licht.de

licht.wissen 02

Besser lernen mit gutem Licht

Freier Download auf
www.licht.de

01

Editorial

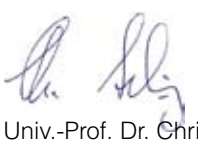
Können Sie sich noch an Ihre ersten Schulstunden erinnern? Und wissen Sie noch, was für eine Beleuchtung sich im Klassenzimmer an der Decke befand? Schon möglich, dass Ihnen dies entfallen ist, weil für Kinder andere Dinge interessant sind und weil der Schulraum jeweils gut mit Tageslicht versorgt war. Nur im Winter musste in den Randstunden das Licht eingeschaltet werden. Das ergab eine gemütliche, anheimelnde Stimmung.

Ich kann mich noch gut daran erinnern, dass es einzelne Schüler gab – und es waren immer die gleichen –, die sich beschwerten, an der Wandtafel nichts sehen zu können. Es spiegelte sich eine der Kugelleuchten oder das Fenster darin, was von den Sitzplätzen dieser Schüler aus zu verminderten oder nicht mehr sichtbaren Kontrasten führte. Auch war klar, dass für Dia- oder Filmvorführungen die Beleuchtung stört und auszuschalten war. Inzwischen ist mir zudem als Hochschullehrer bewusst, dass ich den Sichtkontakt mit den Studenten nicht durch eine blendende Podiumsbeleuchtung verlieren darf. Kurz gesagt: Gute Beleuchtung macht sich dadurch bemerkbar, dass sie nicht bemerkt wird!

Das ist aber nicht alles. Gute Beleuchtung kann mehr als nur nicht zu stören. Sie ist Voraussetzung für gute Kommunikation zwischen Lehrer und Schüler und zwischen den Schülern untereinander – auch während Medienvorführungen und im Gruppenunterricht. Sie ermöglicht es, Unterrichtsmedien und -materialien beschwerdefrei und effizient lesen und bearbeiten zu können. Sie dient auch der Sicherheit in Werkstätten, Laboratorien und Sporthallen. Und sie wirkt sich nicht nur auf die visuelle Wahrnehmung, sondern auch auf das Konzentrationsvermögen und damit den Lernerfolg der Schüler positiv aus. Die gemütliche Stimmung darf heute zwar nicht mehr mit ineffizienten Glühlampen erzeugt werden, aber das Wohlbefinden zu verbessern und ein Gleichgewicht zwischen Aktivierung und Erholung zu unterstützen, sind für das Lernen weiterhin wesentliche Aufgaben guter Beleuchtung.

Heute sitzen die Schüler nicht mehr immer am gleichen Platz. Die Unterrichtsmethoden sind vielfältiger geworden, eine starre Sitzordnung ist höchstens noch in Hörsälen zu finden und die klassische Wandtafel wird mit einer Vielzahl von Unterrichtsmedien ergänzt, die ihre spezifischen Anforderungen an die Beleuchtung stellen. Für eine gute Beleuchtung genügt es daher nicht mehr, sie nur ein- und ausschalten zu können. Moderne Technologien des Lichtmanagements ermöglichen es, auf verschiedene Unterrichtbedürfnisse gezielt einzugehen – von der dunklen, geheimnisvollen Nische im Kindergarten über die Schreibbeleuchtung bei Vorführungen mit Datenprojektoren bis zur Bühnenbeleuchtung für Theateraufführungen.

Ich wünsche mir, dass Behörden, Lehrende und Lichtplaner die Schrift licht.wissen 02 als Hilfe und Ideenlieferant für die Gestaltung des Lichts von Unterrichtstätten verstehen und nutzen werden. Das Ziel besser lehren und lernen zu können, ist eines der wichtigsten für die Zukunft unserer Gesellschaft. Gutes Tages- und Kunstlicht kann dies hervorragend unterstützen.



Univ.-Prof. Dr. Christoph Schierz
Technische Universität Ilmenau

[Titelseite] Das gewünschte Buch finden, Arbeiten, Lesen und Wohlfühlen – gutes Licht in der Bibliothek macht es möglich.

[01] Schüler wie Lehrer benötigen eine helle und gleichmäßige Beleuchtung der Klassenräume, um konzentriert arbeiten zu können.

Besser lernen
mit Licht
Seite 06-07

Licht für das
Spielzimmer
Seite 08-09

Licht für
Unterrichtsräume
Seite 10-11

Licht für
Tafel und Whiteboard
Seite 12-13

Licht für Computer-
und Medienräume
Seite 14-15

Licht für Kunst- und
Musikräume
Seite 20-21

Licht für
Labore und
Werkstätten
Seite 22-23

Licht für die
Erwachsenenbildung
Seite 26-27

Licht-Spezial:

Lichtwirkung auf den Menschen
Seite 16-17

Energieeffizienz und Sanierung
Seite 18-19

Lichtmanagement
Seite 24-25

Sicherheitsbeleuchtung
Seite 38-39

Licht für Hörsäle
Seite 28-29

Licht für Bibliotheken
Seite 30-31

Licht für Aulen und Ausstellungen
Seite 32-33

Licht für Cafeterien, Mensen und Küchen
Seite 34-35

Verkehrswege und Kommunikations-bereiche
Seite 36-37

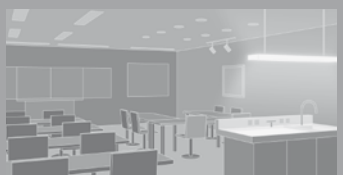
Licht für Sporthallen und Sportplätze
Seite 40-41

Licht für Pausenhöfe und Parkplätze
Seite 42-43

Schriftenreihe
Impressum
Seite 54-55

Normen und Fachbegriffe
Seite 44-47

Leuchten in ihrer Anwendung
Seite 48-49



Innovative LED- und OLED-Technik
Seite 50-51

Lichtquellen
Seite 52-53

02

03

04

Besser lernen mit gutem Licht

Licht ist der Schlüssel zur visuellen Wahrnehmung und dem emotionalen Empfinden des Menschen. Beim Lernen spielt gutes Licht eine zentrale Rolle, damit Lernende die Informationen optimal aufnehmen können.

Unser gesamtes Leben wird durch Lernprozesse geprägt. Jeder Einzelne macht im Laufe seines Lebens bestimmte Erfahrungen und erwirbt so – bewusst oder unterbewusst - die kulturellen, sozialen, geistigen und körperlichen Fähigkeiten, Kenntnisse und Kompetenzen, die ihn prägen und ausmachen. Der Begriff des „Lebenslangen Lernens“ ist sicherlich jedem bekannt. So gibt es mittlerweile auch ein „EU-Bildungsprogramm für lebenslanges Lernen in Deutschland“, das sich in die vier Bereiche Schulbildung, Hochschulbildung, Berufliche Bildung und Allgemeine Erwachsenenbildung aufgliedert.

In diesem Umfeld kommt dem Licht eine zentrale Position zu, denn das Licht als Schlüssel zur visuellen Wahrnehmung, die uns die meisten Informationen aus der Umwelt liefert, spielt beim Lernen eine ganz entscheidende Rolle. Lernende befinden sich permanent in bestimmten Lernsituationen. Je besser das Licht diesen Lernsituationen angepasst ist, desto mehr Informationen können aufgenommen, verarbeitet und abgespeichert, also erlernt werden.

Das richtige Licht schafft optimale Voraussetzungen für effektives Lernen, es motiviert und die Lernenden sind eher in der Lage, sich länger zu konzentrieren. Eine ausgewogene Lichtstimmung trägt entscheidend zum Wohlbefinden bei und schafft positive Rahmenbedingungen für das Lernen. Man lernt einfach besser mit richtigem Licht!

Eine schlechte Beleuchtung wird oft als störend empfunden, kann vom Wesentlichen ablenken und im schlimmsten Fall sogar schädigen. Daher sollten neben gestalterischen und energetischen Aspekten immer die Nutzer des Lichts im Mittelpunkt einer Beleuchtungsplanung stehen, denn diese haben, abhängig vom Alter, ganz unterschiedliche Lichtbedürfnisse.

Die heutigen differenzierten Bildungseinrichtungen sind gut an die jeweiligen Bedürfnisse der Lernenden angepasst und auch die Beleuchtungsanlagen sind ganz unterschiedlich auf die jeweiligen Bedürfnisse zugeschnitten. In diesem Heft werden die Anforderungen an die Beleuchtung raum- und anwendungsbezogen näher erläutert.

Einen Schwerpunkt nehmen dabei, ganz wie im realen Leben, Schulen und Hochschulen ein. Die „Licht-Spezial“ Themen im Heft liefern darüber hinaus tiefergehende fachliche Informationen.

[02] Das richtige Licht schafft perfekte Rahmenbedingungen für effektives Lernen. Wache Schüler sind motivierter und folgen dem Unterricht aufmerksamer.

[03] Schlechtes Licht führt schnell zu Ermüdung, wohingegen gute Beleuchtung deutlich zum Lernerfolg beiträgt.

[04] Eine ausgewogene Beleuchtungssituation wirkt sich positiv auf das Wohlbefinden aus und schafft ideale Voraussetzungen für die Wissensvermittlung.

Licht für das Spielzimmer

Das richtige Licht ist gerade in Kindergärten und Vorschulen äußerst wichtig, um das Erkunden, Entdecken und Erforschen auf allen Ebenen zu unterstützen. Eine Atmosphäre des Wohlfühlens trägt zu einer positiven Entwicklung der Kinder bei.

Er ist heiß begehrt und immer noch extrem knapp – die Rede ist hier von einem Platz im Kindergarten oder der Vorschule, und das, obwohl seit 1996 in Deutschland der Rechtsanspruch auf einen Kindergartenplatz gilt. Kindergärten und Vorschulen sind wichtige Einrichtungen in der Bildungslandschaft und darauf ausgerichtet, Kinder in ihrer ganzheitlichen Entwicklung zu fördern. Die Bereiche Kindergarten und Vorschule stellen daher besondere Anforderungen an eine gute Lichtqualität.

Kleinkinder sind neugierig und fragen. Sie müssen sich bewegen, spielen und manchmal auch toben, sie lernen durch Sehen und Nachahmung. Sie müssen ihre Umwelt erkennen, entdecken, erforschen und im wahrsten Sinne des Wortes „begreifen“. Hier muss die Planung für die passende Beleuchtung ansetzen. Das Beleuchtungskonzept sollte die Ansprüche des pädagogischen Konzeptes zur frühkindlichen Förderung unterstützen und durch optimal aufeinander abgestimmte direkte und indirekte Beleuchtung eine Wohlfühlatmosphäre schaffen, in der ein positives Lernklima entstehen kann.

Das Herzstück eines Kindergartens ist zweifelsohne der Gruppenraum, der ganz vielfältig genutzt wird: Hier wird gebastelt, gespielt und getobt, es wird vorgelesen und gekuschelt – und jede einzelne Aktivität benötigt hier das richtige Licht. Wenn Kinder spielen, müssen sie ihre Umgebung richtig wahrnehmen und beispielsweise Entfernungen gut abschätzen können. In diesem Kontext sollte auf ein optimal auf die Sehaufgabe abgestimmtes Beleuchtungsniveau mit ausgewogener Leuchtdichteverteilung und gut entblendeten Leuchten sowie auf eine gute Farbwiedergabe Wert gelegt werden. Letztere ist besonders dann wichtig, wenn Kinder kreativen Tätigkeiten nachgehen oder Farben sicher erkannt und zugeordnet werden müssen, wie zum Beispiel beim Puzzeln.

Multifunktionale Gruppenräume

Es muss gewährleistet sein, dass die Beleuchtung flexibel ist und neben der angemessenen Allgemeinbeleuchtung auch zusätzliche Beleuchtungslösungen für spezielle Aufgaben anbietet. Im Falle eines multifunktionalen Gruppenraumes heißt das, man benötigt eine differenzierte Beleuchtung, die die Unterteilung des Raumes in verschiedene Zonen nachvollzieht. Dabei ist auch der Einsatz von Tageslicht- und Lichtmanagementsystemen durchaus sinnvoll. Mithilfe dieser Systeme können ganz unterschiedliche Lichtstimmungen als Lichtszenen vorprogrammiert werden, die dann jederzeit flexibel abrufbar sind. Räume der Grundversorgung wie Küche, Sanitärbereich, Garderobe und Erste-Hilfe-Bereich müssen eine Funktionsbeleuchtung gemäß der Norm DIN EN 12464-1 aufweisen.

Kommen die Kinder in die Vorschule, um auf die schulische Erziehung vorbereitet zu werden, sind die Anforderungen an die Konzentrationsfähigkeit der Kinder noch einmal höher. Daher sollten Lernräume in Vorschulen im Hinblick auf die Beleuchtungstechnik eher wie Unterrichtsräume mit freier Sitzanordnung behandelt werden.

[06] Der Gruppenraum ist das Herzstück des Kindergartens. Hier wird gespielt, getobt und gebastelt – und wer müde ist, geht in die Kuschelecke.

[07] Optimale Sehbedingungen sind die Grundvoraussetzung für eine gute Spiel- und Lernatmosphäre.

[08] Durch Beleuchtungslösungen mit ausgewogenen Kontrasten und blendfreiem Licht lässt sich ermüdungsfrei mit Büchern und Computern arbeiten.

05

Sicherheit im Spielzimmer

Kinder wollen spielen, toben, sich frei bewegen können [05]: Mobiliar und Beleuchtung müssen darauf abgestimmt sein. Möbel dürfen keine spitzen Kanten haben und Leuchten sollten eine geschlossene Bauform aufweisen, damit sich Kinder nicht verletzen können. Überdies ist eine kindersichere Montage gefordert. In Mehrzweckräumen kann es von Vorteil sein, ballwurfsichere Leuchten zu installieren. Wegen der hohen Verletzungsgefahr empfiehlt sich der Verzicht auf mobile Leuchten.

06

07

08

09

10

11

Licht für Unterrichtsräume

Moderner Unterricht zeichnet sich durch Fördern und Fordern aus. Ein Großteil des Lernens geschieht dabei über das Sehen. Eine gute Beleuchtung ist Voraussetzung für konzentriertes und ermüdungsfreies Arbeiten und leistet einen entscheidenden Beitrag, die Aufmerksamkeit der Schüler zu erhöhen.

Lebenslanges Lernen ist heute wichtiger denn je. Die Grundlagen, sich im Leben durch ständige Weiterbildung im Beruf zu behaupten, werden bereits in früher Jugend gelegt. Wer Freude am Lernen hat, lernt leichter und effektiver – von der Kindheit bis ins hohe Alter. In Kindergärten, Grundschulen, weiterführenden Schulen, Berufsschulen und Universitäten erfahren junge Menschen eine Ausbildung, die ihr ganzes Leben prägt.

Starre Sitzordnungen und ein reiner Frontalunterricht im Klassenzimmer gehören mittlerweile der Vergangenheit an. Von festen Anordnungen der Tische sind die meisten Schulen abgerückt. An ihre Stelle sind neue Kommunikationsformen getreten. Sinn und Zweck flexibler Lösungen ist es, die Lernziele durch die Gestaltung des Raums zu unterstützen. Je nach Bedarf verändert der Klassenraum sein Gesicht – und ermöglicht sowohl Frontalunterricht als auch Gruppenarbeit. Wenn Schüler Projekte präsentieren wird der Klassenraum zugleich als Bühne mit dazugehörigem Zuschauerraum genutzt. Den wechselnden Lern- und Unterrichtssituationen muss sich auch die Beleuchtung anpassen können. Sie sorgt letztendlich dafür, dass sich die jeweils geforderten Szenarien visuell umsetzen lassen.

Flexible Raumnutzung

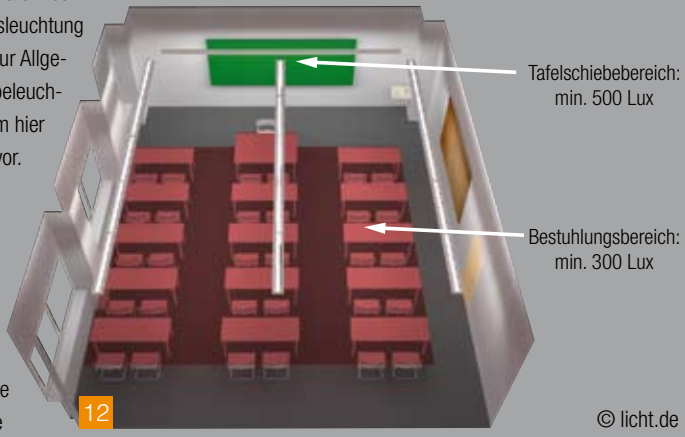
Räume lassen sich flexibel nutzen, wenn die Beleuchtungsauswahl und Anordnung der Leuchten stimmt. Voraussetzung für eine freie Raumnutzung ist, dass die Beleuchtung bei unterschiedlichster Anordnung der Tische und Stühle überall gleich gute Lichtbedingungen schafft. Um das zu gewährleisten, ist eine raumbezogene Beleuchtungslösung zu empfehlen. Diese impliziert, dass alle Wände einschließlich der Rückwand gut ausgeleuchtet sind. Wichtig ist die gleichmäßige Aufhellung des Raums, um bei einem Wechsel der Blickrichtung starke Leuchtdichteunterschiede, die das Auge ermüden – und zu einem Konzentrationsmangel führen – zu vermeiden.

Vorrangige Aufgabe der Beleuchtung ist die gleichmäßige Ausleuchtung des Raums entsprechend der jeweiligen Unterrichtssituation. Zu bevorzugen ist das natürliche Tageslicht, soweit es vorhanden ist. Kunstlicht, das möglichst dimmbar sein sollte, ergänzt das Tageslicht bei Bedarf. Eine störende und die Konzentration beeinträchtigende Blendung lässt sich durch passende Leuchtenoptiken bzw. Vorhänge oder Jalousien vermeiden. Je nach Sonnenstand lässt sich der Tageslichteinfall auf diese Weise regulieren.

Im Tafelbereich sind getrennt schalt- und dimmbare Leuchten gefordert, die reflexfreies Sehen ermöglichen. Gleiches gilt für die seitliche Wandtafel oder die Wandzeitung, deren gleichmäßige Ausleuchtung durch spezielle Wandfluter sichergestellt wird. Überdies benötigen Schränke und Regale im Klassenzimmer ausreichend Helligkeit, um Unterlagen und Objekte gut verstauen und sicher wiederfinden zu können.

Beleuchtungsstärken im Klassenraum:

DIN EN 12464-1 [12]: Für Klassenräume wird gemäß DIN EN 12464-1 eine Beleuchtungsstärke von 300 Lux empfohlen. Der Normwert sollte jedoch als absoluter Mindestwert verstanden werden. Förderlicher, um gute Arbeitsergebnisse zu erzielen, wirkt eine höhere Beleuchtungsstärke von 500 Lux, die auch Richtwert bei Fachräumen und Räumen in Abendschulen ist. Tafeln benötigen eine gleichmäßige Ausleuchtung und sind deshalb ergänzend zur Allgemeinbeleuchtung separat zu beleuchten. 500 Lux schreibt die Norm hier für die vertikale Beleuchtung vor. Eine weitere Möglichkeit, das Licht wechselnden Lern- bzw. Unterrichtssituationen anzupassen und den Lernerfolg zu steigern, bietet eine Lichtsteuerung anhand der sich die Beleuchtung, flexibel an die jeweils geforderte Sehaufgabe anpassen lässt.



12

© licht.de

[09] Einbauleuchten treten in der Raumarchitektur zurück und bieten somit eine gute Möglichkeit, Lichtqualität und den Wunsch nach Reduktion in der Architektur zu verbinden.

[10] Pendelleuchten mit direkten und indirekten Lichtanteilen hellen die Decke auf und sorgen so für eine großzügige und angenehme Lichtstimmung im Raum.

[11] Bestuhlungsbereiche und Tafel sowie Flipchart werden hier getrennt beleuchtet. Eine separate Schalt- und Dimmbarkeit erhöht den Komfort und ermöglicht eine deutliche Energieeinsparung.

Licht für Tafel und Whiteboard

Die gleichmäßige und ausreichend helle Beleuchtung vertikaler Tafel- und Präsentationsflächen ist von großer Bedeutung. Ständige Blickwechsel können zu Ermüdung führen. Neue Präsentationsmedien erfordern differenzierte Lichtlösungen.

Klassische Wandtafeln, in zunehmendem Maße auch Whiteboards, gehören zur Standardausrüstung eines jeden Klassenzimmers. Wo gestern noch die grünen Tafeln hingen, werden heute vielfach „weiße Tafeln“ installiert. Die zu bewältigenden Sehaufgaben sind immer gleich, sowohl bei den althergebrachten Wandtafeln als auch bei den modernen Projektionsflächen, die Anforderungen an die Beleuchtung jedoch differieren. Klassische Tafeln benötigen eine ausreichend helle und gleichmäßige Beleuchtung. „Weiße Tafeln“ mit ihren sehr hellen Flächen kommen mit weniger Licht aus und sind anfälliger für Reflexe.

