



Gutes Licht für Schulen und Bildungsstätten 2



Inhalt

Lernräume und Lebensräume	2 / 3
Der Mensch und das Licht	4 / 5
Licht zum Lernen	6 / 7
Lern-Räume	8 - 13
Fach-Räume	14 - 19
Aulen und Hörsäle	20 / 21
Bibliotheken	22 / 23
Foyers und Ausstellungen	24 / 25
Cafeterien und Mensen	26 / 27
Lehrerzimmer	28 / 29
Gänge und Treppen	30 / 31
Pausenhöfe und Parkplätze	32 / 33
Sporthallen und Sportplätze	34 / 35
Sanierung - Wirtschaftlichkeit	36
Notbeleuchtung - Sicherheit	37
Lichtmanagement	38 / 39
Lampen	40 / 41
Leuchten	42 / 43
Normen	44 - 46
Literatur / Bildnachweis / Bestellkarten	47
Impressum	48
Informationen von der Fördergemeinschaft Gutes Licht	49



2

Lernen ist ein lebenslanger Prozess. In der modernen Wissensgesellschaft, in einer Welt, die immer technischer und komplexer wird, können wir nur bestehen, wenn wir bereit sind, immer wieder neues Wissen zu erwerben und neue Fähigkeiten zu erlernen.

Vom Kindergarten bis zur Hochschule, von der Berufsschule bis zur Volkshochschule stehen uns dafür zahlreiche Einrichtungen zur Verfügung. Hier erhalten wir die nötige Grundbildung, bilden uns weiter in Mathematik und Sprachen, Naturwissenschaften und berufspraktischen Fächern und erarbeiten uns Problemlösungskom-



petenzen und Lernstrategien. Eine wichtige Voraussetzung für ein erfolgreiches lebensbegleitendes Lernen ist das Lernumfeld: eine Schule, die Begabungen und Kompetenzen erkennt, die aktives und selbstständiges Lernen fördert, die die Freude am Lernen unterstützt sowie Lernende und Lehrende motiviert. Motivation und Wohlfühlen, Architektur und Licht, gutes Sehen und effizientes Lernen stehen in einem engen Zusammenhang. Dieser soll in diesem Heft beschrieben und an Hand von Lösungsbeispielen dargestellt werden.

In Deutschland leben mehr als 80 Millionen Menschen, davon sind 39 Millionen Menschen Lernende in Schulen und Bildungsstätten. 49% der Bevölkerung lernen - d.h. fast jeder Zweite.

Wie wir lernen, das untersucht seit einigen Jahren die Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD). In 32 Ländern werden dazu regelmäßig eine Viertel Million Schüler und Schülerinnen in drei Bereichen getestet: Lesekompetenz, mathematische und naturwissenschaftliche Grundbildung. Die Ergebnisse der Untersuchungen werden in den PISA-Studien veröffentlicht.

Zu den wichtigsten Ergebnissen der PISA-Studien gehört das Aufzeigen erfolgreicher Lernmodelle. Im Vergleich der Länder mit ihren jeweiligen Lernsystemen zeigen sich deutliche Unterschiede, die uns eine Antwort geben auf die Frage: „Wie können wir gut lernen?“

Bei der Einschulung sind die meisten Kinder bereit, etwas zu lernen. Wie diese Bereitschaft gefördert und gestärkt wird und dadurch ein Leben lang erhalten bleibt, hängt von vielen Faktoren ab: den Lernenden, den Lehrenden, dem sozialen Umfeld mit Eltern, Freunden und Kollegen - und der Bildungsinfrastruktur: der personellen, räumlichen und technischen Ausstattung.

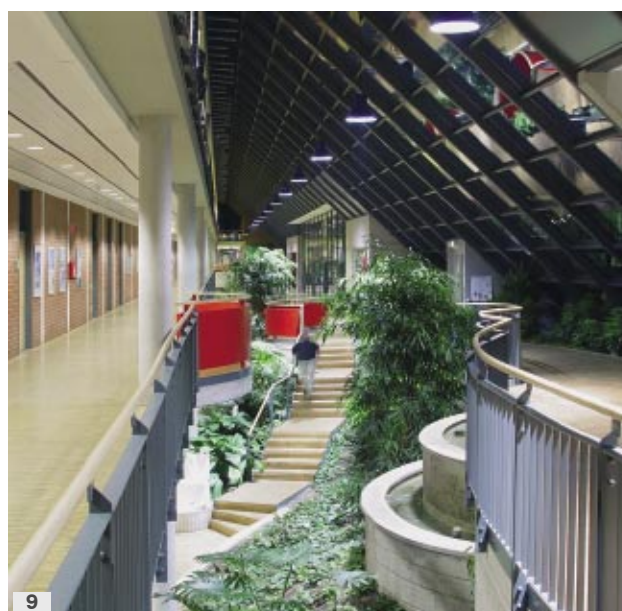
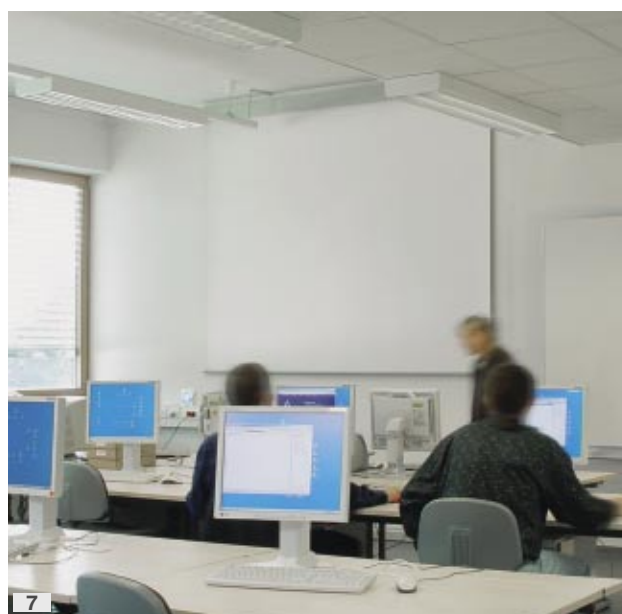
Die PISA-Studien zeigen, dass es einen Zusammenhang zwischen erfolgreichem Lernen und motivierenden Schulen gibt. Schüler, die eine enge Bindung an ihr Lernumfeld haben, die gerne zur Schule gehen und sich dort wohl fühlen, lernen gerne, überwinden Schwierigkeiten beim Lernen besser und zeigen bessere schulische Leistungen.

