihr Ansatz ist eine integrierte Planung, bei der die drei Bereiche Pädagogik, Architektur und Verwaltung zusammenarbeiten. Und zwar ab „Phase Null“, in der idealerweise vor dem ersten Entwurf oder gar vor der Wettbewerbsausschreibung alle drei Fachbereiche gemeinsam die Nutzungsanforderungen, das Raumprogramm und die räumlichen Organisationsstrukturen definieren. „Gut abgestimmte Entscheidungen in der Phase Null sparen im Planungs- und Bauprozess wie auch bei der späteren Nutzung erhebliche Kosten und Ressourcen“, heißt es dort.²

Klassenraum-Plus, Cluster oder Lernlandschaft

Ziel all dieser Bestrebungen sind räumliche Gegebenheiten, die mit einer pädagogischen Architektur das Lernen der Zukunft unterstützen. Diese entsteht aus drei verschiedenen Lernraumtypen: Klassenraum-Plus – das herkömmliche Klassenzimmer wird um weitere Flächen ergänzt, die eine größere Differenzierung möglich machen und Rückzugsorte oder Gruppenräume schaffen; Cluster und Compartment – mehrere Klassen nutzen einen Pool von Räumen, die verschiedene Kombinations- und Trennungsvarianten ermöglichen; Lernlandschaft – kommt völlig ohne Klassenzimmer aus und schafft Lernsituationen in einem offenen Raum. Eine pädagogische Architektur orientiert sich zudem an den gewünschten oder vorhandenen Gebäudetypen wie etwa Flurschule, Hallenschule (siehe Seite 69) oder Pavillonschule. Zudem berücksichtigt sie das pädagogisch gewünschte Raumbelagungskonzept, nach dem Klassen, Jahr-

[04] Moderne Pendelleuchten geben im Hörsaal ein nahezu schattenfreies, flächiges Licht und variieren die Farbe im Tagesverlauf. (Foto: licht.de/Trilux)



05

gängen, Fachbereichen oder gar Lehrern feste Räume zugeordnet werden. Zudem bindet es mögliche Individualisierungsformen ein, nach denen Schülerinnen und Schülern ein personalisierter oder ein nicht-personalisierter Arbeitsplatz zusteht.

Als ein Rahmen für ein zeitgemäßes räumliches Modell und zeitgemäße Organisationsformen wurde das „Münchener Lernhaus“ entwickelt. Nach Vorbild des Clusters besteht es aus Klassen-, Gruppen- und Lernräumen, die um eine gemeinsame Mitte angesiedelt sind. Das soll die pädagogische Zusammenarbeit und Flexibilität beim Wechsel von Lernformen fördern und räumliche Synergien schaffen. Mehrere Lernhäuser bilden eine Schule – und können auch mit kleinen baulichen Veränderungen aus dem Bestandsbau einer bestehenden, konventionell gebauten Flurschule entstehen. Hingegen haben Hamburg und Berlin nach dem Cluster-Prinzip Module in Holzbauweise für den Schulbau entwickelt: Eine

oder mehrere Einheiten des „Hamburger Klassenhauses“ oder des „Berliner Compartments“ können bestehende Schulen ergänzen oder sich zu einer neuen Schule formieren.⁴

Andere Städte wie etwa Köln verfolgen weniger das Klassenraumkonzept und überlassen der jeweiligen Schule und den Planern die Entscheidung – vor allem für die offene Lernlandschaft höherer Jahrgangsstufen. Sie „löst sich vom herkömmlichen Verständnis des allgemeinen, nach Klassenräumen gegliederten Lern- und Unterrichtsbereichs und folgt dem Konzept eines stärker individualisierten und eigenverantwortlichen Lernens“, so die Definition der „Pädagogisch-architektonischen Standards für die Stadt Köln“.⁵

Die offene Schule der Zukunft

Im Haus der Bildung von morgen sollen Lern-, Aufenthalts- und Lehrerbereiche fließend ineinander übergehen und viel Raum

für Flexibilität und Interaktion bieten. Und im Sinne der Nachhaltigkeit wird sie sich auch nach außen öffnen müssen – als Hybridgebäude für weitere Nutzer, ihre Turnhalle für den Vereinssport und ihren Schulhof für die Öffentlichkeit. All das setzt sorgfältige Planung und Weitsicht voraus. Nicht zuletzt unter Beteiligung von Experten für eine zukunftsfähige Lichtlösung, die für die Schule alle notwendigen Bedürfnisse/Funktionen durch eine geeignete Steuerung ins angemessene Licht rückt, lebenslanges Lernen unterstützt, Sicherheit gibt und auch nachhaltig ist.

[05] E-Learning und Web-Seminare sind wichtige Instrumente für das lebenslange Lernen in der beruflichen Weiterbildung. Passende Lichtlösungen machen den Arbeitsplatz zum angenehmen Lernort. (Foto: licht.de/Trilux)

Damit Kindern ein Licht aufgeht

Kinder und Jugendliche verbringen einen Großteil ihrer Zeit in Innenräumen – in der Schule, beim Lernen zu Hause oder mit Familie und Freunden. Während manche Umgebungsfaktoren kaum zu beeinflussen sind – etwa die Bauart und Lage eines bestehenden Gebäudes oder Raumes – kann die Beleuchtung mit wenig Aufwand gezielt den Bedürfnissen der Nutzer angepasst werden.

Licht hat seit jeher einen wichtigen Einfluss auf uns Menschen: etwa auf unser Sehvermögen, den Tag-Nacht-Rhythmus, die Schlafqualität, das Wohlbefinden und viele Stoffwechselforgänge in unserem Körper, wie die Vitamin-D-Produktion. Es wirkt auch auf unsere Wahrnehmungsfähigkeit, Aufmerksamkeit und unser Lernvermögen. Den Zusammenhang von Licht und Lernerfolg bei Kindern belegen weltweite Untersuchungen, Beobachtungen und auch neuere empirische Studien, die vor allem die Effekte von Lichtintensität und natürlicher Lichtfarbe auf das Lernen untersuchten.

Studien belegen: bessere Leistungen mit Tageslicht

Eine Übersichtsarbeit und eine Studie mit mehr als 2.000 Schulklassen in drei US-Bundesstaaten zeigen: Schüler, die mehr Tageslicht bekommen, absolvieren bessere Mathematik- und Lesetests als solche, deren Tageslichteinfall im Klassenzimmer geringer ist.^{7, 8}

Eine europäische Studie mit über 2.600 Kindern in zwölf europäischen Ländern hat untersucht, wie sich verschiedene Beleuchtungssituationen jeweils auf die schulische Leistung auswirken: Eine Südausrichtung des Klassenraums und große Fensterflächen im Verhältnis zur Bodenfläche haben demnach den größten positiven Einfluss auf das kindliche Lernen.⁹ Zu vergleichbaren Ergebnissen kommt eine Untersuchung in Indien: Die Lernleistung war auch hier deutlich besser, wenn die Schüler mehr Tageslicht erhielten und ihre Unterrichtsräume besser ausgeleuchtet waren.^{7, 10}

Eine weitere Studie hat sich mit dem Einfluss des natürlichen Farbspektrums von Licht im Tagesverlauf auf das Lernen und Konzentrationsvermögen befasst, eine Übersichtsarbeit den Zusammenhang zwischen natürlicher Lichtfarbe im Tagesverlauf und Leseleistung – hinsichtlich Genauigkeit,

Geschwindigkeit und Ausdruck untersucht.^{11, 12} Ergebnis: Kinder, die in Räumen mit natürlichem Farbspektrum unterrichtet werden, schneiden beim Lesen deutlich besser ab als Schüler der Vergleichsgruppe mit weniger guter Beleuchtung. Wird zudem das Licht mit Blauanteilen angereichert, steigern sich kurzzeitig die Konzentration und kognitive Leistung in Bezug auf Verarbeitung, Geschwindigkeit und Gedächtnis.¹¹ Eine längere Exposition gegenüber blauem Licht zur falschen Zeit kann zu einer Störung des Tag-Nacht-Rhythmus und langfristig zu schlechterer Schlafqualität und geringerem Konzentrationsvermögen führen.

Konzentration und Aufmerksamkeit fördern

Viele interne und externe Faktoren beeinflussen die Aufmerksamkeit und das Konzentrationsvermögen beim Lernen – dazu gehören Gesundheitszustand, Emotionen, Ernährung, Müdigkeit, aber auch Motivation und Interesse am Unterricht. Für Ablenkung und Störungen gibt es zahlreiche Gründe, etwa ein unbehagliches Raumklima, Lärm oder Bewegungen im Gesichtsfeld.

Mit einer bewusst geänderten Raumbeleuchtung lässt sich die Aufmerksamkeit wieder auf den Unterricht lenken, beispielsweise indem die Umgebung abgedunkelt wird. Eine gute Ausleuchtung verbessert die Erkennbarkeit, etwa beim Lesen. Die Folgen ungünstiger Beleuchtung sind häufig frühzeitige Ermüdung, Irritationen und Nackenschmerzen. Bei all den genannten Faktoren sind Tageslicht und eine gute Beleuchtung zwar nur ein Aspekt – aber eben jener, der am leichtesten beeinflusst werden kann.

Schlechter Schlaf erhöht die Unfallgefahr

Zahlreiche Studien beschäftigten sich in den vergangenen Jahren damit, positive Faktoren für Konzentration und Aufmerksamkeit genauer zu verstehen und negative



06

Einflüsse zu identifizieren. Einige zeigten: Erhöhte Unfallzahlen, Depressionen und Stoffwechselerkrankungen können die Folge schlechter Schlafqualität und kurzer Schlafdauer sein. Gleiches gelte insbesondere auch bei Nutzung von Mobiltelefonen, Tablets und LED-Bildschirmen am Abend. Hierbei scheint besonders der blaue Anteil in LED-Farbspektren problematisch zu sein, aber auch das Schlafverhalten an sich.^{13,14} Jedes Jahr ist Übermüdung die Ursache Tausender Unfälle am Arbeitsplatz und im Verkehr und damit eine ernstzunehmende Gefahr.^{15,16}

„Gute Beleuchtung kann Sozialverhalten positiv unterstützen“

Bei unzureichender Beleuchtung oder Dunkelheit fühlen sich manche Menschen un beobachtet und damit auch weniger sozial kontrolliert. Das kann dazu führen, dass sie leichter Regeln brechen. Ein Phänomen, das im nächtlichen Straßenverkehr beobachtet wurde.¹⁷ Die Gründe sind gleich:

Weniger Beobachtung verringert die soziale Verantwortung. Im Umkehrschluss kann eine gute Beleuchtung Ehrlichkeit und Sozialverhalten positiv lenken.

Denn die gleiche Studie attestierte auch eine höhere Hilfsbereitschaft bei guten Lichtverhältnissen. Eine weitere Untersuchung zur Risikowahrnehmung und zum Risikoverhalten kam zu dem Schluss: In dunklen Beleuchtungssituationen nehmen Menschen generell vermutete Risiken ausgeprägter wahr.¹⁸

Gut schlafen, besser starten

Natürliches Licht folgt sowohl dem Tages wie auch dem Jahresverlauf; beide sind je nach Breitengrad unterschiedlich. Den Tag in Deutschland prägt das wechselnde Farbspektrum von leicht rötlichem Licht am Morgen über weiß-bläuliches Licht zur Mittagszeit bis zu rötlich-violetttem Licht am Abend. Nicht nur die Lichtfarbe ändert sich, auch die Lichtintensität. Beide Aspekte sind wichtig für den menschlichen Tag-Nacht-

[06] Unterrichtsmethoden, Lehrmittel und Schulalltag haben sich in den vergangenen Jahrzehnten stark verändert und mit ihnen die Anforderungen an die Beleuchtung. (Foto: licht.de/Trilux)



Sven Hoffmann
Program Manager Work+Health an der
Universität Zürich und Lausanne

Rhythmus, genauer gesagt: den circadianen Rhythmus (siehe Seite 68). Ist die innere Uhr im Takt und der Schlaf erholsam, starten wir gut in den Tag.

Warum wird die Lichtfarbe auch Farbtemperatur genannt? Eine Beobachtung prägte den Begriff: Metall nimmt im Schmeldefeuer verschiedene Farben an – zuerst rotglühend, dann weiß und schließlich bläulich. Heute wird die Farbtemperatur des Lichts anhand eines „schwarzen Strahlers“ definiert, der langsam erhitzt wird. Angegeben wird sie in Kelvin (K). Farbtemperaturen unter 3.300 K werden als Warmweiß bezeichnet, 3.300 bis 5.300 K als Neutralweiß und mehr als 5.300 K als Tageslichtweiß, auch als Kaltweiß gebräuchlich.

Flächiges Licht in kühler Farbe mit hohen Beleuchtungsstärken aktiviert, während niedrige, rötliche Farbtemperaturen bei geringerer Helligkeit den Körper eher zur Ruhe kommen lassen. Der Himmel gibt diese Dynamik von Farbe und Menge vor: Je nach Jahreszeit hat das Tageslicht bei wolkenlosem Himmel morgens eine Farbtemperatur von ungefähr 3.000 K, mittags etwa 5.300 bis 5.800 K und am purpurroten Abendhimmel weniger als 2.000 K. Bei Sonnenlicht werden Beleuchtungsstärken von etwa 100.000 Lux gemessen, in einer mond hellen Nacht nur rund 0,2 Lux. Ein Wintertag mit bedecktem Himmel kommt noch auf circa 3.500 Lux. In Klassenräu-

men sind 500 Lux üblich – das reicht zum Sehen, ist aber sehr wenig für unseren Körper.

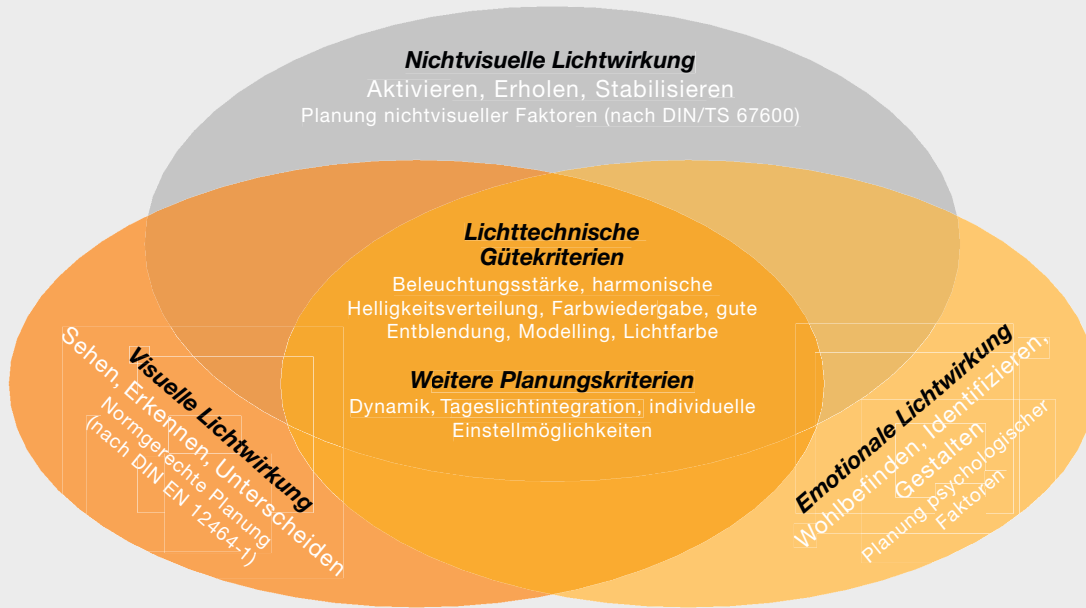
Heute können wir viel für Lernende und Lehrende tun – mit dem richtigen Licht in der richtigen Menge zur richtigen Zeit. Je besser das Licht der Lernsituation angepasst ist, desto mehr Informationen können aufgenommen, verarbeitet und gespeichert werden. Eine gute Ausleuchtung mit kühlweißem Licht fördert die Aufmerksamkeit und das Konzentrationsvermögen. Warme Lichtfarben und eine gedämpfte Beleuchtung tragen zu mehr Ruhe in Gruppendiskussionen und zur Entspannung nach Klassenarbeiten bei.

„Es gibt einen engen Zusammenhang zwischen der Benutzung von elektronischen Geräten und dem Abend-Chronotyp mit Schlafproblemen“

Wie bei Erwachsenen gibt es auch bei Kindern verschiedene bevorzugte Tag-Nacht-Rhythmen (Chronotypen siehe Seite 68).¹⁹ Eine neuere Studie zeigt dabei einen engen Zusammenhang zwischen der regelmäßigen Benutzung von elektronischen Geräten und dem Abend-Chronotyp.²⁰ Neben teils massiven Schlafproblemen zeigten die in dieser Studie untersuchten Kinder mit „erzwungenem“ Abendtyp auch eine erhöhte Neigung zu Depressionen. Diese Gruppe profitiert besonders von optimal beleuchte-



Human Centric Lighting (HCL)



Die nichtvisuellen, visuellen und emotionalen Wirkungen des Lichts stehen in engem Zusammenhang mit den lichttechnischen Gütekriterien: Tageslichtnutzung, Farbtemperatur, Dynamik, Farbwiedergabe, Blendungsbegrenzung, Beleuchtungsstärke, Lichtverteilung und Modelling. Für ein ganzheitliches Beleuchtungskonzept – Human Centric Lighting (HCL) – müssen alle diese Faktoren in die Beleuchtungsplanung einbezogen werden (siehe Seite 69).

ten Unterrichtsräumen. Noch besser ist jedoch eine langfristige Synchronisierung: Die innere Uhr von älteren Kindern und Jugendlichen tickt nach einem anderen Zeitplan als das Bildungswesen; sie sind Spättypen. Morgens sind viele Schüler noch im Schlafmodus und dafür spät abends hellwach. Sie haben andere Lichtbedürfnisse als Erwachsene, die oft in den Abendstunden unterrichtet werden. Eine gute Lichtplanung bezieht all diese Faktoren ein und gestaltet die bestmögliche Lernumgebung als Basis für den schulischen Erfolg und das Wohlbefinden von Kindern und Jugendlichen.



Was Licht mit dem menschlichen Körper macht, lesen Sie im Heft licht.wissen 19 „Wirkung des Lichts auf den Menschen“. Hinweise zur Planung gibt licht.wissen 21 „Leitfaden Human Centric Lighting (HCL)“. Das Mini-Buch „Wie wirkt Licht eigentlich auf mich?“ bringt das Thema Schülern näher.

[07-09] Eine Veränderung der Raumwirkung fördert Lernprozesse: Die passende Lichtkomposition zur richtigen Zeit unterstützt natürliche körpereigene Prozesse im Tagesverlauf. Human Centric Lighting (HCL) gibt Impulse zur Aktivierung und Regeneration. (Fotos: licht.de/Zumtobel, Fotograf Jesper Malmkvist)





11

Leichter lernen mit digitaler Unterstützung

Lernen soll Spaß machen – ob im Kindergarten, in der Schule oder zu Hause. Deswegen beschäftigen sich verschiedene Lern-Settings und pädagogische Konzepte damit, wie die Wissensaneignung und das Einprägen von Informationen sinnvoll unterstützt werden können – in der realen Welt und im digitalen Raum.



12

[11] Computer und Tablets unterstützen heute den Schulalltag. (Foto: licht.de/Signify)

[12] Handliche Tablets ersparen den Transport mancher schwerer Bücher und machen den Schulranzen deutlich leichter. (Foto: licht.de/Signify)

Zahlreiche digitale Tools begleiten heute den Unterricht in Bildungsstätten und Kinderzimmern – etwa Lernplattformen sowie virtuelle Klassen- und Meetingräume. Da jedes Bundesland eigene Vorgaben zu Datenschutz- und Qualitätsstandards für digitale Lernmittel hat, ist das Angebot vielfältig.

Tablets, Projektoren und smarte Whiteboards gehören heute in den Unterrichtsraum wie früher Tafel und Kreide, die sie mancherorts bereits verdrängt haben.

Eine von vielen modernen Möglichkeiten des sicheren Internetzugangs für die Geräte der Schülerinnen und Schüler ist Li-Fi (siehe Seite 69).



13

Zu Hause gut lernen

Damit lernen zu Hause Spaß macht, brauchen Schülerinnen und Schüler für ihre Hausaufgaben einen festen Arbeitsplatz. Auch das Homeschooling könnte jederzeit wieder in die Kinder- und Jugendzimmer Einzug halten. Ein gut ausgestatteter und ausreichend beleuchteter Schreibtisch ist deswegen ein Muss.

Gleichmäßig verteiltes Licht im Kinder- und Jugendzimmer fördert die Konzentrationsfähigkeit, weil sich die Augen nicht permanent auf unterschiedliche Helligkeitsniveaus einstellen müssen (Adaptation). licht.de empfiehlt dafür in Ergänzung der Allgemeinbeleuchtung eine richtig positionierte Schreibtischleuchte (siehe Abbildung Seite 63) und zum gemütlichen Lesen eine weitere Leuchte am Bett.

Im Zentrum: der Schreibtisch

Hauptaugenmerk sollte auf der Beleuchtung des Schreibtischs liegen. Mit einer dreh- und schwenkbaren Schreibtischleuchte oder einer höher angebrachten, entspiegelten Pendelleuchte mit direkten und indirekten Lichtanteilen gehen die

Hausaufgaben leichter von der Hand. Für indirektes Licht an Decke und Wänden bieten sich Wand- oder Stehleuchten an. Ebenso geeignet sind diffus strahlende Deckenleuchten oder Schienensysteme mit breitstrahlenden Leuchten. Im Design einer Wohnraumleuchte erhältlich sind auch hochwertige Leuchten, die eine gute Lichtqualität schaffen.

Nur auf den Bildschirm schauen, strengt an

Ständig auf den Computer schauen – dafür sind unsere Augen nicht gemacht, das strengt sie an. Denn bei längerer, konzentrierter Arbeit am Bildschirm blinzeln wir weniger. Die Folgen: trockene, müde und schmerzende Augen.

[13] Texte lesen, Grafiken interpretieren, mit der Hand schreiben – anspruchsvolle Aufgaben für unsere Augen erfordern ausreichend Helligkeit. (Foto: licht.de/Signify)

Homeschooling kann diese Probleme verstärken, denn meist ist das Display klein und die Beleuchtung unzureichend. Hilfreich sind Bildschirmpausen, regelmäßiges Lüften und besseres Licht. Zwischendrin sollten Schülerinnen und Schüler ihren Blick auch mal „auf Wanderschaft“ gehen lassen – das ist gut für die Augen und das Wohlbefinden. Anders als bei Erwachsenen kann übermäßige Bildschirmzeit bei Kindern tatsächlich zu Kurzsichtigkeit führen. Als Ausgleich sollten sie ausreichend Zeit bei Tageslicht im Freien verbringen.

Video einschalten und gut aussehen

Gehen Schulkinder und Jugendliche im Online-Unterricht in den Videomodus, möchten sie natürlich vorteilhaft wirken. Doch nicht immer sind Bildqualität und Beleuchtung dafür optimal. Wer sich ins rechte Licht rücken möchte, sollte auf eine gleichmäßige Ausleuchtung des Gesichts durch richtig ausgerichtete Lichtquellen achten:

- Das Licht beim Online-Unterricht kommt am besten von vorne und leicht von oben, um wenig schmeichelhafte Schlag Schatten zu vermeiden.
- Großflächige Leuchten schaffen sanfte Schatten und sorgen für angenehme vertikale Beleuchtungsstärken.
- Blendung kann durch Abschirmung vermieden werden.
- Der Hintergrund sollte nicht zu hell sein – sonst erscheint die Person im Silhouetten-Effekt und das Gesicht zu dunkel. Teilnehmer sitzen daher besser nicht mit dem Rücken zum Fenster. Der Bildhintergrund sollte möglichst ruhig und aufgeräumt wirken.

Licht macht Laune

Abwechslung tut gut: Strahler, auf einen schönen Gegenstand ausgerichtet, oder eine Lichterkette im Raum – das schafft eine angenehme Atmosphäre mit abwechslungsreichen Kontrasten. Doch auch für Lichtakzente sollten alle Leuchten so positioniert sein, dass keine Reflexe auf dem Bildschirm entstehen und dort blenden.



Beleuchtungsstärke in Lux

Die Beleuchtung des Arbeitsplatzes sollte mindestens 500 Lux erreichen, rundherum reichen 300 Lux. Für manche Arbeiten ist helleres Licht sinnvoll – diese Flexibilität geben dimmbare Leuchten.

Wer es genau wissen möchte, kann die exakte Beleuchtungsstärke in Lux mit einem Messgerät (Luxmeter) an mehreren Punkten der Arbeitsfläche prüfen. Apps liefern ungefähre Werte.