Gutes Licht in der Schule hängt wesentlich von der guten Beleuchtung vertikaler Präsentationsflächen ab. Dies beinhaltet, dass Geschriebenes von allen Plätzen aus gut lesbar sein muss. Derjenige, der ganz hinten sitzt, darf gegenüber demjenigen, der vorne sitzt, keinen Nachteil haben.

Erhöhung der vertikalen Beleuchtungsstärke

Eine ausreichend helle, gleichmäßige Beleuchtung lässt sich durch asymmetrisch abstrahlende Wandfluter, die in einem Abstand von 0,85 bis 1,30 Meter von der Tafel ergänzend zur Allgemeinbeleuchtung montiert sind, erreichen. Mit dem höheren Helligkeitseindruck, den vertikales Licht vermittelt, geht eine stärkere Fernwirkung einher. Die DIN EN 12464-1 empfiehlt bei Präsentationsflächen eine mittlere vertikale Beleuchtungsstärke von 500 Lux. Die Gleichmäßigkeit – also das Verhältnis der kleinsten zur mittleren Beleuchtungsstärke – sollte 0,7 betragen. Bei Tafeln, die aufgeklappt und nach oben verschoben werden können, ist auf eine ausreichend flächige Beleuchtung zu achten. Diese ist ebenso wichtig bei Flipcharts oder bei neben der Tafel aufgehängten Landkarten.

Beleuchtung von Whiteboards

Whiteboards kommen zwar mit weniger Licht aus, sind aber anfälliger für Reflexe. Bei Lichtquellen, die in der Nähe des Whiteboards angeordnet sind, ist besonders darauf zu achten, dass die Lichtquellen gut abgeschirmt sind und Spiegelungen schon durch die Anordnung vermieden werden. Für Beamerpräsentationen sollte die Beleuchtung separat gedimmt oder ausgeschaltet werden können.

13

[13] Zusätzlich zur Raumbeleuchtung wird die Tafel durch eine gesonderte Beleuchtung mit 500 Lux oder mehr in Szene gesetzt. Der Farbwiedergabeindex sollte mindestens R_a80 betragen.

[14] Bei Räumen mit Projektionsflächen ist es wichtig, dass die Beleuchtung partiell geschaltet oder gedimmt werden kann.

[16] Whiteboards sollten ausreichend, aber nicht zu hell ausgeleuchtet sein, um Blendung zu vermeiden. Das Umfeld darf nicht zu dunkel sein, da die Schüler und Lehrer sonst durch die ständige Adaption des Auges schnell ermüden.

14

15

Tafelbeleuchtung

Für eine gute Beleuchtung der Wandtafel [15] sollten folgende Anhaltspunkte unbedingt beachtet werden:

- Eine Beleuchtungsstärke von mindestens 500 Lux auf der vertikalen Fläche
- Eine Reflexblendung, z.B. durch eng abstrahlende Strahler, muss vermieden werden
- Der Farbwiedergabeindex muss mindestens R_a80 oder mehr betragen
- Die Gleichmäßigkeit einer Tafelbeleuchtung muss 0,7 betragen (Verhältnis der minimalen zur mittleren Beleuchtungsstärke)
- Flipcharts oder aufgehängte Landkarten neben der Tafel sollten von den Wandflutern ebenfalls gleichmäßig beleuchtet werden

16

17

18

19

Licht für Computer- und Medienräume

Computer- und Kommunikationstechnologien haben ihren festen Platz im Unterrichtsgeschehen. Eine gute Beleuchtung in Computer- und Medienräumen muss sich an die jeweilige Tätigkeit, Unterrichtsform und Stimmung anpassen.

20

Lernen am Bildschirm

Gute Beleuchtung [20] sollte sich der jeweiligen Arbeitsaufgabe und dem Sehvermögen des Nutzers anpassen. Dazu muss zwischen Bildschirm und Arbeitsumgebung ein ausgewogener Kontrast bestehen. Bei der Gestaltung und Beleuchtung von Bildschirmarbeitsplätzen ist darauf zu achten, dass störende Blendwirkungen, Reflexionen oder Spiegelungen auf dem Bildschirm und anderen Arbeitsmittel vermieden werden. Leuchtende und beleuchtete Flächen dürfen auf Bildschirmarbeitsplätzen keine Blendung und möglichst keine Reflexionen verursachen. Um störenden Tageslichteinfall am Bildschirmarbeitsplatz zu reduzieren, sollten die Fenster mit einer geeigneten, verstellbaren Lichtschutzvorrichtung ausgestattet sein.

Medienkompetenz und die Bereitschaft, lebenslang zu lernen, sind heute ebenso wichtig wie sprachliches, künstlerisches oder naturwissenschaftliches Wissen. In jedem Beruf ist Medienkompetenz gefragt. Fast kein Beruf kommt heute ohne die Arbeit am Computer, ohne ständige Weiterbildung und Kenntnis neuester Informationstechnologien aus.

In der modernen Bildungsstätte sind Unterrichtsformen und -materialien einem starken Wandel unterworfen. Mehr denn je sind Flexibilität und Kommunikation im Unterrichtsalltag gefordert. Mit den Anforderungen an den Unterricht haben sich die Lern- und Kommunikationsmedien gewandelt. Arbeit am Computer, sei es zur weiterführenden Informationsbeschaffung und Vertiefung des Unterrichtsstoffs oder zum Anfertigen von Hausaufgaben, gehört inzwischen längst zum schulischen Alltag. Computer- und Medienräume, die Einzug in moderne Schulgebäude gehalten haben, tragen dieser Entwicklung Rechnung.

Starke Helligkeitsunterschiede vermeiden

„Digitalisiertes“ Lernen stellt an die Beleuchtung von Unterrichtsräumen erhöhte Anforderungen. Störungsfreies Arbeiten am PC setzt gutes Sehen und blendfreie Beleuchtung voraus. Große Kontraste im Blickfeld ermüden das Auge. Um dem entgegenzuwirken, ist auf ein ausgewogenes Verhältnis zwischen der Helligkeit des Bildschirms, des Arbeitsplatzes und der Umgebung zu achten. Günstig wirkt sich ein erhöhter Indirektanteil der Beleuchtung aus, der eine angenehme Deckenaufhellung und Lichtverteilung auf der Arbeitsfläche impliziert. Blendung, die das Sehen erschwert, ist gemäß DIN EN 12464-1 zu vermeiden.

Vorsicht bei direktem Tageslicht

Starker Einfall von Tageslicht kann die Arbeit am Computer deutlich stören. Spiegelungen auf dem Bildschirm lassen sich durch Fenster mit entsprechendem Sonnenschutz vermeiden.

Mit einer einfachen und intuitiven Lichtsteuerung, die leicht zu bedienen ist und sich der jeweiligen Arbeitsaufgabe anpasst, kann Schule auf zunehmend komplexere Techniken reagieren. Eine Beleuchtung, die ergonomisch durchdacht ist und sich an Tätigkeit, Unterrichtsform und Stimmung angleicht, verhindert Ermüdungserscheinungen und Beschwerden, die häufig mit Bildschirmarbeit einhergehen.

[17] Das Tageslicht muss bei der Lichtplanung mit einbezogen werden. Sowohl die Möglichkeit, Fenster bei Bedarf abschatten zu können, als auch die Aufhellung an der Innenseite des Gebäudes mit künstlicher Beleuchtung sind für gutes Arbeiten am Bildschirm wichtig.

[18, 19] Lineare Beleuchtungssysteme mit guter Entblendung verhindern unangenehme Reflexionen auf den Bildschirmen.

21

Lichtwirkung auf den Menschen

Licht wirkt und beeinflusst den Menschen damit auf vielfältige Weise. Es stärkt das Wohlbefinden und fördert die Konzentrationsfähigkeit und Leistungsbereitschaft. Auch auf das Lernen hat Licht einen positiven Einfluss. Tageslicht und angepasste Lichtstimmungen können Schüler beim Lernen unterstützen.

[21, 22] Beleuchtungsanlagen für dynamisches Licht ermöglichen sehr viel mehr als nur ein einfaches An- und Ausschalten der Beleuchtung. Durch eine in Intensität und Lichtfarbe adaptierbare Lichtstimmung kann auf die jeweilige Situation im Unterricht eingegangen werden. Kalte Lichtfarben aktivieren und fördern ein konzentriertes Arbeiten, warme Lichtfarben wirken hingegen beruhigend auf die Schüler.

Viele Kinder sind gerade morgens in der ersten Schulstunde noch müde und unkonzentriert. Der frühe Beginn entspricht in den meisten Fällen nicht den biologischen Bedürfnissen der Kinder. Aktivierendes, tageslichtweißes Licht mit hohen Beleuchtungsstärken kann Schülerinnen und Schülern helfen Merkfähigkeit, Konzentration und das allgemeine Wohlbefinden zu verbessern.

Die Erkenntnis ist nicht neu, dass Licht wesentlichen Anteil am Wohlbefinden des Menschen hat. Natürliches Tageslicht erzeugt ein angenehmes Wohlgefühl. Ähnlich verhält es sich in Räumen, die ausreichend beleuchtet sind. Neueste Studien belegen, dass Licht darüber hinaus noch wesentlich größeren Einfluss auf das menschliche Leben hat. Licht kann den circadianen Rhythmus (Tag- Nachtrhythmus) des Menschen unterstützen und biologische Vorgänge im Körper steuern. Der biologische Rhythmus des Menschen wird durch seine innere Uhr gesteuert, auf die das Licht entscheidenden Einfluss hat. Licht unterstützt den Schlaf-Wach-Rhythmus, indem es dem Organismus den Wechsel von Tag und Nacht anzeigt. Reicht das Licht nicht aus, kann die innere Uhr aus dem Takt geraten und weniger ausgeprägte Schlaf-Wach-Phasen zur Folge haben. Gerät der chronobiologische Rhythmus auf diese Weise durcheinander, wird das Wohlbefinden und möglicherweise die Gesundheit deutlich gestört.

Die Natur als Vorbild

Die Natur bietet ideale Voraussetzungen, die innere Uhr im Gleichgewicht zu halten. Einen ähnlichen Effekt erzielt Kunstlicht, das sich dem Tageslichtrhythmus anpasst. Tageslicht verändert sich kontinuierlich in Intensität, Farbtemperatur und Lichtrichtung. Passt sich Kunstlicht dynamisch dem Verlauf des Tageslichts an, erhöht es wie natürliches Tageslicht das Wohlbefinden und die Leistungsbereitschaft. Darüber hinaus ist die Anpassung energetisch von Vorteil. Gezielte Steuerung des Lichts kann die Merkfähigkeit und Konzentration, das allgemeine Wohlbefinden und die Kommunikation unterstützen.

Kaltweißes, kühles Licht, das dem Tageslicht ähnlich ist, macht wach und aktiv. Warmweißes Licht hat eine entspannende, beruhigende Wirkung. Um mit Licht in der Schule biologische Wirkung zu erzielen und die Leistungsfähigkeit zu erhöhen, können die eingesetzten Lampen einen

22

erhöhten Blauanteil enthalten. Leuchtmittel mit hohem Blauanteil, die eigens zu diesem Zweck entwickelt wurden, finden heute bereits vielerorts Anwendung.

Faktoren für biologisch wirksames Licht:

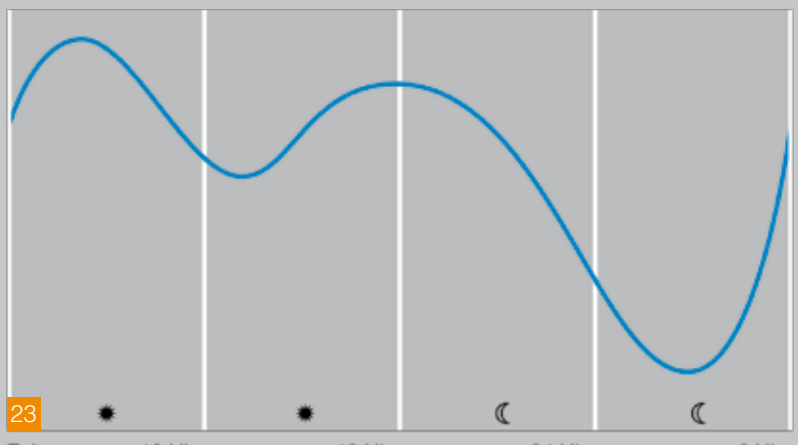
- Biologische Wirkung kann durch höhere Beleuchtungsstärken erzielt werden
- Flächigkeit ist wichtig, Licht sollte deswegen möglichst über große leuchtende Flächen abgegeben werden
- Es muss eine Lichtrichtung gewählt werden, die Licht von oben und von vorne ins Auge fallen lässt
- Empfehlenswert ist die Wahl einer tageslichtähnlichen Farbtemperatur, die auch den biologisch wirksamen blauen Bereich enthält
- Eine dynamische Anpassung der Farbtemperatur und Beleuchtungsstärke entsprechend dem Tageslichtverlauf

Emotionale Lichtwirkung

Erfolgreiches Lernen gelingt, wenn die Umgebung als angenehm empfunden wird und sich die Schüler mit ihrer Schule identifizieren können. Farben, Materialien und sorgsam abgestimmte Licht-/Raumarchitektur tragen dazu bei, das Wohlbefinden zu fördern. Ebenso wichtig wie aktivierende Impulse sind Rückzugsmöglichkeiten, die der Ruhe und Entspannung dienen. Warme Farbtemperaturen und Akzente kommen diesem Bedürfnis entgegen.

Weiterführende Informationen zum Thema sind in licht.wissen 19 „Wirkung des Lichts auf den Menschen“ zu finden.

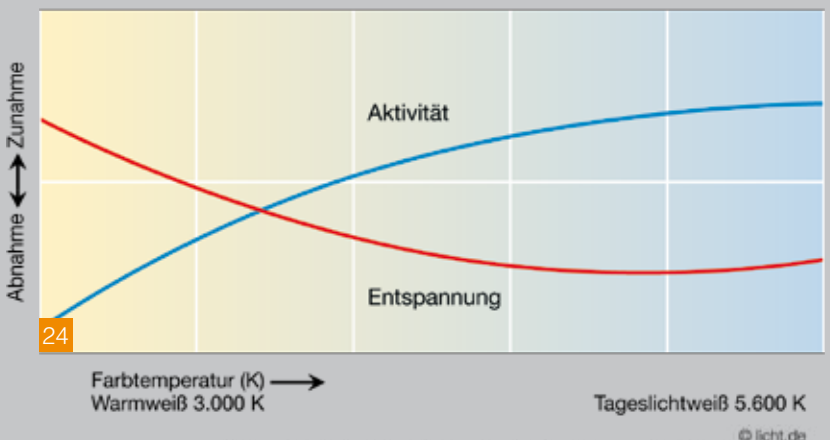
Leistungsbereitschaft des Menschen



23

[23] Die Leistungskurve des Menschen variiert je nach Tages- und Nachtzeit. Am effektivsten arbeiten Körper und Geist am Vormittag und Spätnachmittag. Während der Tiefschlafphase gegen 3 Uhr nachts ist sie am niedrigsten.

Aktivität und Entspannung



24

[24] Biologisch gesehen wirkt warmweißes Licht entspannend auf den menschlichen Organismus, während Tageslichtweiß die Aktivität erhöht.

Energieeffizienz und Sanierung

Beleuchtungsanlagen für Schulen müssen sowohl für eine angenehme Arbeitsatmosphäre sorgen als auch besonders energieeffizient sein. Die EnEV beschreibt die Anforderung an den Energiebedarf. Innerhalb dieser Grenzen muss die Lichtqualität eingehalten werden.

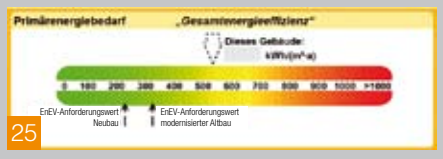
Energiebewusste Beleuchtung ist ein Thema, das sich nicht zuletzt durch das Ausphasen ineffizienter Leuchtmittel wie der Glühlampe im Bewusstsein aller Mitbürger festgesetzt hat. Sowohl ein sparsamerer Umgang mit immer knapper werdenden Ressourcen als auch der intelligente Einsatz von Tageslicht sind heutzutage eine Selbstverständlichkeit. Auch in schulischen Einrichtungen wird diesem Thema mehr und mehr Bedeutung beigemessen. Die wichtigsten Komponenten für eine effektive und effiziente Beleuchtung sind moderne Lichtquellen bzw. Leuchten mit modernen Betriebsgeräten und Reflektoren sowie die optimale Nutzung des Tageslichts im Zusammenhang mit einem Lichtmanagementsystem.

Bei der Tageslichtregelung misst ein Sensor die Helligkeit im Raum. Je nach Einfall des Tageslichts lässt sich die künstliche Beleuchtung reduzieren, wodurch Energie eingespart wird. Ebenso effizient ist die Anwesenheitserfassung über Präsenzmelder, die anwesende Personen im Raum erfassen und automatisch abschalten sobald diese Personen den Raum verlassen. Neben der hohen Lichtqualität kann durch die Nutzung der natürlichen Ressource Tageslicht ein Maximum an Energieeinsparung – gemessen an der Vorgängerbeleuchtungsanlage – von bis zu 50 Prozent erzielt werden.

Mehr Details zum Lichtmanagement finden Sie auf Seite 24 im Licht-Spezial Lichtmanagement.

Energieeinsparverordnung

Die Energieeinsparverordnung (EnEV), die sich mit der Umsetzung von EU-Richtlinien über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden befasst, gilt in ganz Deutschland. Sie erfasst die Heizung, Lüftung und Klimatisierung von Gebäuden. Auch die künstliche Beleuchtung ist ein Teil der Verordnung. Beleuchtung, die der Erfüllung der Sehaufgabe dient – also nicht die dekorative Beleuchtung – ist Teil des Maßnahmenkatalogs. Energieausweise, auch für Nichtwohngebäude, sind hierzulande seit dem 1. Januar 2009 Pflicht. Sie geben Auskunft über das gegenwärtige Effizienzstadium eines Gebäudes.



25

26

27

Laut EnEV ist es vorgeschrieben, bei der Vorplanung oder Sanierung eines Gebäudes den Primärenergiebedarf für die Beleuchtung zu ermitteln. Die Vorplanung muss die Richtlinien der EnEV und der darin zitierten DIN-Norm erfüllen. Eine Genehmigung ist vor Baubeginn erforderlich.

Zahlreiche Faktoren werden bei der Ermittlung des Energiebedarfs berücksichtigt. Verwendete Leuchtentypen, Nutzungsdauer bei Tag und Nacht, Fensterflächen, Lichtmanagementsysteme, Verbauung und weitere Faktoren fließen in die Berechnungen ein. Der Nutzenergiebedarf, der sich daraus errechnet, muss unter einem Referenzwert bleiben, der sich aus Tabellen ergibt. Nur wenn diese Voraussetzung erfüllt ist, werden Baugenehmigung und Gebäudeenergieausweis ausgestellt.

Die Anforderungen an die Energieeffizienz werden in Zukunft weiter verschärft. Niedrigere Referenzwerte bedingen dann eine noch höhere Energieeffizienz.

Sanierung

Eine veraltete Beleuchtungsanlage reduziert die Lichtqualität und kostet Geld. Durch Verschmutzung und Materialalterung kann sich im Laufe der Jahre der Betriebswirkungsgrad einer alten Beleuchtungsanlage und der dazugehörigen Komponenten - Lampen, Leuchten und Betriebsgeräte - halbieren. Durch Investition in eine moderne, wirtschaftliche Beleuchtung reduzieren sich die jährlichen Betriebskosten erheblich. Selbst höhere Anschaffungskosten können sich in wenigen Jahren amortisieren. Über den geringeren Stromverbrauch hinaus sind die günstigeren Wartungskosten entscheidend.

Professionelle Beratung bei der Planung einer neuen Beleuchtungsanlage ist wesentlicher Bestandteil der Modernisierung und sollte Ausgangspunkt aller weiteren Überlegungen sein.

Moderne Lampen, Leuchten und Vorschaltgeräte machen den Unterschied

Energieeinsparung lässt sich durch neue Technologien bei Lampen, Vorschaltgeräten und Leuchten erzielen. Nur so sind ein wirtschaftlicherer Betrieb und eine bessere Lichtqualität zu erreichen. Zum einen haben moderne Leuchtmittel wie T5-Leuchtstofflampen und LEDs eine höhere Lichtausbeute. Andererseits reduzieren moderne elektronische Vorschaltgeräte die Verlustleistung und bieten flackerfreies Licht, das zudem ein besseres Startverhalten zeigt. Darüber hinaus sorgen aktuellste Reflektormaterialien und Optiken für einen hohen Wirkungsgrad und optimale Entblendung der Leuchten.