Lernende müssen deshalb angeregt und gefördert werden. Nur wer gerne lernt, wer Freude am Lernen hat, der lernt gut und effektiv. Dies gilt gleichermaßen für Kinder, Jugendliche und Erwachsene. Für alle Einrichtungen, in denen wir lernen, - Kindergärten und Hochschulen, Berufsschulen und Volkshochschulen - ist die Förderung der Motivation daher ein zentrales Anliegen.

Eine innovative Schule ist gefordert. Im Mittelpunkt steht das aktive und selbstständige Lernen in einem motivierenden Umfeld. An die Stelle starrer Lehrpläne für Großgruppen tritt die individuelle Förderung von Fähigkeiten und Begabungen. An die Stelle unflexibler Schul- und Ausbildungsformen tritt das dynamische Modell des lebensbegleitenden Lernens. Lernen und Ausbildung werden als permanenter Teil der praktischen Ausübung des Gelernten verstanden.

Die innovative Schule versteht sich aber auch als Lebensraum. Unterricht und Freizeit, gemeinsames Lernen und gemeinsames Erleben wechseln sich ab. Der Lebensraum Schule bietet Lernenden und Lehrenden die Möglichkeit, aufeinander einzugehen, Stärken und Schwächen zu erkennen und lebensbegleitende Lernstrategien zu entwickeln.

Die PISA-Studien zeigen auch, dass ein positives Lernumfeld die Motivation fördert. Eine Schule mit guter räumlicher Ausstattung und hochwertig ausgestatteten Fachräumen, mit Computern und Fachliteratur, Bibliotheken und Multimediaressourcen unterstützt die Bereitschaft, sich aktiv am Lernprozess zu beteiligen. Eine Investition in den Lebensraum Schule ist daher eine Investition in die Zukunft der Wissensgesellschaft.



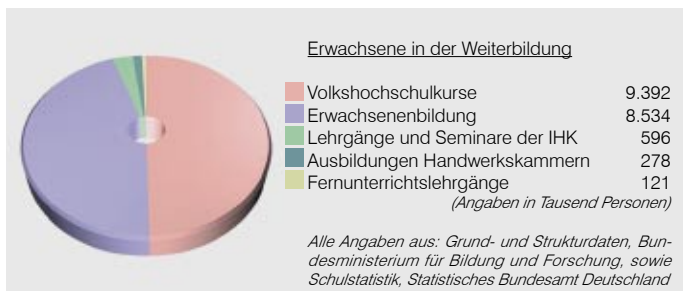
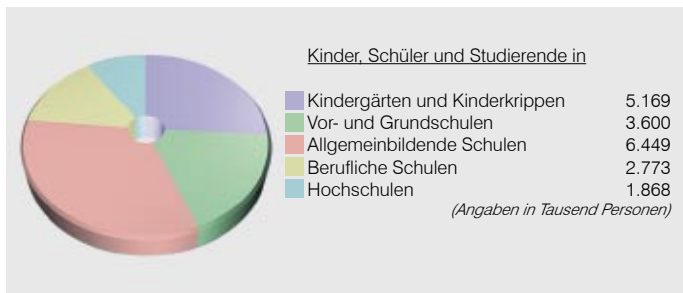
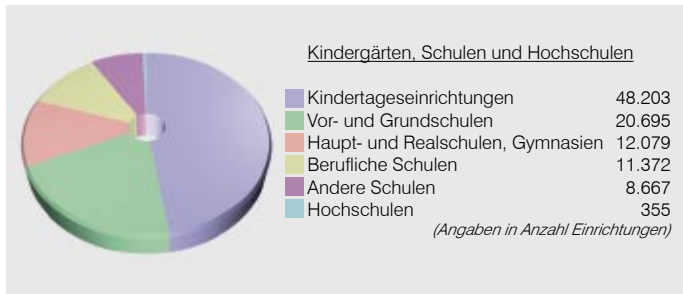


Lernen in Deutschland

39 Millionen Menschen aller Altersstufen lernen in Deutschland an Schulen, Hochschulen und Bildungsstätten.

20 Millionen Kinder, Schüler und Studierende besuchen die mehr als 100.000 Kindergärten, Schulen und Hochschulen. Fast die Hälfte dieser Bildungsstätten sind Kindertageseinrichtungen, in die mehr als 5 Millionen Kinder gehen. Die kleinste Gruppe der Bildungsstätten, die 355 Universitäten und Fachhochschulen, besuchen mehr als 1,8 Millionen Studentinnen und Studenten.

Fast genauso viele Menschen bilden sich weiter: 19 Millionen Deutsche und Ausländer in Deutschland besuchen regelmäßig Volkshochschulen und die Institutionen der Erwachsenenbildung der katholischen und evangelischen Kirchen, erweitern ihre berufliche Qualifikation bei den Industrie- und Handwerkskammern oder studieren an Fernuniversitäten.



Wir erleben unsere Umwelt so, wie wir sie sehen. 80 Prozent aller Sinneseindrücke vermitteln uns unsere Augen. Zu viel oder zu wenig Licht, Blendungen oder falsche Lichtfarben beeinflussen unsere Wahrnehmung, lenken unsere Aufmerksamkeit ab und ermüden unsere Augen.