[14] Für Hausaufgaben und Bildschirmzeiten brauchen Schülerinnen und Schüler zu Hause einen ergonomischen Schreibtisch mit gutem Licht. (Foto: Pixabay/Artistic Operations)

[15] Im richtigen Licht sieht alles gleich besser aus – auch im Digitalunterricht. (Foto: iStock/FG Trade)

CHECKLISTE zum Abhaken ✓

Homeschooling

- Beleuchtung • Produkte • Tipps



licht.de

Beleuchtung am Schreibtisch*

- Schreibtisch ausreichend hell – Umgebung nicht zu dunkel
- Schreibtischposition: seitlich zum Fenster
- Videomodus: sich selbst ins richtige Licht setzen
 - Gleichmäßige Ausleuchtung, möglichst mit Deckenaufhellung
 - Schlagschatten vermeiden: keine gerichteten Strahler direkt über dem Kopf
 - kein Fenster im Rücken
- Sonnenschutz gegen Blendung und Spiegelung
- Sichtverbindung nach außen: den Blick mal schweifen lassen
- Abends, spätestens 2 Stunden vor Nachtruhe, nur warmweißes Licht

Kauf-Tipps

- Hochwertige, langlebige Produkte
- Strom sparen mit Tageslichtsteuerung und Präsenzsensoren
- Einfache und verständliche Bedienbarkeit (Schalter, Dimmer, Touch, App, Sprache)
- Deckenleuchte: entblendet, dimmbar**
- Pendelleuchte: entblendet, dimmbar, mit indirektem Lichtanteil**
- Stehleuchte am Tisch: entblendet, dimmbar, mit indirektem Lichtanteil**
- Ergänzende Tischleuchte: individuell einstellbar
- Strahler oder Wandfluter zur Ausleuchtung von Wänden: einstellbar

Empfehlungen zur Einstellung der Beleuchtung

- Beleuchtungsstärke:** mind. 500 lx auf der Arbeitsfläche – gerne mehr
 - So wird geprüft:
 - exakt mit einem Lichtmessgerät (Luxmeter) oder ungefähr per App
 - an mehreren Punkten des Schreibtischs
- Gleichmäßige **Ausleuchtung** der Arbeitsfläche
- Angenehm helle Decke und Wände
- Lichtrichtung:
 - störende Schatten vermeiden
 - Licht von Tisch- und Stehleuchten:
 - für Rechtshänder von links – für Linkshänder von rechts
- Blendung** und Reflexe vermeiden durch:
 - Anordnung der Leuchten
 - gut abgeschirmte bzw. abgedeckte Lichtquellen
- Lichtfarben:**
 - Wohnraumbeleuchtung: Warmweiß (WW = 2.700 – 3.300 K)
 - Konzentrationsfördernd am Tag: Tageslichtweiß (TW = > 5.300 K)
 - Tunable White (2.700 – 6.500 K)
- Gute **Farbwiedergabe** ($\geq R_a$ 80)
- Licht ausschalten bei Abwesenheit: von Hand oder Präsenzsensoren

* Die Arbeit findet an Bildschirm und Schreibtisch statt

** Falls einzige Leuchte am Arbeitsplatz: Lichtstrom > 6.000 lm



Kindertagesstätten – Licht für kleine Entdecker

Mit ausgewogener Beleuchtung in Kindertagesstätten können unsere Jüngsten die Welt gefahrlos in einem geschützten Umfeld erkunden und erforschen. Licht, das auf die Bedürfnisse der Kinder sowie Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter abgestimmt ist, fördert die visuelle Aufnahmefähigkeit und trägt zum Wohlbefinden bei.

Kleine Kinder sind neugierig, haben unzählige Fragen, wollen entdecken und ausprobieren. Sie lernen durch Beobachtung und Nachahmung. Kinder müssen sich bewegen, spielen und auch mal richtig toben können – jedoch auch wieder zur Ruhe kommen und gelegentlich für sich sein dürfen. All das müssen ihnen auch Kindertagesstätten (Kitas) ermöglichen. Sie sind ein wichtiger Teil unserer Bildungslandschaft, unterstützen und fördern die ganzheitliche Entwicklung der Kleinsten und ihre sozialen Kontakte zu Gleichaltrigen.

Das Konzept bestimmt die Beleuchtung

Wie auch in anderen Bildungseinrichtungen ist die Vielfalt der Kita-Angebote und -Konzepte groß – von kommunalen über private Träger bis zu Elterninitiativen.

Zwei grundlegende Formen sind das offene und das geschlossene Konzept. Mit ihren unterschiedlichen Ansätzen haben sie einen Einfluss auf die Gestaltung der Licht-

lösungen, denn sie bringen unterschiedliche Anforderungen an Raumaufteilung und -gestaltung mit sich.

Ein Raum für alles

Beim geschlossenen Konzept hat jede Gruppe ihren festen Raum, in dem sich die Kinder die meiste Zeit aufhalten. Er wird multifunktional genutzt und sollte dafür verschiedene Bereiche haben: Tische zum Malen und Essen, eine Ruhe- und Vorlese-ecke, einen Platz zum Bauen, die „Home-corner“ mit Kinderküche sowie eine Verkleidungs- und Puppenecke. Oft wird hier auch der Mittagsschlaf gehalten.

Ein Muss ist die ausreichend helle, in verschiedenen Zonen dimmbare Grundbeleuchtung mit guter Farbwiedergabe. In der Ruhe-ecke ist eine gesonderte Beleuchtung mit warmen Lichtfarben wichtig, die sich auch zum Vorlesen eignet. Eine „Bühnenbeleuchtung“ für die Verkleidungs- und Puppenecke macht kleine Laiendarsteller zu großen Stars.

[17] Mobile Leuchten sind in der Nähe von Kinderhänden riskant, denn mit kindlicher Fantasie wird schnell aus der Stehleuchte ein Laserschwert. (Foto: licht.de/Signify)

[18] Auf die Situation in Kindertagesstätten und Vorschulen eingestellte Beleuchtung schafft Sicherheit, kreiert eine Wohlfühl-atmosphäre und lässt die Kinder auch mal zur Ruhe kommen. (Foto: licht.de/Zumtobel, Fotografin Isabelle Bacher)



16

Sicherheit im Spielzimmer

Kinder wollen spielen, toben, sich frei bewegen können [16]: Mobiliar und Beleuchtung müssen darauf abgestimmt sein. Möbel dürfen keine spitzen Kanten und Leuchten sollten eine geschlossene Bauform haben, damit sich Kinder nicht verletzen. Zudem ist eine kindersichere Montage wichtig. In Mehrzweckräumen können ballwurfsichere Leuchten vorteilhaft sein. Wegen der hohen Verletzungsgefahr empfiehlt sich der Verzicht auf mobile Leuchten.



17



18

Das offene Haus

Beim offenen Konzept können sich die Kinder im ganzen Haus frei bewegen. Die Räume sind als Themenzimmer eingerichtet, und die Kinder wählen selbst, wo sie sich aufhalten möchten. Die Beleuchtung wird auf die Raumfunktion abgestimmt.

Für gute Sicht brauchen Bau-, Kreativ- und Esszimmer eine helle und gleichmäßige Ausleuchtung der Raumfläche mit neutralen Lichtfarben und guter Farbwiedergabe.

Der Snoozle- oder Kuschelraum sowie der Schlafraum sollten mit warmen Lichtfarben, unterschiedlichen Lichtquellen und Lichtverteilungen eine entspannte, beruhigende Atmosphäre bekommen und zum Lesen geeignet sein. Vorteilhaft für verschiedene Bereiche ist eine voneinander unabhängig schalt- und dimmbare Beleuchtung.

In Sport- und Bewegungsräumen sind ballwurfsichere Leuchten richtig. Sinnvoll ist gleichmäßiges und blendfreies Licht in neutralweißer Farbe.

Flure, Garderoben, Waschräume, Vorbereitungsküchen und Personalräume werden nach Norm geplant (siehe Seite 63). Eine gleichmäßige Ausleuchtung dieser Flächen schafft gute Sehbedingungen, fördert zu-

dem Sauberkeit und Hygiene. Lichtakzente sind abwechslungsreich und werben Flure und Garderoben auf, die oft auch als Galerie für die Kunstwerke der Kinder dienen.

Keine Leuchten in der Nähe von Kinderhänden

Generell sollten Räume in Kitas mit verschiedenen Beleuchtungssystemen unterschiedlich gestaltet und ausgeleuchtet werden. Sicher sind geschlossene Leuchten ohne scharfe Kanten, die außer Reichweite der Kinder montiert werden. Steh-, Tisch- oder Wandleuchten mit einem elektrischen Anschluss gehören nicht in ihren Aktionsradius. Pendelleuchten mit direkt/indirekt abstrahlender Charakteristik kreieren eine angenehme Atmosphäre und vergrößern den Raum optisch.

Vor allem in der dunklen Jahreszeit von September bis April ist elektrische Beleuchtung in den Morgenstunden unverzichtbar. Viel einfallendes Tageslicht tut gut, darf aber nicht blenden. Ein automatisch gesteuerter Sonnenschutz hilft – und reduziert im Sommer den Wärmeeintrag.

Das heutige Wissen über die Zusammenhänge visueller, nichtvisueller und emotionaler Lichtwirkungen auf den Menschen eröffnet auch für die Beleuchtung von

Kindertagesstätten ein breites Spektrum an Gestaltungsmöglichkeiten: Es kann den circadianen Rhythmus mit langfristiger Wirkung stabilisieren, mit hellem Licht und hohen Farbtemperaturen akut die Konzentration fördern oder mit geringen Beleuchtungsstärken und warmweißen Lichtfarben beruhigen. In die Planung einbezogen werden sollte auch die farbliche Gestaltung von Raumbooberflächen und Möbeln, denn sie beeinflussen die Wirkungen des Lichts.



Anwendung der Lichtwirkungen sind in den licht.wissen-Heften 19 und 21 sowie im Mini-Heft beschrieben. DIN/TS 67600 nennt „Ergänzende Kriterien für die Lichtplanung und Lichtenwendung im Hinblick auf nichtvisuelle Wirkungen von Licht“.

[19] Oft fällt Kindern die Trennung von ihren Eltern in der Kita am Anfang schwer. Einrichtung und Licht können viel dazu beitragen, dass die Kleinen sich in ihrer neuen Umgebung gleich wohlfühlen. (Foto: licht.de/Erco, Fotografie: Dirk Vogel)





20



21

Unterrichtsraum, Tafel und Whiteboard

In der Grundschule kommen Kinder mit völlig verschiedenen Kenntnissen und Lernvoraussetzungen zusammen. Der Unterricht knüpft an diese individuellen Situationen an, damit die Kinder ihr Wissen und ihre Fähigkeiten vertiefen und erweitern können. Der Großteil des Lernens geschieht dabei über das Sehen. Eine gute Beleuchtung ist Voraussetzung für konzentriertes und ermüdungsarmes Arbeiten und trägt entscheidend dazu bei, die Aufmerksamkeit von Schulkindern zu steigern.

Starre Sitzordnungen und Frontalunterricht im Klassenzimmer gehören weitestgehend der Vergangenheit an. An ihre Stelle sind neue Kommunikationsformen getreten. Sinn und Zweck flexibler Lösungen ist es, mithilfe der Raumgestaltung das Erreichen der Lernziele zu unterstützen. Den wechselnden Lern- und Unterrichtssituationen – von Gruppenarbeit bis zur Projektpräsentation – muss sich auch die Beleuchtung anpassen können und dabei einfach zu bedienen sein.

Blendung vermeiden

Für eine gleichmäßige Ausleuchtung des Klassenzimmers ist das natürliche Tageslicht erste Wahl. Eine dimmbare Beleuchtung ergänzt es nach Bedarf. Blendung ist allerdings ein unangenehmer Störfaktor: Sie beeinträchtigt Sicht und Konzentrationsvermögen im Unterricht. Die meisten Menschen sind toleranter gegenüber Blendung durch Tageslicht, sofern notwendige Informationen noch erkennbar bleiben. Eine Verschattung kann jedoch davor schützen und zudem den Wärmeeintrag regulieren. Blendung durch künstliche Beleuchtung kann mit der richtigen Auswahl und Anordnung der Leuchten vermieden werden.

Variable Beleuchtung für flexible Raumnutzung

Räume lassen sich flexibel nutzen, wenn die Beleuchtungsauswahl und die Anordnung der Leuchten stimmen: Voraussetzung für eine freie Raumnutzung ist, dass auch bei variabler Anordnung der Tische und Stühle überall gleich gute Lichtbedingungen herrschen. Deswegen empfiehlt licht.de eine raumbezogene Beleuchtungslösung. Dafür müssen auch Wände einschließlich der Rückwand gut ausgeleuchtet sein. Der Klassenraum sollte gleichmäßig aufgeleuchtet werden, um bei einem Wechsel der Blickrichtung starke Unterschiede in der Leuchtdichteverteilung zu vermeiden. Denn zu große Abweichungen

lassen die Augen schnell ermüden und die Aufmerksamkeit schwinden. Die Einhaltung der geforderten R_{UG} -Grenzwerte hinsichtlich Blendung ist nach der UGR-Tabellenmethode nachzuweisen.

Für eine freie oder grundrissorientierte Sitzanordnung im Unterrichtsraum werden die Leuchten richtungsneutral angeordnet. Sie müssen zudem aus allen Blickrichtungen gut entblendet sein. Eine Zusatzbeleuchtung für Präsentationsflächen ist abhängig vom verwendeten System – und häufig noch notwendig.

Tageslichtorientierter Lichteinfall für feste Sitzanordnung

Bei der konventionellen Sitzanordnung mit Hauptblickrichtung zur Tafel kommen meist Lichtbandsysteme – eingebaut, angebaut oder abgependelt – zum Einsatz. Die Anzahl der Bänder richtet sich nach der Raumtiefe. Minimum sind zwei Leuchtenreihen: eine fensternahes und eine fensterfernes ($2/3$ Raumtiefe). Sie werden üblicherweise parallel zu Blickrichtung und Fensterfront installiert. Diese Anordnung erzeugt einen tageslichtorientierten Lichteinfall mit weichen, ausgewogenen Schatten.

Sehkomfort mit Lichtmanagement

Eine effiziente Lösung für die Beleuchtung sind LED-Leuchten im Zusammenspiel mit Lichtmanagementsystemen. Sie ergänzen das Tageslicht und sorgen beispielsweise dafür, dass in Klassen- und Unterrichtsräumen gemäß DIN EN 12464-1 stets eine Beleuchtungsstärke von mindestens 500 Lux erreicht wird. Dieser Normwert gilt als erforderlicher Wert, aber eine höhere Beleuchtungsstärke von 750 Lux ist besonders in den frühen Morgen- und Abendstunden sowie den Wintermonaten von Vorteil. In Grundschulen ist die Tageslichtversorgung in der Regel gut und die Beleuchtungsstärke darf hier auf 300 Lux

[20] Ein gleichmäßig aufgehellter Klassenraum vermeidet zu starke Kontraste und schont die Augen. (Foto: licht.de/Signify)

[21] Auch Schulen sind ein Spiegel ihrer Zeit und des aktuellen Trends. Sie müssen den bautechnischen und ausstattungs-technischen Anforderungen entsprechen. (Foto: licht.de/XAL, René Riller Fotografie)

gedimmt werden. Mit Lichtsteuerungen lassen sich über Touchpanels, Multifunktionschalter oder Tablets einfach unterschiedliche Beleuchtungsszenarien anwählen – für Vorträge und Prüfungen. Vernetzte, intelligente Steuerungen erkennen von selbst, wie viel natürliches Licht vorhanden ist und welches Helligkeitsniveau die Nutzer im Raum benötigen. Werden im Laufe des Tages etwa der Monitor oder ein Beamer eingeschaltet, dimmt sich das Licht automatisch herunter und passt sich der neuen Situation an. Bei allen noch so praktischen Automatismen sollte jedoch immer die Möglichkeit bestehen, manuell in die automatische Steuerung einzugreifen. Dafür sind einfache und für die Nutzer intuitiv verständliche Einstellmöglichkeiten gefragt.

Steuerbare Leuchten und Lichtmanagementsysteme sind auch unverzichtbar, wenn in Schulen Human Centric Lighting (HCL) Wohlbefinden, Motivation und Konzentration der Lernenden positiv unterstützen

soll (siehe Seite 69). Energie und Kosten spart ein Präsenzmelder – er schaltet die Beleuchtung des Raumes nach Unterrichtsende ab.

Tafel, Whiteboard und Monitor

Neue, vielfältige Präsentationsmedien erfordern ebenso differenzierte Lichtlösungen: Eine gleichmäßige und ausreichend helle Beleuchtung vertikaler Tafel- und Präsentationsflächen ist dabei wichtig. Sonst kann der ständige Blickwechsel ermüden.

Wandtafeln (grün oder schwarz), Whiteboards (weiße Tafeln) und große Monitore sind mittlerweile Standardausrüstung im Unterrichtsraum. Von allen Plätzen aus müssen die Inhalte dieser vertikalen Präsentationsflächen gut erkennbar sein. Die Sehaufgabe ist für alle Flächen gleich – unterschiedlich sind jedoch ihre Anforderungen an die Beleuchtung: Auf der Monitorfläche soll so wenig Licht wie möglich ankommen; klassische Tafeln und Whiteboards benöti-

[22] Für homogenes und blendfreies Licht verlaufen drei Lichtbänder an der Decke parallel zur Fensterfront. (Foto: licht.de/Trilux)



gen eine ausreichend helle und gleichmäßige Beleuchtung; die sehr hellen Flächen der Whiteboards sind jedoch anfällig für Reflexionen und damit verbundener Blendung.

Gleichmäßigkeit für nicht selbstleuchtende Präsentationsflächen

Asymmetrisch abstrahlende Leuchten (z. B. Wandfluter) sind die beste Wahl für die helle, gleichmäßige Beleuchtung nicht selbstleuchtender Präsentationsflächen. Sie ergänzen die Allgemeinbeleuchtung. Ebenfalls geeignet sind Einbau-, Anbau- und Pendelleuchten sowie breitstrahlende Spots, beispielsweise an Stromschienen. Sie werden parallel zur Wandtafel und über deren volle Breite angeordnet. Der richtige Abstand zur Tafel liegt zwischen 0,85 bis 1,30 Meter. Mit dem höheren Helligkeitseindruck des vertikalen Lichts geht eine größere Fernwirkung einher.

DIN EN 12464-1 empfiehlt bei Präsentationsflächen eine mittlere vertikale Be-

leuchtungsstärke von 500 Lux bis 750 Lux. Die Gleichmäßigkeit U_o – also das Verhältnis der kleinsten zur mittleren Beleuchtungsstärke – sollte mindestens 0,70 betragen, der Farbwiedergabeindex wenigstens R_a 80. Tafeln, die aufgeklappt und vertikal verschoben werden können, Flipcharts und aufgehängte Landkarten sollten auf der kompletten Fläche ausgeleuchtet werden.

Voreingestellte Lichtszenen

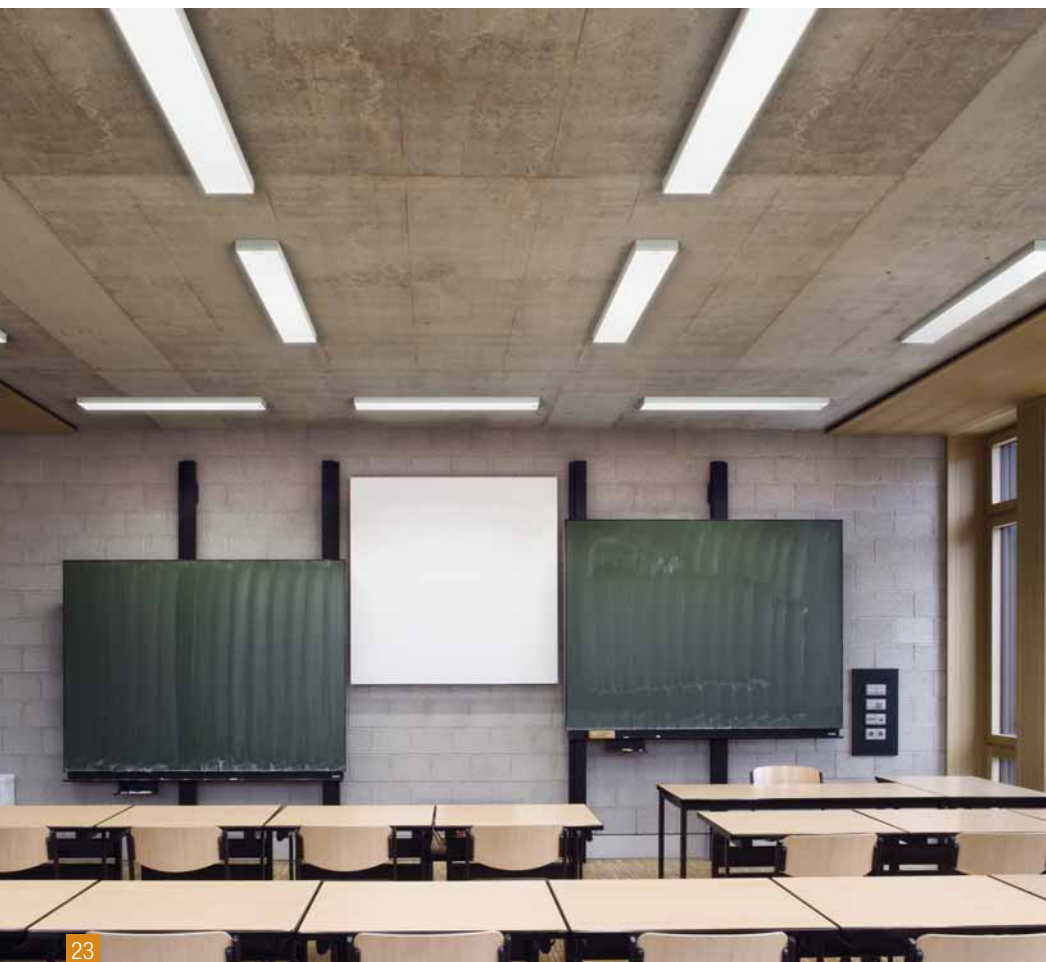
Für Präsentationen über einen Monitor oder mit einem Beamer sollte die Beleuchtung separat gedimmt oder ausgeschaltet werden können – inklusive seitlicher Wandtafeln und Wandzeitungen. Komfortabel sind Lichtsteueranlagen, über die schnell verschiedene voreingestellte Lichtszenen mithilfe nutzerfreundlicher Bedientableaus abgerufen werden können. Das ist heute in der Regel auch über eine App auf Tablet oder Smartphone möglich. Ein zeitgemäßer Passwortschutz gibt Sicherheit.

Whiteboards sind anfälliger für Reflexe. Daher müssen die Lichtquellen in ihrer Nähe gut abgeschirmt sein. Die richtige Wahl und Anordnung der Leuchten vermeiden Spiegelungen und damit erzeugte Blendung.



Die LiTG-Publikation Nr. 30 gibt in Form eines Leitfadens Hinweise für die Planung und den Betrieb von Beleuchtungsanlagen in privaten Unterrichts-, Vortrags- und Konferenzräumen.⁶

[23] Vertikale Tafel- und Präsentationsflächen brauchen eine gleichmäßige und ausreichend helle Beleuchtung, damit die Anpassung beim ständigen Blickwechsel Schülerinnen und Schüler nicht ermüdet. (Foto: licht.de/Trilux)



Tafelbeleuchtung

Für eine gute Beleuchtung der Wandtafel [24] sollten folgende Anhaltspunkte unbedingt beachtet werden:

- Eine Beleuchtungsstärke von mindestens 500 bis 750 Lux auf der vertikalen Fläche
- Eine Reflexblendung, z. B. durch eng abstrahlende Strahler, muss vermieden werden.
- Der Farbwiedergabeindex muss mindestens R_a 80 oder mehr betragen.
- Die Gleichmäßigkeit einer Tafelbeleuchtung muss 0,70 betragen (Verhältnis der minimalen zur mittleren Beleuchtungsstärke).
- Flipcharts oder aufgehängte Landkarten neben der Tafel sollten von den Wandflutern ebenfalls gleichmäßig beleuchtet werden.



25



26

Fachräume

In den höheren Jahrgängen wird das Themenspektrum breiter – weitere Fächer wie Informatik und Chemie kommen hinzu. Fachräume mit besonderem Material- und Gerätebedarf erfordern auch eine spezifische Beleuchtung.

In naturwissenschaftlichen Fächern sind Versuche fester Bestandteil des Unterrichts. Viele Experimente hinterlassen einen nachhaltigeren Eindruck als jede Beschreibung es könnte, etwa Demonstrationen mit verpuffendem Wasserstoff oder lichtbrechenden Prismen. Damit das auch mit kleinen Objekten gut gelingt, ist in Fachräumen ein ausreichendes Beleuchtungsniveau wichtig: mindestens 500 Lux. Mit steigenden Ansprüchen an die Sehaufgabe sollte auch die Beleuchtungsstärke zunehmen.

Leuchten in Fachräumen und speziell im vorderen Teil des Klassenzimmers sollten gedimmt werden können, wenn etwa Bildschirme oder Projektoren laufen oder am Lehrerpult ein spannendes Experiment stattfindet. In Lichtmanagementsystemen lassen sich darauf abgestimmte Lichtszenen im Voraus programmieren und bei Bedarf schnell und einfach abrufen (siehe Seite 44).

Störungen vermeiden

Unabhängig vom Arbeitsgebiet ist in allen Fachräumen eine blendfreie Sicht wichtig. Der mit dem Unified-Glare-Rating-Verfahren ermittelte Wert (R_{UGL}) definiert die Direktblendung und muss den Wert 19 erfüllen (siehe Seite 60-61). Unerwünschte Stroboskopeffekte sollten grundsätzlich vermieden werden – bei LED und modernen Lichtmanagementsystemen ist das ohnehin Voraussetzung.

Im Labor ist Sicherheit oberstes Gebot

Für den sicheren Umgang mit Chemikalien und technischem Gerät darf es keine Schlagschatten im Arbeitsbereich geben und keine Reflexionen – beispielsweise auf Glas oder Metall. Leuchten mit hohen indirekten Lichtanteilen erhöhen die vertikale Beleuchtungsstärke – für helle Räume mit einer harmonischen Lichtverteilung und weichen Schatten.

Experimente und Demonstrationen mit Feuer oder leicht brennbaren Materialien finden an eigens dafür konzipierten Plätzen statt. Für diese Bereiche und das Lehrerpult empfiehlt licht.de explosionsgeschützte Leuchten mit Schutzart IP 66.

Im Notfall muss das Labor gefahrlos verlassen werden können: Dafür müssen Stufen mit Treppenlichtern und Ausgänge mit einer Sicherheitsbeleuchtung über der Tür ausgestattet werden (siehe Seite 50). An ein abgependeltes Lichtbandsystem kann bei Bedarf weitere technische Infrastruktur gehängt werden, angefangen von Sicherheitszeichen über Bewegungsmelder oder andere Sensoren bis zum Lautsprecher.