Zusätzliche Einsparpotentiale bieten moderne Lichtmanagementsysteme. Sie können auch bei Sanierungsmaßnahmen einzelner Räume oder Raumgruppen installiert werden.

Die Ästhetik muss bei der Sanierung nicht hinten anstehen. Für jede Architektur gibt es Leuchten mit passendem Design und modernster Technik. Die zunehmend kleinere, leistungsstärkere und energieeffizientere Technik kann auch in denkmalgeschützten Gebäuden ohne störende Veränderung der Räume eingesetzt werden. Unter Umständen kann sogar neueste Lichttechnik in vorhandene Leuchten integriert werden.

Maßnahmen und Kriterien für eine bessere Energieeffizienz:

Raum

- Größtmögliche Tageslichtnutzung
- Helle Wände, Decken und Böden

Leuchten

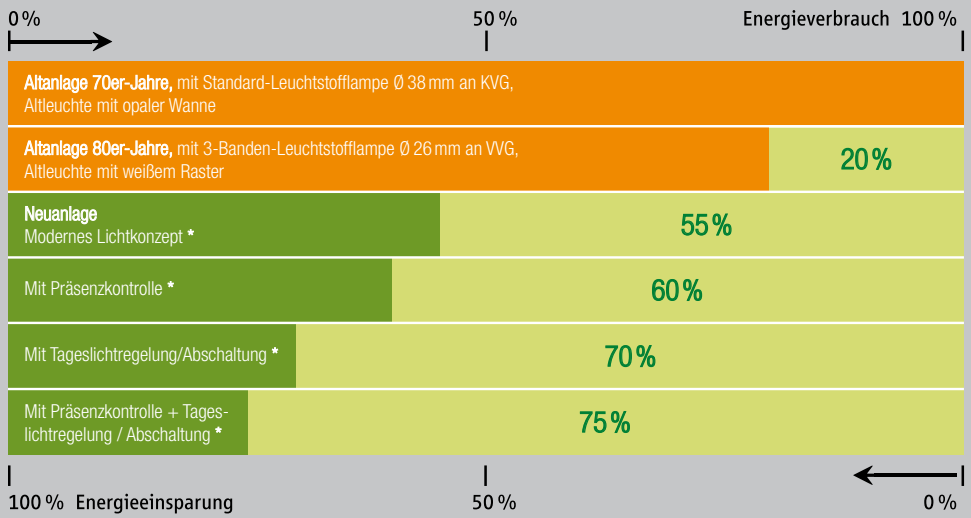
- Effiziente Lampen
- Moderne elektronische Vorschaltgeräte
- Optimierte Reflektoren und Optiken
- Dimmbarkeit

Lichtmanagement

- Tageslicht- und Präsenzüberwachung
- Benutzerfreundliche Bedienkonzepte und voreingestellte Lichtszenen
- Intelligente Steuerstrategien mit Einbeziehung des Sonnenschutzes

Lichtkonzept

- Tätigkeitsbezogene Planung anstelle einer Raumplanung
- Anwendung von Schaltgruppen für differenzierte Ausleuchtung und Inszenierung
- Dynamische Anpassung des Lichts



28 * Leuchtstofflampe Ø 16 mm an EVG mit sehr geringer Verlustleistung, energieeffiziente direkt oder direkt/indirekt strahlende Leuchten mit moderner Lichtlenktechnik.

© licht.de

[25] Detailansicht Label im Energieausweis. Beispiel: Bedarfsvariante Nichtwohngebäude.

[26, 27] Ansicht eines Klassenzimmers vor und nach der Sanierung. Moderne Leuchten sorgen für eine angenehme und vor allem energieeffiziente Beleuchtung.

[28] Beispiel für den Energieeinspareffekt bei Sanierung mit hocheffizienten Leuchten und Lichtmanagementsystemen.

29

30

31

32

Licht für Kunst- und Musikräume

Kunst und Musik sind unverzichtbarer Teil einer guten Allgemeinbildung. Der positive Einfluss musischer und künstlerischer Erziehung auf die Entwicklung ist durch Studien bewiesen und anerkannt. Die Beleuchtung muss den anspruchsvollen Sehaufgaben gerecht werden, aber auch emotional ansprechen.

Fachunterrichtsräume erfordern differenzierte Beleuchtungslösungen. Als Mindestwert wird in den meisten Fällen eine Beleuchtungsstärke von 500 Lux empfohlen. Anspruchsvolle Sehaufgaben wie das Zeichnen, bei denen es auf Präzision und Genauigkeit ankommt, erfordern jedoch ein höheres Beleuchtungsniveau. So sind gemäß DIN EN 12464-1 bei Zeichensälen in Kunstschulen 750 Lux die geforderte Norm.

Direkt- und Reflexblendung vermeiden

Blendfreie Sicht ist in allen Fachräumen gefordert – unabhängig von der Tätigkeit, die ausgeführt wird. Der UGR Wert (Unified Glare Rating), der die Direktblendung definiert, darf nicht größer als 19 sein, um den Anforderungen zu genügen. Störend beim Betrachten und Anfertigen von Bildern können ebenso Reflexblendungen auf glatten Oberflächen sein. Ratsam ist es, von vornherein auf eine gute Leuchtdichtebegrenzung zu achten, um Reflexblendungen zu vermeiden.

Farben müssen richtig erkannt werden

In Fachräumen spielt das richtige Erkennen von Farben eine wichtige Rolle. Um dies zu gewährleisten, sind Lampen mit guter oder sehr guter Farbwiedergabe gefordert. Insbesondere in Räumen, in denen Kunstunterricht stattfindet und mit Farben gearbeitet wird, ist eine sehr gute Farbwiedergabe von großem Belang. Der Farbwiedergabeindex R_a sollte hier mindestens 80, besser 90, betragen.

Für Tafeln und Schaubilder empfiehlt sich eine zusätzliche Beleuchtung mit Wandflutern, damit Geschriebenes und Dargestelltes von allen Plätzen aus reflexfrei zu sehen ist.

Schattenfreie Ausleuchtung im Musikraum

In Musikräumen hat die gute Beleuchtung von Instrumenten und Noten oberste Priorität. Leuchten mit einem indirekten Anteil tragen dazu bei, störende Schatten zu vermeiden und blendfreies Sehen zu gewährleisten. Ferner muss bei der Lichtplanung bedacht werden, dass Musiker oft ihre Positionen ändern – entsprechend der Besetzung oder der Probensituation, die das Einstudieren eines Musikstücks erfordert – das Licht aber in allen Bereichen die gleiche Qualität aufweisen muss.

Werden Rasterleuchten in Musikräumen eingeplant, ist auf eine hohe Verarbeitungsqualität der Leuchten und schwingungsfreie Raster zu achten, um störende Resonanzen zu vermeiden.

[29, 30] In Musikräumen wechseln Musiker und Instrumente häufig ihre Positionen. Leuchten mit Indirektanteil helfen, störende Schatten zu vermeiden.

[31, 32] In Kunsträumen wird mit unterschiedlichsten Materialien gearbeitet. Hier ist eine klare und absolut blendfreie Sicht gefordert. Dies gilt sowohl für den Blick in den Raum hinein als auch für die Sicht auf die jeweiligen Arbeitsmaterialien.

[33] Tageslicht ergänzt hier das Kunstlicht und hilft dabei, Energie einzusparen. Wichtig ist es hier Leuchten einzusetzen, die unempfindlich gegenüber Schwingungen sind, um unnötige Störgeräusche zu vermeiden.

33

Licht für Labore und Werkstätten

Wissen – heute wichtiger denn je – basiert zu einem großen Teil auf der eigenen Anschauung und dem praktischen Versuch. Sicherheit beim Experimentieren ist dabei oberstes Gebot. Auch die Beleuchtung muss sich diesen Anforderungen anpassen.

[34] Gutes Licht hat Einfluss auf die Lernfähigkeit und steigert die Produktivität. In Werkstätten kommt es darauf an, dass eingespannte Werkstoffe keine Schatten werfen und gut erkennbar sind.

[36] Gleichmäßiges und helles Licht unterstreicht einen offenen Raumeindruck und sorgt für eine konstante Grundbeleuchtung. Diese ist wichtig, um Versuchsreihen unter gleichbleibenden Bedingungen in allen Feinheiten beobachten zu können.

In naturwissenschaftlichen Fächern gehören Versuche zum festen Bestandteil des Unterrichtsangebots. Viele – man denke an Experimente mit verpuffendem Wasserstoff oder lichtbrechenden Prismen – hinterlassen nachhaltigen Eindruck.

Die moderne technische Welt kommt ohne grundlegendes Wissen in Physik, Chemie und Biologie nicht mehr aus. Fundierte Kenntnisse über den Aufbau von Molekülen und Atomen sind in vielen Studienfächern und Berufen unverzichtbar. Umso wichtiger sind eine erfolgreiche Wissensvermittlung und die Bereitschaft, sich in die Materie zu vertiefen. Größere und kleinere Versuche auf Lehrerpult und Schülertischen beleben den Unterricht.

Voraussetzung für erfolgreiches Lernen in Fachräumen ist ein ausreichendes Beleuchtungsniveau, um auch mit kleineren Objekten gut hantieren zu können. Als Mindestwert können die in der Norm angegebenen 500 Lux angesehen werden. Mit dem Anspruch, den eine Aufgabe an das Sehen stellt, steigen die Anforderungen an die Beleuchtungsstärke.

Um zu gewährleisten, dass das Hantieren mit Chemikalien und technischen Geräten im Unterricht möglichst sicher

34

35

Beleuchtung von Werkstätten

Das Hantieren mit Holz, Stein und Metall [35] wirbelt zwangsläufig Staub und kleinste Schwebeteilchen auf. Insbesondere in Schreinereien und anderen Betrieben, in denen mit starker Staubentwicklung zu rechnen ist, sollten nur Leuchten eingesetzt werden, die gegen Entzündung und Entflammung geschützt sind.

In Werkstätten und naturwissenschaftlichen Fachräumen erleichtert eine helle Grundbeleuchtung das Hantieren mit großen und kleinen Gegenständen. Hohe Anforderungen werden auch an die Farbwiedergabeeigenschaften von Lampen gestellt. Farben müssen korrekt gesehen werden, um Ergebnisse beurteilen zu können. Auch kleine Veränderungen müssen gut erkennbar sein. Aus diesem Grund sind Lampen mit hoher Farbwiedergabe zu bevorzugen.

abläuft, gilt es, harte Schatten im Arbeitsbereich und Reflexionen auf Glas/Metall zu vermeiden. Als Lösung bieten sich Leuchten mit hohen indirekten Lichtanteilen an, die die vertikale Beleuchtungsstärke erhöhen. Eine harmonische Lichtverteilung, weiche Schatten und eine Reduzierung der Reflexionen lassen sich dadurch erreichen.

Bei der gefahrlosen Durchführung von Versuchen und Experimenten spielt auch die Sicherheit bei der Beleuchtung eine wichtige Rolle. Ist die Raumbeleuchtung gedimmt, benötigen Stufen und Ausgänge eine gesonderte Beleuchtung in Form von Treppenlichtern oder einer Sicherheitsbeleuchtung über der Tür. Versuche mit Feuer oder leicht brennbaren Materialien bedürfen eigens eingerichteter Plätze. Ratsam ist es, solche Versuchskammern und den Bereich des Lehrerpults mit explosionsgeschützten Leuchten mit der Schutzart IP 66 auszustatten.

Das korrekte Erkennen von Farben spielt in allen Naturwissenschaften – gleich ob Physik, Chemie oder Biologie – eine herausragende Rolle. Chemikalien unterschieden sich oft in leichten Farbnuancen. Winzigste Verfärbungen in Petrischalen oder Farbkennzeichnungen auf Kabeln und Klemmen müssen deutlich erkennbar sein. Wichtig ist daher, dass alle eingesetzten Lampen eine gute Farbwiedergabe haben. Am besten eignen sich Leuchtstofflampen mit dem Farbwiedergabeindex 90 und neutralweißer Lichtfarbe. Hochwertige Schutzglasscheiben als Leuchtenabdeckungen, die ihre Farbneutralität über Jahre behalten, sind zu bevorzugen, um den Effekt nicht abzuschwächen.

Unerwünschte Stroboskopeffekte lassen sich durch Leuchten mit elektronischen Vorschaltgeräten vermeiden. Leuchten mit konventionellen Vorschaltgeräten haben den Nachteil, dass bei 50 Hz kein flackerfreier Betrieb mehr gewährleistet werden kann und bei schnell rotierenden Gegenständen – wenn Rotationsgeschwindigkeit und Frequenz identisch sind – der Eindruck eines optischen Stillstands entsteht. Ein weiteres Augenmerk sollte auf die Dimmbarkeit der Leuchten speziell im vorderen Teil des Klassenraumes gelegt werden, denn falls Bildschirme oder Projektoren im Unterricht eingesetzt werden, muss die Helligkeit auf jeden Fall reduziert werden.

In naturwissenschaftlichen Unterrichtsräumen lässt sich die technische Infrastruktur in die Beleuchtung integrieren. In Kombination mit direkt/indirekten Pendelleuchten lassen sich Tische für Gruppen unterschiedlicher Größe frei anordnen.

Lichtsteuerungen erleichtern im Unterrichtsalltag einen raschen Wechsel der Beleuchtung. Per Knopfdruck lässt sich das gewünschte Licht für Experimente, Vorträge und Vorführungen am Fernseher oder Projektor einstellen.

36

Lichtmanagement

Tageslichtnutzung und Lichtmanagement bieten viele Vorteile für Lernende unterschiedlichster Altersgruppen. Die Palette reicht von der Unterstützung des circadianem Rhythmus, über mit Lichtszenerien bereicherten Unterricht bis hin zur deutlichen Energieeinsparung durch eine automatische Anpassung der Lichtmenge.

Natürliches Sonnenlicht ist die Quelle allen Lebens. Ohne Licht ist kein Wachsen und Gedeihen möglich. Visuelle Wahrnehmung, Denken, Vorstellungskraft und Fantasie sind mit Licht verbunden. Auch Farben entfalten nur bei Tageslicht ihre natürliche Schönheit. Darüber hinaus hat das Licht auf die biologischen Rhythmen im Körper und in der Natur großen Einfluss. Wohlbefinden, Leistungsfähigkeit und Motivation hängen eng mit der lebendigen Atmosphäre zusammen, die ein sich stetig veränderndes Tageslicht schafft. Künstliche Beleuchtung kann die unzähligen positiven Eigenschaften natürlichen Lichts in ihrer Komplexität nicht erreichen.

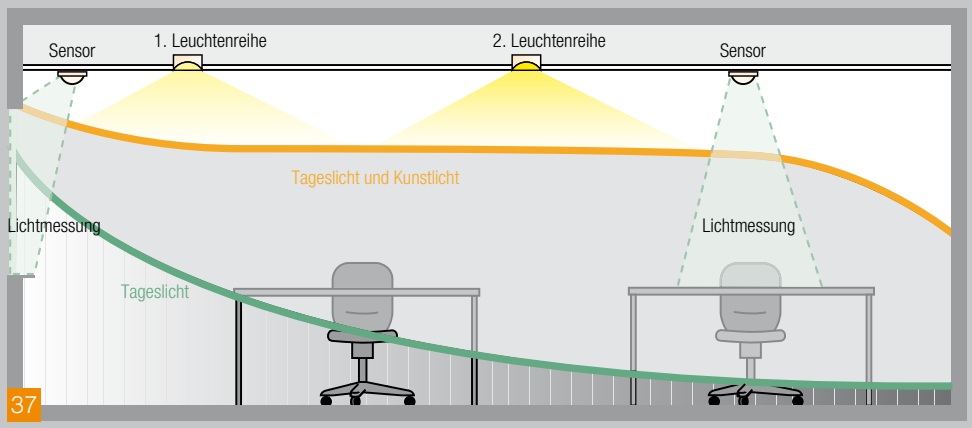
Tageslichtnutzung

Arbeitsstätten sollten möglichst ausreichend Tageslicht erhalten. Bereits die Richtlinie ASR A3.4 spricht diese Empfehlung aus. Eine Beleuchtung, die das natürliche Tageslicht einbezieht, ist einer Lösung mit rein künstlichem Licht vorzuziehen.

Genügend Fensterflächen, die Tageslicht einlassen, sind dafür die Voraussetzung. Effektiver und wirtschaftlicher lässt sich Tageslicht jedoch nutzen, wenn es seinen Weg kontrolliert in Innenräume findet und sich dort verteilt. Tageslichtsysteme, die eigens zu diesem Zweck entwickelt wurden, leisten hier wertvolle Hilfe. Sie sorgen für eine gleichmäßige Verteilung des Tageslichts im Raum und bringen zusätzliches Licht in vom Fenster entfernte Zonen.

Lichtmanagement – die richtige Menge Licht zum richtigen Zeitpunkt

Energiekosten lassen sich durch den Einsatz von Lichtsteuerungen mit Tageslichtsensoren deutlich senken. Lichtmanagementsysteme sorgen für ausreichend Helligkeit im Raum, indem sie das Tageslicht bei Bedarf mit Kunstlicht ergänzen. Von Vorteil ist auch, dass sich durch Lichtsteuerungen dynamisches Licht, das motiviert und das Wohlbefinden steigert, einsetzen lässt. Bekanntlich beugt helles,

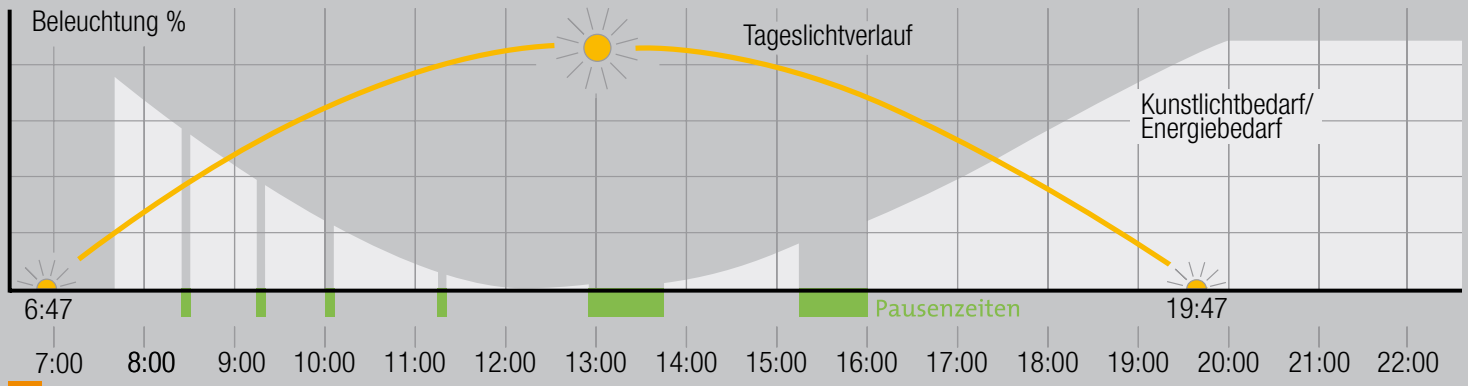


© licht.de

[37] Beispiel für den Energiespareffekt tageslichtgeregelter Beleuchtung mit dimmbaren EVGs. Sensoren messen die benötigte Lichtmenge und die Leuchten werden entsprechend gesteuert.

[38] Der Energiebedarf der künstlichen Beleuchtung ist gegenläufig zum Tageslicht mittags niedrig und abends erhöht.

[39] Lichtsteuerungen bieten Einsparmöglichkeiten: Auf der Abbildung sind die Leuchten am Fenster ausgeschaltet, in der Mitte des Raumes gedimmt und nur im dunkleren Bereich an der Innenwand auf volle Leistung geregelt. Sensoren erkennen die vorhandene Tageslichteinstrahlung und passen die Leuchten im Raum je nach Position dem Lichtbedarf der Nutzer an.



38 © licht.de

kaltweißes Licht einer Ermüdung vor und fördert die Konzentrationsfähigkeit. Durch eine Lichtsteuerung lässt sich zudem auch der lebendige, aktivierende Wechsel natürlichen Sonnenlichts simulieren. Ist nicht genügend natürliches Tageslicht vorhanden, kann der Tageslichtverlauf in Intensität und Lichtfarbe nachempfunden werden.

Gerade für Schulen und Bildungsstätten bieten Lichtsteuersysteme, die auf dem DALI-Protokoll basieren oder im Rahmen der KNX-Gebäudesystemtechnik realisiert worden sind, vielfältige Vorteile. Zum einen lassen sich durch Steuerung des Lichts unterschiedlichste Lichtstimmungen und eine situationsgerechte, aktivierende Raumbeleuchtung inszenieren. Zum anderen sprechen einfache Wartung und Wirtschaftlichkeit für derartige Anlagen. Von Vorteil ist ferner, dass sich Notlichtsysteme in die Steuerung integrieren und Lampen bzw. Leuchten optimal steuern lassen. Ein Ausfall einzelner Komponenten wird zentral erfasst und gemeldet. Alles in allem bieten Lichtsteuersysteme maximalen Lichtkomfort, gepaart mit größtmöglicher Energieeffizienz.