Eine gute und passende Beleuchtung ist in allen Lebens- und Arbeitsbereichen eine wichtige Bedingung um gut zu sehen und sich wohl zu fühlen, konzentriert und ermüdungsfrei zu arbeiten sowie unsere Umwelt und wichtige Informationen richtig zu sehen und zu verstehen. Eine gute, professionelle Lichtplanung ist hierfür die Voraussetzung.

Hier einige der wichtigsten Begriffe, die bei einer guten Beleuchtungsplanung berücksichtigt werden sollten, in Kürze:

Beleuchtungsstärke

Unter freiem Himmel hat eine beleuchtete Fläche eine Beleuchtungsstärke von 10.000 Lux (bewölkt) bis 100.000 Lux (sonnig). In Innenräumen müssen wir mit viel weniger Licht auskommen. Bei künstlicher Beleuchtung reichen zu meist 500 Lux für Schreib- und Lesearbeiten aus, für Zeichnungen oder anspruchsvolle Aufgaben sollten es mindestens 750 Lux sein. Weitere Informationen zur den Werten und zur Norm DIN EN 12464-1 finden Sie auf Seite 46.

Die Normwerte sind jedoch Mindestwerte. Die meisten Menschen empfinden eine höhere Beleuchtungsstärke als angenehmer und motivierender. Insbesondere im Winter, wenn der Anteil des Tageslichts zurückgeht, benötigen wir mehr Licht in den Räumen um Ermüdung und Konzentrationsabnahme zu vermeiden.

Helligkeitsverteilung

Wenn wir uns in einem Raum befinden, wechselt unser Blick permanent zwischen Nahbereichen (Schreibtisch) und Fernbereichen (Wänden). Bei großen Helligkeitsunterschieden zwischen diesen beiden Bereichen müssen sich unsere Augen immer wieder anpassen und ermüden dadurch schneller, Sehleistung und Wohlbefinden nehmen ab.

Sind die Helligkeitsunterschiede im Raum jedoch zu gering, wird er als monoton empfunden. Als Empfehlung gilt hier, dass die Leuchtdichte auf dem Schreibtisch nicht kleiner als 1/3 der Leuchtdichte in der näheren Umgebung sein sollte. Für die entfernten Raumbereiche gilt ein Leuchtdichteunterschied von 1/5, maximal 1/10.

Blendungsbegrenzung

Zu den unangenehmsten visuellen Problemen gehört die Blendung. Der Blick auf eine freistrahkende Lampe oder die Reflexion eines Fensters auf dem Bildschirm beeinflusst unsere Sehleistung, unsere Leistungsfähigkeit nimmt ab. Blendungen und Reflexionen können durch eine gute Raum- und Beleuchtungsplanung weitgehend vermieden werden.

Schattigkeit

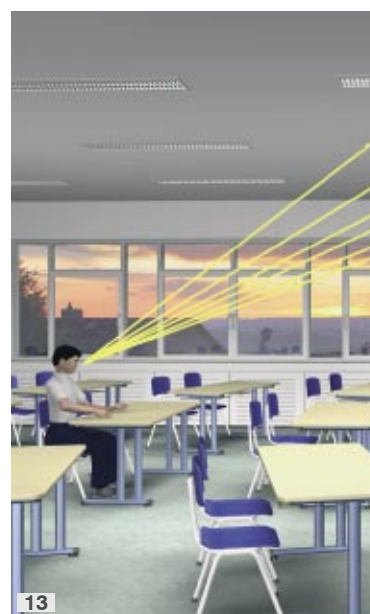
Ohne Licht können wir keine Gegenstände sehen, ohne Schatten sind sie nur zweidimensionale Bilder. Erst durch die richtige Mischung aus Lichtrichtung und Schattigkeit sehen wir die Gegenstände plastisch und werden Entfernungen abschätzbar. Um Körper, Oberflächen und Strukturen zu erkennen, brauchen wir Licht und Schatten.

Blendung

Zu den störendsten Nebeneffekten des Lichts gehört die Blendung. Direktblendungen durch große Kontrastunterschiede zwischen sehr hellen und sehr dunklen Flächen oder beim Blick auf das Leuchtmittel belasten unsere Augen, führen zu Ermüdungen und Konzentrationsfehlern.

Um die direkte Sicht auf das Leuchtmittel zu vermeiden, sollten nur Leuchten eingesetzt werden, die für Arbeitsplätze geeignet sind. Die Begrenzung der Direktblendung wird durch die UGR-Ziffer beschrieben. Sie sollte ≤ 19 sein (Bild 13).

Ebenso unangenehm und ermüdend sind häufige Blickwechsel zwischen hellen und dunklen Raumzonen, wie z.B. zwischen Fenster und Schreibtisch (Bild 15). Durch die richtige Anordnung der Tische, lichtlenkende Jalousien und eine gute Beleuchtung kann dies vermieden werden (Bild 14).



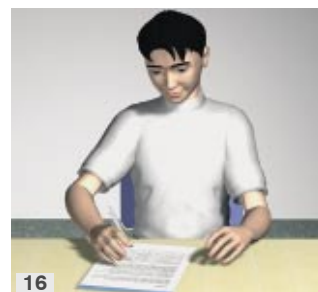
13



14

Schattenwurf

Wo Licht ist, ist auch Schatten. Damit der Schatten unsere Sicht beim Schreiben nicht behindert, sollte das Licht - bei Rechtshändern - von links einfallen (Bild 16). Kommt das Licht von rechts, schreiben wir auf unserem eigenen Schatten (Bild 17).