In der Werkstatt: Vorsicht vor Staub

Bei der Bearbeitung von Holz, Stoffen, Stein und Metall wirbeln in Werkräumen Staub und Schwebeteilchen auf. In der Schreinerwerkstatt und anderen Bereichen mit hoher Staubentwicklung müssen deswegen Leuchten eingesetzt werden, die gegen Entzündung und Entflammung geschützt sind.

Farben richtig erkennen

Chemikalien und bedruckte Objekte unterscheiden sich oft in leichten Farbnuancen. Kleinste Verfärbungen in Petrischalen sowie Farbkennzeichnungen auf Kabeln und Klemmen müssen deutlich erkennbar sein. Wichtig ist deswegen eine gute – besser eine sehr gute Farbwiedergabe ($R_a \geq 90$). Hochwertige Schutzglasscheiben zur Abdeckung der Leuchten behalten jahrelang ihre Farbneutralität.

Malen und Zeichnen

Besonders im Kunstunterricht spielt das richtige Erkennen von Farben eine wichtige Rolle. Anspruchsvolle Sehaufgaben wie das Zeichnen, bei denen es auf Präzision und Genauigkeit ankommt, erfordern ein höheres Beleuchtungsniveau: Nach DIN EN 12464-1 sind für Zeichensäle min-

[25] Fachräume müssen mit mindestens 500 Lux beleuchtet werden. (Foto: Adobe Stock, Koto)

[26] Oberstes Gebot bei der Arbeit am Bildschirm: Blendung vermeiden. (Foto: licht.de/Zumtobel Fotograf Ancinec Lubomir)

destens 750 Lux richtig. Für eine bessere Sehleistung kann der Wert auf 1.000 Lux angehoben werden.

Schattenfreiheit im Musikraum

Im Musikraum sollten Instrumente möglichst präzise gespielt und Noten einwandfrei gelesen werden können. Leuchten mit einem indirekten Lichtanteil tragen dazu bei, störende Schatten und Blendung zu vermeiden. Das Licht muss überall gleich gut sein, weil sich Bands, Chöre oder Orchester unterschiedlich im Raum aufstellen.

Medienräume – Arbeiten am Bildschirm

Computerarbeit gehört zum schulischen Alltag. Ein ausgewogenes Verhältnis zwischen der Helligkeit des Bildschirms, dem Arbeitsplatz und der Umgebung unterstützt die Arbeit am PC, Laptop oder Tablet (siehe Seite 42).

Starker Tageslichteinfall und direktes Sonnenlicht können die Arbeit am Bildschirm beeinträchtigen. Spiegelungen von hellen Fenstern auf dem Bildschirm lassen sich durch entsprechenden Sonnenschutz vermeiden, der komfortabel mit einer Lichtsteuerung gekoppelt werden kann.

Eine ergonomisch durchdachte Beleuchtung, die sich an Tätigkeit, Unterrichtsform und Stimmung angleicht, verhindert Ermüdung und Beschwerden, die oft mit der Bildschirmarbeit einhergehen. Auch in häufig verschatteten Räumen kann ein Lichtmanagement nach dem Konzept des Human Centric Lighting (HCL) den Mangel an natürlichem Tageslicht teilweise ausgleichen, zudem wirkt es sich positiv auf Wohlbefinden und Konzentrationsvermögen aus (siehe Seite 69).



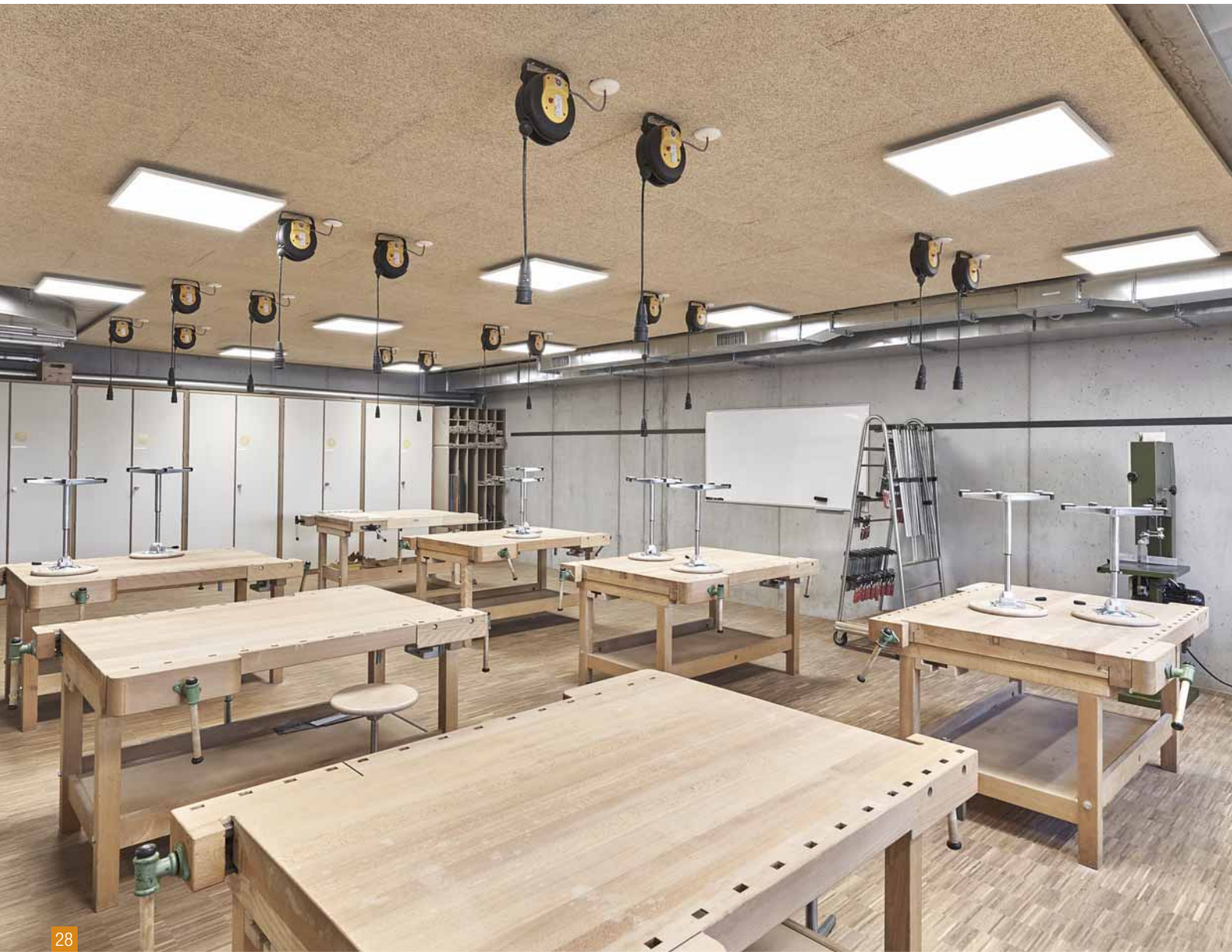
Grundlagen und Anwendung der nichtvisuellen Wirkung von Licht sind in den licht.wissen-Heften 19 und 21 beschrieben.

[27] Musizierende wechseln je nach Besetzung und Probensituation oft die Position. Die Beleuchtung muss in allen Bereichen die gleiche Qualität haben. (Foto: Adobe Stock, MonkeyBusiness)

[28] In Werkräumen kann Staub entstehen, der leicht entflammbar ist. Deswegen sollten hier Leuchten mit entsprechend geringer Oberflächentemperatur im anormalen Betrieb installiert werden. (Foto: licht.de/XAL, Z. Gataric Fotografie)

[29] Bei Experimenten und Versuchen schauen Schülerinnen und Schüler genau hin. Vorprogrammierte Lichtszenen liefern für solche Situationen auf Knopfdruck das richtige Licht. (Foto: licht.de/Ridi)





28



29

Energieeffizienz und Sanierung

Ein sparsamer Umgang mit immer knapper werdenden Ressourcen, energieeffiziente Lichttechnik und der intelligente Einsatz von Lichtmanagement sollten heute auch in Bildungsstätten selbstverständlich sein. Der Staat fördert die Sanierung veralteter Beleuchtungsanlagen.

Das Gebäudeenergiegesetz (GEG) stellt Anforderungen an den Primärenergiebedarf von Neubauten, bei Bestandsgebäuden gelten sie nur bei umfangreichen baugenehmigungspflichtigen Sanierungen. Alle öffentlichen Gebäude brauchen einen Energieausweis, der den Verbrauch beziehungsweise den Bedarf des Gebäudes darstellt. Der Ausweis muss veröffentlicht werden. Aktuell (Stand 2023) steht eine Revision der europäischen Rahmenrichtlinie Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) an. Sie will die Anforderungen für die energetisch schlechtesten Gebäude (Worst Performing Building, kurz WPB) verschärfen. Auch mit dem Aus für viele konventionelle Lampentypen rückt die energieeffiziente

Beleuchtung in den Fokus. Ihre wichtigsten Komponenten sind moderne Leuchten mit LED-Lichtquellen sowie Abwesenheitserfassung und Tageslichtnutzung mit einem Lichtmanagementsystem (siehe Seite 44).

Veraltete Beleuchtungsanlagen in den Schulen entsprechen nicht den heutigen Ansprüchen an die Lichtqualität und kosten im Unterhalt viel Geld. Für Klassenräume sieht die europäische Beleuchtungsnorm DIN EN 12464-1 inzwischen eine Beleuchtungsstärke von mindestens 500 Lux vor – früher waren es nur 300 Lux. Durch Verschmutzung und Materialalterung erreichen zudem die Anlagen oft nicht mehr das Beleuchtungsniveau, das sie nach ihrer Installation hatten. Um ihre Lichtqualität den heutigen Maßstäben anzupassen, ist in den meisten Fällen eine Sanierung angebracht, die für Bestandsbauten grundsätzlich in Betracht gezogen werden sollte. Die Anschaffungskosten können sich Dank des geringen Energiebedarfs von LED-Leuchten mit Lichtmanagement in wenigen Jahren amortisieren. Mit einer modernen Anlage sinken zudem die Wartungskosten.

Auch in denkmalgeschützten Gebäuden kann die platzsparende, leistungsstärkere und energieeffizientere LED-Technik ohne erforderliche Veränderung der Architektur eingesetzt werden. Eine dezente Lösung: Unter Umständen kann sogar neueste Lichttechnik in vorhandene Leuchten integriert werden.

Maßnahmen und Kriterien für bessere Lichtqualität und Energieeffizienz

Raum

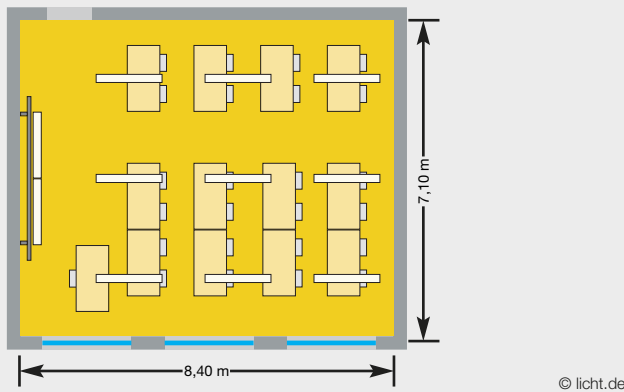
- Größtmögliche Tageslichtnutzung
- Helle Wände, Decken und Böden

Leuchten

- Hohe Lichtausbeuten
- Effiziente Lichtverteilung durch optimierte Optiken für die jeweilige Anwendung

[30] Anordnung von Leuchten mit veränderlicher Farbtemperatur für eine maximale Beleuchtungsstärke von 750 Lux (lx) mit Bezug auf die Empfehlung aus DIN EN 12464-1: Lichtmanagementsystem zur circadianen Steuerung der Farbtemperatur, Anwesenheitserfassung sowie tageslichtabhängige Regelung auf einen permanenten Sollwert von 500 lx mit zusätzlicher manueller Dimmfunktion und dem Abspielen vordefinierter Lichtszenen. (Grafik: licht.de)

Sanierungsbeispiel Klassenraum



Energieeinsparung 85%

	Altanlage	Neuanlage
	T8-Leuchte 2 x 58 W opale Wanne	Abgehängte Leuchte mit Mikrop Prismatik und veränderlicher Farbtemperatur für Allgemein- und Tafelbeleuchtung
Anzahl Leuchten	6	9 + 2
Systemleistung pro Leuchte	132 W	44 W/37 W
Max. Beleuchtungsstärke	–	750 lx
Effektive Betriebsstunden/Jahr	1.400	482*/560**
Energie/Jahr	1.109 kWh	169 kWh
Energieeinsparung		85 %

* Die effektiven Betriebsstunden resultieren aus der tageslichtabhängigen Konstantlichtregelung der Beleuchtung auf einen Sollwert von 500 lx sowie der Zu- und Abschaltung des Lichts bei ausreichendem Tageslichtangebot oder bei Abwesenheit von Personen.
 ** Die effektiven Betriebszeiten der Tafelbeleuchtung resultieren aus bedarfsgerechter, manueller Zu- und Abschaltung des Lichts sowie der automatischen Abschaltung bei Abwesenheit von Personen.

- Dimmbarkeit mit standardisierter Schnittstelle

Lichtmanagement

- Tageslichtregelung und Anwesenheitserfassung
- Benutzerfreundliche Bedienkonzepte und voreingestellte Lichtszenen
- Intelligente Steuerstrategien unter Einbeziehung des Sonnenschutzes

Lichtkonzept

- Tätigkeitsbezogene Planung anstelle einer Raumplanung
- Anwendung von Schaltgruppen für differenzierte Ausleuchtung und Inszenierung
- Dynamische Anpassung des Lichts nach dem Human-Centric-Lighting-Prinzip

Sanierung mit System

Ein strukturierter Sanierungsprozess hilft, Nutzererwartungen und Effizienzpotenziale ganzheitlich zu erfassen, und schafft eine dauerhaft hohe Lichtqualität bei niedrigen Stromkosten. Der zugrunde liegende Sanierungsplan vergleicht und berücksichtigt zunächst die Wirtschaftlichkeit und Ausgewogenheit verschiedener Maßnahmen und Optionen. So lässt sich die optimale Sanierungsstrategie finden: Die Sanierung kann auch stufenweise erfolgen und sich über mehrere Jahre erstrecken. In diesem Fall beginnt sie in Räumen oder Gebäudeteilen, deren Leuchten am längsten in Betrieb sind. Alternativ werden in allen Räumen gleich die Leuchten und Lichtquellen mit dem höchsten Einsparpotenzial installiert.

Schritt 1: Die Ist-Analyse

Jede Sanierung beginnt mit einer Ist-Analyse. Wichtige Basismaterialien sind:

- Energieabrechnungen der vergangenen drei Jahre
- Aufstellung der Wartungs- und Reparaturkosten für vorhandene Anlagen
- Lichttechnische Erfassung und Überprüfung der Anlage: Mithilfe digitaler Vermessungstechnologien kann inzwischen das gesamte Gebäude inklusive seiner technischen Ausstattung aufgenommen werden, als Planungsgrundlage für nachfolgende Berechnungen bis hin zur BIM-basierten Planungsmethode (siehe Seite 68).
- Interviews zu Nutzererfahrungen und -erwartungen

Schritt 2: Planung

Bei der Lichtplanung müssen Sehaufgaben festgelegt, Normen und Richtlinien beachtet sowie die Güte Merkmale der Beleuchtung berücksichtigt werden (siehe Seite 58).

Zur Planung gehört auch eine Wirtschaftlichkeitsberechnung. Sie spielt verschiedene Optionen durch und vergleicht unterschiedliche Beleuchtungslösungen. Darin sind die Gesamtkosten der Beleuchtungsanlage über den kompletten Lebenszyklus aufgeführt. Relevante Größen sind

- Investitionskosten
- Energieverbrauch
- Kosten für Reinigung, Wartung und Reparatur
- Entsorgungskosten

Schritt 3: Finanzierung

Attraktive Finanzierungskonzepte erleichtern den Wechsel zu einer energieeffizienten Beleuchtung – etwa Contracting, Mietkauf, Leasing oder Finanzierungshilfen. Die Politik und die bundeseigene Kreditanstalt für Wiederaufbau (www.kfw.de) unterstützen mit zahlreichen Programmen die Sanierung alter Beleuchtungsanlagen. Eine Übersicht über Förderungen und Kredite des Bundes, der Länder und der EU gibt die Datenbank des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie: www.foerderdatenbank.de.

Schritt 4: Wirtschaftliche Beschaffung

Öffentliche Auftraggeber sind bei der Beschaffung von Waren und Dienstleistungen an das Vergaberecht und die vergaberecht-

lichen Regelungen gebunden. Sie helfen beim Entscheidungsprozess und geben Hinweise zu wichtigen Kriterien, wie Lebenszyklus, Wirtschaftlichkeit und Rendite. Nach dem Vergaberecht zählt dabei nicht allein der beste Preis, sondern das wirtschaftlichste Angebot.

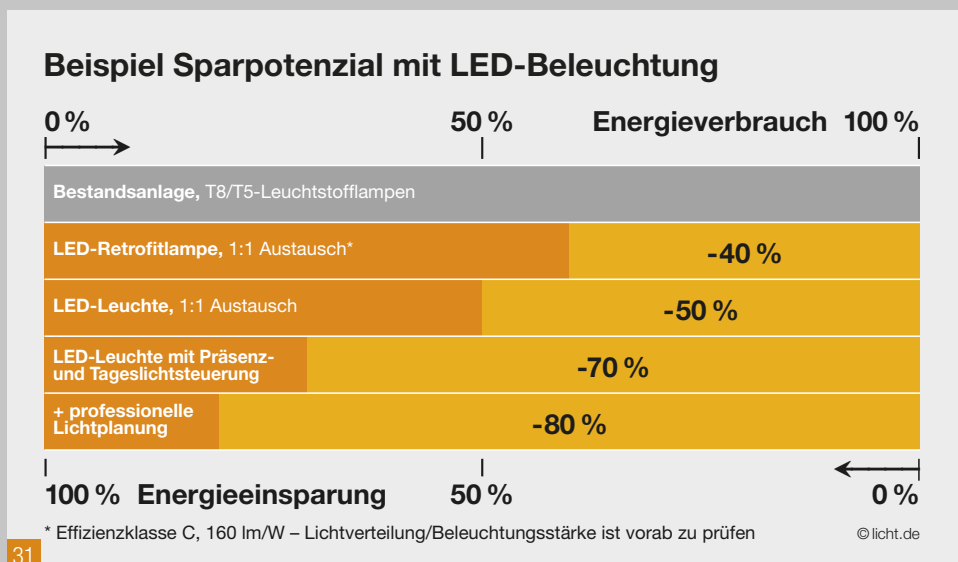
Schritt 5: Wartung und Kontrolle

Auch die Erstellung eines Wartungsplanes nach DIN EN 12464-1 ist Aufgabe der Lichtplanung. Denn optimale Wartung erhöht die Lebensdauer und die Effizienz einer Beleuchtungsanlage (siehe auch Degradation Seite 68). Werden Wartungsarbeiten dokumentiert und ausgewertet, lassen sich wertvolle Hinweise und Kennzahlen für zukünftige Projekte gewinnen.

Light as a Service

Oft bieten Hersteller oder Dienstleister beim Verkauf auch Serviceleistungen an. „Light as a Service“ kann unterschiedlich ausgeprägt sein und bis zu einem Gesamtpaket unter Einhaltung des Vergaberechts reichen – einschließlich Konzeption und Planung, Herstellung und Lieferung der Anlagenkomponenten, Montage, Inbetriebnahme, Betrieb und Wartung sowie anschließender Wiederverwertung oder Entsorgung.

[31] Spart Strom und Betriebskosten: der Wechsel zu energieeffizienten LED-Leuchten in Kombination mit Lichtmanagementsystemen und professioneller Lichtplanung. (Grafik: licht.de)





32

Professionelle Beleuchtung mit LED-Lichtquellen

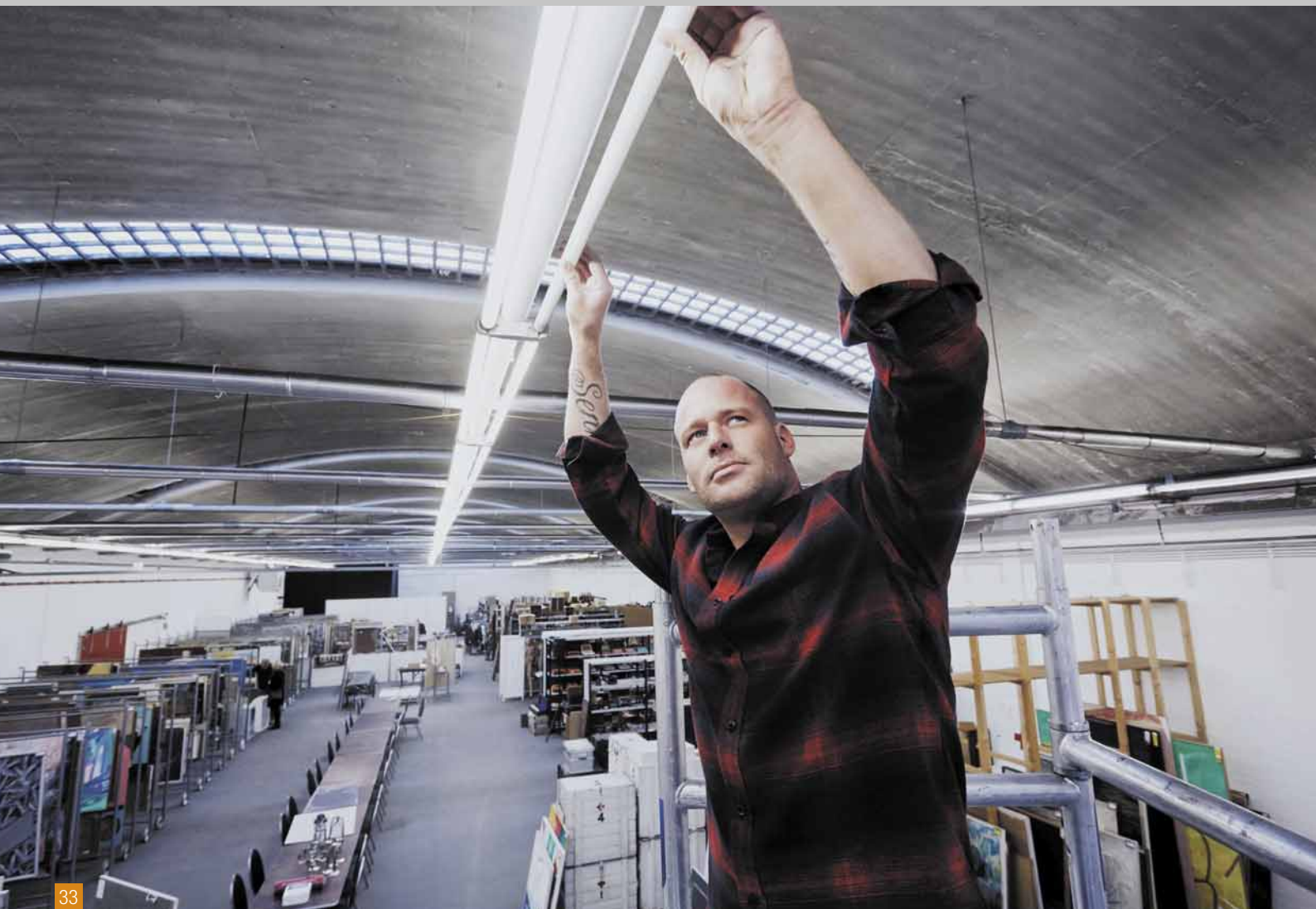
Im Bildungssektor sind die Anforderungen an Lichtquellen besonders hoch: Sie sollen eine gute Lichtqualität haben, robust, flexibel nutzbar und zugleich dekorativ sein – bei möglichst geringen Investitions- und Betriebskosten. Je nach Zustand der bestehenden Anlage stehen für die Modernisierung drei mögliche Optionen zur Wahl: Lampentausch (Retrofit), Umrüstung (Konversion) oder Neuinstallation. Viele traditionelle Lichttechnologien verschwinden allmählich vom Markt. Wer die Gelegenheit beim Schopf packt, ersetzt die alte Beleuchtung durch neue energieeffiziente und komfortable LED-Leuchten.

LED-Retrofitlampen

Schon ein einfacher Lampentausch kann viel Energie sparen. Das ist als Übergangslösung sinnvoll, wenn etwa die Beleuchtungsanlage noch nicht gänzlich veraltet ist und erhalten bleiben soll. Glühlampen lassen sich ganz einfach durch LED-Lampen ersetzen [10, 9]. Als Ersatz für Kompaktleuchtstofflampen [7, 6] und Ringlampen [5] wird die Auswahl an LED-Retrofitlampen immer größer. Hochdruckentladungslampen können meist nur in

niedrigen Leistungsbereichen bis maximal 400 Watt direkt durch LED [8] ersetzt werden.

Das Portfolio an LED-Röhren, auch LED Tubes genannt [1-4], ist groß und Anwender haben es mitunter nicht leicht, die „richtige“ Retrofit zu finden. Vorab muss geklärt werden: Welche Vorschaltgeräte sind kompatibel und wie hoch muss der Lichtstrom sein? Hersteller und Handel helfen mit Online-Tools und Beratung.



33

In der Regel ändert sich beim Austausch auch die Lichtverteilung. Daher empfiehlt es sich, den Lampenwechsel professionell zu planen und im Anschluss zu messen, ob etwa die erforderlichen, gegebenenfalls höheren, Beleuchtungsstärken unter Berücksichtigung des Wartungsfaktors auch erreicht werden und Blendung vermieden wird.