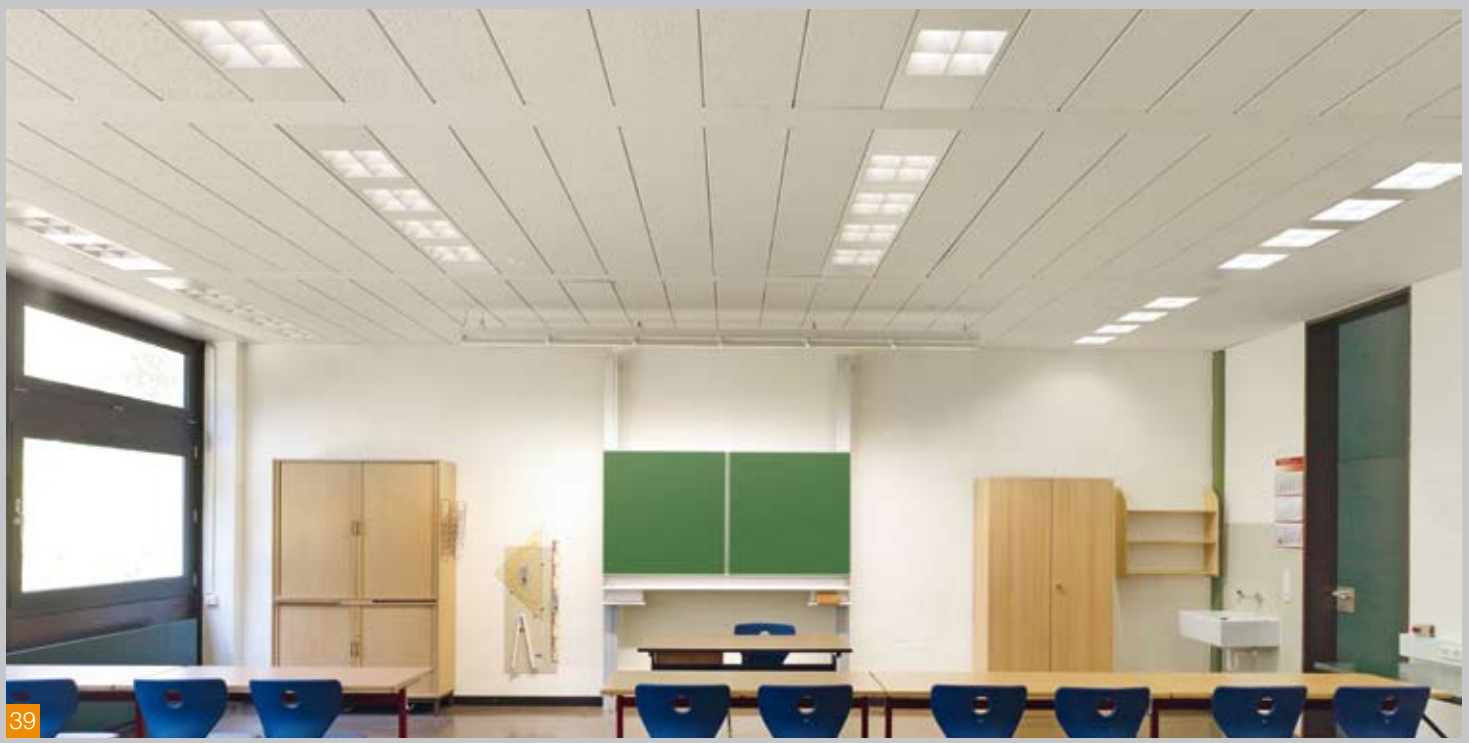
Präsenzmelder helfen Energie zu sparen

Durch Freistunden und Pausen sind einige Unterrichtsräume über den Tag verteilt nicht konstant belegt. Der Einfachheit halber, oder aus Unachtsamkeit, bleibt das Licht in den leeren Räumen oftmals eingeschaltet. Energie wird dabei vergeudet. Komfortabel und deutlich energieeffizienter lässt sich mit Präsenzmeldern arbeiten, die das Licht automatisch an- und ausschalten, wenn der Raum betreten oder verlassen wird. Mit dem gleichen Prinzip lässt sich Energie bei der Flurbeleuchtung einsparen. Da die Gänge während des Unterrichts, wenn die Schüler in den Klassen sind, nicht oder kaum betreten werden, genügt es, die Beleuchtung hier auf ein Mindestmaß herunterzudimmen.

Lichtszenen

Von großem Nutzen sind Lichtmanagementsysteme in Räumen, deren Nutzung sich permanent ändert. In solchen Räumen lassen sich unterschiedliche Lichtszenen – abgestimmt auf die verschiedenen Tätigkeiten und Unterrichtszwecke – per Steuerdisplay einfach und komfortabel abrufen. Je nach Bedarf ist eine passende Lichtgestaltung des Raumes mit einem einfachen Knopfdruck möglich, gleich, ob es sich um eine Lehrveranstaltung, einen Vortrag oder eine Medienvorführung handelt.

Beleuchtungskonzepte in Schulen arbeiten vermehrt mit Präsenzmeldung und Nutzung des Tageslichts. Dabei sollte grundsätzlich immer auch die Möglichkeit gegeben sein, manuell in die Steuerung und Wahl der Lichtszenerien einzugreifen.


39

40

41

Licht für die Erwachsenenbildung

Beamerpräsentationen, Notizen an Tafeln oder Flipcharts, oftmals neue Anordnungen von Stühlen, Tischen und Objekten im Raum: Licht für die Erwachsenenbildung muss vor allem vielfältig nutzbar sein und sich an jede gewünschte Lichtstimmung anpassen.

Erwachsenenbildung geschieht in der Regel zu Zeiten, an denen ausreichendes Tageslicht zur Beleuchtung des Raumes fehlt. Der Beleuchtung fällt hier die besonders wichtige Aufgabe zu, das Licht in ausreichender Helligkeit und entsprechender Qualität zur Verfügung zu stellen. Findet die Weiterbildung tagsüber statt, sollte vorrangig das Tageslicht zur Beleuchtung des Raums einschließlich der darin enthaltenen Unterrichts- und Arbeitsplätze genutzt werden. Gegebenenfalls ist eine Abschattungsmöglichkeit wichtig, um Blendung zu vermeiden.

Gemäß DIN EN 12464-1 sollte die Beleuchtungsstärke in Schulungsräumen mindestens 500 Lux betragen. Bei Einbeziehung von Projektionen, Tafeln oder anderen Darstellungsmedien in den Unterricht ist darauf zu achten, dass diese von allen Plätzen aus gut eingesehen werden können. Hier ist eine separat schaltbare Tafelbeleuchtung mit asymmetrischer Lichtverteilung für die Beleuchtung der vertikalen Präsentationsflächen von Vorteil. Sie sorgt für optimale Sehbedingungen – selbst von den hinteren Plätzen aus.

Unterricht in den Abendstunden

Da die Erwachsenenbildung oft bis weit in die Abendstunden geht, empfiehlt es sich, in die Beleuchtungsplanung Erkenntnisse über die biologische Wirkung des Lichts einzubeziehen. Das richtige Licht zur richtigen Zeit unterstützt die biologischen Rhythmen im Körper und hat positiven Einfluss auf den Lernprozess. Erwachsene, die sich in Abendschulen weiterbilden, haben oft schon einen langen Arbeitstag hinter sich und müssen neu motiviert werden. Dabei hilft kühles, helles Licht zu Beginn des Unterrichts. Es macht wach, aktiviert und steigert damit auch die Konzentration und Lernleistung. Um die innere Uhr des Menschen, die in den Abendstunden auf Ruhe und Erholung schaltet, nicht aus dem Takt zu bringen, sollte die Beleuchtung eine halbe bis dreiviertel Stunde vor Unterrichtsende auch in warme Lichtfarben verändert werden können. Damit wird sichergestellt, dass die Teilnehmer nach dem Kurs einen schnellen und erholsamen Schlaf finden, um wieder fit für den nächsten Tag zu sein.

Licht für Seminarräume

Seminarräume in Tagungshäusern, Hotels und öffentlichen Gebäuden, die der Erwachsenenbildung und einer Vielzahl anderer Veranstaltungen dienen, sind gesondert zu betrachten. Unterricht findet in solchen Multifunktionsräumen in vielfältigsten Formen und Facetten statt. Die Palette reicht vom Einzelvortrag und Podiumsgespräch bis hin zu Workshops, Teammeetings, Gesprächskreisen oder Gruppenpräsentationen. Entsprechend vielfältig ist die Wahl der Medien, die zu Unterrichtszwecken eingesetzt werden. Ein Vortrag geht oft mit einer Beamer-Präsentation einher – oder es wird mit Flipcharts zur graphischen Unterstützung gearbeitet. Selbst „Brainstorming“ benötigt visuelle Hilfsmittel, um Informationen festzuhalten und zu entwickeln.

Hier ist eine variable Beleuchtung gefordert, die allen Anforderungen und Ansprüchen entspricht. Die Kombination verschiedener Lichtsysteme und ein abgestimmtes Zusammenwirken von Allgemein- und Akzentbeleuchtung helfen dabei. Ideal ist hier eine Lichtsteueranlage, um schnell verschiedene voreingestellte Lichtszenen – auch in Verbindung mit einer Verdunkelung – abrufen zu können. Gleichzeitig sollte es möglich sein, das Licht auch manuell an jede gewünschte Situation anzupassen. Lichtsteuerungen mit benutzerfreundlichen Bedientableaus sind zu empfehlen, damit alle Möglichkeiten von den Nutzern einfach angewendet werden können.

[40] Lichtstarke Einbauleuchten sorgen in diesem Schulungsraum für eine gleichmäßige Lichtverteilung auf den horizontalen Tischflächen.

[41] Eine gleichmäßige Helligkeit im gesamten Raum wird hier über einen hohen Indirektanteil erreicht. Dadurch ist eine flexible Raumnutzung bei unterschiedlichsten Tätigkeiten möglich, egal ob für Demonstrationen von Übungen am Patienten, für Vorträge oder Beamerpräsentationen.

Licht für Hörsäle

Hörsäle werden heutzutage mit ausgeklügelter Technik ausgestattet. Der Beleuchtung kommt hierbei eine Schlüsselfunktion zu. Erst das Licht macht den Raum mit seinen unterschiedlichen Funktionen richtig nutzbar.

Hörsäle – meist in weiterführenden Bildungseinrichtungen zu finden – sind mit einer festen Bestuhlung, die auf die Bühne ausgerichtet ist, ausgestattet und fast immer fensterlos. Auf jeden Fall müssen sie komplett verdunkelt werden können. Die künstliche Beleuchtung ist dadurch im besonderen Maße wichtig und muss vielfältige Aufgaben erfüllen.

Sicherheit an Ein- und Ausgängen

Um den sicheren und komfortablen Ablauf einer Veranstaltung zu gewährleisten, muss ein problemloses Betreten und Verlassen des Raumes möglich sein. Dafür sind Ein- und Ausgänge, Treppen und Stufen entsprechend zu beleuchten. Sehr schön und funktional kann dies durch Einbauleuchten in Boden und Wänden oder durch LED-Lichtbänder geschehen. Diese dürfen auch während einer Veranstaltung nie ganz ausgeschaltet werden, um die Sicherheit nicht zu beeinträchtigen. Die Grundhelligkeit im Saal sollte beim Betreten und Verlassen hochgeregelt sein, um schnell und sicher seinen Platz zu finden und nach Ende der Veranstaltung nichts liegen zu lassen. Im abgedunkelten Raum können dimmbare Wandleuchten – zusätzlich eingesetzt – für ein sicheres Gefühl sorgen. Unerlässlich für die Sicherheit sind hingegen eine Notbeleuchtung und die Kennzeichnung der Fluchtwege.

Präsentationsbereich und Saalbeleuchtung

Besonders wichtig ist in Hörsälen eine gleichmäßige und helle Ausleuchtung des Präsentationsbereiches – einschließlich der auf der Bühne befindlichen Personen, der Tafel und des Experimentiertisches. Die Tafel muss auf der gesamten verschiebbaren Fläche reflex- und blendfrei beleuchtet werden. Besonders eignen sich Wandfluter oder asymmetrisch strahlende Leuchten für diese Aufgabe. Während der Vorlesung oder Veranstaltung muss die Beleuchtung im Saal hell genug sein, um ein komfortables Mitschreiben zu gewährleisten.

Lichtmanagement und Lichtszenarien

Lichtmanagementsysteme kommen mit ihren vielfältigen Möglichkeiten in Hörsälen und Vortragsräumen besonders gut zur Geltung. Sind sie in der Nähe des Pultes angebracht, kann der Vortragende auf Knopfdruck maßgeschneiderte Lichtszenen für unterschiedlichste Präsentationsformen wählen. Je nach Veranstaltungsart wird für alle Bereiche des Saals die passende Lichtmenge und Lichtverteilung abgerufen. Beispielsweise wird das Saal- und Bühnenlicht für eine Filmvorführung heruntergedimmt. Für eine Beamerpräsentation bleibt dagegen genügend Licht im Saal, um sich wichtige Notizen machen zu können.

42

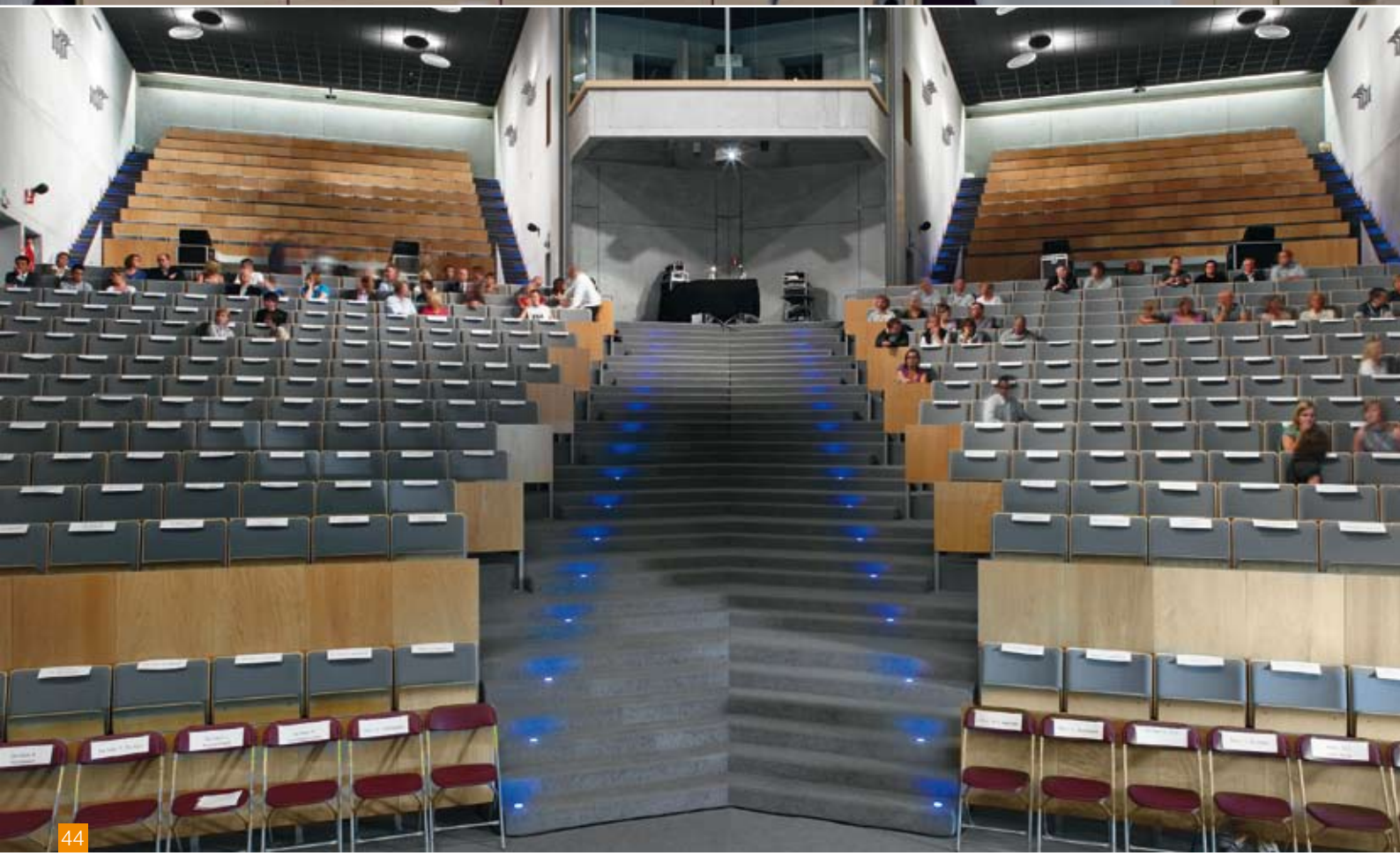
43

[42] Eine gute Allgemeinbeleuchtung, verbunden mit der richtigen Präsentationsbeleuchtung, lassen den Raum einladend, freundlich und zugleich funktional wirken.

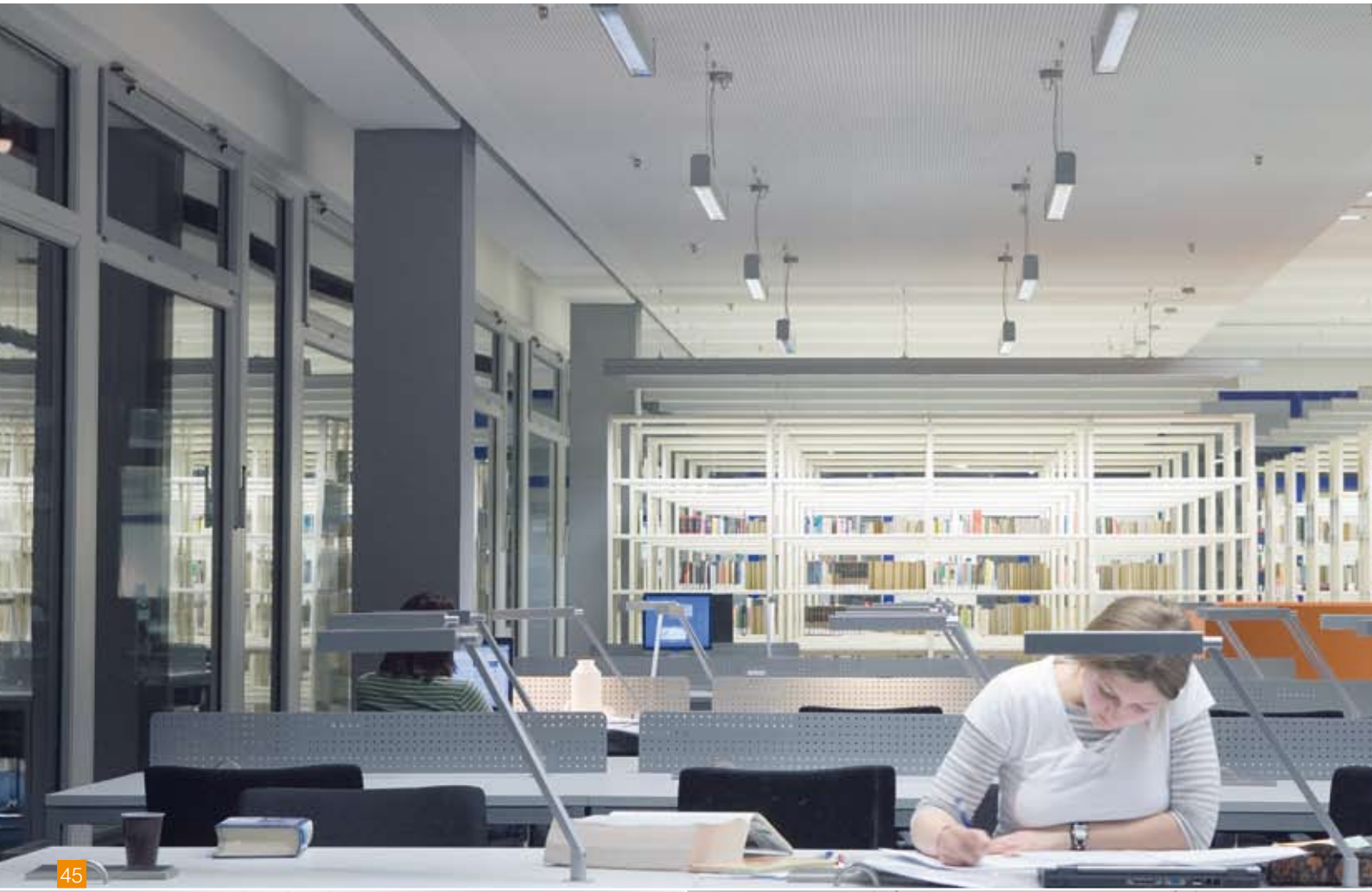
[44] Gut ausgeleuchtete Räume, Treppen und Gehwege führen die Besucher sicher an ihren Platz. Mit Rettungszeichenleuchten gezeichnete Ausgänge und Sicherheitsleuchten erleichtern im Notfall die schnelle Evakuierung.