16

Licht und Farben

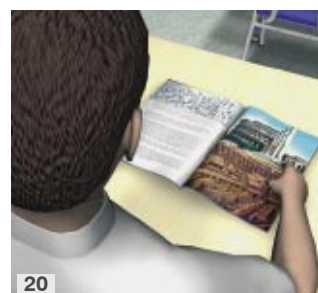
Wie wir Farben wahrnehmen, hängt auch von der Farbwiedergabe der Lampen ab. Lampen mit guter Farbwiedergabe zeigen Farben natürlich (Bild 18), Lampen mit schlechter Farbwiedergabe verfälschen die Farben (Bild 19).



18

Reflexe auf Papier

Vor allem bei glänzenden Unterlagen führen schlecht entblendete Leuchten zu unangenehmen Lichtreflexen (Bild 21). Gut entblendete Leuchten vermeiden diesen Effekt und ermöglichen eine gute Sicht auf alle Unterlagen (Bild 20).



20

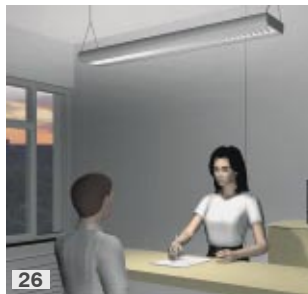
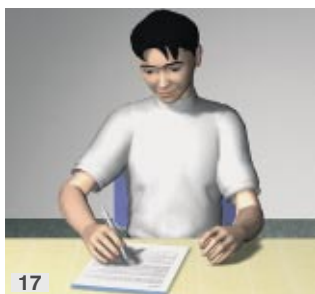


Vertikale Beleuchtungsstärken

Schulen und Bildungsstätten sind kommunikationsintensive Orte, in denen es auf die gute Erkennbarkeit von Gesichtern und Informationen ankommt. Wichtig ist hierfür die vertikale Beleuchtungsstärke, d.h. die gleichmäßige und helle Beleuchtung von vertikalen Flächen wie Tafeln oder Objekten wie Gesichtern.

Für die Tafelbeleuchtung sind Wandfluter besonders geeignet, da sie die Schreibfläche gleichmäßig, reflex- und schattenfrei ausleuchten (Bild 22 und 24). Ohne zusätzliche Tafelbeleuchtung entstehen Schatten auf der Schreibfläche (Bild 23 und 25).

Bei der direkten Beleuchtung von oben entstehen auf Gesichtern oft unerwünschte Schatten (Bild 27). Mit einer asymmetrischen oder einer direkt/indirekten Beleuchtung in Gesprächszonen werden diese Schatten reduziert (Bild 26).



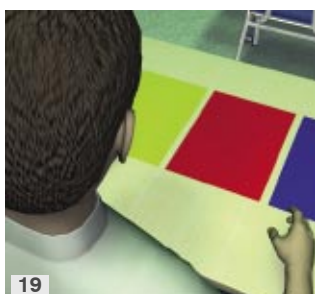
Helle Wände

Eine gute Beleuchtung der Wände und des Eingangsbereichs erleichtert die Orientierung im Raum, sorgt für bessere Kontraste und betont Raumzonen. Der Raum wirkt zudem lebendiger und abwechslungsreicher (Bild 28).



Direkt/indirekte Beleuchtung

Leuchten mit direkt/indirekter Lichtverteilung ermöglichen eine freie Anordnung der Schreibtische, reduzieren die Gefahr von Reflexionen und schaffen einen angenehmeren Raumeindruck (Bild 30).



Reflexe auf Monitoren

Störende Spiegelungen auf Monitoren und Kontrastminderungen behindern die Sicht, wenn die Leuchten schlecht entblendet oder falsch angeordnet sind (Bild 33). Eine gute Lichtplanung und gute Leuchten vermeiden dies (Bild 32).



Viele Bildungsstätten sind heute großflächige Gebäudekomplexe mit einer Vielzahl von speziellen Unterrichtsräumen, Veranstaltungs- und Sporthallen, Cafeterien und Mensen, Verwaltungsbüros und Konferenzbereichen. Dies gilt in zunehmendem Maße auch für Schulen, da hier der Anteil der Ganztagschulen stetig zunimmt.

Jeder Raum in einer Schule oder Bildungsstätte hat eine spezielle Funktion, für die es spezielle Architekturformen und passende Beleuchtungsmöglichkeiten gibt. Beispielhafte Lösungen stellen wir auf den nachfolgenden Seiten vor.

Für alle Räume gilt es, das natürliche Tageslicht und das notwendige Kunstlicht in die Planung des Neubaus oder der Sanierung eines bestehenden Gebäudes optimal einzubeziehen. Die Bedeutung des Kunstlichts wird dabei häufig unterschätzt. In den meisten Unterrichtsräumen kommt ihm jedoch eine große Bedeutung zu. Vor allem im Winter steht zumeist kein ausreichendes Tageslicht zur Verfügung, bei der Medienarbeit mit Projektoren müssen die Fenster verdunkelt werden und bei naturwissenschaftlichen Experimenten ist oftmals eine spezielle Beleuchtungssituation notwendig.