Energieeinsparung und Amortisationszeiten sind typenabhängig und müssen deshalb für jede Beleuchtungsanlage individuell berechnet werden.

Mit der meist höheren Lebensdauer der neu eingesetzten Lampen verlängert sich auch ihr Wartungszyklus und muss im Wartungsplan berücksichtigt werden.

Konversion

Die Konversion ist ein vom Fachbetrieb durchgeführter Umbau zum Einsatz anderer Lichtquellen. Eine Leuchten-Konversion ist sinnvoll, wenn etwa verbaute Leuchten

weiter genutzt werden sollen (Denkmal-schutz/Brandschutz). Dies gilt auch, wenn die Wünsche des Betreibers weitergehen, wie zum Beispiel die Implementierung einer Lichtsteuerung oder eine lichttechnische Optimierung.

Auch bei der Leuchten-Konversion müssen nach dem Umbau wieder alle Werte den Anforderungen entsprechen und geprüft werden.

Neuinstallation

Neue Beleuchtungsinstallationen bieten dagegen mehr Designoptionen und Funktionalitäten für ein besseres Lernumfeld. Sie können auch an die spezifischen Bedürfnisse von Schülerinnen und Schülern sowie Lehrerinnen und Lehrern angepasst werden. Sie sind energieeffizienter und reduzieren die Betriebskosten. Neue Beleuchtungssysteme rechnen sich schnell als Investition in die Zukunft, insbesondere, wenn gleich ein Lichtmanagement in das Gebäudemanagement integriert wird.

- [32]
- 1) T8-LED Lichtquelle als Ersatz für Leuchtstofflampen
 - 2) T5- LED-Ersatz
 - 3,4) T8-LED-Retrofit
 - 5) T9-LED-Ersatz für ringförmige Leuchtstofflampen
 - 6) Retrofit für Kompaktleuchtstofflampen
 - 7) LED-Ersatz für Kompaktleuchtstofflampen
 - 8) LED-Retrofit für Quecksilberdampf-lampen
 - 9) LED-Ersatz für Allgebrauchsglühlamp-en
 - 10) LED-Lichtquelle E27

[33] 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)





35



36

Aula, Hörsaal und Audimax

In den meisten Schulen ist die Aula der größte Versammlungsraum. Universitäten und Hochschulen haben oft verschiedene Hörsäle oder Auditorien – der größte von ihnen ist das Audimax mit mehreren Hundert Plätzen. All diese Räume sind heute mit ausgeklügelter Technik ausgestattet, doch erst Licht macht alle möglichen Raumfunktionen nutzbar.

Aula und Hörsaal werden für interne und externe Veranstaltungen genutzt; zu besonderen Anlässen begegnen sich hier Lehrende, Lernende und Gäste. Die Aula ist multifunktional und bietet Raum etwa für Klausuren, Schulversammlungen, Konzerte, Jahrgangs- und Abschlussfeiern. Im Hörsaal finden unter anderem Vorlesungen, Vorträge und Vollversammlungen statt. Je nach Anlass ist eine feierliche oder eher sachliche Atmosphäre gefragt, in der sich Menschen wohlfühlen und gerne zusammenkommen. Dazu tragen eine professionelle Lichtplanung und intelligentes Lichtmanagement bei.

Die Bestuhlung bestimmt die Beleuchtung

Auditorien in älteren Gebäuden sind oft fensterlos und ohne Tageslicht. Die meisten haben feste, auf die Bühne ausgerichtete Sitzreihen. Hörsäle mit ebener oder gering ansteigender Bestuhlung können wie Unterrichtsräume beleuchtet werden (siehe Seite 21). In kleineren Hörsälen mit flexibler Sitzordnung empfiehlt sich ein indirekter Lichtanteil. Große Hörsäle mit stark ansteigender Bestuhlung bedürfen einer guten Planung: Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärken, Blendungsbegrenzung und

die Lichtsteuerung müssen zum Raum passen.

Saalbeleuchtung und Präsentation

Räume für Präsentationen und Aufführungen müssen komplett verdunkelt werden können. Die Grundhelligkeit sollte aber beim Betreten und Verlassen des Saals so hoch sein, dass Studierende und Gäste schnell und sicher einen Platz finden. Im abgedunkelten Raum erleichtern zusätzliche dimmbare Wandleuchten die Orientierung. Optisch ansprechend und funktional sind Einbauleuchten in Boden und Wänden oder Lichtbänder, die Türen und Treppen dezent beleuchten. Pflicht ist eine Sicherheitsbeleuchtung und Kennzeichnung der Fluchtwege für den Notfall (siehe Seite 50).

Zuhörerinnen und Zuhörer möchten während einer Vorlesung oder Veranstaltung mitschreiben können. Dafür muss die Beleuchtung im Saal hell genug sein: DIN EN 12464-1 schreibt für Hörsäle eine Beleuchtungsstärke von mindestens 500 Lux vor, der modifizierte Wert von 750 Lux bietet noch mehr Flexibilität. Wichtig ist eine gleichmäßige und helle Ausleuchtung des Vortrags- und Präsentationsbereichs – an Pult, Tafel und Experi-

[34] Lichtmanagementsysteme ermöglichen komfortabel den Wechsel von Raum- zu Vortragsbeleuchtung im Hörsaal. (Foto: licht.de/Zumtobel, Fotograf Les Pobert)

[35] Aulen sind multifunktionale Räume und erfordern deshalb eine flexible Beleuchtung für verschiedene Nutzungsszenarien. (Foto: licht.de/Bega)

[36] Auf dem Weg in die Wissensgesellschaft: Lernen braucht das richtige Licht, das auch mit digitalem Equipment harmonisiert. (Foto: licht.de/Signify)



37

Universität der Zukunft

Vorlesungen mit 400 Teilnehmerinnen und Teilnehmern in einem fensterlosen Hörsaal oder überfüllte Seminarräume mit jahrzehntealtem Mobiliar – so sieht der Lernalltag an den meisten Hochschulen noch immer aus. Moderne Lehre – weg vom lehrerzentrierten hin zum projektorientierten Lernen – funktioniert in solchen Räumen eher nicht.

Dafür prädestiniert sind hingegen Raum-in-Raum-Konzepte mit ihrer hohen Flexibilität und ihrem interdisziplinären Charakter: Bewegliche Möbel schaffen kleine Einheiten in einem großen Raum und erlauben verschiedene didaktische Ansätze – etwa Plenum, Stuhlkreis oder Gruppentische. Wenn auch die Bildschirme beweg-

lich sind, können Studierende sich die Räume nach Bedarf und Wunsch einrichten. Als Inspiration dienen Abbildungen möglicher Raumszenarien in der Nähe des Eingangs – idealerweise mit Beleuchtungsempfehlungen. Farbenfrohe Büromöbel und eine sehr gute Beleuchtung kennzeichnen viele dieser neuen Lernorte. Damit ähneln sie modernen Büroarbeitswelten, die ihre Einzelbüros zunehmend ersetzen durch Breakout-Areas, Team-Spaces, Touchdown-Arbeitsplätze ohne festen „Inhaber“ und Fokusräume zum konzentrierten Arbeiten.



Zukunftsweisende Bürokonzepte beschreibt das Heft licht.forum 59 „Moderne Arbeitswelten“.

mentiertisch. Dieser muss heller sein als der übrige Raum. Generell gilt für horizontale und vertikale Beleuchtungsstärken mindestens das 1,5-Fache der mittleren Beleuchtungsstärke im Raum: Bei 500 beziehungsweise 750 Lux für die Allgemeinbeleuchtung sollte die Beleuchtungsstärke im Podium also bei 750 oder 1.000 Lux liegen. Für die Allgemeinbeleuchtung in Hörsaal und Aula eignen sich zum Beispiel Pendelleuchten oder Downlights, für Tafeln asymmetrisch strahlende Leuchten wie Wandfluter (siehe Seite 21). Zusätzlich zu einer ausgewogenen Grundbeleuchtung schaffen ausrichtbare Strahler eine höhere vertikale Beleuchtungsstärke im Podiumsbereich. Bei Präsentationen lenken sie das Interesse der Besucher auf die Exponate (siehe Seite 48). Die gesamte Beleuchtungsanlage muss einfach gedimmt werden können.

Lichtmanagement

Ändert sich die Raumnutzung, unterteilen separat schalt- und steuerbare Beleuchtungseinheiten den Saal in Lichtzonen. Lichtmanagementsysteme ermöglichen eine flexible und situationsgerechte Beleuchtung. Ein wichtiger Baustein sind abrufbare Lichtszenen, wie etwa „Besucher kommen/gehen“, „Rede/Vortrag“ und „Bild-Vortrag/Medienvorführung“, die der Vortragende von einem Panel in Pultnähe bedient (siehe Seite 44). Die Bedienung der Beleuchtung muss einfach, die beschriebenen Szenen müssen intuitiv verständlich sein. Daran sollte der Planer schon frühzeitig denken.

[37] Gute Beleuchtung erleichtert die Orientierung auf Wegen. (Foto: licht.de/XAL, Fotograf Kris Dekeijser)

[38] Fällt während einer Vorlesung der Strom aus, müssen alle Personen den Saal gefahrlos verlassen können. Den Weg weisen netzunabhängige Rettungszeichenleuchten über dem Ausgang. (Foto: licht.de/Zumtobel, Fotograf Sigurbjörnsson Refn)

[39] Flexible Lichttechnik mit digital steuerbaren Komponenten macht Konferenzsäle zu Multitalenten: für sachlichen Vortrag oder atmosphärischen Event. (Foto: licht.de/Zumtobel, Fotograf Grober Toon)



38



39



40

Bibliothek

Studierende verbringen in Bibliotheken oft viele Stunden mit konzentriertem Lesen und Arbeiten. Eine einladend und freundlich beleuchtete Umgebung macht den Aufenthalt angenehmer und möglicherweise auch produktiver. Gutes Licht hilft zudem, die Aufmerksamkeit über einen längeren Zeitraum aufrechtzuerhalten.

[40] Gutes Licht erleichtert in Bibliotheken die Orientierung, schafft gute Sicht und verbessert das Wohlbefinden. (Foto: licht.de/ Zumtobel, Fotograf Jens Ellensohn)

Quellsuche, Internet, E-Learning und die Recherche in alten Druckwerken – all diese Tätigkeiten in Bibliotheken beanspruchen die Augen. Gutes Licht unterstützt sie dabei. Einfallendes Tageslicht wird dabei als besonders angenehm empfunden. Auch künstliches Licht ist hilfreich: Mit direkter und indirekter Lichtverteilung – wie von abgependelten Leuchten – leuchtet es den Raum gleichmäßig aus, verhindert „Höhleeffekte“ und fördert konzentriertes Lesen oder die Arbeit am Laptop.

Für separate Plätze zum Lesen, zum Arbeiten und für Besprechungszonen eignen sich zusätzliche Stehleuchten mit direkten und indirekten Lichtanteilen oder zuschaltbare Tischleuchten für ein höheres Beleuchtungsniveau auf der Arbeitsfläche. Im Lesebereich empfiehlt DIN EN 12464-1 für längere Literaturrecherchen ohne ermüdete Augen 500 bis 750 Lux. Damit Lesende nicht gestört werden, sind Besprechungszonen in der Regel räumlich getrennt.

In Lesesälen hält eine Beleuchtungslösung nach dem Konzept des Human Centric Lighting (HCL) die innere Uhr des Menschen im Takt (siehe Seite 69). Dafür werden moderne Managementsysteme eingesetzt, die das künstliche Licht dynamisch steuern und einfallendes Tageslicht berücksichtigen. Viel Tageslicht ist zwar erwünscht, aber die direkte Sonne sollte durch Jalousien ausgeblendet werden. Die Lichtsteuerung koordiniert das Zusammenspiel von Leuchten und Jalousien. Zu Zeiten mit geringem oder ohne Tageslichteinfall schafft das Lichtmanagementsystem ein gleichbleibendes Beleuchtungsniveau.

Recherche am Computer

Jede Bibliothek bietet Computerarbeitsplätze. Sie müssen ergonomisch gestaltet sein und nach DIN EN 12464-1 mit mindestens 500 Lux blend- und reflexfrei beleuchtet werden. Unnötige Adaptationen

der Augen und damit einhergehende Ermüdung lassen sich vermeiden, wenn das Beleuchtungsniveau im Umfeld des Computers angepasst wird. Das gilt auch für den Bildschirmarbeitsplatz am Tresen der Ausleihe.

Schnell fündig am Regal

Das Herz einer Bibliothek sind Regale mit Druckwerken und Medien. Bücherwände, Schränke und Regale sollten daher in ihrer ganzen Fläche gut ausgeleuchtet sein. Die vertikale Beleuchtungsstärke muss bis zu den unteren Fächern reichen, damit die Titel auf den Buchrücken aus angemessener Distanz mühelos zu entziffern sind. Dafür eignen sich Leuchten mit asymmetrischer Lichtstärkeverteilung, die mit 200 bis 300 Lux die Regalfronten erhellen. Auch der Farbton und die Gestaltung des Buchrückens sind Suchkriterien. Bei guter Farbwiedergabe (mindestens R_a 80 oder mehr)

lassen sich die Werke im Regal gut erkennen. Vor allem alte Bücher sind empfindlich gegenüber dauerhafter ultravioletter (UV) Strahlung. Sie werden durch LED-Lichtquellen geschont, die keine UV- und infrarote Strahlung abgeben.

[41] LED-Lichtquellen schonen Bücher, weil sie keine ultraviolette und infrarote Strahlung abgeben. (Foto: licht.de/Trilux)



Leuchten in ihrer Anwendung

Bei der Auswahl der passenden Leuchten für Schulen und Bildungsstätten sollten Bauherr, Architekt und Lichtplaner eng zusammenarbeiten. Zur Entscheidung tragen Kriterien bei wie die lichttechnischen Eigenschaften, Lebensdauer, Design, Material und die Kompatibilität mit einer Lichtsteuerung.

Der Begriff Leuchte beschreibt den Beleuchtungskörper. Darin befinden sich Komponenten wie Leuchtmittel, Elektronik und Optik. Für LED-Leuchten gilt: LED-Modul, Betriebsgerät, Gehäuse mit Kühlkörper und Optiken müssen aufeinander abgestimmt sein. Schulen und Bildungseinrichtungen sollten Leuchten einsetzen, die wirtschaftlich, effizient, montage- und wartungsfreundlich sind und hohe Ansprüche an Qualität und Gestaltung erfüllen.

Lichttechnische Eigenschaften

Zu den lichttechnischen Eigenschaften gehören: Lichtstärkeverteilungskurve (LVK), Leuchtenlichtstrom, Leuchtenlichtausbeute, Lichtfarbe, Farbwiedergabe und Blendungsbegrenzung. Über diese Produktwerte informieren Datenblätter. Leuchten müssen grundsätzlich die aktuellen Normen erfüllen und sollten das ENEC-Zeichen tragen. Für die Lichtsteuerung kommen ausschließlich dimmbare Leuchten infrage. LED-Leuchten mit unterschiedlichen LED-Chips oder LED-Modulen können mithilfe von Steuer- und Regel- oder Lichtmanagementsystemen ihre spektralen Anteile variieren und ihre Farbtemperatur ändern.



Mehr über LED erfahren Sie in Heft licht.wissen 17.



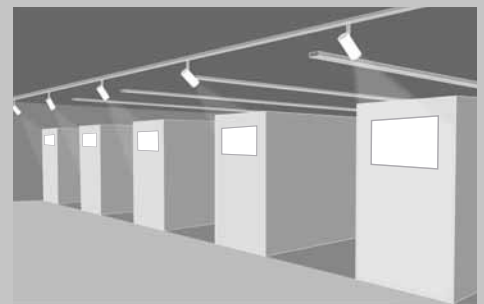
Lichtbandsysteme (Anbau, Einbau)

sind aneinandergereihte und durchgangsverdrahtete Leuchten, die mit unterschiedlichen Optiken und Blendschutzvorrichtungen ausgestattet sind.



Lichtbandsysteme (abgependelt)

hellen mit ihrem indirekten Lichtanteil die Decke auf und erzeugen ein angenehmes Raumgefühl.



Stromschienensysteme geben Flexibilität für sich verändernde Raumsituationen. An jede Stelle der Schiene können per Adapter Leuchten oder Strahler eingesetzt werden, die Licht dorthin bringen, wo es gebraucht wird.



Wandfluter leuchten Wand- oder Tafelflächen homogen aus. Sie sind daher ideal für helle vertikale Flächen.



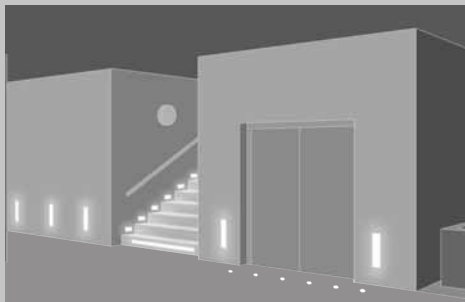
Anbauleuchten werden an Decke oder Wänden befestigt. Downlights können Anbau- oder Einbauleuchten sein.



Bei **Einbauleuchten** wird der Leuchtenkörper bündig in Decke, Wand oder Boden eingelassen. Damit wirkt nur das Licht, das Gehäuse der Leuchte ist kaum sichtbar.



Wandleuchten dienen oft zur Allgemeinbeleuchtung von Fluren und Treppenhäusern oder werden zur dekorativen Beleuchtung eingesetzt.



Wand- und Bodeneinbauleuchten werden häufig verwendet, um Gefahrenzonen besonders hervorzuheben.



Pendelleuchten werden mit Abstand zur Decke montiert und wirken als gestalterisches Element im Raum. Sie sind mit direkt/indirekt strahlender Lichtverteilung und unterschiedlichsten Designs verfügbar.



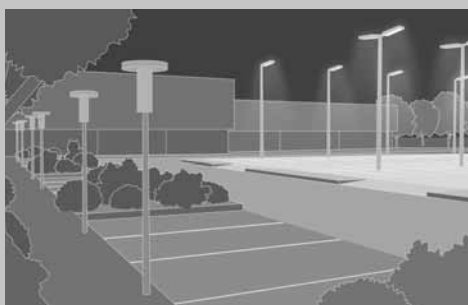
Steh- und Tischleuchten können beliebig zur Beleuchtung von Einzelarbeitsplätzen positioniert werden und sollten deswegen einzeln dimmbar sein. Sie sind mit direkt und indirekt strahlender Lichtverteilung erhältlich.



Stoß-, schlagfeste und ballwurfsichere Leuchten: Leuchten in Sporthallen müssen ballwurfsicher sein, damit sie bei einem Treffer nicht zerbrechen und Teile herabfallen. Stoß- und schlagfeste Leuchten halten starken mechanischen Einwirkungen stand.



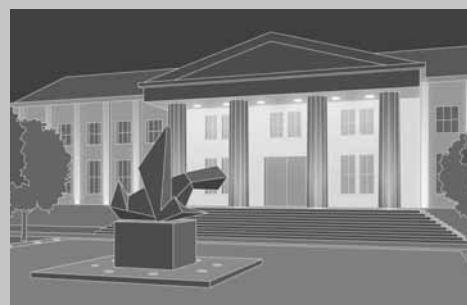
Tageslichtsysteme leiten Licht in den Raum und schützen gleichzeitig vor Blendung. Bewegliche oder stationäre Systeme werden auf der Innen- oder Außenseite von Fassaden verbaut oder in die Fassade oder Dachfläche integriert.



Mastleuchten und Lichtstelen sind für die technische und dekorative Außenbeleuchtung gedacht. Masthöhe und der Abstand zwischen den Leuchten bestimmen die Ausleuchtung der Plätze und Wege.



Scheinwerfer auf entsprechend hohen Masten beleuchten Sportplätze im Freien und setzen selbst große Flächen effizient und homogen ins richtige Licht.



Wand- und Bodenleuchten im Außenbereich akzentuieren Fassaden, Pflanzen oder Objekte. Als Wegebeleuchtung verbessern sie die Orientierung.



42



43

Konferenz- und Schulungsräume

Lernen ist ein steter Prozess. Auch nach Schule und abgeschlossener Ausbildung sind Wissensaneignung und Weiterbildung wichtig, um uns für immer neue berufliche Herausforderungen fit zu halten. Wissensvermittlung findet in vielen Arbeitsbereichen statt. Konferenz- und Schulungsräume, aber auch andere Kommunikationsbereiche müssen gestaltungstechnisch betrachtet und mit einer flexiblen, an verschiedene Situationen anpassbaren Beleuchtungslösung ausgestattet werden.

Die richtige Mischung unterschiedlicher Lichtsysteme ermöglicht eine gute und flexible Beleuchtung für jede Aufgabe: großflächige Deckenleuchten für die Ausleuchtung von Arbeits- und Besprechungsbereichen; Strahler für Akzente. Eine Steuerung all dieser Beleuchtungssysteme mit anwendungsorientierten Lichtszenen ermöglicht große Flexibilität in der Raumnutzung.

In Betrieben werden solche Räume für sehr unterschiedliche Zwecke eingesetzt und müssen einer Vielzahl von Anwendungen gerecht werden. Nicht nur die Möblierung, auch die Beleuchtung muss auf die sich ständig wechselnden Anforderungen abgestimmt werden: Mal liegt der Fokus auf dem Besprechungstisch in der Raummitte; mal werden Tische und Stühle wie beim Frontalunterricht aufgestellt; mal gibt es eine Theaterbestuhlung mit Podium. Immer wieder muss der Schwerpunkt des Lichts anders gesetzt werden. Für ein gutes Beleuchtungskonzept ist es daher sehr wichtig, mit dem Eigentümer vorab die möglichen Nutzungsarten zu besprechen.

Ganz gleich, was gerade gemacht wird, die normativen Anforderungen müssen zu jeder Zeit erfüllt werden. Zu achten ist besonders auf: Lichtverteilung, Blendungsbegrenzung, Farbwiedergabe und die eingesetzten Lichtfarben.

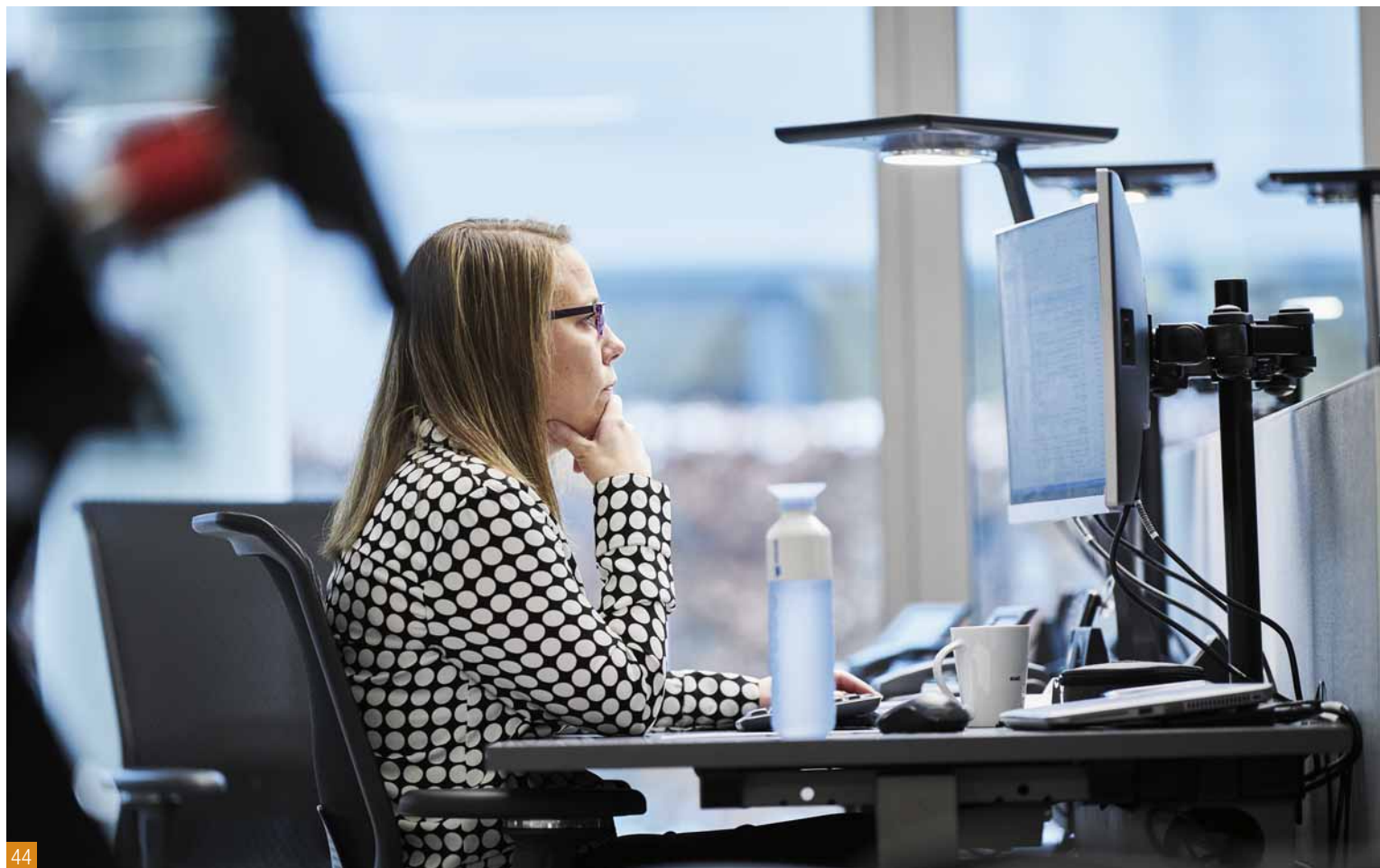
Offene oder geschlossene Raumatmosphäre

Licht beeinflusst die Art und Weise, wie ein Raum wahrgenommen wird. Eine offene Raumatmosphäre erzeugen Leuchten mit direkt-indirekter Lichtverteilung: Dabei erhellt das indirekte Licht Decken und Wände; der Direktanteil leuchtet Arbeitsbereiche gut aus und fördert den Sehkomfort.