Licht zum Präsentieren

Der Demonstrationsbereich [43] ist – verglichen mit dem übrigen Raum – mit mindestens dem 1,5-fachen der mittleren Beleuchtungsstärke des Raumes zu beleuchten. Bei 500 Lux im Raum sind das beispielsweise 750 Lux auf den horizontalen Flächen im Demonstrationsbereich. Für alle Lichtsituationen ist entscheidend, dass die Präsentationsflächen vertikal gut ausgeleuchtet sind. Komplexes Bedienen von Beleuchtungsanlagen, die eine Vielzahl von Beleuchtungsmöglichkeiten zulassen, lässt sich durch ein Lichtmanagementsystem erleichtern. Hilfreich ist dabei ein Bedientableau in der Nähe des Vortragenden, um voreingestellte Lichtszenen schnell und direkt abzurufen und darüber hinaus auch manuelle Einstellungen zu ermöglichen.



44



45

46

47

Licht für Bibliotheken

In der Bibliothek ist eine einladende, freundliche Atmosphäre erforderlich. In Gängen, Regalen, bei der Bücherausgabe und den Lese- und Arbeitsplätzen müssen die Beleuchtungsbedingungen stimmen. Licht sorgt hier für gute Sicht, optimale Orientierung und nicht zuletzt dafür, dass man sich wohlfühlt.

Moderne Bibliotheken, die mit ihrem Angebot einen wichtigen Beitrag zum eigenständigen Lernen leisten, sind heutzutage technisch viel höher ausgestattet als früher. Als Lernorte – wo Bücher gesucht, gefunden und gelesen werden, wo Internetrecherche betrieben und am Computer gearbeitet wird – besitzen sie einen sehr großen Stellenwert. Die Verweildauer in einer Bibliothek ist dabei gemeinhin recht lang. Eine freundliche Atmosphäre, in der sich der Nutzer wohlfühlt, ist deshalb besonders wichtig.

Lesebereich

Gutes Erkennen und Arbeiten in einer Bibliothek wird maßgeblich durch das zur Verfügung stehende Licht beeinflusst. Als angenehm wird natürliches Licht, insbesondere Tageslicht empfunden. Künstliches Licht, das mit direkt-indirekter Lichtverteilung arbeitet und für eine gleichmäßige Ausleuchtung des Raumes sorgt, unterstützt den Lernenden sowohl beim konzentrierten Lesen als auch bei der Arbeit am PC. Unabdingbar in der Bibliothek ist es, eine Direkt- und Reflexblendung zu vermeiden. Dadurch wird unter anderem auch das störungsfreie Betrachten hochglänzender Abbildungen ermöglicht. Für separate Lese- bzw. Arbeitsplätze und Besprechungszonen sind neben der Grundbeleuchtung mobile Stehleuchten mit direkt-indirekten Lichtanteilen und zuschaltbare Tischleuchten zur Erhöhung des Beleuchtungsniveaus auf der Arbeitsfläche sehr gut geeignet.

Recherche am Computer

Keine Bibliothek kommt heute ohne Computerarbeitsplätze aus. Diese müssen ergonomisch gestaltet sein und mit 500 Lux blend- und reflexfrei beleuchtet werden. Das Umfeld ist dem Beleuchtungsniveau anzupassen, um unnötige Adaptionen der Augen und eine damit verbundene schnellere Ermüdung zu vermeiden.

Ein modernes Lichtsteuersystem ist dazu geeignet, das Tageslicht, die notwendige künstliche Beleuchtung und die Jalousien zu steuern. Damit lässt sich, unabhängig vom hohen Lichtkomfort, der Energieverbrauch deutlich senken.

Orientierung und Beschilderung

Eine helle Grundbeleuchtung der wichtigen Verkehrswege hilft, schnell die Orientierung im Raum zu finden. Akzentuiert führt die Beschilderung – besonders der Regale und Türen – den Nutzer schnell zu seinem Ziel, dem entsprechenden Regal mit dem gesuchten Buch. Zur Sicherheit der Benutzer müssen Fluchtwege und Ausgänge mit einer Sicherheitsbeleuchtung ausgestattet sein, die von überall gut zu erkennen sein muss.

48

Regalbeleuchtung

Dreh- und Angelpunkt [48] einer Bibliothek sind die Regale mit Büchern und Medien. Die Beleuchtung hat hier die wichtige Aufgabe zu erfüllen, den Benutzer durch oft schmale Zwischengänge zu leiten und ihm bei der Orientierung zu helfen. Vertikale Beleuchtung ist hier im besonderen Maße gefordert. Die passende Lösung bietet sich in einer separaten Beleuchtung an, die mit asymmetrischen Leuchten die Regalfronten mit 200 Lux erhellt. Zwingend erforderlich ist, dass die Regale gleichmäßig beleuchtet werden, damit auch die Buchtitel in der untersten Reihe noch gut gelesen werden können. Wichtig ist zudem, Leuchtmittel mit einer guten bis sehr guten Farbwiedergabe (mindestens R_a 80 oder höher) einzusetzen. Besonders alte Bücher sind empfindlich gegenüber dauerhafter UV-Strahlung. Mit moderner LED-Beleuchtung kann dies vermieden werden.

[45] Separate Arbeitsplatzleuchten sorgen für blendfreies Licht beim Studium von Büchern und zum Arbeiten.

[46] Leuchten mit direkt-indirekten Lichtanteilen schaffen eine angenehme, helle Raumatmosphäre und verhindern störende Direkt- oder Reflexblendungen.

[47] Eine doppelt asymmetrische Lichtverteilung sorgt für eine gleichmäßige Ausleuchtung der vertikalen Regalflächen, um sich schnell in umfangreichen Bücherregalen zurechtzufinden.

Licht für Aulen und Ausstellungen

Als multifunktionaler Raum wird die Aula einer Schule für eine Vielzahl von Veranstaltungen genutzt. Von der Theateraufführung über die Schulversammlung bis hin zur feierlichen Verleihung der Abschlusszeugnisse. Dem jeweiligen Anlass entsprechend ist hier eine stimmungsvolle, feierliche oder nüchterne Lichtatmosphäre gefragt.

Die Multifunktionalität der Aula als Kommunikations-, Fest- und Veranstaltungsort erfordert eine Beleuchtung, die flexibel ist und sich entsprechend der Nutzung des Raums bequem verändern lässt. Der Beleuchtung wird in diesem Fall eine den Raum gliedernde, architektonische Funktion zuteil. Sie muss den meist großen Saal mit Lichtzonen strukturieren und durch separat schaltbare Beleuchtungseinheiten auch unterschiedlichste Veranstaltungen ins rechte Licht rücken.

Ebenso wichtig ist es, in der Aula mit ihren vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten eine Atmosphäre zu schaffen, in der Menschen sich wohlfühlen und gerne zusammenkommen. Hier ist eine professionelle Lichtplanung und ein ausgeklügeltes Lichtkonzept, idealerweise in Kombination mit einer variablen Lichtsteuerung gefordert.

Als Versammlungsort, an dem sich Schüler, Lehrer und Besucher zu besonderen Anlässen begegnen, besitzt die Aula große Außenwirkung. Häufig wird sie auch für externe Veranstaltungen genutzt. Von daher ist sie oftmals ein Aushängeschild der Einrichtung und architektonisch wie lichttechnisch besonders geschmackvoll ausgestattet. Im Bühnenbereich ist blend- und reflexfreies Licht zwingend erforderlich. Es muss dafür Sorge tragen, dass Vortragende und Akteure gute Sicht auf ihre Unterlagen und ins Publikum haben. Oft sind in Aulen Oberlichter oder Lichtkuppeln zu finden, um den Einfall des Tageslichts zu erhöhen. Dennoch sind gute Verdunkelungsmöglichkeiten gefragt. Man denke an Theater- oder Filmvorführungen, die nicht ohne Verdunkelung auskommen. Damit trotz repräsentativer Beleuchtung Energiekosten gesenkt werden können, empfiehlt sich ein gut durchdachtes Lichtmanagement, unter Umständen mit einer tageslichtabhängigen Steuerung.

Wird die Aula für Ausstellungen genutzt, kommt es zusätzlich auf eine vertikal gleichmäßige Beleuchtung der Ausstellungsflächen an, um das Interesse der Besucher auf die Exponate zu lenken.

49

Fester Bestandteil der Beleuchtungsplanung ist die Sicherheitsbeleuchtung. Zusätzlich müssen Gänge, Stufen und Ausgänge gekennzeichnet werden, um bei verdunkelten Räumlichkeiten ein gefahrloses Begehen der Verkehrsflächen zu ermöglichen. Beides ist wichtig, damit sich Besucher einer Veranstaltung im Raum orientieren und sicher ihre Plätze finden sowie im Notfall schnell nach draussen gelangen können.

[49] Ein großer Tageslichtanteil hilft, Energie einzusparen. Bei Dunkelheit sorgen Leuchtstofflampen dafür, den gesamten Raum gleichmäßig zu erleuchten.

[50] Die Bühne muss als solche besonders mit Licht bedacht werden. Lichteffekte, farbiges Licht und stark fokussierende Beleuchtung sind hier gefragt.

[52] Flexibel einstellbare Leuchten sorgen für eine optimale Beleuchtung von Wandflächen und Vitrinen.

50

51

Ausstellungen

Neue Werke aus dem Kunstunterricht [51], 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.

52

Licht für Cafeterien, Mensen und Küchen

Mensen und Cafeterien erfüllen in modernen Bildungseinrichtungen eine wichtige Funktion. Häufig als Mehrzweckräume konzipiert, dienen sie der Verköstigung und Erholung zwischen Lehrveranstaltungen, als Treffpunkt und Versammlungsort bei Veranstaltungen und Festen.

Mensen und Cafeterien benötigen ein freundliches Raumklima, damit sich die Menschen, die sich in ihnen aufhalten, wohlfühlen, entspannen und in kurzer Zeit neue Kraft schöpfen können. Nur in hellen, lichtdurchfluteten Räumen, in denen ein kommunikatives Klima vorherrscht, ist schnelle Regeneration möglich. Vielfach sind Mensen an Gebäudeaußenseiten zu finden, wo Tageslicht einfällt, das bei Bedarf durch Kunstlicht ergänzt wird.

Für die notwendige Flexibilität und Steuerung von künstlichem und natürlichem Licht in Cafeterien und Mensen sorgen moderne Lichtmanagementsysteme, die in Verbindung mit energieoptimierter Lichttechnik eine normgerechte und effiziente Beleuchtung gewährleisten.

Kommunikation und Regeneration

Cafeterien und Mensen sind Orte, an denen Menschen Erholung suchen. Die Verweildauer in Mensen und Cafeterien ist zudem meist recht kurz. Gutes Licht trägt dazu bei, dass auch in knapp bemessenen Pausen eine schnelle Regeneration möglich ist. Im Kommunikationsraum Mensa/Cafeteria hat das Erkennen von Gesichtern, Mimik und Gestik, das durch eine schlagschattenfreie Beleuchtung mit ausgewogenen Direkt- und Indirektanteilen erzielt werden kann, große

53

54

Die richtige Tischbeleuchtung

Eine gute Tischbeleuchtung [54] ist darauf ausgerichtet, die Tischplatte hell auszuleuchten und Personen in dezentem Streulicht zurücktreten zu lassen. Pendelleuchten sollten zu diesem Zweck knapp über Augenhöhe hängen. Wichtig ist, dass die Leuchte nicht blendet und gegenübersitzende Personen nicht verdeckt. Optimal ist, wenn der Abstand zwischen Tischplatte und Unterkante der Leuchte in etwa 60 cm beträgt. Empfehlenswert sind Leuchten, die mit seidenmattem oder glänzendem Opalglas, getönten Gläsern oder dichten Stoffschirmen ausgestattet sind. Stören abgependelte Leuchten das Raumgefühl, lassen sich alternativ für eine Zonenbeleuchtung am Esstisch auch Deckenleuchten mit einem stark fokussierten Lichtkegel installieren.

Bedeutung. Zur Bewertung werden die Merkmale Modelling und halbzylindrische Beleuchtungsstärke herangezogen.

Allgemeinbeleuchtung

Zur wirtschaftlichen Grundbeleuchtung von Mensen und Cafeterien empfehlen sich Anbau- oder Einbauleuchten, ferner Strahler und Leuchten an Stromschienen. Als Alternative bieten sich blendfreie Pendelleuchten über den Tischen an, die den Sitzplätzen zugeordnet sind, in Kombination mit Wandleuchten und direkt oder indirekt strahlendem Licht zur Aufhellung der Decken und Wände. Um die Lichtstimmung verändern zu können, ist es sinnvoll, ein zweites oder drittes separat steuerbares Beleuchtungssystem zu installieren. Gemäß der Norm DIN EN 12464-1 wird in Speiseräumen eine Grundbeleuchtung von 200 Lux empfohlen.

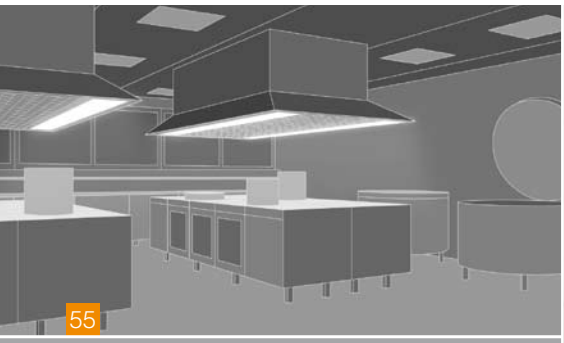
Gutes Licht macht Appetit

Bei der Auswahl der Leuchtmittel ist auf eine hohe Farbwiedergabe zu achten, um Speisen appetitlich zu präsentieren und die Farben von Gerichten nicht zu verfremden. Dazu gehört natürlich auch, dass die Bereiche der Essensausgabe und Kasse blendfrei ausgeleuchtet sind.

Alles in allem erfordern Lichtlösungen in Mensen und Cafeterien gut durchdachte gestalterische und lichttechnische Konzepte. Eine ausführliche Beratung durch einen erfahrenen Lichtplaner ist hier empfehlenswert, um zum Beispiel auch die Multifunktionalität der Räume mit all ihren lichttechnischen Möglichkeiten auszuschöpfen. So werden hier langfristig erholsame Pausen und vielfältige kommunikative Aktivitäten gewährleistet.

[53] Eine regelmäßige Anordnung der Tische und Stühle trägt zur Orientierung in großen Räumen bei. Wird die Struktur von der Beleuchtung aufgegriffen, verstärkt sich dieser Effekt.

[56] Ein abwechslungsreiches und angenehmes Ambiente lässt sich durch indirekt abstrahlende Leuchten mit direktem Lichtanteil sowie durch Wandleuchten erzielen, die Lichtakzente auf die farbige Wand werfen.



55

Funktionale Küchenbeleuchtung

Wer in Großküchen [55] in kurzer Zeit große Essensmengen produziert, braucht perfektes Licht. Beim nicht selten hektischen Verarbeiten von Nahrungsmitteln und der Zubereitung der Speisen ist ein ausgereiftes Beleuchtungskonzept erforderlich. Bei gutem Licht besehen, lassen sich Qualität und Garzustand der Lebensmittel besser beurteilen. Sicherheit am Arbeitsplatz, Sauberkeit und Hygiene sind weitere Kriterien, die für optimale Lichtlösungen sprechen. Ratsam ist, in Küchen Leuchten einzusetzen, die beständig gegen Wasserdampf, Temperatur und chemische Einflüsse sind. Des Weiteren sind Leuchtmittel mit speziellem Splitterschutz in Bereichen, in denen Essen vorbereitet oder verteilt wird, zu empfehlen. 500 Lux gelten gemäß DIN EN 12464-1 in Küchen als Mindestwert.

56

Verkehrswege und Kommunikationsbereiche

In Foyers, Treppen und Fluren nimmt die Beleuchtung als Orientierungshilfe eine unentbehrliche Funktion ein. Sie sorgt für Sicherheit, erschließt Gebäudeteile, setzt gestalterische Akzente und schafft Räume für die vielfältigen Arten der Kommunikation, sei es auf dem Weg zur nächsten Unterrichtseinheit oder in der Pause.

Die Verkehrszonen in Bildungsstätten verbinden Eingang, Foyer, Etagen und Räume miteinander. Gutes Licht hilft dabei, sich schnell und einfach zu orientieren, aber auch, sich sicher und wohl zu fühlen. Nicht ausreichend beleuchtete Gänge können für einen negativen „Tunneleffekt“ sorgen und dunkle Ecken lösen zudem Unbehagen bei den Nutzern aus. Gänge mit hellen Wand- und Deckenflächen wirken optisch größer und man kann sich hier schneller orientieren. Effiziente, breitstrahlende Leuchten, die vertikale Wandflächen gut und flächig ausleuchten, sind hierbei eine empfehlenswerte Lichtlösung. Grundsätzlich gilt: Dunkle Bodenbeläge, Wand- und Deckenflächen erfordern eine höhere Beleuchtungsstärke und bedingen so auch einen höheren Energieverbrauch.

Für die Sicherheit der Nutzer müssen Treppen besonders gut ausgeleuchtet sein. Blendfreies Licht und ein sicheres Erkennen der Stufenkanten muss zwingend gewährleistet werden. Ermöglicht wird das idealerweise durch eine gesonderte Stufenbeleuchtung mit Wand- und Bodeneinbauleuchten. Harte und lange Schatten sind dabei unbedingt zu vermeiden. Werden Wandleuchten im Treppenbereich eingesetzt, muss darauf geachtet werden, dass man sowohl beim Hinauf- wie beim Hinabgehen nicht von der Lichtquelle geblendet wird.

Verkehrswege und Kommunikationszonen

Foyers, Flure und Treppenhäuser werden zu Pausenzeiten auch als Kommunikationszonen und Aufenthaltsbereiche genutzt. Ansprechende Möbel und eine gute Beleuchtung können dazu beitragen, dass sich Menschen in diesen Bereichen wohlfühlen. Die Wandflächen werden an geeigneter Stelle für das schwarze Brett und Ausstellungsbereich für Objekte und Projektergebnisse aus dem Schul- und Unialltag genutzt. Als passende Lösung bietet sich eine ergänzende, separat schaltbare und individuell anpassbare Beleuchtung der vertikalen Wandfläche mit asymmetrisch abstrahlenden Wandflutern oder mithilfe eines Schienensystems und verstellbaren Strahlern an

Je nach baulichen Gegebenheiten in der Bildungseinrichtung werden Foyers auch für Theateraufführungen genutzt. Variable Bühnenstrahler, die die Aufführung ins rechte Licht rücken, sind hier ergänzend zur getrennt regelbaren Grundbeleuchtung die richtige Lösung. Eine Lichtsteuerung mit einfacher Bedienerführung und voreingestellten Szenen sorgt für Komfort und Alltagstauglichkeit.

Lichtsteuerungen und Präsenzmelder helfen, Energie zu sparen

Da die Beleuchtung in vielen schulischen Verkehrszonen nur temporär benötigt wird, kann mit Präsenzmeldern – auch in Kombination mit Lichtsteueranlagen – deutlich Energie eingespart werden. Ist Tageslicht vorhanden, lässt sich das künstliche Licht über Sensoren auf das benötigte Minimum reduzieren.

Eine Sicherheitsbeleuchtung ist für alle Verkehrsflächen vorzusehen. Weitere Informationen dazu finden sich im Kapitel Sicherheitsbeleuchtung auf den Seiten 38-39.

[58, 59] Verkehrszonen dienen in Pausen der Kommunikation. Möbel und gute Beleuchtung unterstützen den Wohlfühlfaktor.

[60] Helle Farben an Wand, Decke und Boden sowie das entsprechende Licht lassen Räume größer erscheinen.

[61] Bei Treppen zählt vor allem die Sicherheit. Diese wird durch eine gute Erkennbarkeit der Stufen anhand von kontrastreicher, heller Beleuchtung erreicht.

57

Lehrerzimmer

Informieren und Kommunizieren [57]: Als zentraler Arbeitsraum und Treffpunkt ist das Lehrerzimmer eine wichtige Anlaufstation, zu Konferenzzwecken, Klärung organisatorischer Fragen und vielem mehr. Unterschiedlichste Tätigkeiten, wie das Vor- und Nachbereiten von Unterrichtseinheiten, Korrekturen von Schulaufgaben, Arbeiten am PC oder der Austausch von Informationen, finden hier statt. Licht muss dabei ein angenehmes Raumgefühl schaffen und konzentriertes Arbeiten ermöglichen. Eine ausgewogene Lichtstimmung – mit indirekten Lichtanteilen an Wänden und Decken sowie direktem, individuell einstellbarem Licht auf den Arbeitsflächen – unterstützt eine gute Arbeitsatmosphäre. Geeignet sind hier gut entblendete Pendelleuchten oder Stehleuchten mit direkt- indirekten Lichtanteilen.