Bei der Planung des Kunstlichts geht es aber um mehr als nur eine ausreichende Helligkeit im Raum. Eine differenzierte Planung mit unterschiedlichen, steuerbaren Leuchtensystemen ermöglicht die Erzeugung bedarfsgerechter Lichtszenen. Mit einer dimmbaren Raumbeleuchtung, separaten Wandflutern im vorderen Raumbereich und zusätzlichen Leuchten im Eingangs- und Randbereich können auch Multimedia-

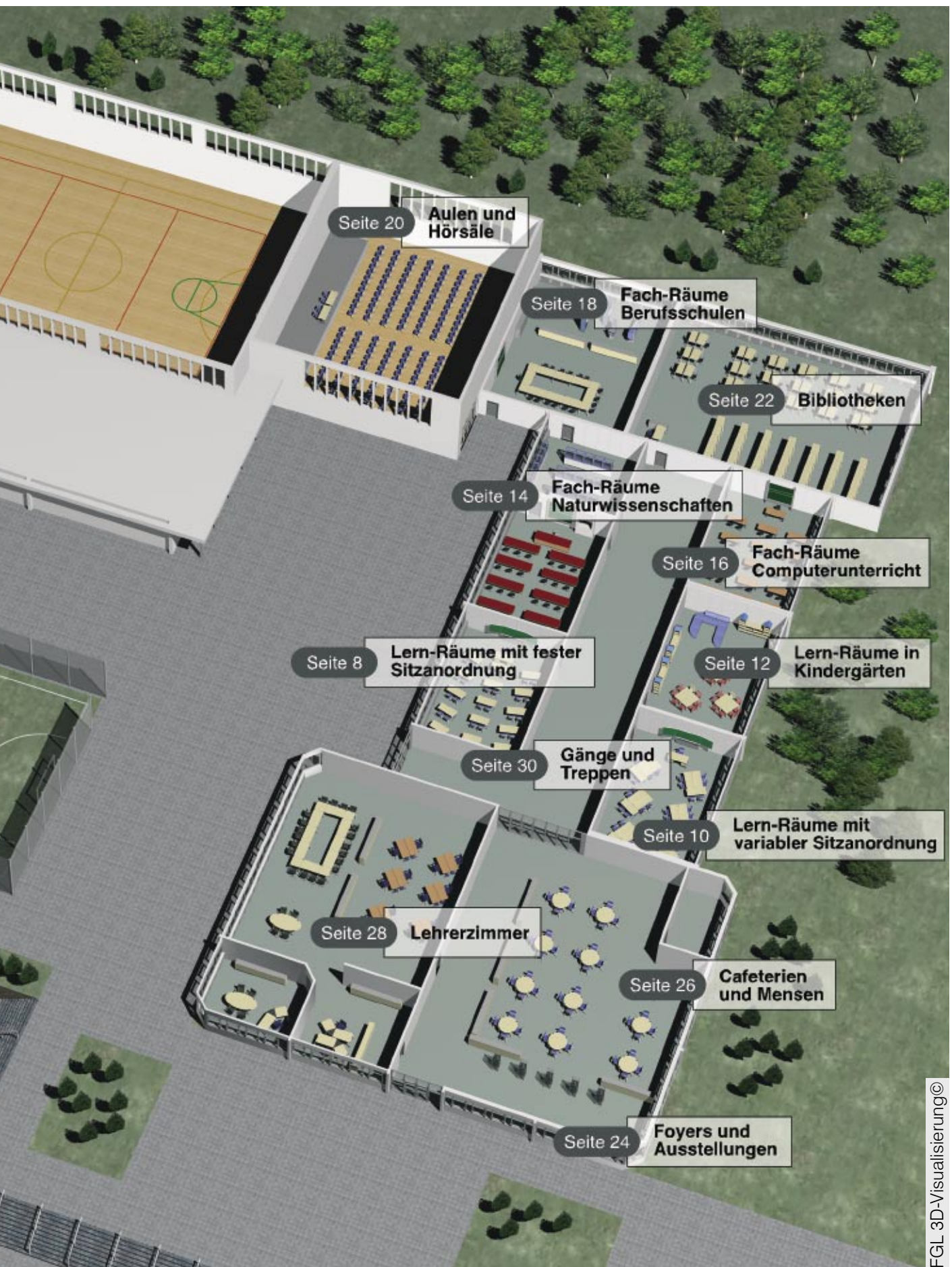
Präsentationen oder Vorträge und Ausstellungen mit der passenden und sicheren Beleuchtung durchgeführt werden.

Für den wirtschaftlichen Betrieb von Beleuchtungsanlagen sorgen heute energieeffiziente Lampen und Betriebskomponenten, hochwertige Leuchten mit hohen Betriebswirkungsgraden sowie Lichtsteuerungssysteme, die die Beleuchtungsstärke automatisch dem zur Verfügung stehenden Tageslichtanteil anpassen bzw. sich automatisch ausschalten, wenn der Raum nicht genutzt wird. Bei der Sanierung von älteren Schulgebäuden und Bildungsstätten können durch die Modernisierung der Beleuchtung mehr als 60% der hierfür anfallenden jährlichen Kosten eingespart werden.

Im Mittelpunkt der Lichtplanung sollte jedoch immer der Mensch stehen, seine Tätigkeiten in dem jeweiligen Raum und die damit zusammenhängenden Seh-aufgaben: Welches Licht braucht er, wie viel Licht ist sinnvoll und welche Beleuchtungsanlage benötigt er dazu? Für den Frontalunterricht ist eine andere Beleuchtung notwendig als für die Gruppenarbeit, Präsentationsbereiche müssen anders beleuchtet werden als Spielbereiche und für Schreib- und Lesearbeiten wird ein anderes Licht benötigt als für die Arbeit an Computern oder Maschinen.

Die häufigsten Raumarten, die in Schulen und Bildungsstätten vorzufinden sind, werden auf den folgenden Seiten mit einer Modelllösung und Bildern aus der Praxis vorgestellt. Eine individuelle Lichtplanung können und sollen sie aber nicht ersetzen.





FGL 3D-Visualisierung©

Lern-Räume mit fester Sitzanordnung

In Unterrichtsräumen mit fester Sitzanordnung ist die Hauptblickrichtung die Tafel. Die Tische stehen hier quer zur Fensterfront. Als Raumbeleuchtung werden zumeist Rasterleuchten eingesetzt, die parallel zu den Fenstern angeordnet sind. Je tiefer der Unterrichtsraum ist, um so mehr Leuchtenreihen sind notwendig. Bei einer Raumtiefe bis zu acht Metern reichen zumeist drei Leuchtenreihen aus, in breitere Räume sollten vier oder mehr Leuchtenreihen eingeplant werden.