Eine starke Akzentuierung und eher geschlossene Atmosphäre kreiert gerichtetes Licht, etwa durch Spots. Jedoch ist auch in diesem Fall auf eine ausreichende Helligkeit auf horizontalen Flächen zu achten. Die notwendige Beleuchtung von Rednerpult und Podium können flexibel ausrichtbare Strahler oder Downlights übernehmen. Für Beamer- oder Videopräsentationen muss der Bereich der Leinwand komplett abgedunkelt sein. Eine Grundbeleuchtung gibt im Raum Orientierung und bietet bei Bedarf Licht zum Mitschreiben.

[42] Konferenz- und Schulungsräume sind Kommunikationszentren mit moderner Medientechnik. Ihre multifunktionale Nutzung erfordert eine flexible, zugleich angenehme und effiziente Beleuchtung. (Foto: licht.de/Radium)

[43] LED-Leuchten bewirken im Schulungsraum eine gleichmäßige Lichtverteilung auf den horizontalen Tischflächen. (Foto: licht.de/Trilux)



44

Lehrerzimmer und Büro

Als zentraler Arbeitsraum und Treffpunkt ist das Lehrerzimmer eine wichtige Anlaufstation. Hier werden Unterrichtseinheiten vorbereitet, Klassenarbeiten korrigiert, es wird am PC gearbeitet oder Lehrerinnen und Lehrer tauschen sich untereinander aus. Schulleitung und Sekretariat sind Teile der Schulverwaltung, die eher in Einzelbüros arbeiten. Für die Sehaufgaben aller Beteiligten muss das Licht ein angenehmes Raumgefühl schaffen und konzentriertes Arbeiten unterstützen.

Eine ausgewogene Lichtstimmung im Lehrerzimmer entsteht mit indirektem Licht an Wänden und Decken sowie direktem, individuell einstellbarem Licht auf den Arbeitsflächen. Geeignet sind hier gut entblendete Pendel-, Steh- oder Tischleuchten mit direkten und indirekten Lichtanteilen.

Sehleistung und Sehkomfort

Gute Beleuchtung am Arbeitsplatz ist immer an die jeweiligen Sehaufgaben angepasst: Damit garantiert sie Sehleistung und Sehkomfort. Je schwieriger oder auch kritischer die Sehaufgabe, desto höher muss die Beleuchtungsstärke sein: 500 Lux sind nach DIN EN 12464-1 der erforderliche Wert für Lesen und Schreiben. Sieht etwa ein Nutzer nicht mehr so gut, gibt die 2021 aktualisierte

Norm entsprechende „modifizierte“ Werte an. Zum Lesen und Schreiben kann dieser modifizierte Wert bei 750 oder 1.000 Lux liegen.

Für Orte mit weniger anspruchsvollen Sehaufgaben – Verkehrszonen, Kopierbereich oder Ablage – nennt die Norm 100 bis 300 Lux Beleuchtungsstärke und modifizierte Werte von 200 bis 500 Lux. Weil Beleuchtungsanlagen altern und verschmutzen, müssen die Wartungswerte der Beleuchtungsstärke abhängig vom Wartungsfaktor erhöht werden.

Blendung vermeiden

Nach den geltenden Normen und den Technischen Regeln für Arbeitsstätten ASR A3.4 muss Blendung vermieden

[44] Bei der Bildschirmarbeit müssen die Augen auf den Nahbereich akkomodieren. Das strengt an. Den Blick öfter mal in die Ferne schweifen zu lassen, bringt Entspannung. (Foto: licht.de/Trilux)

werden. Das gilt sowohl für Störung durch Tageslicht als auch durch Leuchten. Während Jalousien den Tageslichteinfall regulieren, müssen Leuchten so positioniert und eingestellt werden, dass ihr Licht den Nutzer nicht blendet – weder direkt noch indirekt. Hochwertige Systeme begrenzen die Blendung schon ab Werk.

Grundsätzliche lichttechnische Anforderungen nennt DIN EN 12464-1. In Deutschland ist zudem ASR A3.4 zu beachten. Weitere Hinweise geben die Arbeitsstättenverordnung und das Arbeitsschutzgesetz.

Alternativ oder ergänzend unterstützt eine nach Human-Centric-Lighting-Kriterien (siehe Seite 69) geplante Beleuchtungsanlage den Nutzer in seinen individuellen Anforderungen an das Licht.

Einzelbüro

Für Einzelbüros und Sekretariat ist eine Kombination aus direkter/indirekter Lichtverteilung die richtige Lösung. Pendel- oder Stehleuchten erfüllen diese Aufgabe. Direkt am Arbeitsplatz positioniert, geben sie einen Direktlichtanteil nach unten ab und

einen indirekten Teil in den Raum. Das fördert eine gleichmäßige Lichtverteilung und erhellt insbesondere hohe Decken. An ferneren Arbeitsbereichen ist zudem das optimale Zusammenspiel von natürlichem und künstlichem Licht und der Lichtstimmung wichtig. Leuchten sind als Ergänzung zum Tageslicht häufig parallel zum Fenster installiert. Schreibtisch und Computer sind richtig platziert, wenn sie im rechten Winkel zum Fenster und zur Raummitte stehen. Das vermeidet störende Schatten. Schreibtischleuchten erhellen direkt die Arbeitsfläche.

Arbeiten am Bildschirm

In der Schullandschaft finden sich unterschiedliche Ausprägungen von Bildschirmen – im Informatikunterricht, Sekretariat und Lehrerzimmer. Matte Displays sind der Regel relativ unempfindlich gegenüber hohen Leuchtdichten. 3.000 cd/m² dürfen nicht überschritten werden. Bei der Gestaltung und Beleuchtung von Arbeitsplätzen mit Bildschirmarbeit müssen störende Blendungen, Spiegelungen und Reflexionen auf dem Display vermieden werden, um Ermüdung, Leistungsabfall

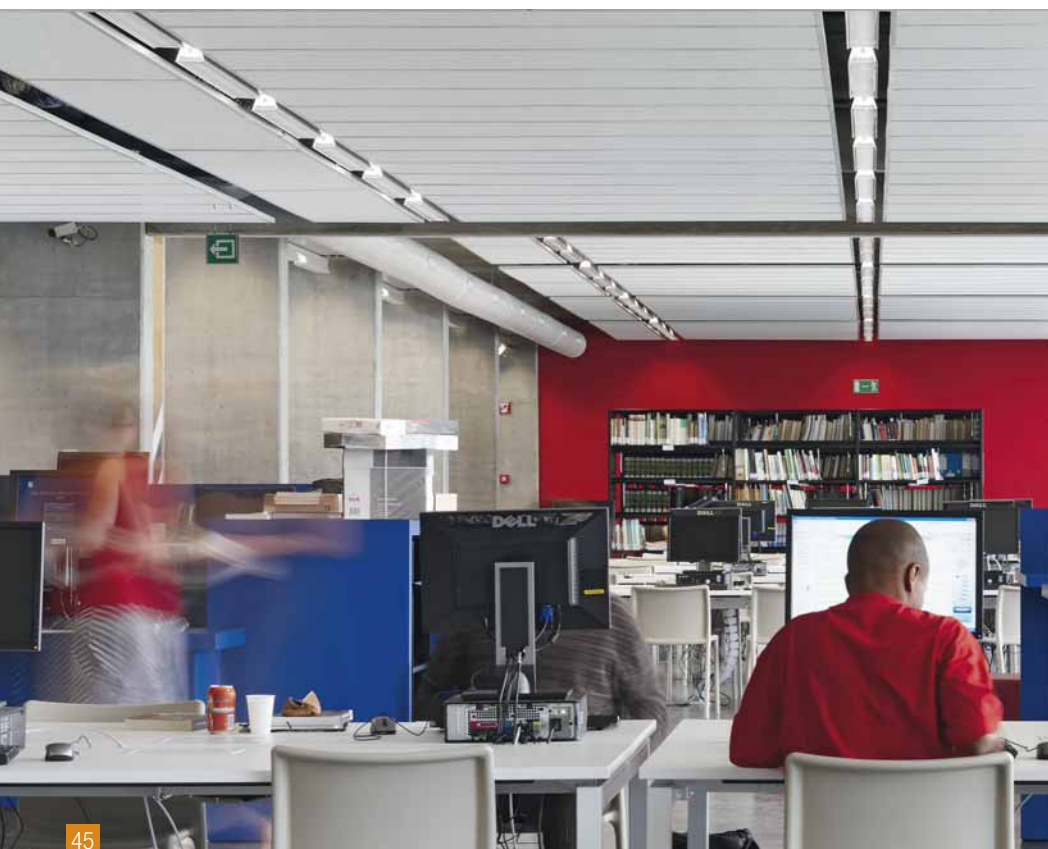
und im schlimmsten Fall sogar gesundheitlichen Problemen vorzubeugen.

licht.de empfiehlt Lichtmanagementsysteme: Sie steuern und regeln die Beleuchtung nach Bedarf, Anwesenheit, Tages- und Jahreszeit. So lassen sich für verschiedene Tätigkeiten Lichtstimmungen programmieren, die bequem abgerufen werden können. Lichtsteuerungen steigern den Komfort der Beleuchtung und senken zugleich die Energiekosten. Sie sind auch Voraussetzung für eine nichtvisuell wirksame Beleuchtung (siehe Seite 10).



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

[45] Eine hohe Lichtqualität schafft beste Arbeitsbedingungen: Wer gut sehen kann und sich wohlfühlt, ist motivierter und konzentrierter. (Foto: licht.de/Zumtobel, Fotograf Grober Toon)



Drei Beleuchtungskonzepte

Zur Beleuchtung von Büroräumen werden unterschiedlichste Beleuchtungskonzepte angewandt. Nachfolgend drei gängige Vorgehensweisen:

- Auf den Raum bezogene Beleuchtung – schafft an allen Stellen im Raum gleichmäßige Sehbedingungen und bleibt damit flexibel, auch wenn Arbeitsbereiche umgestellt werden.
- Auf den Arbeitsbereich bezogene Beleuchtung – ist ideal bei mehreren Arbeitsbereichen in einem Raum, die unterschiedliche Sehaufgaben aufweisen und damit ein unterschiedliches Beleuchtungsniveau erfordern. Zudem ermöglicht eine auf den Arbeitsbereich bezogene Beleuchtung eine individuelle Anpassung an den jeweiligen Nutzer.
- Auf Teilflächen bezogene Beleuchtung – erzeugt auf Teilflächen im Büro, z. B. dem Schreibtisch, ein Beleuchtungsniveau, das der Sehaufgabe oder den individuellen Wünschen angepasst ist.



46

Lichtmanagement

Lichtmanagement unterstützt Lernende aller Altersgruppen. Die Palette an Möglichkeiten reicht von der Unterstützung des circadianen Rhythmus, über Lichtszenen für bestimmte Sehaufgaben im Unterricht bis zur automatischen Anpassung der Lichtmenge. Dabei wird der Tageslichteinfall berücksichtigt und zugleich viel Energie gespart.

Natürliches Sonnenlicht ist die Quelle allen Lebens. Ohne Licht ist kein Wachsen und Gedeihen möglich. Auch Sehen, Denken, Vorstellungskraft und Fantasie sind mit Licht verbunden. Farben entfalten nur bei Tageslicht ihre natürliche Schönheit. Sonnenlicht hat auch auf die körpereigenen Rhythmen einen großen Einfluss: Wohlbefinden, Leistungsfähigkeit und Motivation hängen eng mit der lebendigen Atmosphäre des sich ständig verändernden Tageslichts zusammen (siehe Seite 10). Eine nach Human-Centric-Lighting-Kriterien geplante Beleuchtungsanlage berücksichtigt das.

Lernumgebungen und Arbeitsplätze sollten möglichst viel Tageslicht bekommen, wie von Arbeitsstättenverordnung und ASR A3.4 empfohlen. Eine Beleuchtung, die das natürliche Tageslicht einbezieht, ist einer reinen Kunstlichtlösung vorzuziehen.

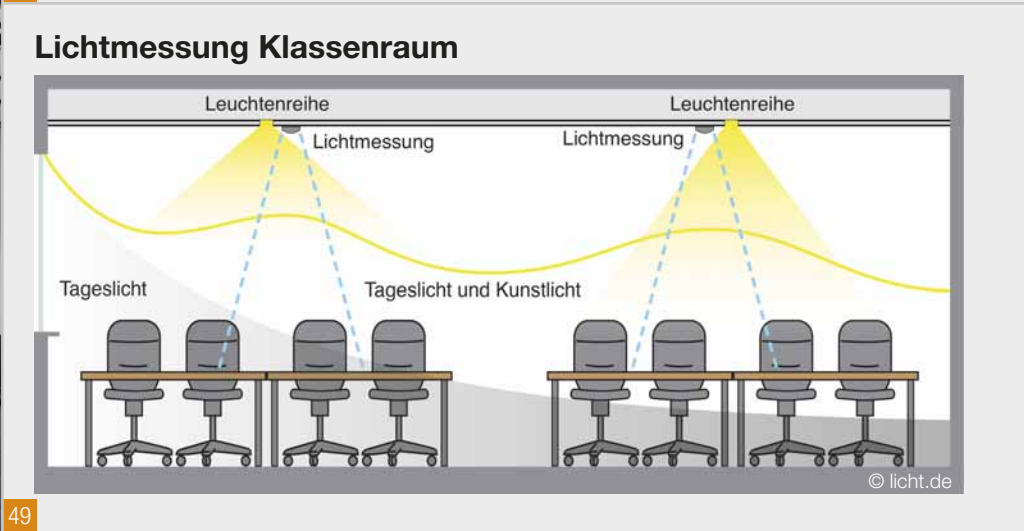
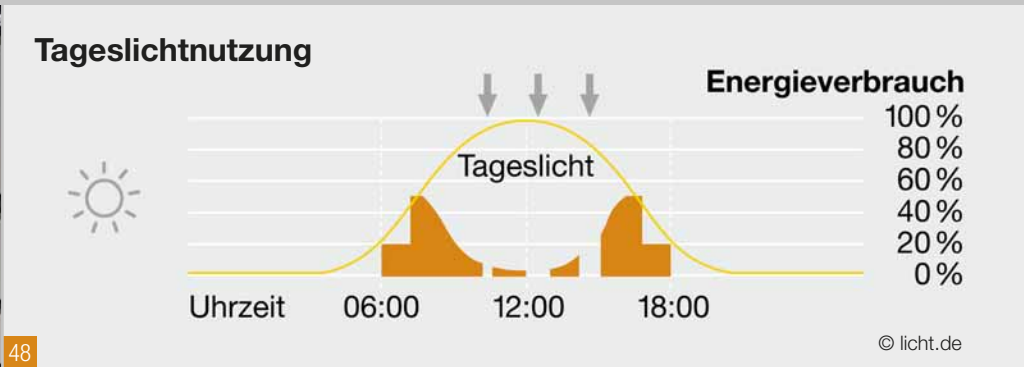
Voraussetzung dafür sind ausreichend Fensterflächen, die viel Licht einlassen. Effektiv und wirtschaftlich lässt es sich nutzen, wenn es seinen Weg kontrolliert in Innenräume findet und sich dort verteilt. Das erreichen Tageslichtsysteme, die eigens zu diesem Zweck entwickelt wurden: Sie verteilen natürliches Licht gleichmäßig im Raum und bringen zusätzliche Helligkeit in fensterferne Zonen.

Mit geeigneten Lichtquellen und Lichtmanagement wird einem Mangel an natürlichem Licht in der Raumtiefe und in der dunklen Jahreszeit bestmöglich entgegen gewirkt. Auch für die Qualität von Bildungseinrichtungen ist eine zeitgemäße Beleuchtung heute ein wichtiges Merkmal.

Die richtige Menge zum richtigen Zeitpunkt

Ziel ist eine hohe Lichtqualität bei möglichst

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



geringem Energieverbrauch (siehe Lighting-System-Design-Prozess Seite 68). Lichtmanagementsysteme mit Tageslichtsensoren ergänzen dafür nur bei Bedarf die Helligkeit im Raum mit Kunstlicht.

Präsenzerfassung spart Energie

Unterrichtsräume sind über den Tag hinweg nicht konstant belegt – in Freistunden und Pausen bleibt das Licht aber oft eingeschaltet, Energie wird vergeudet. Bequem und energieeffizient löst dieses Problem eine Lichtsteuerung mit Präsenzerfassung. Sie schaltet das Licht automatisch an und aus, wenn der Raum betreten oder verlassen wird. Mit dem gleichen Prinzip lässt sich viel Strom bei der Flurbeleuchtung sparen, wenn etwa Gänge während des Unterrichts nur selten aufgesucht werden, weil die Schülerinnen und Schüler in ihren Klassen sind. Besser als ganz ausschalten ist es, die Beleuchtung hier auf ein Mindestmaß herunterzudimmen.

Lichtszenen

Von Vorteil sind Lichtmanagementsysteme besonders in Räumen, deren Nutzung sich permanent ändert. Auf verschiedene Tätigkeiten und Unterrichtszwecke abgestimmte Lichtszene lassen sich per Steuerdisplay einfach und komfortabel

abrufen – etwa für eine Lehrveranstaltung, einen Vortrag oder eine Mediovorführung.

Steuerung

Zur Umsetzung dieser Funktionen stehen am Markt zahlreiche vorkonfigurierte und frei programmierbare Steuerkomponenten zur Verfügung. Sie arbeiten mit standardisierten Schnittstellen, wie etwa leitungsgebunden mit der Beleuchtungsschnittstelle DALI (Digital Addressable Lighting Interface), kabellos mit Zigbee, Bluetooth Low Energy (BLE) und weiteren Schnittstellen. Damit sind sie auch in eine übergeordnete Gebäudesteuerung, wie ein KNX-System, integrierbar (siehe Seite 69). Eine hohe Kompatibilität der beteiligten Komponenten ermöglicht die einfache Wartung und eine große Wirtschaftlichkeit. Zudem können ein Notlichtsystem (siehe Seite 50) oder ein zentrales Monitoring, etwa zur Ausfallmeldung für einzelne Komponenten, eingebunden werden.

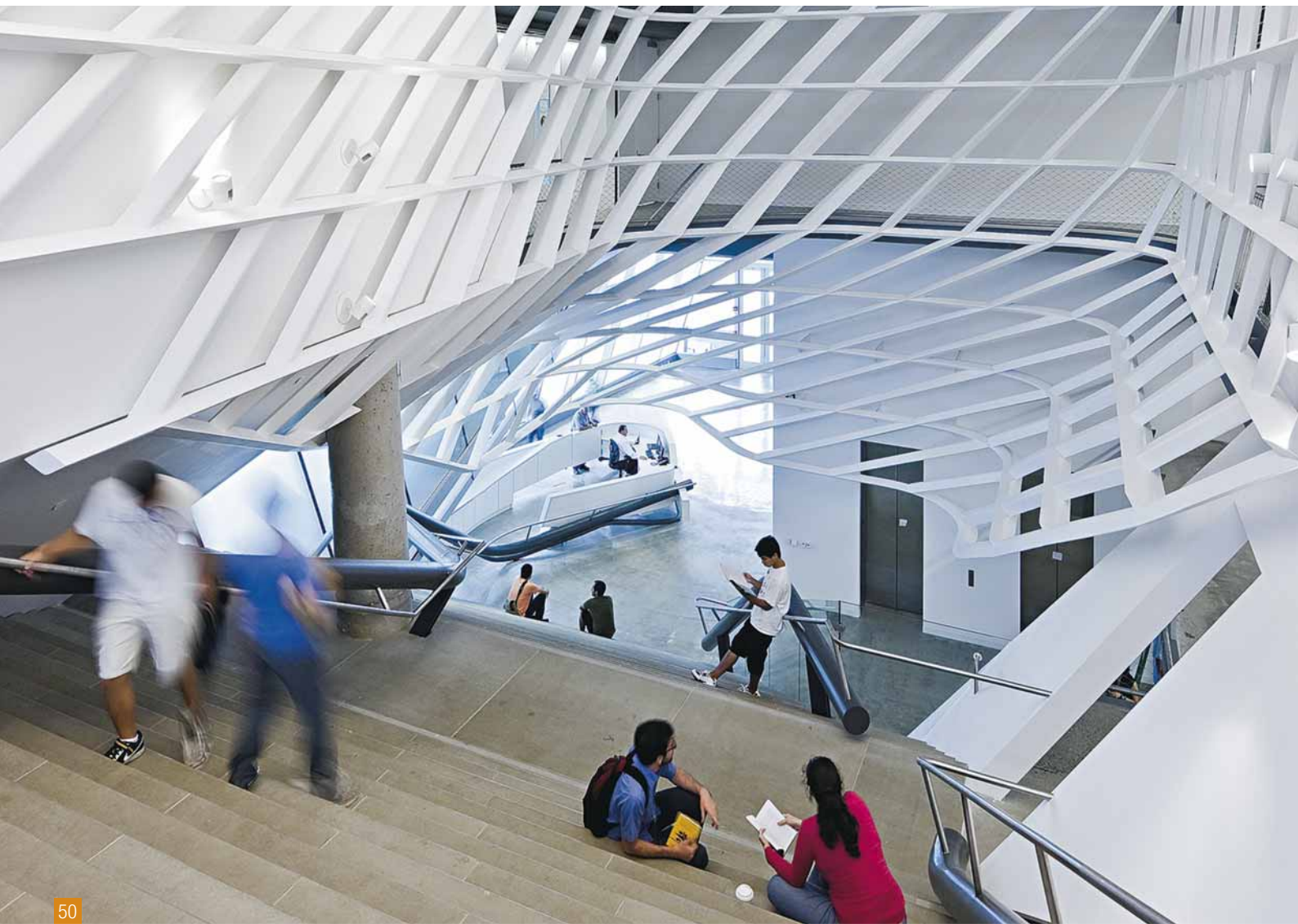
Lichtmanagement und Lichtszene sollten so detailliert geplant werden wie das Lichtkonzept. Sie müssen intuitiv bedienbar sein und dem Nutzer auch den freien manuellen Eingriff in Szenen und automatische Funktionen gestatten, wie etwa Anwesenheitserfassung und Lichtregelung. Das ist

bereits mit vielen vorkonfigurierten oder vorkonfigurierbaren Systemen für Bildungseinrichtungen möglich.

[47] Optimale Beleuchtung im Vortragsraum steigert die Konzentration der Teilnehmer. (Foto: licht.de/Ridi)

[48] Anwesenheitserfassung hilft Trägern von Bildungseinrichtungen, viel Energie einzusparen und die Betriebskosten zu senken. Die Grafik von licht.de stellt den Energieverbrauch zum Zeitpunkt der Nutzung dar. (Grafik: licht.de)

[49] Lichtsensoren im Raum oder direkt am Fenster messen die Lichtmenge und regeln das Beleuchtungsniveau entsprechend dem Tageslichteinfall. (Grafik: licht.de)



50



51

Orientierung und Sicherheit auf Verkehrswegen

In Foyers und Fluren sowie auf Treppen ist Orientierungsbeleuchtung unverzichtbar. Sie gibt Sicherheit, erschließt Gebäudeteile, setzt zudem gestalterische Akzente und schafft Räume für Kommunikation.

Verkehrszonen verbinden in Bildungsstätten Eingang, Foyer, Etagen und Räume. Gutes Licht hilft dabei, sich schnell und einfach zu orientieren, aber auch, sich sicher und wohlfühlen. Nicht ausreichend beleuchtete Gänge können einen unangenehmen „Tunneleffekt“ erzeugen. Dunkle Ecken lösen Unbehagen aus. Flure mit hellen Wand- und Deckenflächen wirken optisch größer und man kann sich dort schneller orientieren. Damit niemand aus einem hellen Bereich in einen dunklen Flur tritt oder umgekehrt, sollte zudem nicht nur auf die reine „Normerfüllung“ geachtet werden, sondern auch auf Helligkeitsunterschiede zu angrenzenden Bereichen. Eine gute Lichtlösung sind effiziente, breitstrahlende Leuchten, die vertikale Wandflächen gut und flächig ausleuchten. Grundsätzlich gilt: Dunkle Boden-, Wand- und Deckenflächen reflektieren weniger Licht als helle Flächen. Die Lichtplanung muss dann mit einem höherem Energieaufwand entgegenwirken.

Die Beleuchtungsstärke im Flur liegt nach DIN EN 12464-1 bei mindestens 100 Lux. Die Beleuchtungsniveaus der angrenzenden Bereiche sollten jedoch auch berücksichtigt werden: Das der Verkehrswege sollte zwischen 1/3 bis maximal 1/10 der angrenzenden Bereiche liegen; bei mehr als 1.000 Lux muss die Beleuchtung im Flur über den DIN-Wert hinaus angepasst werden. Damit das Auge problemlos den Übergang von helleren in dunklere Bereiche meistert, sollten lange Flure ohne Tageslicht entweder mit ähnlichen Beleuchtungsstärken wie im Eingangsbereich versorgt oder die Helligkeit nur leicht abgestuft werden. Hier sollte auch eine komplette Abschaltung der Beleuchtung durch Lichtsteuerung vermieden werden (siehe Seite 44). Mindestanforderung für die Beleuchtungsstärke von Verkehrswegen sind zehn Prozent der Werte in den angrenzenden Räumen.

Für die Flurbeleuchtung stehen viele Leuchten zur Auswahl: beispielsweise Downlights, Wandleuchten oder Deckenleuchten für den An- und Einbau.

Verkehrswege als Kommunikationszonen
Foyers, Flure und Treppenhäuser werden in Pausenzeiten auch zu Aufenthaltsbereichen und Kommunikationszonen. Ansprechende Möbel und eine gute Beleuchtung können dazu beitragen, dass sich Menschen dort wohlfühlen. Weil hier mitunter auch gearbeitet und schon mal private Gespräche geführt werden, sind Nischen und Rückzugsecken eine gute Idee.