58

59

60

61

Sicherheitsbeleuchtung

Wenn in fensterlosen oder abgedunkelten Räumen plötzlich der Strom ausfällt und das Licht ausgeht, kann schnell Panik aufkommen. Sicherheitsbeleuchtung sorgt in diesem Fall für eine netzunabhängige Grundhelligkeit, hilft dabei, nicht die Orientierung zu verlieren und schnell die Ausgänge zu finden.

Das Bauordnungsrecht schreibt in den meisten Bundesländern eine Sicherheitsbeleuchtung in Schulen vor. Diese sorgt bei einem Stromausfall automatisch – durch eine netzunabhängige Stromversorgung, beispielsweise durch Batterien – für eine einfache Grundbeleuchtung, um die Orientierung zu wahren und Unfälle zu vermeiden. Rettungszeichenleuchten hingegen zeigen an, welche Wege aus dem Gebäude führen, lebensrettend, wenn ein Notfall eintritt.

In welchen Bereichen muss zwingend eine Sicherheitsbeleuchtung eingesetzt werden?
Sicherheitsbeleuchtung muss in Fluren und Treppenhäusern, die kein oder zu wenig Tageslicht aufweisen sowie in fensterlosen Aufenthaltsräumen vorhanden sein. Besitzt die Bildungseinrichtung eine Aula, in der viele Personen Platz finden, greift die Versammlungsstättenverordnung. Sie schreibt eine Sicherheitsbeleuchtung bei mehr als 200 Personen vor. Ist der Saal verdunkelt, müssen Ausgänge, Gänge und Stufen durch die Sicherheitsbeleuchtung sichtbar gemacht werden.

In Fachräumen ist eine Sicherheitsbeleuchtung immer dann erforderlich, wenn der Fachraum verdunkelt werden kann. Hier kann aber auch aus Sicht des Arbeitsschutzes eine Sicherheitsbeleuchtung notwendig werden. Auch für Cafeterien und Mensen ist eine Sicherheitsbeleuchtung erforderlich, wenn mehr als 200 Personen dort Platz finden. Sporthallen benötigen für die Teilnehmer ebenfalls eine Sicherheitsbeleuchtung nach DIN EN 12193.

62

Anforderungen an eine Sicherheitsbeleuchtung in Schulen

In Fluren und Treppenräumen, die kein oder zu wenig Tageslicht aufweisen sowie in fensterlosen Aufenthaltsräumen, Aulen, Fachräumen, Cafeterien, Mensen und Küchen muss die Beleuchtungsstärke der Sicherheitsbeleuchtung bei Netzausfall mindestens 1 Lux betragen. Bei Bühnen beträgt der Richtwert 3 Lux.

Für Sportstätten empfiehlt sich bei der Sicherheitsbeleuchtung – je nach Sportart – eine Beleuchtungsstärke, die bis zu 10 % der Nennbeleuchtungsstärke beträgt. Hier dient die Sicherheitsbeleuchtung nicht nur zum schnellen Auffinden der Ausgänge, sondern auch der Sicherheit der Sportler bei Spielen, Wettkämpfen und Trainingseinheiten, um sich bei einem unerwarteten Lichtausfall nicht zu verletzen.

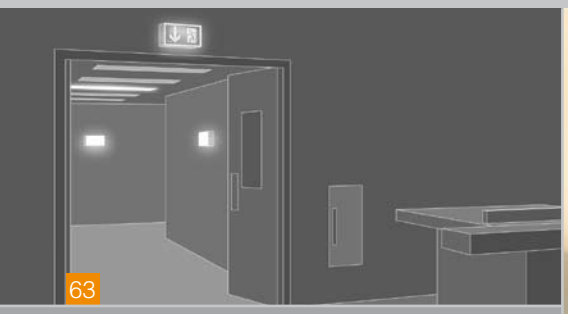
Sicherheitsbeleuchtung mit LED-Technik

Die Sicherheitsbeleuchtung setzt heute fast ausschließlich auf LED-Technologie. Mit ihrer vorteilhaften Lichtausbeute sind die LEDs eine besonders effektive Alternative zu bisherigen Leuchtmitteln. Durch spezielle Optiken und Lenkung des Lichts lassen sich mit LEDs besonders effiziente Beleuchtungskonzepte realisieren, die den Stromverbrauch um bis zu 70 % senken. Mehr als 50.000 Stunden Betriebsdauer gelten dabei heutzutage als Standard. Mit der längeren Betriebsdauer ist zudem auch eine Senkung der Instandhaltungskosten verbunden. Ein weiterer Vorteil der LED-Technologie liegt in deutlich kleineren Leuchtenabmessungen, die auch den Einsatz von separat angebrachten Sicherheitsleuchten möglich machen.

In welchen Bereichen Sicherheitsleuchten erforderlich sind, kann man in der DIN EN 1838 nachlesen. Daten über Gleichmäßigkeit, Einschaltverzögerung, Farbwiedergabe, Blendungsbegrenzung und Beleuchtungsstärke sind dort ebenso verzeichnet.

Weitere Informationen zum Thema Sicherheitsbeleuchtung sind in licht.wissen 10 zu finden.

[62, 64] Flure und Treppen müssen mit Sicherheitszeichen und Sicherheitsleuchten, die bei Netztausfall eine Orientierung ermöglichen, ausgestattet sein.


63

Sicherheitsbeleuchtungssysteme

Sicherheitsbeleuchtungssysteme [63] 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 Schutzeinrichtungen 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.

64

65

66

67

68

Vielfältige Raumnutzung

Unterschiedliche Sportarten [68] benötigen ein Beleuchtungsniveau, das an den jeweiligen Bedarf angepasst ist. Damit werden hohe Anforderungen an die Beleuchtung gestellt. Wichtig ist zudem eine hohe Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke. Der Schlüssel für eine vielfältige Raumnutzung ist ein intelligentes Lichtmanagementsystem, das das Beleuchtungsniveau an die Sportart anpasst und dabei Energie einspart. Auf Knopfdruck kann damit zum Beispiel Licht für den einfachen Sportunterricht oder eine Wettkampfsituation abgerufen werden. In Mehrzweckhallen muss die Möglichkeit bestehen, das Licht in einzelnen Hallenteilen separat zu schalten und zu dimmen. Ist Tageslicht vorhanden, kann das Kunstlicht mittels Helligkeitssensoren an den Bedarf angepasst werden. Um auch für artfremde Nutzungen – beispielsweise Schulveranstaltungen – gerüstet zu sein, sollte es möglich sein, Leuchten über ein intuitiv bedienbares Display gruppenweise zu schalten und zu dimmen.

Licht für Sporthallen und Sportplätze

In Sporthallen und auf Sportplätzen sind vor allem Muskeleinsatz und Spielfreude gefordert. Man bewegt sich schnell, spielt mit Bällen, macht Gymnastik oder Entspannungsübungen. Hier sind variable Beleuchtungsstärken gefordert, um für jede Sportart das richtige Licht bereitzustellen.

Um den vielfältigen Bedürfnissen von Sporthallen-Nutzern gerecht zu werden, sind vor allem zwei Dinge wichtig: Zum einen die Lichtqualität, die sich aus der Beleuchtungsstärke, der Homogenität, Blendungsfreiheit und Farbwiedergabe des Lichts zusammensetzt. Zum anderen muss das Licht flexibel steuerbar sein, um sowohl für Sportveranstaltungen und Wettkämpfe, bei denen hohe Geschwindigkeiten und präzise Wahrnehmung gefordert sind, als auch für langsame Sportarten und Entspannungsübungen die adäquate Lichtstimmung bieten zu können.

Beleuchtungsstärken

Laut DIN EN 12193 reicht für die meisten Ballsportarten eine horizontale Mindestbeleuchtungsstärke von 200 Lux aus. Höhere Beleuchtungsstärken sind bei schnellen Ballsportarten mit kleinen Bällen – beispielsweise Badminton oder Tischtennis – nötig. 300 Lux und mehr sind hier für die vertikale Beleuchtungsstärke gefordert. Bei Wettkämpfen und Wettkampftraining steigen die empfohlenen Lux-Werte noch einmal deutlich auf 500 bis 750 Lux an.

Planung und Leuchtenauswahl

Bei der Lichtplanung für eine Sporthalle muss zunächst festgelegt werden, für welche Sportarten diese ausgelegt sein muss. Die Sportart mit der anspruchsvollsten Sehaufgabe ist hierfür das Maß, das zugrunde gelegt werden muss. Bei der Auswahl der Leuchten sind folgende Kriterien gefragt: Montageart, optimale Entblendung und Ballwurfsicherheit. Je nach Art der Decke kommen Einbau- oder Anbauleuchten infrage. Pendelleuchten bieten vor allem in höheren Hallen eine gute Lösung. Hochwertige Raster in den Leuchten helfen, die Sehleistung beim Sport zu verbessern und sorgen für eine optimale Entblendung aus allen Blickwinkeln. Alle eingesetzten Leuchten müssen als ballwurfsicher gekennzeichnet sein, damit sie auch durch fehlgeleitete Bälle nicht zu Bruch gehen. Erste Wahl sind Flächenleuchten. Um Farben richtig zu erkennen, ist zudem eine gute Farbwiedergabe und eine neutralweiße Lichtfarbe empfehlenswert.

Licht für Umkleideräume

Umkleideräume verlangen nach einer gleichmäßigen, hellen Beleuchtung. Harte Schatten sind hier unvorteilhaft. Durch hohe vertikale Beleuchtungsstärken erreicht man zudem eine gute Sicht in den Schrank. Damit die Farben der Kleidung unverfälscht wiedergegeben werden, ist eine gute Farbwiedergabe der Lampen empfehlenswert. Für mehr Sicherheit, aber auch, um Energie zu sparen und die Lebensdauer der Lampen zu erhöhen, empfiehlt sich in Umkleide- und Sanitärräumen eine Präsenzsteuerung, die das Licht je nach Bedarf an- und ausschaltet.

Sportplätze

In der Regel werden Hochleistungs-Mastleuchten als Fluter zur Beleuchtung von Sportplätzen eingesetzt. Optimal wird die Beleuchtungsaufgabe erfüllt, wenn sie in den Ecken bzw. längs der Spielfläche positioniert werden. Eine gleichmäßige Ausleuchtung der Spielfläche und blendfreies Licht lässt sich am besten durch eine möglichst hohe Anbringung der Leuchten erreichen. Um harte Schlagschatten zu verhindern, müssen die Scheinwerfer oder Strahler so ausgerichtet sein, dass mindestens zwei Leuchten jede Position auf dem Spielfeld beleuchten und eine Blendung der Zuschauer vermieden wird.

Eine gute und vorausschauende Lichtplanung eines professionellen Lichtplaners ist empfehlenswert, um Sporthallen und Sportplätze richtig zu beleuchten.

Weitere Informationen und Planungshilfen sind in licht.wissen 08 „Sport und Freizeit“ zu finden.

[65] Flutlichtanlagen ermöglichen Trainingszeiten auch bei Dunkelheit. Wichtig ist eine gleichmäßige Helligkeit auf dem gesamten Spielfeld.

[66] Je schneller die Sportart und je kleiner der Ball, desto höher muss das Beleuchtungsniveau in der Halle sein.

[67] Tageslicht über Fenster und Dachflächen sorgt für eine optimale Ergänzung von künstlichem Licht. Über eine Lichtsteuerung wird das Kunstlicht an die benötigte Beleuchtungsstärke angepasst und damit ein deutlicher Beitrag zur Energieeinsparung und Ressourcenschonung geleistet.

Licht für Pausenhöfe und Parkplätze

Die Verkehrsflächen im Außenbereich von Schulen dienen auf der einen Seite der Erholung und Kommunikation und kommen dem Bewegungsdrang vor allem junger Schüler entgegen. Auf der anderen Seite sind hier Sicherheit, eine gute Wegeführung und die Betonung der Architektur gefragt.

Oft wird der Außenbereich von Schulen und Bildungsstätten als Freizeit-, Spiel- und Sporteinrichtung genutzt. Sicherheit ist hier das wichtigste Kriterium bei der Lichtplanung. Gefahrenstellen wie Ein- und Ausfahrten, aber auch Treppenstufen und Hindernisse müssen durch die Beleuchtung besonders hervorgehoben werden. Dazu ist genügend Helligkeit auf horizontalen und vertikalen Flächen sowie blendfreies und gleichmäßiges Licht gefragt. Schlagschatten sollten möglichst vermieden werden, um eine gute Orientierung zu ermöglichen und Gesichter kenntlich zu machen.

Besondere Aufmerksamkeit muss auf die Beleuchtung von Treppenstufen gelegt werden. Diese treten plastisch hervor, wenn Licht und weiche Schatten in einem ausgewogenen Verhältnis zueinander stehen. Lange Schlagschatten sind zu vermeiden, weil Stufen dadurch falsch eingeschätzt werden und die Unfallgefahr steigt.

Leuchten im Außenbereich müssen hohe Anforderungen erfüllen was Temperaturverträglichkeit und Dichtigkeit gegenüber Wasser, Insekten und Staub angeht. Die Mindestanforderung beträgt hier IP 44. Zudem ist bei der Leuchtenauswahl auf eine hohe Materialqualität zu achten. Die Leuchten sollten, soweit möglich, Vandalismus keine Chance geben. Besonders geeignet für den Außenbereich sind Mast- und Pollerleuchten, ferner Wandleuchten sowie Wand- und Bodeneinbauleuchten. Überdachte Bereiche können mit Deckenanbau- oder Deckeneinbauleuchten bestückt werden. Idealerweise wird durch die Beleuchtung die Gebäudearchitektur betont und deren Besonderheiten hervorgehoben.

Als Leuchtmittel werden energiesparende LEDs, Leuchtstofflampen und Halogen-Metalldampflampen empfohlen. Mit der passenden Farbtemperatur lässt sich der Gestaltungsspielraum bezüglich einer bewussten Akzentuierung von bestimmten Bereichen, beispielsweise Baumgruppen oder Fassaden, erweitern.

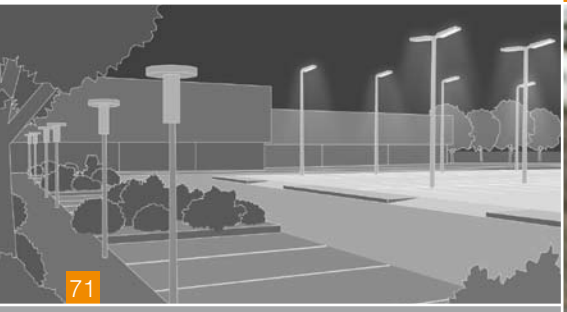
69

Eine gezielte Lichtlenkung lässt sich durch Leuchten mit gerichteten Reflektorsystemen erreichen. Sie bringen das Licht dorthin, wo es benötigt wird und wirken störenden Blendeffekten oder Lichtimmissionen entgegen. Zum Schutz nachtaktiver Insekten sollte auf ein Farbspektrum mit geringer Anlockwirkung geachtet werden.

[69, 72] Pausenhöfe dienen der Kommunikation, aber auch der sportlichen Betätigung als Ausgleich zum statischen Sitzen im Unterricht. Poller- und Mastleuchten sorgen für ein angemessenes Beleuchtungsniveau.

[70] Vordächer bieten sich für Einbau- oder Anbauleuchten geradezu an. Treppenstufen müssen durch die Beleuchtung besonders hervorgehoben werden.

70



71

Beleuchtung von Parkplätzen

Sicherheit geht vor [71]: Parkplätze sind Verkehrszonen. Hier begegnen sich Autofahrer, Motorrad- und Radfahrer sowie Fußgänger. Die Kollisionsgefahr wächst mit zunehmendem Verkehrsaufkommen. Eine gute Beleuchtung verringert die Unfallgefahr. Gut beleuchtete Fahrbahnen, Wege und Plätze unterstützen die Orientierung, erleichtern das Erkennen von Fahrzeugen, Personen, Begrenzungen und Hindernissen und schützen vor kriminellen Übergriffen. Gefahrenstellen wie Ein- und Ausfahrten müssen durch die Beleuchtung hervorgehoben werden. Die Verkehrsfrequenz ist entscheidend für die in der DIN EN 12464-2 geforderte Beleuchtungsstärke (Wartungswert): mindestens 20 Lux bei hoher Verkehrsstärke, 10 Lux bei mittlerer und 5 Lux bei geringer Verkehrsstärke. Wichtig ist zudem, gut entblendete Leuchten einzusetzen und die Randbereiche mit in die Beleuchtung einzubeziehen.

72

Normen und Fachbegriffe

Um Licht in Schulen und Bildungsstätten normgerecht, sicher und nutzerfreundlich zu gestalten, müssen einige wichtige Grundregeln beachtet werden. Dieses Kapitel hilft dabei, relevante Normen und lichttechnische Fachbegriffe besser zu verstehen und dient als Wissensgrundlage für eine gute Lichtplanung.

Um die Qualität der Beleuchtung in Schulen und Bildungsstätten zu gewährleisten, müssen einige wichtige Kriterien und Normen erfüllt werden. An erster Stelle zu nennen ist die DIN EN 12464-1:2011 „Licht und Beleuchtung – Beleuchtung von Arbeitsstätten – Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen“, die europaweit Gültigkeit hat. Sie wird in der Praxis besonders häufig angewendet. Daneben sind auch die technischen Regeln für Arbeitsstätten, ASR A3.4 vom April 2011 zu beachten. Zu Rate zu ziehen ist in zudem auch die „Beleuchtung 2006“ der AMEV (Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen), die mit zahlreichen Hinweisen für die Planung von Beleuchtungsanlagen in öffentlichen Gebäuden aufwartet. Bildungseinrichtungen und Sportstätten sind Teil dieser Empfehlungen. Die Sportstättenbeleuchtung wird normativ in der DIN EN 12193 geregelt.

Beleuchtungsstärken

Eine unter natürlichem Licht beleuchtete Fläche weist bei bewölktem Himmel eine Beleuchtungsstärke von 10.000 Lux, bei Sonne sogar bis zu 100.000 Lux auf. In Innenräumen muss man mit sehr viel weniger Licht auskommen. Bei künstlicher Beleuchtung reichen zumeist 300 bis 500 Lux auf horizontalen Arbeitsflächen für Schreib- und Lesearbeiten. Die Tafelbeleuchtung muss mindestens 500 Lux betragen.

Fest steht, dass eine höhere Beleuchtungsstärke die Motivation und das Wohlfühlen steigern. Vor allem im Winter, wenn wenig Tageslicht zur Verfügung steht, kommt es schnell zu Ermüdungserscheinungen. Mit mehr Licht in Innenräumen lässt sich diesem Phänomen entgegenwirken.

Variiert der Ort der Tätigkeiten im Unterrichtsraum, muss der komplette Bereich mit der benötigten Beleuchtungsstärke beleuchtet werden. Auf Seite 47 in diesem Heft sind alle empfohlene Beleuchtungsstärken der DIN EN 12464-1 nach Raumarten in Schulen und Bildungsstätten aufgeführt. Die angegebenen Werte gehen von normalen Sehbedingungen aus. Bei anspruchsvolleren Sehaufgaben oder eingeschränktem Sehvermögen der Lernenden werden höhere Beleuchtungsstärken notwendig.

[73, 75] Wichtig in allen für schulische Zwecke genutzten Räumen ist eine gleichmäßige und helle Ausleuchtung der horizontalen Arbeitsflächen.

[74] Erforderliche Beleuchtungsstärken im Bereich von Sehaufgabe und unmittelbarer Umgebung. Auszug aus DIN EN 12464-1:2011 (D). Quelle: Beuth Verlag, Berlin.

73

Wartungswert

Die Beleuchtungsstärke lässt aufgrund von Alterung (Leuchte, Vorschaltgerät und Leuchtmittel) und der Verschmutzung von Beleuchtungskörpern und umgebendem Raum kontinuierlich über die Jahre hinweg nach. Der Wartungswert ist der Wert, unter den die mittlere Beleuchtungsstärke $\bar{E}_m$ nicht sinken darf, unabhängig von Alter und Zustand der Beleuchtungsanlage. Neuanlagen werden mit einer höheren Beleuchtungsstärke ausgestattet (Neuwert), um die Abnahme der Beleuchtungsstärke über die Jahre hinweg aufzufangen.