Abhängig vom Deckensystem sind Langfeld-Rasterleuchten oder quadratische Rasterleuchten empfehlenswert. Bei höheren Decken können auch abgehängte Leuchten mit indirektem Lichtanteil eingesetzt werden, die die Decke zusätzlich aufhellen und damit einen großzügigeren und offeneren Raumeindruck erzeugen.

Da das durch die Fensterfront einfallende Tageslicht bei bedecktem Himmel oder im Winter zumeist nicht ausreicht, um die Tischreihen in der Raumtiefe zu beleuchten, sollten die Leuchtenreihen einzeln schalt- und dimmbar sein. So kann die Helligkeit im ganzen Raum gleichmäßig eingestellt werden.

Moderne Leuchten mit Tageslichtsensoren übernehmen diese Aufgabe und regeln die Lichtverteilung automatisch. Bei sehr wenig Tageslicht werden dann alle Leuchtenreihen eingeschaltet und mit zunehmender Raumtiefe heller gedimmt. Sobald das Tageslicht zunimmt, werden die Leuchten dann gleichmäßig herunter gedimmt.

Die Tafel muss von allen Plätzen gleich gut sichtbar sein. Schatten und Lichtreflexe auf der Tafel erschweren das Ablesen und ermüden die Augen. Konzentrationsabnahme und

nachlassende Motivation sind dann die Folge. Wandfluter mit asymmetrischer Lichtverteilung sorgen für die richtige vertikale Beleuchtung im vorderen Raumbereich, störende Schatten und Lichtreflexe werden dadurch vermieden.

Bei der Anordnung der Wandfluter muss auf eine ausreichend flächige Beleuchtung geachtet werden, damit die Tafel auch nach oben verschoben bzw. die Tafelflügel ausgeklappt werden können, ohne im Dunkeln zu verschwinden. Auch Flip-Charts oder aufgehängte Landkarten neben der Tafel sollten von den Wandflutern gleichmäßig beleuchtet werden. Für Präsentationen mit Overhead-Projektoren, Beamern oder Fernsehern sollten die Wandfluter einzeln schalt- und dimmbar sein, damit die Beleuchtungsstärke den Nutzungsbedingungen angepasst werden kann.

Akzentbeleuchtungen können das visuelle Ambiente des Unterrichtsräumens deutlich verbessern. Zusätzliche Wandfluter oder Strahler zur Beleuchtung von Pinnwänden betonen Ausstellungsflächen und bringen eine differenziertere Helligkeitsverteilung in den Raum. Zusätzliche Downlights im Eingangsbereich sorgen für mehr Licht in Gefahrenzonen und können mit der Notbeleuchtung gekoppelt werden.

Um eine unnötige und unwirtschaftliche Beleuchtung des Raumes zu vermeiden, helfen Lichtsysteme mit Präsenzsteuerungen. Beim Verlassen des Raumes, z.B. während der Pausen oder in unterrichtsfreien Stunden, schaltet sich die Beleuchtung automatisch aus und erst wieder beim Betreten des Raumes ein. Ein großer Teil der Beleuchtungsenergie kann mit diesen Systemen eingespart werden.





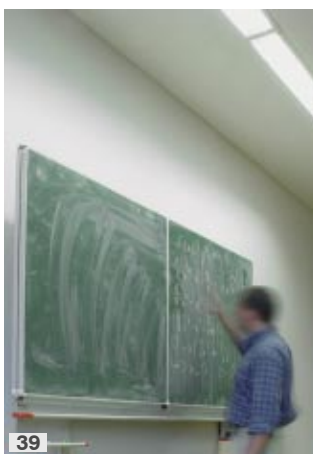
FGL 3D-Visualisierung©



37

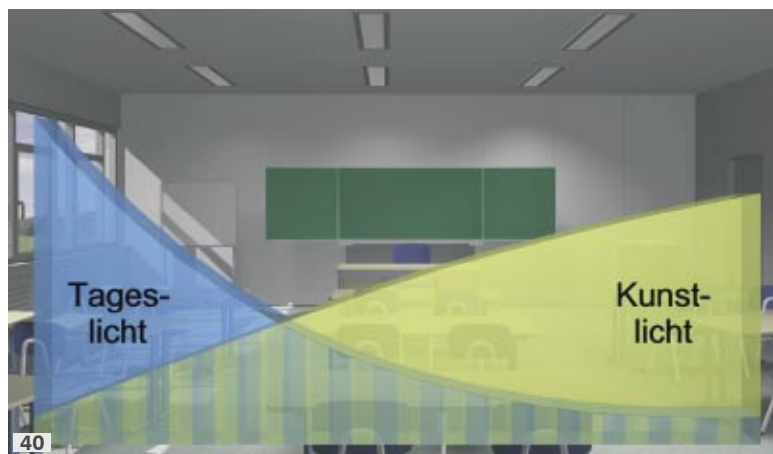


38



39

Wandfluter beleuchten vertikale Flächen wie Tafeln gleichmäßig und schattenfrei. Auch störende Lichtreflexe werden so vermieden und eine gute Lesbarkeit ist von allen Plätzen im Klassenzimmer gewährleistet (Bild 36).



40

Mit der Raumtiefe nimmt das Tageslicht ab. Einzelne schalt- und dimmbare Leuchtenreihen sorgen für gleichmäßige Helligkeit im ganzen Raum. Leuchten mit Tageslichtsensoren steuern oder regeln die Lichtleistung automatisch (Bild 40).