An den Wänden hängen das schwarze Brett, Arbeiten aus dem Kunstunterricht und Projektergebnisse. Sie können mit einer ergänzenden, separat schaltbaren und individuell anpassbaren Beleuchtung mit asymmetrisch abstrahlenden Wandflutern ins rechte Licht gesetzt werden. Eine andere Lösung sind Stromschiensysteme mit verstellbaren Strahlern.

Erlauben es die baulichen Gegebenheiten, finden in Foyers auch gerne Theateraufführungen statt. Variable Bühnenstrahler ergänzen die getrennt regelbare Grundbeleuchtung und inszenieren die Aufführung. Eine gute Wahl ist eine Lichtsteuerung mit einfacher Bedienung und voreingestellten Szenen.

Weil Beleuchtung in vielen schulischen Verkehrszonen nicht rund um die Uhr gebraucht wird, können Präsenzmelder viel Energie sparen – am besten in Kombination mit einer Lichtsteuerung. Ist Tageslicht vorhanden, lässt sich das künstliche Licht über Sensoren auf das nötige Minimum reduzieren.

Treppen beleuchten, Stürze vermeiden
Für die Sicherheit der Nutzer müssen Treppen besonders gut ausgeleuchtet sein.

[50] Eine offene Treppe, an die ein großzügiger Eingangsbereich anschließt, lädt zum Verweilen ein. (Foto: licht.de/Zumtobel, Fotograf Baan Iwan)

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

Blendfreies Licht lässt Stufenkanten sicher erkennen. Dafür werden Wand- oder Deckenleuchten mit breit strahlender Lichtstärkeverteilung parallel zum Treppenverlauf außerhalb der Hauptblickrichtung installiert. Oft ist es sinnvoll, Stufen zusätzlich mit Orientierungsleuchten zu markieren: Sie werden in die Wand eingebaut oder bei breiten Treppen direkt in die Setzstufen eingelassen. Je nach Art der Leuchte muss jede, mindestens aber jede dritte Stufe beleuchtet werden. Entlang der Treppe montierte Wandleuchten dürfen weder beim Hinauf- noch beim Hinabgehen blenden.

Auch harte und lange Schatten haben hier nichts zu suchen. Sie entstehen durch eng gebündeltes, gerichtetes Licht. Ebenso ist ein diffuses Licht ohne Schatten unerwünscht. Es entsteht durch zu viel Helligkeit aus der falschen Richtung; Trittstufen lassen sich dann nicht mehr voneinander unterscheiden.

Der Richtwert für die Treppenbeleuchtung ist abhängig von der Nutzung und beträgt nach DIN EN 12464-1 mindestens 100 Lux. In Bildungseinrichtungen sind es mindestens 150 Lux, weil sich in Pausenzeiten sehr viele Personen gleichzeitig auf der Treppe aufhalten können. Noch komfortabler und sicherer ist eine Beleuchtung mit 200 Lux – die kaum höhere Betriebskosten verursacht.

Gefühl der Sicherheit vor und in Aufzügen

Viele Menschen empfinden Unbehagen, wenn sie einen Aufzug betreten: Geschlossene Räume erzeugen ein Gefühl der Enge, und in Hallen integrierte Aufzüge aus Glas lassen schnell Höhenangst aufkommen. Daher sollte schon der Platz vor dem Lift deutlich heller und freundlich gestaltet sein, beispielsweise mit Wandleuchten links und rechts neben der Aufzugstür. Im Innenraum des Fahrstuhls machen sich helle Grundfarben gut. Spiegel und glänzende Wand- und Deckenflächen fördern ein angenehmes Ambiente und suggerieren ein größeres Platzangebot. Eine Beleuchtung mit hohen diffusen Lichtanteilen verhindert scharfkantige Schlagschatten auf den Gesichtern der Nutzer. Nach DIN EN 81 müssen Aufzüge mit mindestens 50 Lux beleuchtet sein, DIN EN 12464-1 verlangt 100 Lux im Lift und 200 Lux für die Einstiegszone. Ange-



52

Ausstellungen

Neue Werke aus dem Kunstunterricht [52], Fotos von Klassenfahrten oder Projektwochen werden meist in Foyer, Aula oder Gängen präsentiert. Bei der Beleuchtung der entsprechenden Wandflächen muss auf eine ausreichend helle und gleichmäßige vertikale Beleuchtungsstärke geachtet werden.

Zudem sollten die eingesetzten Leuchten flexibel genug sein, um die verschiedensten, immer wieder wechselnden Objekte optimal zu beleuchten. Kleine Gegenstände sollten mit engstrahlenden, flexibel und einfach verstellbaren Leuchten ausgeleuchtet werden, großformatige Bilder eher mit breitstrahlenden Flutern.

Besonders gut für diese Beleuchtungsaufgaben geeignet sind Strahler an Stromschienen oder kardanisch aufgehängte Aufbau- oder Einbaustrahler. Bei der Lampenwahl muss auf eine gute bis sehr gute Farbwiedergabe von mindestens R_a 80 geachtet werden.

nehm wirkt eine Beleuchtung, die dem Niveau der Einstiegszone und des angrenzenden Flurs entspricht.

Wichtig: Treppen und Flure sind auch Fluchtwege. Die Not- und Sicherheitsbeleuchtung (siehe Seite 50) muss folglich normgerecht geplant, installiert und regelmäßig gewartet werden.

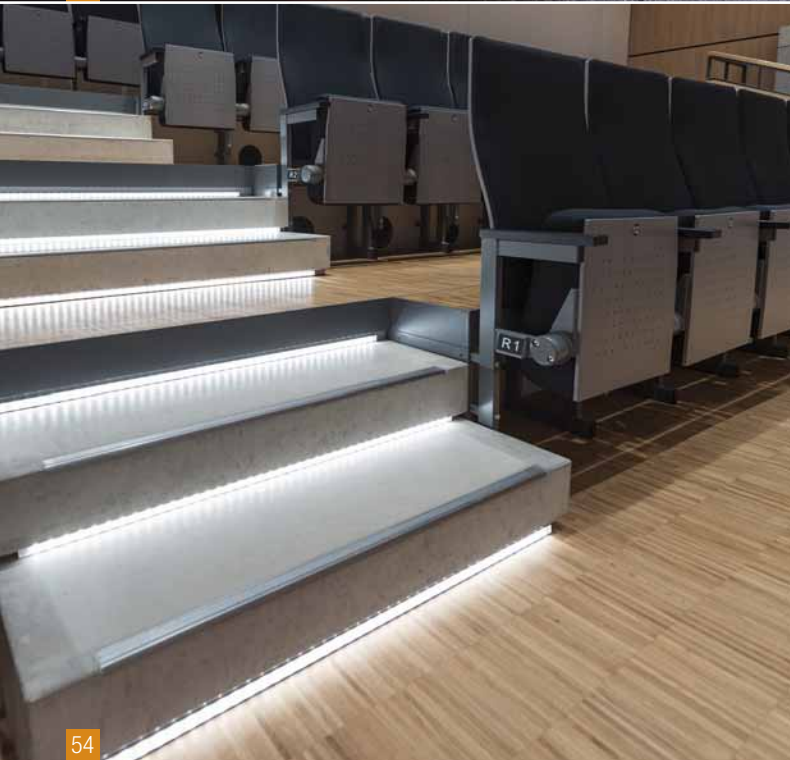
[53] Der Schulflur wird in Freistunden auch gerne als Arbeitsplatz genutzt. (Foto: licht.de/ Erco, Fotografie: Jason Mann)

[54] Mit beleuchteten Stufen finden Besucher in Räumen, die für Veranstaltungen und Vorträge abgedunkelt werden, sicher zu ihrem Platz. (Foto: licht.de/Barthelme)

[55] Im Hörsaal unterstützt eine zusätzliche Stufenbeleuchtung die Orientierung. (Foto: licht.de/Zumtobel, Fotograf Faruk Pinjo)



53



54



55

Sicherheitsbeleuchtung

Gehen bei Stromausfall die Lichter aus, kann leicht Panik aufkommen, die Unfallgefahr steigt. Sicherheitsbeleuchtung mit netzunabhängiger Stromversorgung hilft mit ihrer Grundhelligkeit bei der Orientierung. So finden Menschen auch im Notfall schnell und sicher zum Ausgang.

Sicherheitsbeleuchtungssysteme in öffentlichen Gebäuden schalten sich automatisch ein, wenn Netzspannung und Allgemeinbeleuchtung ausfallen. Sie helfen auch ortsfremden Personen, sich im Gebäude zurechtzufinden und es bei Gefahr schnell zu verlassen. Dafür beleuchten und kennzeichnen Sicherheits- und Rettungszeichenleuchten die Fluchtwege und markieren beispielsweise Feuerlöscher und Erste-Hilfe-Einrichtungen.

Eine Sicherheitsbeleuchtung muss nach Muster-Schulbau-Richtlinie vorhanden sein „... in Hallen, durch die Rettungswege führen, in notwendigen Fluren und notwendigen Treppenträumen sowie in fensterlosen Aufenthaltsräumen ...“. Auch Fachräume, die verdunkelt werden können, gelten als fensterlose Aufenthaltsräume – beispielsweise Medienräume. Hier müssen Stufen auch im Dunkeln gut sichtbar sein.

Planung und Errichtung

Für die Planung und Errichtung der vorgeschriebenen Sicherheitsbeleuchtung gelten einschlägige Normen: DIN EN 1838 nennt die lichttechnischen Anforderungen und besondere Stellen, die beleuchtet und gekennzeichnet werden müssen. An diesen Stellen muss die Beleuchtungsstärke mindestens ein Lux betragen. In Sportstätten können nach DIN EN 12193 höhere Werte für bestimmte Sportarten gefordert sein. Bis zu zehn Prozent Beleuchtungsstärke der Allgemeinbeleuchtung können für eine festgelegte Zeit (bis zu 120 Sekunden) notwendig sein, damit Teilnehmende ihre Sportart sicher beenden können. Nach Ablauf dieser Zeit darf die Beleuchtungsstärke auf ein Lux sinken.

Für alle anderen Bereiche in einer Sportstätte gelten die Anforderungen der Versammlungsstättenverordnung und DIN EN 1838. Sicherheitsbeleuchtung für Schulen

und Sportstätten muss laut Norm für eine Dauer von drei Stunden ausgelegt sein, sofern das Baurecht keine abweichenden Angaben macht.

Kennzeichnung von Fluchtwegen bei Veranstaltungen

In der Aula einer Schule finden häufig Veranstaltungen außerhalb der Unterrichtszeit statt, etwa Konzerte oder Abschlussfeiern. Fluchtwege können aus unterschiedlichen Gründen geändert oder versperrt sein. Mit richtungsvariablen Rettungszeichenleuchten lässt sich ohne viel Aufwand die Kennzeichnung der Fluchtwege der geänderten Nutzung anpassen. Das Gebäude kann



Sicherheitsbeleuchtungssysteme

Sicherheitsbeleuchtungssysteme [56] in öffentlichen Gebäuden schalten sich automatisch ein, wenn Netzspannungsausfälle auftreten und die Allgemeinbeleuchtung ausfällt. Sie ermöglichen damit auch Ortsfremden, sich im Gebäude zurechtzufinden und es bei Gefahr schnell zu verlassen. Die Voraussetzung dafür bieten Sicherheits- und Rettungszeichenleuchten. Sie weisen den Weg zu den Rettungswegen sowie zu Schutzrichtungen und ermöglichen so beispielsweise einen schnellen Zugriff auf Feuerlöscher. Auf diese Weise tragen sie dazu bei, Gefahren für Menschen in Gebäuden zu reduzieren und Leben zu retten. Gemäß DIN EN 1838 ist eine horizontale Beleuchtungsstärke von mindestens ein Lux auf der Mittelachse eines bis zu zwei Meter breiten Rettungsweges vorgeschrieben.



57

dann sicher über einen alternativen Fluchtweg verlassen werden.

Rechtliche Grundlagen

Schulen unterliegen dem Bauordnungsrecht der Bundesländer. In den meisten Ländern gilt zudem die jeweilige Schulbau-Richtlinie. Zusätzlich fallen unter die Versammlungsstättenverordnung des jeweiligen Bundeslandes Räume und Bereiche, die vor allem in größeren Schulen für die Anwesenheit von mehr als 200 Personen ausgelegt sind, etwa Aulen, Cafeterien oder Mensen. Auch für Sportstätten kann die Versammlungsstättenverordnung gelten und eine Sicherheitsbeleuchtung erfordern.

Weitergehende oder auch abweichende Anforderungen an eine notwendige Sicherheitsbeleuchtung können sich durch behördliche Vorgaben, eine Baugenehmigung oder auch durch Brandschutzkonzepte als ein Teil davon ergeben. Ihre regelmäßige Überprüfung ist vorgeschrieben.

LED-Technik ist Standard

In der Sicherheitsbeleuchtung ist LED-Technik Standard. Dank ihrer hohen Effizienz erfordert sie eine geringere Batteriekapazität. Mit speziellen Optiken zur Lichtlenkung lassen sich besonders effiziente Beleuchtungskonzepte realisieren. Die sehr hohe Langlebigkeit von LED-Leuchtmitteln reduziert Instandhaltungs- und Betriebskosten weiter. LED-Sicherheitsleuchten sind kleiner als herkömmliche Sicherheitsleuchten und lassen sich dezent in die Gesamtarchitektur eines Gebäudes integrieren.



Mehr Informationen zum Thema Sicherheitsbeleuchtung finden Sie in licht.wissen 10 „Notbeleuchtung, Sicherheitsbeleuchtung“.

[57] Von jeder Stelle eines Flucht- und Rettungswegs aus muss mindestens ein Rettungszeichen erkennbar sein. (Foto: licht.de/Erco, Fotografie: Jason Mann)

Cafeterien und Mensen

Gemeinsam essen, plauschen, büffeln, studieren und diskutieren – Mensen und Cafeterien sind Begegnungsorte. Häufig sind sie auch als Mehrzweckräume konzipiert: Sie dienen der Verköstigung und Erholung zwischen den Lehrveranstaltungen, als Treffpunkt und Versammlungsort bei Veranstaltungen und Festen, aber auch zum Lernen und für Gruppenarbeiten von Studierenden, Schülerinnen und Schülern.

In der Mensa oder Cafeteria kommen viele Menschen zusammen, um zu essen und sich zu erholen. Auch bei kurzer Verweildauer sollen sich die Gäste wohlfühlen, entspannen und eine geistige Auszeit nehmen können. Ein offenes und freundliches Raumklima unterstützt die Regeneration und hilft, neue Kraft zu schöpfen. Helle, lichtdurchflutete Räume tragen dazu bei. Großzügige, offene Fensterflächen lassen möglichst viel Tageslicht hinein. Deswegen sind Mensen oft an der südlichen Außenseite von Bildungsbauten zu finden.

Ergänzt wird das Tageslicht durch künstliche Beleuchtung mit einer passenden Steuerungstechnik. Um Gesichter, Mimik und Gestik gut erkennen zu können, ist eine schlagschattenfreie Beleuchtung mit ausgewogenen Direkt- und Indirektanteilen wichtig. Zur Bewertung der Lichtlösung werden die Gütemerkmale Modelling und halbzyklische Beleuchtungsstärke herangezogen. Cafeterien sind auch Rückzugsorte, wo Lernende zur Ruhe kommen und persönliche Gespräche führen. Das unterstützen bewusst dunkler gehaltene Raumbereiche, wie Lounges und Sitzcken (siehe Kasten).

Mensen als Mehrzweckräume

In Freistunden wird die Mensa zudem zum Lernen oder von Arbeitsgemeinschaften genutzt. Separate Sitzgruppen eignen sich gut dafür und sollten zum Arbeiten mit ausreichend Kunstlicht ausgeleuchtet sein. Werden die Räume auch für Veranstaltungen, Feierlichkeiten oder Konferenzen genutzt, schaffen Trennwände geeignete Zonen. Das muss das Lichtkonzept berücksichtigen. Mit einem Lichtmanagementsystem ist die Beleuchtung flexibel. Es steuert auch das künstliche und natürliche Licht in Kombination mit energieoptimierter Lichttechnik für eine normgerechte und energieeffiziente Beleuchtung.

Allgemeinbeleuchtung

Zur wirtschaftlichen Grundbeleuchtung von Mensen und Cafeterien gibt es eine Vielzahl von Beleuchtungslösungen, wie etwa Pendel-, Anbau- und Einbauleuchten. Direkt und indirekt strahlendes Licht hellt Decken und Wände auf, schafft ein angenehmes Ambiente und lädt zum Verweilen ein.

Damit Tische auch mal verstellt werden können, muss die Allgemeinbeleuchtung flexibel sein. Ein System mit mehreren Komponenten für zonale, indirekte und direkte Beleuchtung ist sinnvoll, um Lichtstimmungen verändern zu können. Darüber hinaus sollte sich die Farbtemperatur anpassen lassen: Im Schul- und Uni-Alltag wird warmes Licht bevorzugt, während eine kaltweiße Ausleuchtung bei Prüfungen und Klausuren die Konzentration fördert. DIN EN 12464-1 empfiehlt in Schulkantinen eine Grundbeleuchtung von 200 Lux. Um Terrassen oder überdachte Bereiche ins rechte Licht zu setzen, müssen die Leuchten für den Außeneinsatz geeignet sein.

Gutes Licht macht Appetit

An der Essensausgabe ist eine hohe Farbwiedergabe der Lichtquellen vorteilhaft. So sehen die Speisen appetitlich aus, die Farben natürlich. Dort und auch an der Kasse ist Blendung zu vermeiden.

Fazit: Lichtlösungen in Mensen und Cafeterien brauchen gut durchdachte gestalterische und lichttechnische Konzepte. Die ausführliche Beratung eines erfahrenen Lichtplaners ist zu empfehlen – besonders, wenn hohe Lichtqualität im Einklang mit einer energieeffizienten Lösung gesucht wird, die zudem alle lichttechnischen Möglichkeiten für Multifunktionalität ausschöpft. Mit geschickter Planung lassen sich Orte kreieren, die wechselnde Nutzung erlauben und gleichermaßen zu Kommunikation und Erholung einladen.



Sitzgruppen

Sitzgruppen sind in Mensen und Cafeterien eine gute Ergänzung der Esstische: Sie bieten Raum zum Rückzug, für diskretere Gespräche oder Lern- und Arbeitsgruppen. Raumteiler geben dabei zusätzlich Privatsphäre. Sitzgruppen brauchen deswegen ein eigenes Ausleuchtungskonzept: Fokussierte Decken- oder Pendelleuchten über den Tischen geben ausreichend Licht zum Lesen und Schreiben. Wandleuchten erzeugen mit direktem und indirektem Lichtanteil ein angenehmes Ambiente.



59

[58] Lichtquellen mit hoher Farbwiedergabe lassen Speisen natürlich aussehen, machen Appetit und erleichtern die Auswahl. (Foto: licht.de/Erco, Fotografie: Gustavo Allidi Bernasconi)

[59] Tische zum Essen und Stufen für den Aufenthalt lockern den langen Speisesaal optisch auf. (Foto: licht.de/XAL, Fotograf Kris Dekeijser)

[60] In Cafeterien wird oft bei einem Latte Macchiato am Notebook gearbeitet und gelernt. Die Beleuchtung muss deswegen auch zum Lesen und für die Bildschirmarbeit geeignet sein. (Foto: licht.de/Zumtobel)

Servicebereich und Theken

Für eine einladende Atmosphäre wird die Essensausgabe gerne als offener Bereich gestaltet. Theken, Kassen und Ausgabestelle sollten unbedingt ein eigenes Lichtkonzept erhalten, um Mahlzeiten appetitlich in Szene zu setzen. Die Beleuchtung der Theken sollte fokussiert und entblendet sein – ohne störende Lichtreflexionen. Ein höheres Helligkeitsniveau fördert Orientierung, eine exzellente Farbwiedergabe die qualitative Beurteilung der Speisen. Eine gelungene Lichtführung und Glanzeffekte auf Glas und Porzellan vermitteln Sauberkeit und erleichtern die Auswahl. Die Kassenbereiche müssen als Arbeitsplätze mit mindestens 300 Lux ausgeleuchtet werden.



60

Sporthallen und Sportplätze

In Sporthallen und auf Sportplätzen stehen Muskeleinsatz und Spielfreude im Vordergrund. Man bewegt sich schnell, spielt mit Bällen, macht Gymnastik oder Entspannungsübungen. Um für jede Sportart das richtige Licht bereitzustellen, bedarf es variabler Beleuchtungsstärken.

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

Für die vielfältigen Bedürfnisse von Sporthallen-Nutzern sind in Sachen Beleuchtung vor allem zwei Dinge wichtig. Zum einen die Lichtqualität, die sich aus der horizontalen und vertikalen Beleuchtungsstärke, der Homogenität, Blendungsfreiheit und Farbwiedergabe des Lichts zusammensetzt. Zum anderen eine flexible Steuerung des Lichts. Sportveranstaltungen und Wettkämpfe mit hohen Geschwindigkeiten erfordern eine präzise Wahrnehmung und brauchen höhere Beleuch-

tungsstärken – bei Entspannungsübungen ist eine angenehme, zurückgenommene Lichtstimmung gefragt.

Beleuchtungsstärken

Für den Schulsport gelten die Technischen Regeln ASR A3.4 und die Hinweise des Arbeitskreises Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen (AMEV) „Beleuchtung“. Hier werden mindestens 300 Lux gefordert.



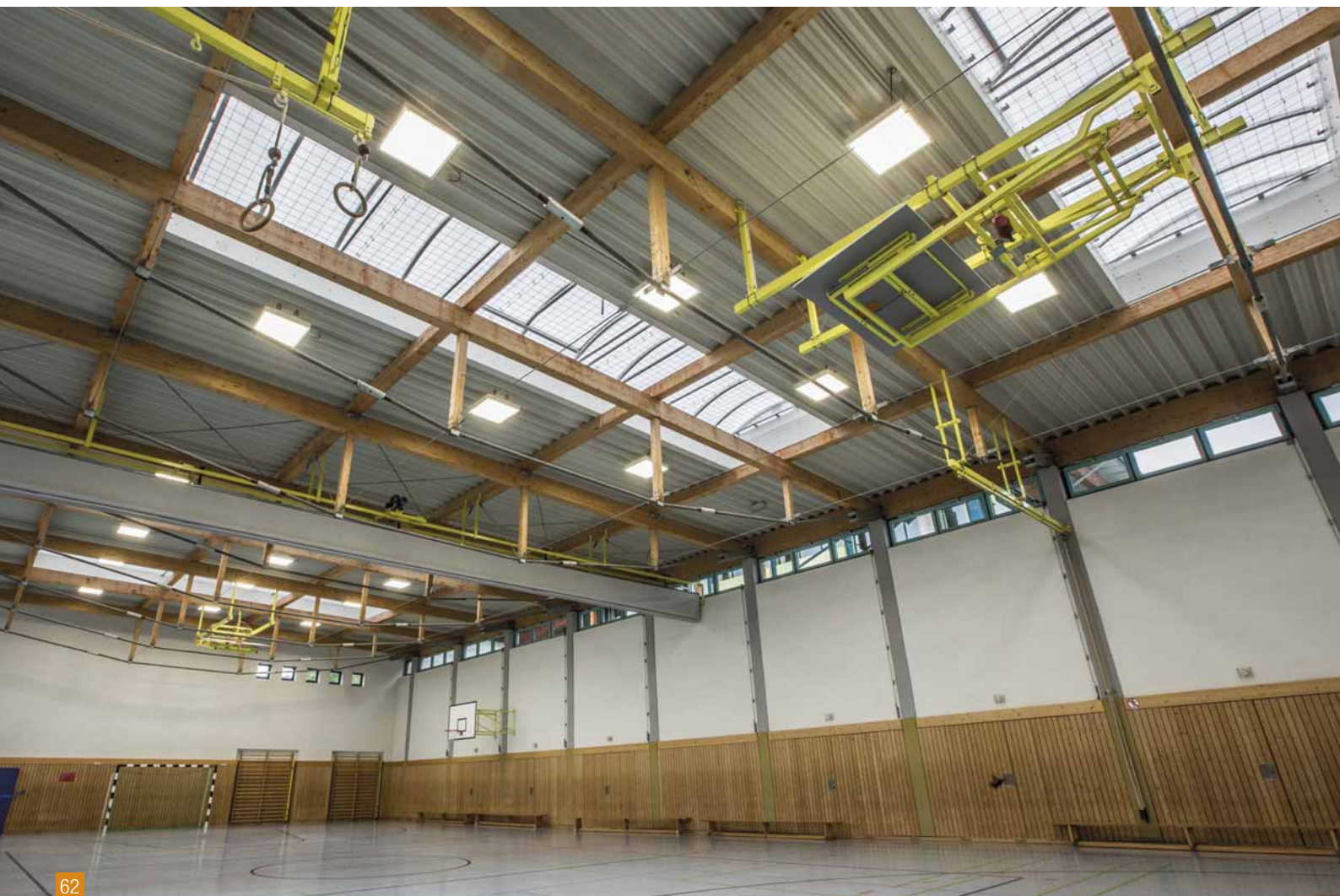
Wird die Halle auch für Vereinssport und Wettkämpfe genutzt, ist DIN EN 12193 anzuwenden. Höhere Beleuchtungsstärken sind bei schnellen Ballsportarten mit kleinen Bällen erforderlich – beispielsweise Badminton oder Tischtennis: 300 Lux und mehr für die vertikale Beleuchtungsstärke. Bei Wettkämpfen und Wettkampftraining steigen die empfohlenen Werte noch einmal deutlich auf 500 bis 750 Lux.