Die Lichtplanung berücksichtigt den Wartungsfaktor entsprechend folgender Gleichung, um den Wartungswert zu ermitteln:
Wartungswert = Wartungsfaktor x Neuwert

Gleichmäßigkeit

Im Schulungsraum wechselt der Blick der Nutzer ständig zwischen Nahbereichen (Arbeitstisch) und Fernbereichen (Tafel, Lehrer). Sind die Helligkeitsunterschiede sehr groß, müssen sich die Augen stetig wechselnden Gegebenheiten anpassen. Das ermüdet und verringert Sehleistung und Wohlbefinden. Zu geringe Helligkeitsunterschiede im Raum sollten allerdings ebenfalls vermieden werden. Sonst wird die Umgebung schnell als monoton und langweilig empfunden. Gemäß DIN EN 12464-1 soll die Gleichmäßigkeit auf den Wänden und Decken mindestens 0,1 betragen.

Umgebungsbereich

Unterschiedliche Beleuchtungsstärken in der direkten Umgebung können visuelle Überlastung und eine Beeinträchtigung des Wohlbefindens nach sich ziehen. Entscheidend für die richtige Beleuchtungsstärke des unmittelbaren Umgebungsbereichs – laut Definition der Bereich, der das Gebiet der Sehaufgabe in einer Fläche von mindestens 0,5 m umgibt – ist die geforderte Beleuchtungsstärke im Bereich der Sehaufgabe.

Die Beleuchtungsstärke des Umgebungsbereichs kann niedriger sein als die im Bereich der Sehaufgabe. Folgende Werte dürfen jedoch nicht unterschritten werden:

Beleuchtungsstärke im Bereich der Sehaufgabe $\bar{E}_{Aufgabe}$ in Lux	Beleuchtungsstärke im unmittelbaren Umgebungsbereich in Lux
≥ 750	500
500	300
300	200
200	150
150	$\bar{E}_{Aufgabe}$
100	$\bar{E}_{Aufgabe}$
< 50	$\bar{E}_{Aufgabe}$

74

Die Gleichmäßigkeiten U_0 im unmittelbaren Umgebungsbereich muss ≥ 0,40 sein.

Hintergrundbereich

Eine ausreichende Beleuchtung von Flächen in weiterer Entfernung – d.h. hinter dem Umgebungsbereich – ist vor allem in Innenräumen mit schlechter Tageslichtversorgung notwendig. Als Hintergrundbereich gilt der Bereich, der den Umgebungsbereich mit einer Breite von mindestens drei Metern umgibt. Nicht unterschritten werden sollte eine Beleuchtungsstärke von einem Drittel des Wertes für den unmittelbaren Umgebungsbereich.

Direkt-indirekte Beleuchtung

Leuchten mit einer indirekten Lichtverteilung sorgen für eine gleichmäßige Aufhellung des Raumes und schaffen einen freundlichen, angenehmen Raumeindruck. Tische und Stühle lassen sich durch die hohe Gleichmäßigkeit des Lichts, das zudem Reflexionen minimiert, bei dieser Beleuchtung frei anordnen. Eine abgehängte, reine Direktbeleuchtung hat dagegen den Nachteil, dass die Raumdecke relativ dunkel bleibt und dadurch ein höhlenartiger Eindruck erzeugt wird. Bezieht man sich allerdings nur auf die Energieeffizienz, ist eine reine Direktbeleuchtung effizienter als eine reine Indirektbeleuchtung. Kombinierte Direkt- Indirektsysteme sind aus diesem Grund im Besonderen zu empfehlen.

Beleuchtungsstärke auf vertikalen Flächen

Helle Wände und Decken geben dem Unterrichtsraum einen freundlichen Charakter und werden durch die DIN EN 12464-1 explizit gefordert. Vertikale Tafel- oder Präsentationsflächen benötigen mindestens 500 Lux, um eine optimale Erkennbarkeit auch von den hinteren Plätzen zu gewährleisten. Eine ausgewogene Leuchtdichteverteilung im Gesichtsfeld muss in die Berechnungen mit einbezogen werden.

75

76

77

78

79

Direktblendung

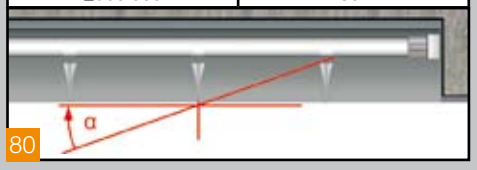
Blendung durch Licht stört die Wahrnehmung nachhaltig und mindert die Sehleistung. Besonders stark fällt Direktblendung beim Aufeinandertreffen von sehr hellen und sehr dunklen Flächen oder beim Blick direkt in das Leuchtmittel ins Gewicht. Ermüdungserscheinungen und Konzentrationsfehler sind die Folge.

Zur Beurteilung der psychologischen Blendung kommt das UGR-Verfahren (unified glare rating) – bezogen auf die Norm DIN EN 12464-1 – zur Anwendung. Alle Leuchten einer Beleuchtungsanlage, die einen Blendeindruck hinterlassen, ferner die Helligkeit von Wänden und Decken werden beim Verfahren zur Ermittlung eines UGR-Wertes berücksichtigt. Der für die meisten Raumarten in Bildungsstätten geltende UGR-Grenzwert ist in der Tabelle auf der rechten Seite nachzulesen.

Blendung durch Abschirmung verhindern

Abschirmung hilft, Blendung durch helle Lichtquellen zu verhindern. Dies gilt für Lampen gleichermaßen wie für Fenster, die zur Abdunklung mit einer Lichtschutzvorrichtung ausgestattet sein sollten. Bei folgenden Lampen-Leuchtdichten muss auf den passenden Mindestabschirmwinkel geachtet werden:

Lampen-Leuchtdichte cd/m²	Mindestabschirmwinkel α
20.000bis < 50.000	15°
50.000bis < 500.000	20°
≤500.000	30°



80

Reflexblendung

Lichtreflexe auf Büchern oder Unterlagen können sehr störend sein und verschlechtern die Sehbedingungen. Vermeiden lassen sich diese mit gut entblendeten Leuchten, die uneingeschränkte Sicht, auch auf glänzende Unterlagen, ermöglichen. Bei der Arbeit am Bildschirm kommt es bei ungünstig positionierten Leuchten oder schlechter Entblendung zu störenden Spiegelungen, die die Sicht behindern und die Augen ermüden.

Durch folgende Maßnahmen lassen sich Schleierreflexionen und Reflexblendung vermeiden oder einschränken:

- Richtige Anordnung der Arbeitsplätze in Bezug zu den Leuchten, Fenstern und Dachoberlichtern
- Abschattungsmöglichkeit bei Fenstern und Oberlichtern
- Einsatz richtig entblendeter Leuchten
- Leuchten mit großflächigen, nicht zu hellen leuchtenden Flächen
- Geeignete Oberflächenbeschaffenheit (matte Oberflächen)
- Helle Decke und helle Wände

Schatten und Modelling

Ohne Licht können wir Gegenstände nicht erkennen, ohne Schatten wirken sie nur zweidimensional. Plastisch erscheinen Gegenstände erst, wenn die Mischung aus Lichtrichtung und Schattigkeit stimmt. Auch Entfernungen sind nur dann gut abschätzbar. Schatten können allerdings auch sehr störend sein. Damit sie die Sicht beim Schreiben nicht behindern, sollte das Licht bei Rechtshändern von links einfallen. Mehrfachschatten, die verwirrende visuelle Erscheinungen hervorrufen können, sind zu vermeiden. Sie entstehen, wenn gerichtetes Licht aus mehreren Positionen auf einen Gegenstand fällt.

Die Beleuchtung darf in Kommunikationszonen nicht zu stark von oben auf Personen gerichtet sein, weil sich dadurch unerwünschte Schatten bilden. Zur Reduzierung störender Schatten trägt eine direkt-indirekte Beleuchtung bei.

Das Licht sollte demgegenüber allerdings auch nicht zu diffus sein, da sonst der Modellingeffekt, der eine gute dreidimensionale Wahrnehmung ermöglicht, verloren geht. Zudem würde die Lichtumgebung monoton und langweilig wirken. Als Modelling ist die Ausgewogenheit zwischen diffusem und gerichtetem Licht zu verstehen. Auf das Verhältnis zwischen der zylindrischen und der horizontalen Beleuchtungsstärke auf einen Punkt bezogen, ist ein Wert zwischen 0,30 und 0,60 empfehlenswert.

Farbwiedergabe und Lichtfarben

Nur wenn Farben wirklichkeitsgetreu abgebildet werden, können schulische Unterlagen richtig beurteilt und Menschen gesund und attraktiv wahrgenommen werden. Die Qualität der Wiedergabe von Farben bei künstlicher Beleuchtung wird durch den Farbwiedergabeindex R_a festgelegt. Ein R_a-Wert von 100 bedeutet, dass die Farben des Objekts identisch mit der Wahrnehmung in natürlichem Licht sind. Abhängig ist der Farbwiedergabewert insbesondere von der spektralen Zusammensetzung des künstlichen Lichts beziehungsweise von der Art und Qualität des Leuchtmittels. Die normbasierten Mindestwerte des Farbwiedergabeindexes für verschiedene Innenräume, Aufgaben oder Tätigkeiten sind in der Tabelle auf der rechten Seite zu finden.

Lampen geben ihr Licht in einer eigenen Lichtfarbe ab. Bei spezifischen Leuchtmitteln bieten die Lampenhersteller Lichtfarben in warmweiß, neutralweiß und kaltweiß an. Sehr oft wird die Lichtfarbe auch als ähnlichste Farbtemperatur in Kelvin – dem lichttechnischen Maß für den Farbeindruck einer Lichtquelle – angegeben.

Siehe dazu auch weitere Informationen im Kapitel "Lichtwirkung auf den Menschen" Seite 16-17.

81

82

83

84

[76, 77] Reflexblendung und Schleierreflexionen können das Arbeiten am Bildschirm erheblich stören.

[78, 79] Ein niedriger Farbwiedergabewert lässt auch den schönsten Blumenstrauß fade und schlecht aussehen. Aber auch Personen, Bücher und Unterlagen werden bei Lampen mit guter Farbwiedergabe realer wahrgenommen.

[80] Mindestabschirmwinkel für Leuchten

[81, 82] Um störende Schatten zu vermeiden, sollte das Licht für Rechtshänder von oben links auf die Arbeitsfläche leuchten.

[83, 84] Bei hochglänzenden Büchern und Unterlagen ist eine Reflexblendung zu vermeiden, da damit das Lernen erheblich gestört wird. Leuchten mit direkt-indirekten Lichtanteilen und deren richtige Positionierung verhindern diese störenden Effekte.

[85] Auszug aus DIN EN 12464-1:2011 (D). Quelle: Beuth Verlag, Berlin.

Art des Innenraums, des Bereichs der Sehaufgabe, oder des Bereichs der Tätigkeit	$\bar{E}_m$ Lux	UGR_L	U_0	R_a	Spezifische Festlegungen und Anmerkungen
Ausbildungseinrichtungen – Kindergarten, Spielschulen					
Spielzimmer	300	22	0,4	80	
Krippenräume	300	22	0,4	80	
Bastelräume (Handarbeitsräume)	300	19	0,6	80	
Ausbildungseinrichtungen – Ausbildungsstätten					
Unterrichtsräume, Seminarräume	300	19	0,6	80	Beleuchtung sollte steuerbar sein
Unterrichtsräume für Abendklassen und Erwachsenbildung	500	19	0,6	80	Beleuchtung sollte steuerbar sein
Hörsäle	500	19	0,6	80	Beleuchtung sollte steuerbar sein, um unterschiedlichen A/V-Erfordernissen gerecht zu werden
Schwarze, grüne Wandtafeln und White-Boards	500	19	0,7	80	1. Spiegelnde Reflexionen müssen vermieden werden. 2. Vortragende/Lehrer müssen mit einer angemessenen vertikalen Beleuchtungsstärke beleuchtet werden
Demonstrationstisch	500	19	0,7	80	In Hörsälen 750 Lux.
Zeichensäle	500	19	0,6	80	
Zeichensäle in Kunstschulen	750	19	0,7	90	5000 K < Farbtemperatur < 6500 K
Räume für technisches Zeichnen	750	16	0,7	80	
Übungsräume und Laboratorien	500	19	0,6	80	
Handarbeitsräume	500	19	0,6	80	
Lehrwerkstätten	500	19	0,6	80	
Musikübungsräume	300	19	0,6	80	
Computerübungsräume (menügesteuert)	300	19	0,6	80	Bildschirmarbeit
Sprachlaboratorien	300	19	0,6	80	
Vorbereitungsräume und Werkstätten	500	22	0,6	80	
Eingangshallen	200	22	0,4	80	
Verkehrsflächen, Flure	100	25	0,4	80	
Treppen	150	25	0,4	80	
Gemeinschafts-, Versammlungsräume für Schüler / Studenten	200	22	0,4	80	
Lehrerzimmer	300	19	0,6	80	
Bibliotheken: Bücherregale	200	19	0,6	80	
Bibliotheken: Lesebereiche	500	19	0,6	80	
Lehrmittelsammlung	100	25	0,4	80	
Sporthallen, Gymnastikräume, Schwimmbäder	300	22	0,6	80	Für Trainingsbedingungen siehe EN 12193
Schulkantinen, Teeküchen	200	22	0,4	80	
Pausenräume	100	22	0,4	80	
Küchen	500	22	0,6	80	
Garderoben, Waschräume, Bäder, Toiletten	200	25	0,4	80	In jeder einzelnen Toilette, wenn diese vollständig eingebaut sind.

85

Leuchten in ihrer Anwendung

Bei der Auswahl der passenden Leuchten für Schulen und Bildungsstätten sollten Bauherr, Architekt und Lichtplaner eng zusammenarbeiten. Kriterien wie Betriebswirkungsgrad, Design, Material, lichttechnische Eigenschaften und die Möglichkeiten der Einbindung in eine Lichtsteuerung helfen bei der richtigen Entscheidung.

In Schulen und Bildungsstätten müssen Leuchten eingesetzt werden, die wirtschaftlich, effektiv und montagefreundlich sind, hohen Ansprüchen an Norm, Qualität und Gestaltung gerecht werden – und zudem selten gewartet werden müssen.

Der Begriff Leuchte beschreibt dabei den Beleuchtungskörper. Dieser beinhaltet die Komponenten Lampe (Leuchtmittel), Elektronik und Optik.

Lichttechnische Eigenschaften und Gütemerkmale

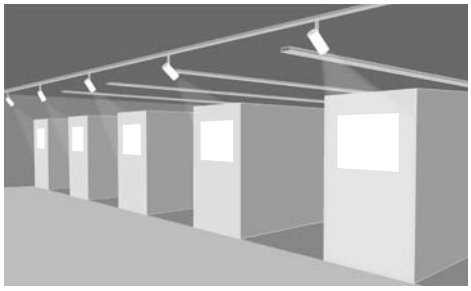
Die Lichtstärke-Verteilungskurve (LVK) gibt Auskunft über die lichttechnischen Eigenschaften einer Leuchte. Sie zeigt die Form der Ausstrahlung an und definiert die lokale Verteilung der Beleuchtungsstärke.

Licht- und energietechnisch von Belang ist ferner der Betriebswirkungsgrad einer Leuchte. Er ist Gradmesser für den Gesamtlichtstrom, der in den Raum abgestrahlt wird. Auch die Blendungsbegrenzung, die eine Leuchte auszeichnet, trägt als lichttechnisches Gütemerkmal zur Entscheidung für oder gegen den Einsatz einer Leuchte bei. Die eingesetzten Lampen müssen konstruktiv so in den Leuchten eingesetzt werden, dass sie durch technische Vorkehrungen – Raster oder Streuscheiben – abgeschirmt werden und eine Blendung vermieden wird.

Grundsätzlich müssen alle eingesetzten Leuchten und Bauteile die aktuellen Normen erfüllen und das ENEC-Zeichen tragen. Voraussetzung für den Einsatz von Lichtsteuerungen ist die Verwendung von dimmbaren Leuchten. Leuchtstofflampen müssen dafür mit entsprechenden elektronischen Vorschaltgeräten betrieben werden.

Lichtbandsysteme (Anbau-, Einbau-) für Leuchtstofflampen sind aneinandergereihte und durchgangsverdrahtete Leuchten, die mit unterschiedlichen Blendschutzvorrichtungen wie Reflektor, Raster oder prismatischer Abdeckung ausgestattet sind.

Lichtbandsysteme (abgependelt) für Leuchtstofflampen sind mit unterschiedlichen Abdeckungen (Reflektor, Raster oder prismatischer Abdeckung) erhältlich. Vorzugsweise mit Indirektanteil zur Aufhellung der Decke für ein besseres Raumgefühl.



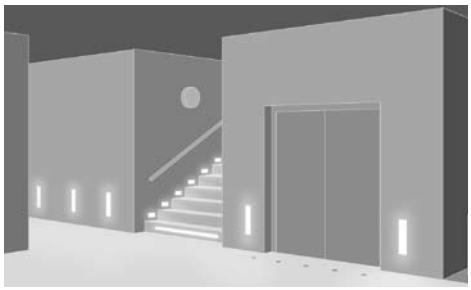
Stromschienensysteme schaffen Flexibilität auch bei sich ändernden Raumsituationen. An jeder Stelle der Schiene können über Adapter Leuchten und Strahler eingesetzt werden, um das Licht genau an den Ort zu bringen, wo es gebraucht wird.

Wandfluter als Anbau- und Einbauleuchten sorgen für eine homogene Ausleuchtung von Wand- oder Tafelflächen. Sie sind damit die ideale Wahl für eine vertikale Beleuchtung.

Deckenanbauleuchten werden als Mittel zur architektonischen Gestaltung eingesetzt und direkt oder diffus in den Raum abstrahlend angeboten.

Bei Deckeneinbauleuchten wird der Leuchtenkörper flächenbündig in die Decke eingelassen. Damit wirkt nur das Licht, der Leuchtenkörper tritt in den Hintergrund.

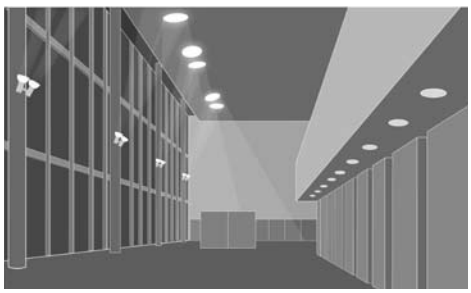
Wandleuchten werden häufig als Bestandteil der Allgemeinbeleuchtung in Fluren und Treppenhäusern eingesetzt. Sie eignen sich zudem für die dekorative Beleuchtung mit einem die Allgemeinbeleuchtung ergänzenden, akzentuierenden Licht.



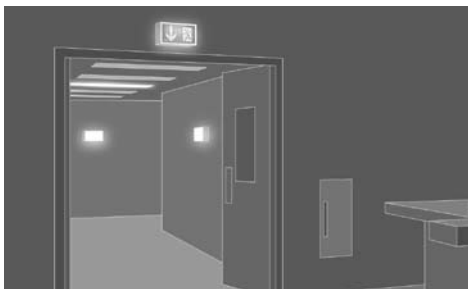
Wand- und Bodeneinbauleuchten ordnen sich flächenbündig und schlicht der Architektur unter und betonen diese an geeigneter Stelle. Sie werden vielfach als Stufenbeleuchtung verwendet, um Gefahrenzonen besonders hervorzuheben.

Pendelleuchten werden von der Decke abgependelt und damit auch als gestalterisches Element im Raum eingesetzt. Sie sind mit direkt-indirekt strahlender Lichtverteilung und unterschiedlichsten Leuchtmitteln und Designs erhältlich.

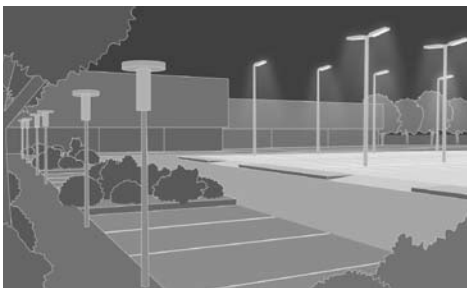
Steh- und Tischleuchten werden als nicht örtlich gebundene Beleuchtung eingesetzt und sollten individuell dimmbar sein. Wahlweise mit direkt-indirekt strahlender Lichtverteilung erhältlich, werden sie in der Schulverwaltung oder Bibliotheken eingesetzt.



Spiegel-Werfer-Leuchten sorgen besonders in Foyers und hohen Räumen für beste Sehbedingungen. Ein lichtstarker Strahler wirft das Licht auf einen zumeist leicht konvex geformten Spiegel, der es je nach Ausrichtung im Raum verteilt.

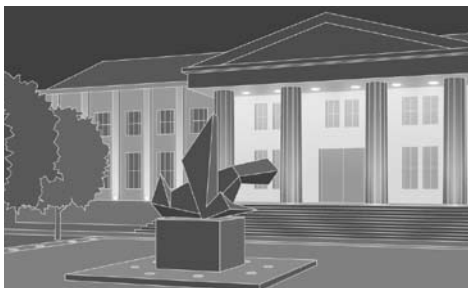


Sicherheitsleuchten erleichtern die Orientierung bei Netzausfall und ermöglichen das gefahrlose Verlassen des Gebäudes. Sie müssen unabhängig vom Stromnetz – zum Beispiel mittels Batterien oder Akkus – betrieben werden.