Licht-Tipps

- Einzelne schaltbare Leuchtenreihen können je nach Tageslichtanteil zu- oder abgeschaltet werden.
- Wandfluter zur Tafelbeleuchtung erhöhen den Sehkomfort.
- Präsenzsteuerungen schalten die Beleuchtung nach Verlassen des Raumes automatisch aus und sparen Energie.

Lern-Räume

mit variabler Sitzanordnung

Viele Unterrichtsräume werden von wechselnden Klassen gemeinsam genutzt. Oftmals findet hier am Vormittag der normale Schulunterricht statt, am Nachmittag treffen sich Projektgruppen und am Abend werden Elternabende oder Kurse der Erwachsenenbildung abgehalten. Die Möblierung mit Tischen und Stühlen wird dabei immer wieder neu gruppiert und an wechselnde Lernsituationen angepasst. Auf U-förmige Anordnungen der Tische folgen Gruppentische oder auch die klassische Reihenanordnung. Eine Hauptblickrichtung gibt es ebenso wenig wie eine festgelegte Vortragszone im Raum.

Die Beleuchtung mit Tages- und Kunstlicht muss auf diese flexible Raumnutzung eingehen. Besonders wichtig ist hier die Kontrolle des Tageslichts. Bei der Arbeit an U-förmigen Tischanordnungen oder an Gruppentischen blickt ein großer Teil der Lernenden in Richtung des Fensters. An einem sonnigen Tag kann die Leuchtdichte, also der Helligkeitseindruck beim Blick aus dem Fenster, mehrere zehntausend Candela betragen, während die Leuchtdichte beim Blick in den Raum deutlich geringer ist.

Dieser permanente Kontrastwechsel ist für die Augen sehr anstrengend und führt zu Müdigkeit und Konzentrationsmangel. Für eine ausgewogene Helligkeitsverteilung sind deshalb Jalousien oder Lamellenstores notwendig, die je nach Sonnenstand und Tageslichtangebot gesteuert werden können. Moderne Lichtsteuerungssysteme mit Tageslichtsensoren steuern die Jalousien automatisch und passen den Anteil der benötigten künstlichen Beleuchtung an. Der Unterricht muss damit nicht mehr für die nötige Nach-

regelung der Jalousienöffnung oder der Raumbeleuchtung unterbrochen werden.

Auch für die künstliche Beleuchtung gilt bei wechselnder Sitzposition, dass Blendungen minimiert werden müssen. Von keiner Raumposition aus sollte daher ein Blick auf Leuchtmittel möglich sein. Insbesondere Leuchten mit direkt/indirekter Lichtverteilung und entsprechender Entblendung sind hierzu geeignet. Sie erlauben eine freie Anordnung der Möblierung und vermeiden weitgehend Direktblendungen und Reflexblendungen auf glänzenden Unterlagen.

Für die kommunikationsintensive Teamarbeit oder bei Besprechungen am Elternabend haben direkt/indirekte Leuchten zudem den Vorteil, dass sie den Raum sehr gleichmäßig ausleuchten. Die Schattigkeit ist ausgewogener und das Licht wirkt weicher und angenehmer. Vor allem Gesichter erscheinen natürlicher und freundlicher. Eine warmtönige Lichtfarbe der Leuchtmittel unterstützt das gewünschte visuelle Ambiente im Raum.

Der normale Präsentationsbereich vor der Tafel sollte auch in Unterrichtsräumen mit variabler Sitzanordnung besonders beachtet werden. Getrennt schalt- und dimmbare Wandfluter bringen das richtige, d.h. reflexfreie und vertikal ausgerichtete Licht an die Tafel. Für eine flexible Vortragsbeleuchtung, wie sie bei der Präsentation von Gruppenarbeiten vorteilhaft ist, sollte die Raumbeleuchtung in mehreren Leuchtengruppen schalt- und dimmbar sein. So werden auch Mediovorführungen mit Projektoren in allen Raumbereichen problemlos gesehen.



Mit Lichtsteuerungen können die Beleuchtung und die Jalousie der Raumnutzung entsprechend gewählt werden, auch für Mediovorführungen.



FGL 3D-Visualisierung©



43

Licht-Tipps

- Bei wechselnden Tischanordnungen muss auf eine blendfreie Sicht in Richtung der Fenster und in den Raum geachtet werden.
- Die Fenster müssen durch lichtlenkende Jalousien verdunkelt werden können.
- Wechselnde Vortragsbereiche sollten separat beleuchtbar sein.



44



45

Lern-Räume in Kindergärten

In keiner Lebensphase sind Menschen so lernfähig wie in der frühen Kindheit. Eine frühe Lernförderung entscheidet oftmals über die Lernbereitschaft in späteren Jahren. Wenn Kindergärten und Horte die kindliche Neugier wecken, Kindern die Freude am aktiven und selbstständigen Entdecken und Erlernen vermitteln, dann haben sie die Voraussetzungen für ein erfolgreiches lebenslanges Lernen gelegt.

Zu den grundlegenden Lernereferenzen in Kindergärten und Horten gehört die räumliche Wahrnehmung und das Erkennen von Farben, Gegenständen und Menschen. Das richtige Licht spielt hierbei eine zentrale Rolle.

Um das räumliche Sehen zu entwickeln, benötigen wir Licht und Schatten. In einem absolut gleichmäßig hellen Raum, in dem die Gegenstände keine Schatten werfen und es keine Abstufung heller und dunkler Flächen gibt, können wir weder Größenverhältnisse noch Entfernungen einschätzen.

Eine harmonische Helligkeitsverteilung im Raum besteht aus einer nuancierten Abstufung hellerer und dunklerer Raumbereiche und einer differenzierten Schattenbildung aller Gegenstände. In einem solchen Raum können wir uns sicher bewegen und fühlen uns wohl, weil wir ihn problemlos dreidimensional sehen und erfassen können.