Planung und Leuchtenauswahl

Bei der Lichtplanung für eine Sporthalle muss zunächst festgelegt werden, für welche Sportarten diese ausgelegt sein soll, denn die Sportart mit den höchsten Ansprüchen an die Sehaufgabe ist Planungsmaßstab. Für die Auswahl der Leuchten gelten folgende Kriterien: Montageart, Blendungsbegrenzung und Ballwurfsicherheit. Je nach Art der Decke kommen Ein-

bau- oder Anbauleuchten infrage. Pendelleuchten sind vor allem in höheren Hallen eine gute Lösung. Alle eingesetzten Leuchten müssen als ballwurfsicher gekennzeichnet sein, damit sie auch durch fehlgeleitete Bälle nicht zu Bruch gehen. Hochwertige Optiken helfen, die Sehleistung beim Sport zu verbessern und sorgen für eine optimale Entblendung aus allen Blickwinkeln. Aus lichttechnischer Sicht sind Flächenleuchten erste Wahl – das sind Leuchten mit großer Lichtaustrittsfläche und geringen Flächenleuchtdichten. Ihre Anordnung muss sich an den auszuübenden Sportarten orientieren. Um Farben richtig zu erkennen, ist eine gute Farbwiedergabe empfehlenswert.

[62] Lichtsteuerungen passen die Beleuchtungsstärke an das benötigte Niveau an. (Foto: licht.de/Dotlux)



[63] Beim Schulsport ist das erforderliche Beleuchtungsniveau geringer, bei Wettkämpfen höher. (Foto: Pixabay/733215)

[64] Flutlichtanlagen erlauben ein Training auch nach Einbruch der Dunkelheit. (Foto: licht.de/Signify)

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

[66] Angriff und Täuschung: Für Ballsportarten werden blitzschnelle Reaktionen trainiert – dafür brauchen Sportlerinnen und Sportler beste Lichtverhältnisse. (Foto: licht.de/Signify)

Umkleieräume

Umkleieräume verlangen nach einer gleichmäßigen, hellen Beleuchtung. Harte Schatten wirken unvorteilhaft. An den Waschbecken leuchten Spiegelleuchten das Gesicht angenehm aus. Hohe vertikale Beleuchtungsstärken ermöglichen zudem eine gute Sicht in den Spint. Damit die Farben der Kleidung unverfälscht wiedergegeben werden, ist eine gute Farbwiedergabe der Lichtquellen sinnvoll. Für mehr Sicherheit, Energieeinsparung und eine lange Lebensdauer der Lichtquellen empfiehlt sich in Umkleide- und Sanitärräumen eine Präsenzsteuerung, die das Licht je nach Bedarf an- und ausschaltet.

Sportplätze

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

die Lichtquellen, desto gleichmäßiger die Ausleuchtung des Platzes bei weniger Blendung. Scheinwerfer oder Strahler müssen so ausgerichtet sein, dass mindestens zwei Leuchten jede Position auf dem Spielfeld beleuchten, um harte Schlagschatten zu verhindern, und zugleich die Blendung der Zuschauer zu vermeiden. Um Sporthallen und Sportplätze richtig zu beleuchten, ist die gute und vorausschauende Arbeit eines professionellen Lichtplaners empfehlenswert.



Informationen zur Beleuchtung von Sportstätten bietet Heft licht.wissen 08 „Sport und Freizeit“.



63



64



65

Vielfältige Nutzung von Mehrzweckhallen

Unterschiedliche Sportarten benötigen auch unterschiedliche Beleuchtungsniveaus, die an ihre Bedürfnisse angepasst sind. Das stellt hohe Anforderungen an die Beleuchtung selbst und an die Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke. Schlüssel für eine vielfältige Raumnutzung ist ein intelligentes Lichtmanagementsystem: Es stimmt das Beleuchtungsniveau auf die jeweilige Sportart ab und spart dabei Energie. Auf Knopfdruck kann damit zum Beispiel Licht für den einfachen Sportunterricht oder eine anspruchsvollere Wettkampfsituation abgerufen werden.

In teilbaren Hallen oder solchen, in denen eine Bühne aufgebaut werden kann, muss es möglich sein, das Licht in einzelnen Bereichen separat zu schalten und zu dimmen. Ist Tageslicht vorhanden, kann eine Steuerung das Kunstlicht mit Helligkeitssensoren an den Bedarf anpassen. Um auch für artfremde Nutzung – beispielsweise Schulveranstaltungen – gerüstet zu sein, sollten Leuchten über ein intuitiv bedienbares Display oder künftig auch per App gruppenweise geschaltet und gedimmt werden können.



66

Fachbegriffe und Normen

Für sicheres, nutzerfreundliches und dennoch normgerechtes Licht in Schulen und Bildungsstätten müssen wichtige Grundregeln beachtet werden, wie sie auch für andere Arbeitsstätten gelten. Als Wissensgrundlage für eine gute Lichtplanung dienen die folgenden relevanten Normen und lichttechnischen Fachbegriffe.

Grundlage der Planung ist die europaweit gültige EN 12464-1 „Licht und Beleuchtung – Beleuchtung von Arbeitsstätten – Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen“ aus dem Jahr 2021. Außerdem zu beachten sind die technischen Regeln für Arbeitsstätten, ASR A3.4 von April 2011. Hinweise für die Auslegung von Beleuchtungsanlagen in öffentlichen Gebäuden gibt die Empfehlung der AMEV (Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen) „Beleuchtung“ – denn dazu gehören auch Bildungseinrichtungen und Sportstätten (siehe Seite 54). Die Sportstättenbeleuchtung ist normativ in DIN EN 12193 von 2019 geregelt.

Diese Regelwerke sind einerseits Vertragsgrundlage für die Planung, andererseits Vorschriften für die Betreibenden. Ihre Anforderungen sind zwar sehr ähnlich, aber nicht ganz identisch.

Beleuchtungsstärken

Der wichtigste lichttechnische Planungswert ist die Beleuchtungsstärke. In der Maßeinheit Lux (lx) gibt sie den Lichtstrom an, der von einer Lichtquelle auf eine definierte Fläche trifft. Die Beleuchtungsstärke lässt sich für jede Fläche im Raum berechnen oder mit einem Luxmeter messen.

Für Schreib- und Lesearbeiten ist ein erforderlicher Wert von 500 Lux auf horizontalen Arbeitsflächen vorgesehen. Auch für die Tafelbeleuchtung gelten 500 Lux als Wert (siehe Tabelle Seite 63). Bewegen sich die Personen für verschiedene Tätigkeiten durch den Unterrichtsraum oder Teile davon, müssen für alle diese Bereiche die jeweils benötigten Beleuchtungsstärken sichergestellt werden.

Wartungswert der Beleuchtungsstärke

Wartungswerte der Beleuchtungsstärke (\bar{E}_m) sind erforderliche Werte, die jedoch modifiziert werden können. Höhere Werte

sind ratsam, wenn Sehaufgaben besonders anspruchsvoll und die Leistungserwartung hoch sind, Arbeitsplätze nur wenig Tageslicht erhalten oder das Sehvermögen der Lernenden eingeschränkt ist. DIN EN 12464-1 listet die Gründe für die gestufte Erhöhung der Wartungswerte auf. Bei der Überprüfung sind die Mindestwerte nach ASR A3.4 einzuhalten.

Die Wartungswerte der Beleuchtungsstärke (\bar{E}_m) kennzeichnen die mittleren Beleuchtungsstärken, die zu jedem Zeitpunkt einstellbar sein müssen – unabhängig von Alter und Zustand der Beleuchtungsanlage. Mit den Jahren lässt die Lichtmenge, die im Raum für die Beleuchtung der Sehaufgaben zur Verfügung steht, nach, weil Leuchten und Lichtquellen altern und sie selbst oder Räume verschmutzen. Um das zu kompensieren, werden Anlagen mit erhöhten Neuwerten der Beleuchtungsstärke projektiert. In der Planung wird die Abnahme der Beleuchtungsstärke mit dem Wartungsfaktor erfasst: $\text{Wartungswert} = \text{Wartungsfaktor} \times \text{Neuwert}$.

Der Wartungsplan, der Zeitpunkt und Art der Wartung beschreibt, muss von den Planenden dokumentiert werden.

Gleichmäßigkeit

Um Sehaufgaben gut erkennen zu können, aber auch um bei allen Tätigkeiten gute Sehbedingungen vorzufinden, müssen die Bereiche der Sehaufgaben beziehungsweise der Tätigkeiten gleichmäßig ausgeleuchtet sein. Dafür darf die Beleuchtungsstärke nicht zu sehr schwanken. Die Gleichmäßigkeit U_o ist in der Norm vorgegeben, also das Verhältnis der geringsten Beleuchtungsstärke (E_{\min}) zum Mittelwert (\bar{E}) im angesprochenen Bereich. Diese soll nach DIN EN 12464-1 in Unterrichtsräumen im Bereich der Sehaufgabe mindestens 0,60 betragen, auf Wänden und Decken mindestens 0,10.

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



67

Unmittelbarer Umgebungsbereich

Örtlich betrachtet, gelten die Anforderungen der Beleuchtungsstärken für den Bereich der Sehaufgabe oder die Tätigkeit. Um einen Helligkeitsübergang zum umgebenden Raum zu schaffen, wird um diese Bereiche jeweils ein Band von mindestens einem halben Meter gelegt. Die Beleuchtungsstärke des unmittelbaren Umgebungsbereichs richtet sich nach den geforderten Werten im Bereich der Sehaufgabe. Folgende Beleuchtungsstärken dürfen jedoch nicht unterschritten werden:

Beleuchtungsstärke im Bereich der Sehaufgabe oder Tätigkeit \bar{E}_m in Lux

≥ 750

500

300

200

≤ 150

Beleuchtungsstärke im unmittelbaren Umgebungsbereich in Lux

500

300

200

150

gleicher Wert wie im Bereich der Sehaufgabe

Die Gleichmäßigkeit U_0 im unmittelbaren Umgebungsbereich muss $\geq 0,40$ sein.

In den Regeln für Arbeitsstätten wird als Umgebungsbereich normalerweise der gesamte Raum festgelegt, bis zu den Wänden abzüglich eines Bandes von 50 Zentimetern zur Wand.

Hintergrundbereich

Als Hintergrund gilt ein Bereich jenseits des unmittelbaren Umgebungsbereichs. Er darf nicht ganz dunkel sein, insbesondere dann, wenn wenig Tageslicht in den Raum gelangt. Nicht unterschritten werden sollte eine Beleuchtungsstärke von einem Drittel des Wertes für den unmittelbaren Umgebungsbereich. Das gilt bis zu den Raumgrenzen, mindestens aber in einem Streifen von mindestens drei Metern um die unmittelbare Umgebung. In den technischen Regeln für Arbeitsstätten findet der Hintergrundbereich keine Anwendung.

Leuchtdichteverteilung und Raumhelligkeit

In Klassen- und Schulungsräumen wechselt der Blick der Lernenden ständig zwischen Nahbereichen (Arbeitstisch) und Fernbereichen (Tafel, Lehrer). Bei großen Helligkeitsunterschieden müssen die Augen sich permanent anpassen. Das ermüdet und beeinträchtigt Sehleistung und Wohlbefinden.




68

69

den. Doch auch zu geringe Helligkeitsunterschiede sollten vermieden werden, sonst wird die Umgebung schnell als monoton und langweilig empfunden.

Vertikale Tafel- oder Präsentationsflächen benötigen mindestens 500 Lux, damit die Darstellungen auch von den hinteren Plätzen aus gut erkennbar sind. In die Berechnungen sollte zudem eine ausgewogene Leuchtdichteverteilung im Gesichtsfeld einbezogen werden.

DIN EN 12464-1 legt auch Beleuchtungsstärken für Wände und für die Decke fest. In Schulen (wie auch in Büros und Krankenhäusern) sind Wände und Decken für eine angenehme Raumhelligkeit maßgeblich, die gerade dem Unterrichtsraum einen freundlichen Charakter verleiht.

 Weitere Informationen gibt das ZVEI-Positionspapier „UGR-Verfahren – Anwendung und Grenzen“.

Stufe ≤ 16 , wenn $R_{UG} \leq 16,4$

Stufe ≤ 19 , wenn $16,5 \leq R_{UG} \leq 19,4$

Stufe ≤ 22 , wenn $19,5 \leq R_{UG} \leq 22,4$

Stufe ≤ 25 , wenn $22,5 \leq R_{UG} \leq 25,4$

Stufe ≤ 28 , wenn $25,5 \leq R_{UG} \leq 28,4$

Direkt/indirekte und direkte Beleuchtung

Einen angenehmen Raumeindruck schaffen Leuchten mit teils direkten, teils indirekten Lichtanteilen, die zusammen ein gleichmäßiges Licht ergeben. Üblicherweise werden so beleuchtete Räume bei längerem Aufenthalt als freundlicher empfunden. Zusätzlich verringert sich die Möglichkeit von Reflexen auf glänzenden Zeitschriften und Unterlagen. Tische und Stühle lassen sich in dieser Beleuchtung frei anordnen.

Eine reine Direktbeleuchtung versorgt die horizontalen Flächen zwar etwas energieeffizienter mit Licht, hat jedoch den Nachteil, dass Ecken des Raumes und auch die Decke relativ dunkel bleiben können.

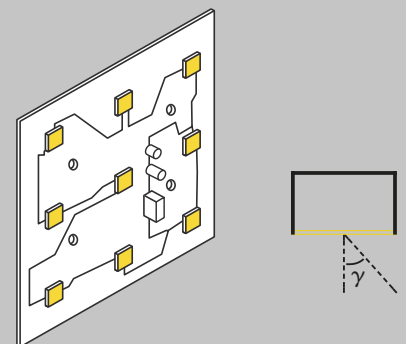
Direktblendung: psychologische Blendung vermeiden

Blendung ist eine Störung im direkten Blickfeld, die durch sehr helle Flächen, helle Lichtquellen und Fenster hervorgerufen wird. Sie erschwert die Wahrnehmung und beeinträchtigt die Sehleistung – mitunter auch nur als unbewusster Störfaktor. Eine solche psychologische Blendung kann Ermüdung und Konzentrationsfehler nach sich ziehen. Für ihre Beurteilung wird das UGR-Verfahren (Unified Glare Rating) angewendet. Dabei werden alle Leuchten einer Beleuchtungsanlage berücksichtigt, die in Verbindung mit der Helligkeit von Wänden und Decken einen Blendeindruck hinterlassen können. Der UGR-Wert für bestimmte Raumgrößen wird mit Tabellen ermittelt, die Leuchtenhersteller für ihre Produkte zur Verfügung stellen. Er darf den in der Norm angegebenen R_{UG} -Grenzwert (R_{UGL}) nicht überschreiten.

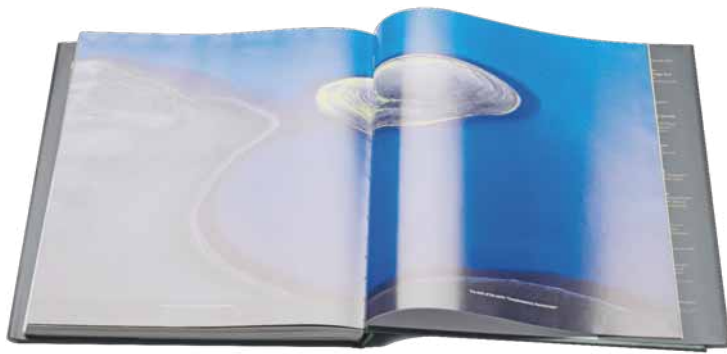
Direktblendung durch zu hohe Leuchtdichten von Lichtquellen verhindern: Abschirmung und Begrenzung der Lichtquellenleuchtdichte

Fenster lassen sich mit einer Lichtschutzvorrichtung abdunkeln. Bei Leuchten kann die Störung durch die Leuchtdichte einer Lichtquelle auf zwei Arten verringert werden: Die Lichtquelle wird abgeschirmt oder die Eigenleuchtdichte der Lichtquelle selbst liegt unterhalb eines Grenzwertes. Mindestabschirmwinkel und maximale Leuchtdichte unter einem Ausstrahlwinkel sind in der Norm mit folgender Tabelle festgelegt:

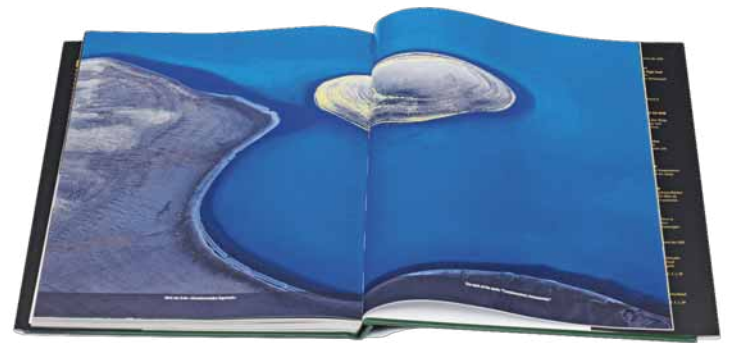
Maximale mittlere Leuchtdichte eines leuchtenden optischen Elements bei festgelegten Ausstrahlungswinkeln



Ausstrahlungswinkel	Maximale mittlere Leuchtdichte eines leuchtenden optischen Elements $kcd\ m^{-2}$
γ	
$75^\circ \leq \gamma < 90^\circ$	≤ 20
$70^\circ \leq \gamma < 75^\circ$	≤ 50
$60^\circ \leq \gamma < 70^\circ$	≤ 500

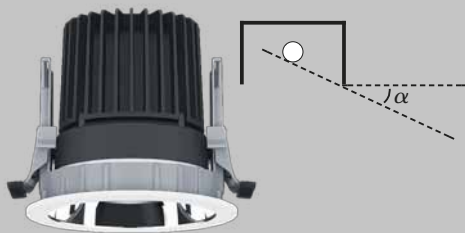


70



71

Mindestschirmwinkel bei festgelegten Leuchtdichten der Lichtquelle



Leuchtdichte der Lichtquelle kcd m ⁻²	Mindestschirmwinkel α
20 bis < 50	15°
50 bis < 500	20°
≥ 500	30°

Reflexblendung

Lichtreflexe auf Büchern oder Unterlagen stören. Sie entstehen durch Spiegelungen heller Flächen, besonders des Lichts von Leuchten. Besondere Aufmerksamkeit sollte den Leuchten im Lesebereich gewidmet werden. Dort sollen keine Reflexionen durch zu hohe Leuchtdichten der Leuchten erzeugt werden.

Folgende Maßnahmen vermeiden Schleierreflexionen und Reflexblendung oder schränken sie ein:

- Richtige Positionierung der Arbeitsplätze zu Leuchten, Fenstern und Dachoberlichtern – am besten durch seitlichen Lichteinfall
- Möglichkeit zur Abschattung von Fenstern und Oberlichtern

- Leuchten mit großflächigen, nicht zu hellen leuchtenden Flächen
- Leuchten mit hohen Indirektanteilen
- Geeignete Oberflächenbeschaffenheit (matte Oberflächen)
- Helle Decke und helle Wände

Räumliche Beleuchtung

In einem Raum sollen Menschen und Objekte gut erkennbar sein. Das erleichtert die Kommunikation und die Wahrnehmung von Gegenständen. Daher sind vertikale Lichtanteile im gesamten Raum, voll allem um die Arbeitsplätze notwendig.

DIN EN 12464-1 legt hierfür Wartungswerte der zylindrischen Beleuchtungsstärke ($\bar{E}_{m,z}$) fest, die sich an den vertikalen Beleuchtungsstärken für die Wände orientieren.

Schatten und Modelling

Ohne Licht können wir Gegenstände nicht sehen, ohne ihre Schatten sind sie nur zweidimensionale Bilder. Erst die richtige Verteilung von Licht und Schatten lässt uns Gesichter und Gesten, Oberflächen und Strukturen gut erkennen. Diese Schattigkeit ermöglicht erst das räumliche Sehen. Entfernungen im Raum sind dadurch abschätzbar, die Orientierung fällt leichter. Lichttechnisch spricht man von Modelling und meint das ausgewogene Verhältnis zwischen direkter Beleuchtung mit gerichteten Anteilen und einer indirekten, eher diffusen Raumaufhellung zur Beschreibung der räumlichen und plastischen Wahrnehmung.

Modelling ist definiert als das Verhältnis zwischen zylindrischer (E_z) und horizontaler (E_H) Beleuchtungsstärke in einem Punkt und

sollte in einem Intervall zwischen 0,30 und 0,60 liegen.

Bei schnellen Ballspielen, wie Tennis oder Squash, brauchen wir ausreichende Schattigkeit, um Flugbahn und Geschwindigkeit erkennen und einschätzen zu können. Schlagschatten können allerdings stören: Damit Schatten beim Schreiben nicht hinderlich sind, sollte das Licht zum Beispiel bei Rechtshändern von links kommen.

Zu vermeiden sind störende Mehrfachschatten, die verwirrende visuelle Erscheinungen hervorrufen können. Sie entstehen, wenn mehrere kleine Punktlichtquellen einen Gegenstand mit ihrem gerichteten Licht erhellen und dieser Gegenstand mehrere Schatten mit scharfen Kanten wirft.

[68+69] Reflexblendung und Schleierreflexionen können die Arbeit am Bildschirm stören. (Foto: licht.de/Signify)

[70+71] Auf hochglänzendem Papier können Reflexe blenden. Richtig platzierte Leuchten mit direkten und indirekten Lichtanteilen verhindern störende Effekte. (Grafik: licht.de/Trilux)

Schlechte Farbwiedergabe

Gute Farbwiedergabe



72

Farbwiedergabe

Nur wenn Farben wirklichkeitsgetreu abgebildet werden, nimmt der Mensch sie als natürlich wahr und kann seine Unterlagen richtig beurteilen. Die Qualität der Wiedergabe von Farben bei künstlicher Beleuchtung wird durch den Farbwiedergabeindex (R_a) festgelegt. Ein R_a -Wert von 100 bedeutet: Die Farben des Objekts sind identisch mit der Wahrnehmung in natürlichem Licht. LED-Lichtquellen können heute je nach Typ und Qualität sehr gute Werte in der Farbwiedergabe erreichen.

Lichtfarben

Das Licht jeder weißen Lichtquelle besitzt einen Eigenfarbton, die sogenannte Lichtfarbe. Sie wird beschrieben durch die Farbtemperatur, gemessen in Kelvin (K). Je

höher der Temperaturwert, desto kühler wirkt die Lichtfarbe. Die Lichtfarben von Lichtquellen sind in drei Gruppen eingeteilt:

- Warmweißes (ww) Licht unter 3.300 K wird als gemütlich und behaglich empfunden.
- Neutralweißes (nw) Licht zwischen 3.300 und 5.300 K erzeugt eine eher sachliche Stimmung.
- Tageslichtweißes (tw) Licht über 5.300 K wirkt kühl und nüchtern.

Lichtfarbe und Farbwiedergabe entstehen aus der spektralen Verteilung der Wellenlängen des Lichts einer Lichtquelle.

Flimmern und Stroboskopische Effekte

Beim Betrieb von LED-Lichtquellen, insbesondere beim Dimmen, kann es zu Helligkeitsschwankungen kommen. Diese äußern sich durch Flimmern, einen schnellen wahrnehmbaren Lichteffect oder durch Standbilder beim Beleuchten von Gegenständen in schneller Bewegung. Diese stroboskopischen Effekte müssen aus Sicherheitsgründen vermieden werden. Hersteller müssen darauf achten, dass ihre Produkte die Grenzwerte für wahrnehmbare Störungen einhalten (siehe Seite 68).