Mastleuchten und Lichtstelen werden als technische und dekorative Außenleuchten zur Beleuchtung von Fahrbahnen, Wegen und Plätzen eingesetzt. Je geringer ihre Lichtpunkthöhe ist, desto mehr Leuchten müssen angeordnet werden.

Hochleistungs-Mastleuchten als Fluter werden zur Beleuchtung von Sportplätzen im Freien eingesetzt. Leistungsstarke Mastleuchten sorgen für eine effiziente und homogene Ausleuchtung selbst großer Flächen.



Wandleuchten, Boden- und Deckeneinbauleuchten im Außenbereich sorgen für eine Akzentuierung von Fassaden, Pflanzen oder Objekten. Zudem können sie als Wegebeleuchtung für eine besserer Orientierung eingesetzt werden.

86

87

88

Innovative LED- und OLED-Technik

Die LED-Technologie mit ihrem großen Sortiment von LED-Modulen, Lampen und Leuchten ist dabei, sich in der Allgemeinbeleuchtung fest zu etablieren. Auch im Bereich Schulen und Bildungsstätten kann die LED viel zur Ressourcenschonung und Reduzierung der Betriebskosten von Beleuchtungsanlagen beitragen.

[86, 87] Leuchten mit LED-Technik sind in immer mehr Formen und Funktionsprinzipien erhältlich. Ob als Einbauleuchte oder als direkt-indirekt abstrahlende Pendelleuchte: Stets sind sie äußerst energieeffizient und langlebig.

[88] Im Gegensatz zu Glühlampen (Lebensdauer: circa 1.000 Stunden) und Leuchtstofflampen, die nach rund 18.000 Stunden ausgetauscht werden müssen, halten LEDs ungefähr 50.000 Stunden. Das spart Ressourcen und reduziert die Wartungskosten.

[89] Schnittdarstellung einer Leuchtdiode

[90] Organische Leuchtdioden sind aus sehr dünnen, übereinanderliegenden organischen Schichten aufgebaut. Diese sind eingebettet in großflächige Elektroden und emittieren bei Stromdurchfluss sichtbare Strahlung.

Bereits jetzt sind LED-Lampen – als eins zu eins Austausch für herkömmliche Leuchtmittel – erhältlich. Neben klassischen Glühlampenbauformen sind auch Reflektorlampen in den verschiedensten Ausführungen und Leistungsstufen erhältlich. Zudem werden mehr und mehr LED-Module in Leuchten eingebaut, die selbst nach ihrer sehr langen Lebensdauer von bis zu 50.000 Betriebsstunden durch Module neuerer Generation ausgetauscht werden können. Bei dem vielfältigen Angebot ist es vor allem wichtig, darauf zu achten, dass der Hersteller eine gleichbleibend hohe Qualität bei LED-Produkten gewährleistet. Billigprodukte enttäuschen nicht nur bei der Lichtleistung und der Lichtqualität, sondern insbesondere auch bei der Lebensdauer.

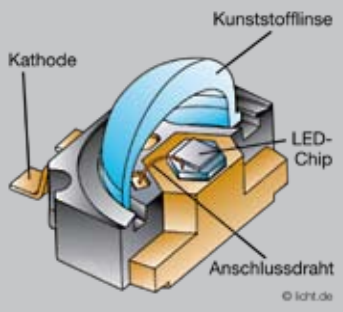
Vorteile der LED-Technologie:

- Hohe Energieeffizienz
- Lange Lebensdauer von bis zu 50.000h bei 70 % Lichtstrom, dadurch bedingt weniger Wartungskosten
- Weniger Müll, da Leuchtmittel weniger oft getauscht werden müssen
- Entsorgung: Im Vergleich zu Leuchtstofflampen enthalten sie kein Quecksilber
- Keine UV- und Infrarotstrahlung im Lichtkegel
- Hohe Lichtqualität
- 100 % Licht – ohne Flackern – sofort beim Einschalten
- LEDs sind äußerst robust: stoß-, vibrations- und schaltfest
- Gute bis sehr gute Farbwiedergabe
- Unterschiedliche Lichtfarben
- Je nach System dimmbar

Trotz der höheren Anschaffungskosten für hochwertige LED-Lichtlösungen amortisieren sich diese dank sehr langer Lebensdauer und niedrigen Wartungskosten schon nach kurzer Zeit.

Wie funktioniert eine LED?

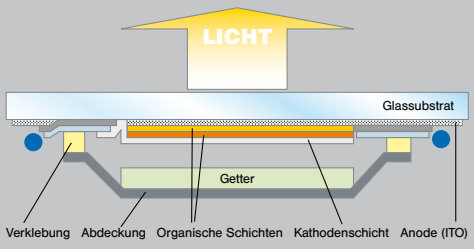
Leuchtdioden sind elektronische Halbleiterbauelemente. Fließt Strom durch die Halbleiterdiode, beginnt sie zu leuchten und emittiert Licht. Bei diesem Prozess, der Elektrolumineszenz, entsteht Licht – aber auch Verlustwärme. Ein gutes Thermomanagement sorgt für hohe Effizienz und lange Lebensdauer. Das Licht wird in einem Abstrahlwinkel von bis zu 180° emittiert und kann durch Linsen fokussiert werden.



89

Ein Blick in die Zukunft: Die OLED-Technik

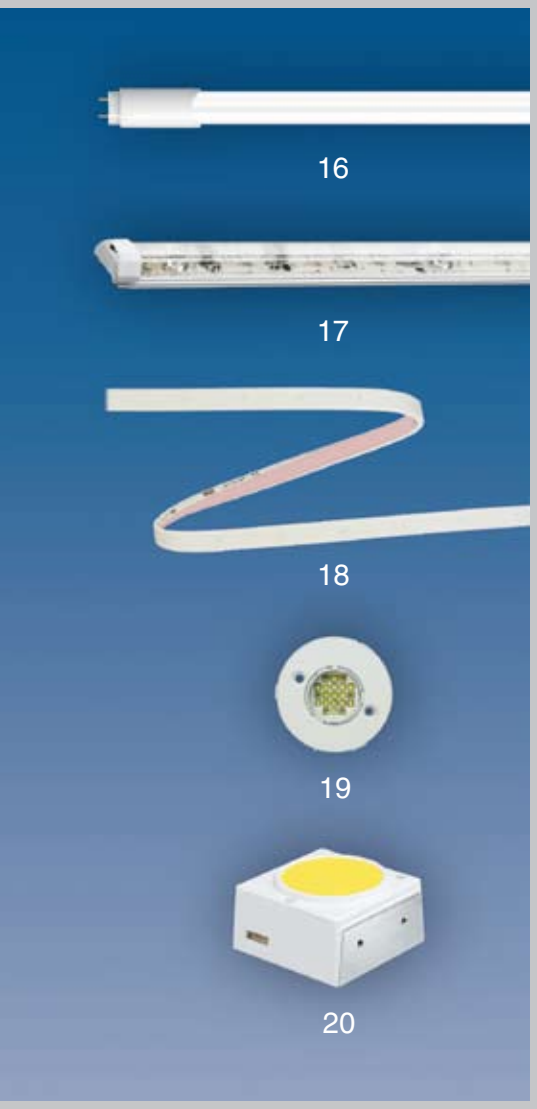
Die organische Leuchtdiode, kurz OLED genannt, könnte den Leuchtenmarkt in ein paar Jahren wieder einmal revolutionieren. Während es sich bei LEDs um Punktlichtquellen handelt, erzeugen OLEDs ein innovatives Flächenlicht, das als sehr angenehm empfunden wird. Warmweißes Licht, Homogenität, absolute Blendfreiheit und eine gute Farbwiedergabe zählen zu den weiteren positiven Eigenschaften. Die Weiterentwicklung organischer Leuchtdioden als Lichtquelle hat gerade erst begonnen, dennoch wird dieser Technologie für die Zukunft viel zugetraut.



90

91

		Leuchtstofflampe Ø 26 mm	Leuchtstofflampe Ø 16 mm	Leuchtstofflampe Ø 16 mm	2-Rohrlampe gestreckte Bauform	4-Rohrlampe quadratische Bauform	1-, 2- oder 3-Rohrlampe kompakte Bauform	3-Rohrlampe mit integriertem EVG	Einseitig gesockelt mit Keramiktechnik	Einseitig gesockelt mit Keramiktechnik	Zweiseitig gesockelt mit Keramiktechnik
Lampentyp		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Stabförmige Leuchtstofflampen			Kompakt-Leuchtstofflampen				Halogen-Metalldampflampen		
Lampenleistung (Nennleistung in W)	von	18	14	14	16	16	10	8	20	20	70
	bis	70	80	54	80	38	42	30	400	35	150
Lichtstrom (lm)	von	870	1.100**	1.100**	950	1.050	600	380	1.600	1.650	5.100
	bis	6.200	6.150**	4.450**	6.500	2.800	3.200	1940	41.000	3.000	14.500
Lichtausbeute (lm/W)	von	61	67	67	67	61	60	48	80	75-79	73
	bis	89	104	104	100	78	75	65	108		104
Lichtfarbe		ww, nw, tw	ww, nw, tw	ww, nw, tw	ww, nw, tw	ww, nw, tw	ww, nw, tw	ww, cw	ww, nw	ww	ww, nw,
Farbwiedergabeindex R_a (zum Teil als Bereich)		85-98	85-93	80-90	80-93	80-90	80-90	80-90	80-95	85-90	75-95
Sockel		G13	G5	G5	2G11 2G7	2G10 GR8 GR10q	G23 G24 2G7 GX24	E14 E27 B22d	G8,5 G12 G22 GU6,5 GU8,5 GY22	PGJ5	RX7s RX7s-24



Lichtquellen

Leuchtstofflampen [1-3]
Eine hohe Lichtausbeute, gute Farbwiedergabe und lange Lebensdauer zeichnen Leuchtstofflampen aus. Gerade der Betrieb mit elektronischen Vorschaltgeräten (EVGs) – bei Lampen mit 16 mm Durchmesser ein Muss – verbessert Energieeffizienz und Lichtqualität. Durch den Einsatz von Warmstart-EVGs erhöht sich zudem die Lebensdauer dieser Lampen. Mit entsprechendem EVG können Leuchtstofflampen auch gedimmt und im Zusammenhang mit Lichtsteuerungsanlagen eingesetzt werden.

Kompakt-Leuchtstofflampen [4-7]
Die gleichen Eigenschaften wie Leuchtstofflampen bieten Kompakt-Leuchtstofflampen, lassen sich aber aufgrund ihrer kompakten Form in ein kleineres Leuchtendesign integrieren. Es gibt sie auch mit eingebautem Vorschaltgerät für herkömmliche Schraubfassungen [7]. Neueste Entwicklungen bieten Kompakt-Leuchtstofflampen mit ausgezeichnetem Startverhalten, einer verbesserten Schalthäufigkeit und in sehr warmen Lichtfarben (mit 2.500 K Farbtemperatur) an.

Halogen-Metalldampflampen [8-10]
Schon immer überzeugten Halogen-Metalldampflampen durch ihr brillantes Licht und erweisen sich als erste Wahl für eine attraktive Beleuchtung in Flur, Foyer oder Aula. Lampen mit Keramikbrenner-Technologie präsentieren sich mit einer noch höheren Lichtausbeute von bis zu 100 lm/W deutlich energieeffizienter.

Niedervolt-Halogenlampen [11]
Ein absolut brillantes Licht mit einer sehr guten Farbwiedergabe zeichnen Niedervolt-Halogenlampen aus. Für den Betrieb ist ein Transformator erforderlich, der die Spannung auf 12V reduziert. Mit geeigneten Transformatoren können sie beliebig gedimmt werden.

Hochvolt-Halogenlampen [12]
Moderne energiesparende Hochvolt-Halogenlampen werden aufgrund ihres brillanten und angenehmen Lichts gerne für die Akzentbeleuchtung eingesetzt, insbesondere in der Ausführung als Reflektorlampe. Zudem sind sie beliebig dimmbar und verfügen über eine sehr gute Farbwiedergabe (R_a 100).

LED-Lampen [13-16]
Gerichtet oder diffus abstrahlend, haben LED-Lampen eine Lebensdauer von bis zu 25.000 Stunden und sind zudem in vielen Varianten verfügbar. Sie zeichnen sich durch eine hohe Energieeffizienz, eine gute Farbwiedergabe und verschiedene Lichtfarben aus. Zudem geben sie im Lichtkegel keine UV- und Infrarotstrahlung ab und sind je nach System dimmbar. Bei einem Ersatz von Leuchtstofflampensystemen (16) verändert sich die Lichtverteilung. Die elektrotechnische Sicherheit muss eine Fachperson gewährleisten.

LED-Module [17-20]
LED-Module, bestehend aus LEDs und Linse, gelten aufgrund der mittlerweile hohen Lichtausbeute als zukunftsorientierte Lösung für die technische und dekorative Beleuchtung in Bildungseinrichtungen.

	Reflektorform	Glühlampenform	Reflektorform Netzspannung	Reflektorform Niedervolt	Glühlampenform	Röhrenform Ø 26 mm	Starres LED-Modul	Flexibles LED-Modul	Standardisiertes LED-Modul	Standardisiertes LED-Modul
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	Halogenlampen		LED-Lampen				LED-Module			
Leistung [W]	10 100	18 105	4,5 10	4,5 10	2 12	11 30	11 30	24,5 72	9 39	17 44
Lichtstrom [lm]	350* 33.000*	170 2.000	450* 1.200*	180 450	95 900	630 2.600	100 2100	765 3.650	800 3.000	1.100 3.000
Lebensdauer [1.000 h]	- -	9 18	- -	- -	45 75	58 85	- -	31 50	52 85	55 75
Lichtfarbe	ww	ww	ww, nw, tw	ww, nw, tw	ww, nw, tw	ww, nw, tw	ww, nw	ww, nw, tw, cw	ww, nw	ww, nw
Farbwiedergabe [Ra]	100	100	80-90	80-90	80-90	70-85	75-80	80-89	80-95	80-90
Sockel	GU4 GU5,3 G53	E14 E27 B22d	E14 E27 GU10	GU5,3 GU4 G53	E14 E27	G13	-	-	-	-

* = Angaben in Candela
** = Werte bei 25°C Umgebungstemperatur

ww = **Warmweiß** Farbtemperatur bis 3.300 K
nw = **Neutralweiß** Farbtemperatur 3.300 K bis 5.300 K
tw = **Tageslichtweiß** Farbtemperatur 5.300 K bis 6.500K
cw = **Kaltweiß** Farbtemperatur über 6.500K

Jedes Heft! € 9,–

Die Schriftenreihe von licht.de

licht.wissen 19
Wirkung des Lichts auf den Menschen

48 Seiten über die biologische Wirkung des Lichts auf den Menschen: Heft 19 informiert über den aktuellen Stand der Forschung und erläutert anhand von Praxisbeispielen den Umgang mit dynamischem Licht.

[licht.wissen 01] 60 Seiten Grundlagen und Informationen zur Beleuchtung mit künstlichem Licht: Heft 01 beschreibt die physikalischen Komponenten von Licht und vermittelt die wichtigsten Grundkenntnisse der Beleuchtungstechnik.

[licht.wissen 08] 64 Seiten Informationen zur richtigen Beleuchtung von Sportstätten in den Bereichen Indoor und Outdoor, zu lichttechnischen Gütemerkmalen, energieeffizientem Licht bis hin zur Notbeleuchtung.

[licht.wissen 10] 40 Seiten Informationen zur Not- und Sicherheitsbeleuchtung: Heft 10 informiert über Normen und Vorgaben für den Betrieb von Not- und Sicherheitsbeleuchtung und erklärt, wann und wo diese eingesetzt werden müssen.

[licht.wissen 17] 60 Seiten Informationen zu LEDs: Heft 17 beschreibt anhand vieler Praxisbeispiele, was heute mit LEDs alles möglich ist, wie Energie eingespart werden kann und die Technik von LEDs und LED-Modulen funktioniert.

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

01 Die Beleuchtung mit künstlichem Licht (2008)
02 Besser lernen mit gutem Licht (2012)
03 Straßen, Wege und Plätze (2007)
04 Gutes Licht für Büros und Verwaltungsgebäude (2003)
05 Industrie und Handwerk (2009)
06 Shopbeleuchtung, attraktiv und effizient (2011)
07 Gutes Licht im Gesundheitswesen (2004)
08 Sport und Freizeit (2010)
09* Repräsentative Lichtgestaltung (1997)
10 Notbeleuchtung, Sicherheitsbeleuchtung (2008)
11 Gutes Licht für Hotellerie und Gastronomie (2005)
12 Beleuchtungsqualität mit Elektronik (2003)
13 Arbeitsplätze im Freien (2007)
14 Ideen für Gutes Licht zum Wohnen (2009)
15 Gute Beleuchtung rund ums Haus (2009)
16 Stadtmarketing mit Licht (2010)
17 LED: Das Licht der Zukunft (2010)
18 Gutes Licht für Museen, Galerien, Ausstellungen (2006)
19 Wirkung des Lichts auf den Menschen (2010)

* With the exception of booklet 9, all booklets are available in English as PDFs, download free of charge at www.all-about-light.org

Alles über Beleuchtung!

Herstellerneutrale Informationen
licht.de informiert über die Vorteile guter Beleuchtung. Die Fördergemeinschaft Gutes Licht hält zu allen Fragen des künstlichen Lichts und seiner richtigen Anwendung umfangreiches Informationsmaterial bereit. Die Informationen sind herstellerneutral und basieren auf den relevanten technischen Regelwerken nach DIN und VDE.

licht.wissen
Die Hefte 1 bis 19 der Schriftenreihe licht.wissen geben Informationen zur Lichtanwendung. Diese Themenhefte erläutern anhand vieler Beleuchtungsbeispiele lichttechnische Grundlagen und zeigen beispielhafte Lösungen. Sie erleichtern damit auch die Zusammenarbeit mit Fachleuten der Licht- und Elektrotechnik. Alle lichttechnischen Aussagen sind grundsätzlicher Art.

licht.forum
Das licht.forum behandelt aktuelle Fragen der Lichtanwendung und stellt Beleuchtungstrends vor. Diese kompakten Fachinfor-mationen erscheinen in loser Folge.

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

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

www.facebook.com/lichtde

www.xing.com/companies/licht.de

Impressum

Herausgeber
licht.de
Fördergemeinschaft Gutes Licht
Lyoner Straße 9, 60528 Frankfurt am Main
Tel. 069 6302-353, Fax 069 6302-400
licht.de@zvei.org, www.licht.de

Redaktion, Text, Gestaltung und Realisation
LightAgentur, Bonn

Lektorat
Christiane Kersting, Lüdenscheid

Druck
Druckhaus Haberbeck, Lage/Lippe

ISBN-Nr. Druckausgabe 978-3-926193-68-1
ISBN-Nr. PDF-Ausgabe 978-3-926193-69-8
01/12/25/02IV

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 Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, erhältlich ist.

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

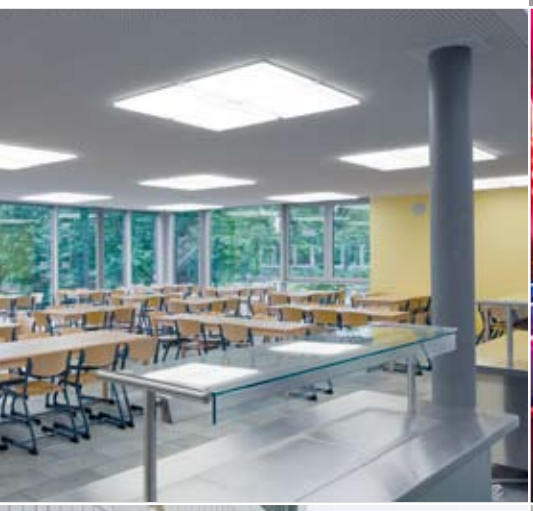
Bildnachweis
Bildnummern Rückseite:

	92	
93	94	95
96	97	98

Bilder
Titelseite, Hintergrundbild Inhalt Guido Erbring, Köln; [06] Marc Lins, New York, Projekt: HEIN-TROY Architekten, Bregenz (A); [25] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, dena; [26] Institut für Arbeit und Gesundheit der DGUV, Dresden (IAG), [27] IAG, Floß; [36] Waldner, Dresden; [39, 88] Jörg Hempel, Aachen; [59] Jens Passoth, Berlin, Projekt: Allmann Sattler Wappner Architekten, München; [80] JARO Medien, Mönchengladbach; [91] Blitzwerk, Mühltal und LSD, Darmstadt; [92] Waldner, Dresden. Alle anderen Bilder, 3D-Visualisierungen und Grafiken stammen von licht.de-Mitgliedsunternehmen oder wurden im Auftrag von licht.de angefertigt.

licht.wissen 02

Besser lernen mit gutem 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