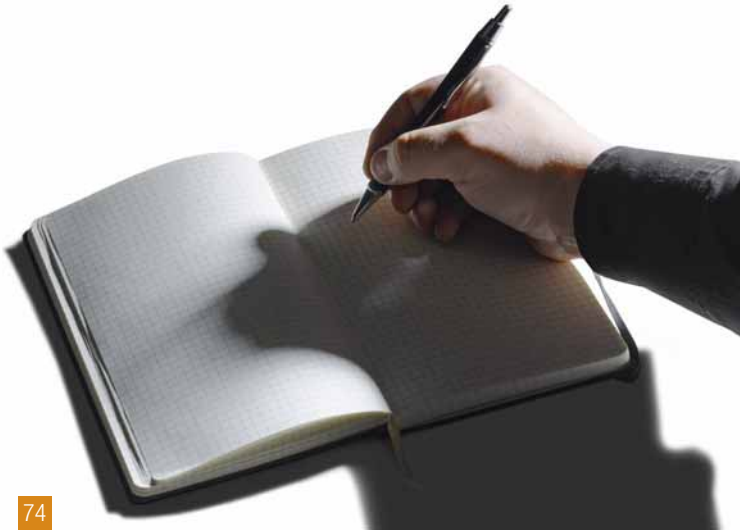
[72] Um Farben unverfälscht erfassen zu können, muss die Lichtquelle eine gute Farbwiedergabe haben. (Foto: iStock, angiephotos)

[73] Verkehrszone mit Mehrwert: Stufen laden zum Pausieren und Klettern ein. (Foto: licht.de/Zumtobel, Fotograf Jesper Malmkvist)

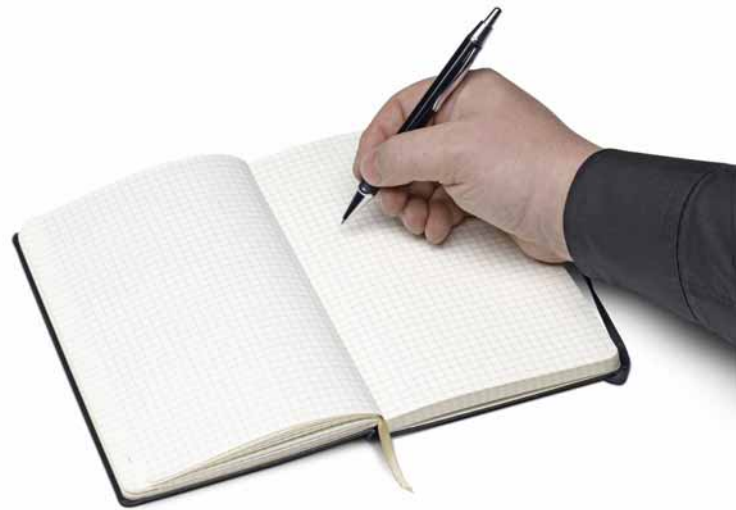
[74+75] Für Rechtshänder sollte das Licht von oben links auf die Arbeitsfläche leuchten. Das vermeidet störende Schatten. (Grafik: licht.de/Trilux)



73



74



75

Auszug DIN EN 12464-1

Bereich der Sehaufgabe/Tätigkeit	\bar{E}_m Erforderlich	\bar{E}_m Modifiziert	U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,Wand}$ lx	$\bar{E}_{m,Decke}$ lx	Spezifische Anforderungen
34.5.1 Konferenz- und Sitzungsräume	500	1.000	0,60	80	19	150	150	100	Die Beleuchtung sollte steuerbar sein.
34.5.2 Konferenztisch	500	1.000	0,60	80	19	150	150	100	Die Beleuchtung sollte steuerbar sein.
43.1 Spielzimmer	300	500	0,40	80	22	100	100	75	Hohe Leuchtdichten sollten in Blickrichtung von unten durch die Verwendung diffuser Abdeckungen vermieden werden.
43.2 Kindergärten	300	500	0,40	80	22	100	100	75	Hohe Leuchtdichten sollten in Blickrichtung von unten durch die Verwendung diffuser Abdeckungen vermieden werden.
44.1 Klassenzimmer	500	1.000	0,60	80	19	150	150	100	Beleuchtung sollte steuerbar sein für unterschiedliche Aktivitäten und Lichtszenarien. Für Klassenräume, die von Kleinkindern genutzt werden, darf ein erforderlicher \bar{E}_m von 300 lx durch Dimmen genutzt werden. Umgebungslicht sollte berücksichtigt werden.
44.2 Auditorium, Hörsäle	500	750	0,60	80	19	150	150	50	Die Beleuchtung sollte für verschiedene A/V-Anforderungen steuerbar sein.
44.4 Schwarze, grüne und weiße Tafeln	500	750	0,70	80	19	-	-	-	Vertikale Beleuchtungsstärken. Spiegelnde Reflexionen müssen vermieden werden. Lehrende, Referentinnen und Referenten müssen mit einer geeigneten vertikalen Beleuchtungsstärke beleuchtet werden.
44.8 Demonstrationstisch in Hörsälen	750	1.000	0,70	80	19	-	-	-	
44.11 Reine Computerarbeiten	300	500	0,60	80	19	100	100	75	Bildschirmarbeit, Beleuchtung sollte steuerbar sein.
44.12 Kunsträume	750	1.000	0,70	90	19	150	150	100	Die Beleuchtung sollte steuerbar sein. Umgebungslicht sollte berücksichtigt werden, $4.000 \text{ K} \leq T_{cp} \leq 6.500 \text{ K}$
44.14 Praxisräume und Laboratorien	500	750	0,60	80	19	150	150	100	Die Beleuchtung sollte steuerbar sein. Umgebungslicht sollte berücksichtigt werden.
44.15 Bastelräume	500	750	0,60	80	19	150	100	100	Die Beleuchtung sollte steuerbar sein. Umgebungslicht sollte berücksichtigt werden.
44.16 Lehrwerkstatt	500	750	0,60	80	19	150	150	100	Die Beleuchtung sollte steuerbar sein. Umgebungslicht sollte berücksichtigt werden.
44.17 Vorbereitungsräume und Werkstätten	500	750	0,60	80	22	150	150	100	Die Beleuchtung sollte steuerbar sein. Umgebungslicht sollte berücksichtigt werden.
44.18 Eingangshallen	200	300	0,40	80	22	75	75	50	
44.19 Verkehrsflächen, Korridore	100	150	0,40	80	25	50	50	30	Horizontale Beleuchtungsstärke auf Bodenhöhe
44.20 Treppen	150	200	0,40	80	25	50	50	30	Horizontale Beleuchtungsstärke auf Bodenhöhe
44.21 Gemeinschaftsräume	200	300	0,40	80	22	75	75	50	
44.22 Lehrerzimmer	300	500	0,60	80	19	100	100	50	
44.23 Bibliothek: Bücherregale	200	300	0,60	80	19	-	-	-	Vertikale Beleuchtungsstärke an Bücherregalen. Für zweckbestimmte Bücherregal-Beleuchtung gilt der R_{UGL} -Wert nicht.
44.24 Bibliothek: Lesebereich	500	750	0,60	80	19	100	100	50	Öffentliche Bereiche – Bibliotheken
44.25 Lagerräume für Unterrichtsmaterialien	100	150	0,40	80	25	50	50	30	
44.26 Sporthallen, Turnhallen, Schwimmbäder	300	500	0,60	80	22	75	75	30	Diese Anforderungen gelten nur für Schulen. Für den Einsatz außerhalb von Schulen, Training und Wettkämpfen gelten die spezifischen Anforderungen von DIN EN 12193.
44.27 Schulkantinen	200	300	0,40	80	22	75	75	50	
44.28 Küche	500	750	0,60	80	22	100	100	75	



76

Licht für Pausenhöfe und Parkplätze

Der Pausenhof wird bei jedem Wetter als Freizeit-, Sport- und Spielbereich genutzt – mancherorts auch noch nach Schulschluss. Eine gute Beleuchtung schafft Sicherheit und betont die Architektur.

Sicherheit ist das wichtigste Kriterium bei der Lichtplanung der Außenbereiche von Schulen und Bildungsstätten. Die Beleuchtung muss Gefahrenstellen wie Ein- und Ausfahrten, aber auch Treppen und Hindernisse hervorheben. Dazu ist genügend Helligkeit auf horizontalen und vertikalen Flächen sowie blendfreies und gleichmäßiges Licht gefragt. Schlagschatten sollten möglichst vermieden werden, um die Orientierung zu erleichtern und Gesichter kenntlich zu machen.

Beleuchtung von Treppen

Stufen und Hindernisse treten plastisch hervor, wenn Licht und weiche Schatten in einem ausgewogenen Verhältnis stehen. Lange Schlagschatten sind ungünstig, weil Trittstufen dadurch falsch eingeschätzt werden und die Unfallgefahr steigt.

Auf robuste Leuchten achten

Im Außenbereich müssen Leuchten hohe

Anforderungen erfüllen – hinsichtlich Temperaturverträglichkeit und Dichtigkeit gegenüber Wasser, Insekten und Staub. Die Mindestanforderung beträgt hier Schutzart IP 44. Ballwurfsichere oder vandalsichere Leuchten sind besonders strapazierfähig und vertragen den zuweilen auch ruppigen Schulalltag gut.

Für den Außenbereich eignen sich Mast- und Pollerleuchten, außerdem Wandleuchten und Bodeneinbauleuchten. Überdachte Bereiche werden mit Deckenanbau- oder -einbauleuchten attraktiv beleuchtet. Leuchten mit gerichteten Reflektorsystemen lenken das Licht präzise dorthin, wo es benötigt wird – ohne störende Blendeffekte oder Lichtimmissionen zu erzeugen.

Ausgesuchte Bereiche, wie etwa Baumgruppen oder Fassaden, lassen sich in der passenden Lichtfarbe akzentuieren. Ein Lichtmanagementsystem meistert mühelos

[76] Raum für Bewegung: Leuchten im Außenbereich von Schulen sollten robust und ballwurfsicher sein. (Foto: licht.de/Trilux)

viele Aufgaben gleichzeitig: Steuerung nach Tages- und Jahreszeit, nach Präsenz, bedarfsgerechter Wechsel der Farbtemperatur und Beleuchtungsstärke. Das schont auch nachtaktive Tiere und Insekten.

Der Schulhof der Zukunft

Immer mehr Schulen – vor allem Ganztagschulen – legen Wert auf ihre Außenbereiche. Pausenhöfe werden zu Orten des Erlebens und Erlernens von Gemeinschaft und regenerativer Freizeitgestaltung. Gleichzeitig werden sie genutzt als „Grünes Klassenzimmer“ und als Teil des Quartiers für außerschulische Angebote und Veranstaltungen. Ein fließender Übergang vom Pausenhof zum Park verbessert auch die Aufenthaltsqualität für die Nachbarschaft. Damit werden Schulen zum offen zugänglichen Stadtbaustein. Eine digital gesteuerte Außen- und Wegebeleuchtung lässt sich leicht auf neue Anforderungen einstellen.

[77] Auf dem Schulhof müssen Gefahrenstellen wie Ein- und Ausfahrten, aber auch Treppenstufen und Hindernisse durch Beleuchtung besonders hervorgehoben werden. (Foto: licht.de/zumtobel, Fotografin Isabelle Bacher)

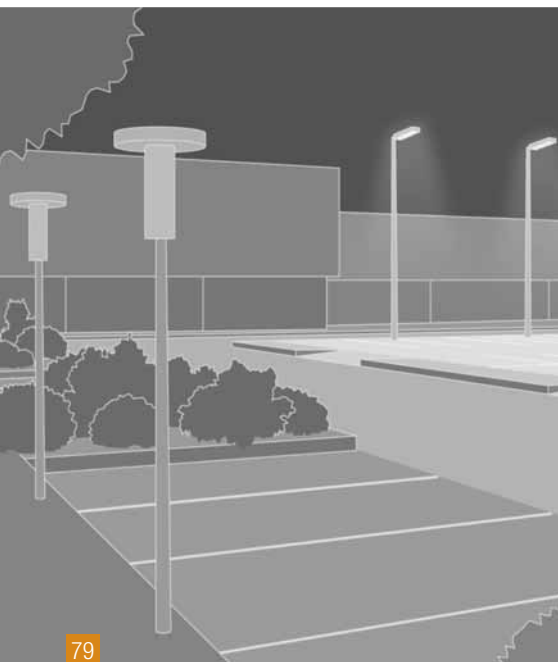
[78] Mit beleuchteten Fahrradparkern sind Räder bei Dunkelheit gut sichtbar, Schlösser leichter zu bedienen. (Foto: licht.de/Leccor, Hausrigger Fotografie – Wolfgang Lehner)



77



78



79

Parkflächen und Radstellplätze

Sicherheit geht vor: Parkplätze sind Verkehrszonen. Hier begegnen sich Fußgänger, Autos, Motor- und Fahrräder. Die Kollisionsgefahr wächst mit zunehmendem Verkehrsaufkommen. Eine gute Beleuchtung verringert die Unfallgefahr. Gut beleuchtete Fahrbahnen, Wege und Plätze erleichtern die Orientierung, das Erkennen von Fahrzeugen, Personen sowie Hindernissen und schützen vor kriminellen Übergriffen. Beleuchtung kennzeichnet zudem Gefahrenstellen wie Ein- und Ausfahrten. Für die nach DIN EN 12464-2 geforderte Beleuchtungsstärke (Wartungswert) ist die Verkehrsfrequenz entscheidend: mindestens 20 Lux bei hoher Verkehrsdichte, zehn Lux bei mittlerer und fünf Lux bei geringer Verkehrsdichte. Wichtig ist, Randbereiche in die Beleuchtung einzubeziehen. Leuchten müssen zudem gut entblendet sein.

Mit der Verkehrswende und dem Rad als einem Verkehrsmittel der Zukunft werden Fahrradabstellanlagen wichtig und sollten bei Dämmerung und Dunkelheit ausreichend beleuchtet sein. Die Beleuchtung nicht zugänglicher Plätze sollte nachts gedimmt oder ausgeschaltet werden. Die Anordnung der Leuchten orientiert sich an den jeweiligen Abständen der Haltevorrichtungen. Seitliche Mindestabstände sind notwendig, um ohne Probleme rangieren zu können: Befinden sich die Fahrradständer auf gleicher Ebene, ist ein Abstand von 70 Zentimetern richtig. Bei abwechselnder Hoch-/Tiefstellung der Vorderräder (Höhendifferenz 20 bis 35 Zentimeter) reichen 50 Zentimeter. Bei Reihenparken mit Schrägstellung ist nicht der Montageabstand der Halterungen, sondern der tatsächliche Abstand der Fahrräder untereinander maßgeblich. Beleuchtete Fahrradparker mit integrierten Lichtleisten erleichtern das Öffnen von Schlössern.

Literatur

- ¹ Zukunftsinstitut, Bildung im Zeitalter der Wissensexpllosion, Megatrend Dokumentation, 2012
- ² Montag Stiftung Jugend und Gesellschaft, Schulen planen und bauen 2.0 Grundlagen, Prozesse, Projekte, 2. Auflage 2012
- ³ Seydel, O., Pädagogische Perspektiven für den Schulbau, 2012
- ⁴ Seydel, O., Das kleine Schulbaulexikon, 2018
- ⁵ Stadt Köln, Planungsrahmen für pädagogische Raumkonzepte an Kölner Schulen, 2016
- ⁶ Christoph Schierz, Leitfaden zur Beleuchtung von Unterrichts- und Vortragssälen, LiTG 2013

[80] Die geschickte Beleuchtung des langen Schulflurs lockert auf und vermeidet den sogenannten Tunneleffekt. (Foto: licht.de/XAL, Fotograf Kurt Kuball)

[81+83] Licht ist der Schlüssel zur visuellen Wahrnehmung. (Foto: licht.de/Signify)

Studien

- ⁷ Cheryan S., Designing classrooms to maximize student achievement, 2014
- ⁸ Heschong-Mahone-Group, Daylighting in schools: an investigation into the relationship between daylighting and human performance, 1999
- ⁹ Baloch R.M., Daylight and school performance in 2670 european schoolchildren, 2021
- ¹⁰ Singh P., Impact of lighting on performance of students in Delhi schools, 2020
- ¹¹ Lekan-Kehinde M., Impact of lighting on children's learning environment, 2021
- ¹² Linares C., Do attention and memory tasks require the same lighting – a study in university classrooms, 2021
- ¹³ Hatori M., Global rise of potential health hazards caused by blue light-induced circadian disruption in modern aging societies, 2017
- ¹⁴ Russart KLG., Light at night as an environmental endocrine disruptor, 2018
- ¹⁵ Mahajan K., Effects of partial sleep deprivation on braking response of drivers in hazard scenarios, 2020
- ¹⁶ Uehli K., Schlafprobleme und Berufsunfälle, 2015
- ¹⁷ Xun H., Feeling disconnected from others: The effects of ambient darkness on hedonic choice, 2018
- ¹⁸ Schaller M., Fear of the dark-interactive effects of beliefs about danger and ambient darkness on ethnic stereotypes, 2003
- ¹⁹ Randler C., Chronotype in children and adolescents, 2016
- ²⁰ Eid B., Evaluation of chronotype among children and associations with BMI, sleep, anxiety, and depression, 2020



80



81



82



83

Überblick Normen

AMEV (Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen) Beleuchtung, Hinweise für die Beleuchtung öffentlicher Gebäude, 2023

ASR A3.4 Technische Regeln für Arbeitsstätten – Beleuchtung

DIN EN 12193 Licht und Beleuchtung – Sportstättenbeleuchtung

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

DIN EN 12464-2 Teil 2: Arbeitsplätze im Freien

DIN/TS 5031-100 Strahlungsphysik im optischen Bereich und Lichttechnik – Teil 100:

Über das Auge vermittelte, nichtvisuelle Wirkung des Lichts auf den Menschen – Größen, Formelzeichen und Wirkungsspektren

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

[82] Beim Schießsport in multifunktionalen Sportstätten richtet sich der Blick vor allem in eine Richtung: auf das Ziel. Für gute Trefferquoten sind hohe vertikale Beleuchtungsstärken wichtig. (Foto: licht.de/Dotlux)

Glossar

Building Information Modeling (BIM)
Die Planungsmethode BIM ermöglicht ein kooperatives Zusammenarbeiten aller am Bau Beteiligten auf der Grundlage von digitalen 3D-Fachmodellen. Diese enthalten sämtliche Gebäudeinformationen und können in Form von Daten für alle Zwecke der Planung, Simulation, Berechnung und Ausschreibung, für den Bau und Betrieb der Immobilie digital verarbeitet werden.

Chronotyp Die innere Uhr definiert den Chronotypus von Menschen. Die beiden Haupttypen sind der Frühaufsteher (Lerche) und der Langschläfer (Eule) mit allen Abstufungen dazwischen. Der Chronotypus wird zusätzlich durch Geschlecht und Alter beeinflusst.

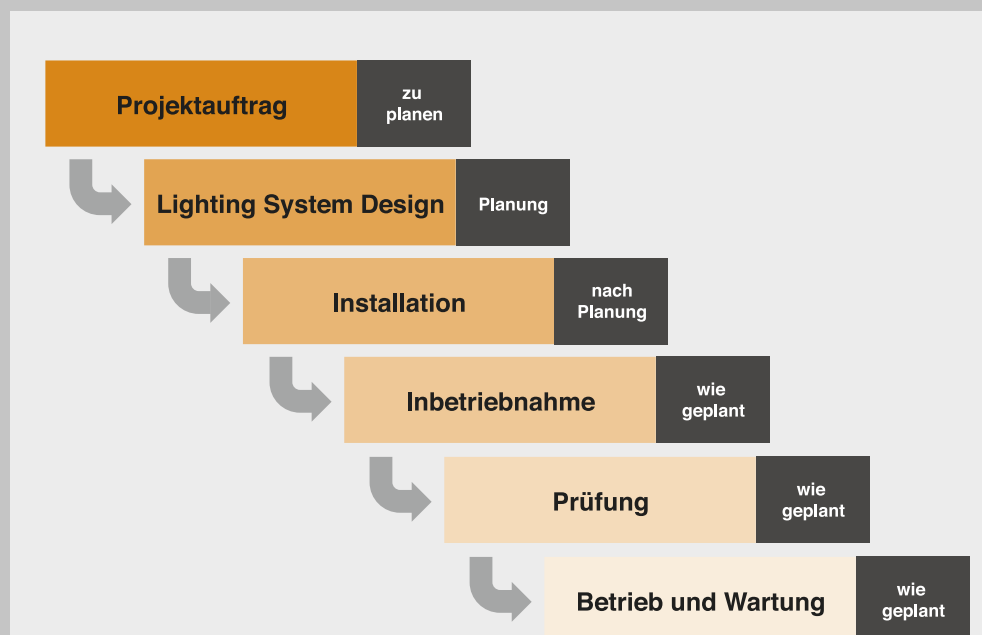
Circadianer Rhythmus Licht taktet den biologischen Rhythmus des Menschen mit einer Periode von etwa 24 Stunden (lateinisch: circa = ungefähr, dies = Tag). Der prägnanteste ist der Wach-Schlaf-Rhythmus.

DALI (Digital Addressable Lighting Interface) ist eine standardisierte Schnittstelle zur Ansteuerung von elektronischen Vorschaltgeräten über digitale Signale. Die DALI-Schnittstelle kann mit einer geringen Anzahl von Leitungen viele Leuchten auch über große Entfernungen einzeln ansteuern.

Zudem lässt sich DALI einfach in übergeordnete Gebäudesystemtechniken einbinden.

Degradation beschreibt in der Lichttechnik den Rückgang des Lichtstroms bei LED-Lichtquellen. LED fallen in der Regel nicht aus; aber ihre Lichtleistung nimmt mit der Zeit ab. Der Alterungsprozess kann durch widrige Betriebszustände beschleunigt werden, etwa durch Überhitzung.

Flimmern und Pulsation von Licht können zu Ermüdung und Kopfschmerzen führen und erhöhen die Unfallgefahr. Hochwertige elektronische Vorschaltgeräte (EVG) vermeiden Flimmern und Pulsation oder reduzieren sie auf ein Minimum.



[84] Strukturelle Hilfestellung bei einer ganzheitlichen Lichtplanung gibt der Lighting-System-Design-Prozess: Projektauftrag – Planung – Errichtung – Betrieb. (Grafik: licht.de)

Li-Fi steht für Light Fidelity und ist eine schnelle Datenübertragung über LED-Licht: Durch sehr schnelles, nicht wahrnehmbares Ein- und Ausschalten der Lichtquelle werden Daten als Codes zu einer Fozelle übertragen – etwa auf ein Notebook oder Tablet. Die optische Datenübertragung ist durch die erforderliche Sichtverbindung zwischen den Geräten sehr sicher vor Fremdzugriffen.

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

KNX ist ein intelligentes BUS-System der Elektroinstallation. Es vernetzt alle Komponenten der Haus- und Gebäudesystemtechnik und steuert intelligent beispiels-

weise Beleuchtung, Heizung oder Alarmanlage.

Lighting-System-Design-Prozess (LSDP) ist ein Planungsprozess für Beleuchtungssysteme. Er wird in der Technischen Spezifikation DIN SPEC 67503 beschrieben. Grundlegende Planungserwägungen für gute und energieeffiziente Lichtqualität gehen dabei ein in die Installation, Inbetriebnahme und den Betrieb einer Beleuchtungsanlage, die möglichst umfassend die Anforderungen der Nutzer erfüllt.

Dazu gehört auch die Risikoanalyse für eine Sicherheitsbeleuchtung. Der Prozess unterstützt die Umsetzung von Regulierungsmaßnahmen und die Entwicklung von Prüfanforderungen.

Gebäudeformen

Flurschule bezeichnet die klassische Grundrissorganisation von Schulen im vergangenen Jahrhundert: Klassenzimmer werden an einem Flur hintereinander aufgereiht.

Hallenschule ist ein moderner Grundriss-typ: Eine große, in der Regel mittig liegende Halle, reicht vom Erd- bis Obergeschoss; sie wird von den Geschossebenen hufeisenförmig oder ringförmig umschlossen, meist verbunden durch eine Galerie.

Schulformen

Ganztagsschulen gibt es heute in vier Varianten: In der voll gebundenen Form nehmen alle Schülerinnen und Schüler an ganztägigen Angeboten teil, in der teilweise gebundenen Form nur einzelne Klassen/Jahrgänge, in der offenen Form einzelne Schülerinnen und Schüler für ein halbes/komplettes Schuljahr oder nur für einzelne Tage. Ganztägige Schulen haben keinen offiziellen Ganztagsbetrieb, jedoch Nachmittagsunterricht und AG-Angebote.

Inklusion ist ein pädagogischer Ansatz nach dem Prinzip der Wertschätzung und Anerkennung von Diversität in Bildung und Erziehung.



[85] Das richtige Licht schafft gute Voraussetzungen für die Wissensvermittlung. (Foto: licht.de/Signify)

Die Schriftenreihe von licht.de

Jedes Heft!

€ 10,-



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 09] 40 Seiten zur Sanierung in Gewerbe, Handel und Verwaltung mit zahlreichen praxisnahen Lösungsbeispielen – auch für den Unterrichtsraum. Sie zeigen, dass eine Modernisierung Energie spart und zugleich die Beleuchtungsqualität steigt.



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

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

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

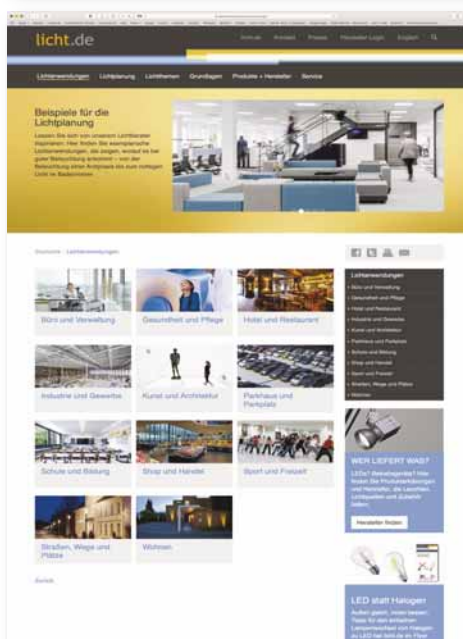
Die Reihe „licht.wissen“ umfasst 21 Titel. Mit vielen Beleuchtungsbeispielen erläutern diese Themenhefte lichttechnische Grundlagen und zeigen beispielhafte Lösungen. Alle lichttechnischen Aussagen sind grundsätzlicher Art.

licht.forum

Das licht.de-Periodikum „licht.forum“ thematisiert aktuelle Fragen der Lichtenwendung 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 Lichtenwendungen und aktuelle Informationen zu Licht und Beleuchtung. Eine Datenbank mit umfangreichen Produktübersichten weist den direkten Weg zum Hersteller.



[Mini-Buch] Schülerinnen und Schüler erfahren im Mini-Buch von licht.de „Wie wirkt Licht eigentlich auf mich?“, welchen Einfluss Licht auf den menschlichen Körper hat, warum es uns morgens weckt und abends einschlafen lässt.

Impressum

Herausgeber

licht.de
Fördergemeinschaft Gutes Licht
– eine Brancheninitiative des ZVEI e. V. –
Lyoner Straße 9, 60528 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 978-3-945220-31-3
Oktober 2023

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 der Beuth Verlag GmbH, Burggrafstraße 6, 10787 Berlin.

Der komplette oder auszugsweise Nachdruck von licht.wissen 02 ist nur mit Genehmigung des Herausgebers gestattet.

Bildnachweis

Titel: licht.de/Signify; 01: licht.de/Erco, Fotografie: Frieder Blickle; Inhalt: licht.de/Waldmann; Social Media Icons: Vecteezy.com

Blindnummern Rückseite

86: Signify; 87: Dotlux;

88: Dotlux; 89: Trilux;

90: XAL; 91: Signify

		86
87	88	89
90		91

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



www.facebook.com/lichtde



www.twitter.com/licht_de
www.twitter.com/all_about_light



www.youtube.com/@licht_de

licht.wissen 02
Lernen in neuem Licht



licht.de

Fördergemeinschaft Gutes Licht
Lyoner Straße 9
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