Farben und Oberflächen, Strukturen und Materialien zu erkennen, ist eine der wichtigsten Sehfähigkeiten im Alltag. Wenn wir diese Fähigkeit erlernt haben, können wir zumeist auf den ersten Blick sagen, ob ein Gegenstand hart oder weich bzw. schwer oder

leicht ist. Vor allem das Erkennen von Farben und Oberflächen ist dafür notwendig.

Farben entstehen durch die Reflexion von Licht auf Oberflächen. Was wir als Farbe eines Gegenstandes wahrnehmen, ist Licht, dessen Wellenlänge von der Oberfläche dieses Gegenstandes verändert wurde und als reflektiertes Licht mit einer bestimmten Wellenlänge auf unsere Augen trifft. Um Farben und Gegenstände richtig zu sehen und zu erlernen, ist deshalb eine gute Beleuchtung und eine gute Farbwiedergabe der Lampen entscheidend.

In Kindergärten und Horten steht das spielerische Lernen im Mittelpunkt der Aktivität. Herumlaufen, sich zu kleinen Gruppen zusammenfinden und mit kleinen Gegenständen hantieren sind Tätigkeiten, für die eine gute Raumbeleuchtung wichtig ist. Oftmals beschäftigen sich die Lerngruppen jedoch mit unterschiedlichen Tätigkeiten. Während die eine Gruppe aktiv lernt, macht die andere Gruppe eine kurze Ruhepause. Eine differenzierte Beleuchtung für einzelne Spiel- und Ruhezone, die das separate Dimmen in den Raumzonen ermöglicht, erleichtert dies.

Kinder müssen spielen können - auch an regnerischen und kalten Tagen, wenn der Spielplatz unter Wasser steht oder eingeschneit ist. Um auch drinnen zu spielen, muss die Beleuchtung ausreichend hell sein. Wenn die Räume zu dunkel sind, steigt die Verletzungsgefahr beim Spielen und die Motivation der Kinder sinkt. Je höher das Beleuchtungsniveau beim Spielen ist, um so mehr werden die Aktivität, das Wohlbefinden und die Lernbereitschaft unterstützt.





FGL 3D-Visualisierung©



48

FGL 3D-Visualisierung©

Eine getrennt dimmbare Beleuchtung ermöglicht die einfache Teilung des Raumes in Ruhe- und Aktivzonen (Bild 48).

Ergebnis einer guten Beleuchtungsplanung: Der ganze Raum ist angenehm hell und harmonisch ausgeleuchtet, auch glänzende Spielsachen sind reflexfrei und Farben werden natürlich wiedergegeben (Bild 49).



49

Beim Versuch, einen originellen Raumentwurf umzusetzen, misslang die Beleuchtungsplanung: Die schräg eingesetzten Downlights in der pyramidenförmigen Decke blenden beim Betreten des Raumes und erzeugen Reflexionen auf den Büchern. Der hintere Raumbereich ist viel zu dunkel, Farben wirken matt (Bild 50).



50

Licht-Tipps

- Durch eine harmonische Helligkeitsverteilung werden Gegenstände besser dreidimensional wahrgenommen.
- Eine gute Farbwiedergabe der Lampen sorgt für eine natürliche Farbigkeit.
- Helle Räume fördern Lernbereitschaft, Aktivität und Motivation.

Die Experimente mit verpuffendem Wasserstoff und lichtbrechenden Prismen bleiben wohl jedem Schüler in dauerhafter Erinnerung. Physik, Chemie und Biologie legen den Grundstein für das Verständnis unserer modernen technischen Welt und das Wissen über Atome, Elemente und Neutronen ist in den meisten Studienfächern und Berufen eine entscheidende Grundlage. Um so wichtiger ist hier das erfolgreiche und freudvolle Erlernen.

Größere Versuchsaufbauten auf dem Lehrerpult und kleinere Experimente auf den Schülertischen sind fester Bestandteil des Unterrichts. Ein ausreichendes Beleuchtungsniveau im gesamten Raum ist deshalb Voraussetzung, um auch kleinere Objekte gut zu sehen. Die in der Norm genannten 500 Lux sind ein Mindestwert. Je anspruchsvoller die Sehaufgabe ist, desto höher sollte die Beleuchtungsstärke sein.

Für das sichere Hantieren mit Chemikalien und technischen Geräten im Unterricht sollten harte Schatten im Arbeitsbereich sowie Reflexionen auf Glas und Metall vermieden werden. Leuchten mit indirekten Lichtanteilen erhöhen die vertikale Beleuchtungsstärke - dadurch wird die Lichtverteilung harmonischer, Schatten werden weicher und Reflexionen reduziert.

In allen Naturwissenschaften kommt es besonders auf das korrekte Erkennen von Farben an. Chemikalien in leicht unterschiedlichen Farbnuancen, kleinste Verfärbungen in Petrischalen oder farbige Kennzeichnungen auf Kabeln und Klemmen müssen sichtbar sein. Alle Lampen sollten daher eine gute Farbwiedergabe besitzen. Leuchtstofflampen mit dem Farbwiedergabeindex 90 und neutralweißer Lichtfarbe sind zu bevorzugen. Leuchtenabdeckungen, z.B. Plexiglasscheiben, dürfen die

Farbwiedergabe nicht beeinflussen - hochwertige Schutzglasscheiben bleiben auch nach Jahren farbneutral.

Bilder und Filme machen komplexe Zusammenhänge deutlicher. Um multimediale Vorführungen mit Fernsehern oder Projektoren gut zu sehen, muss die Beleuchtung dimmbar sein. Eine getrennte Regelung der Beleuchtung ist dabei empfehlenswert; so kann das Licht im vorderen Teil für die Projektion heruntergedimmt werden und auf den Schülertischen bleibt es hell genug, um mitzuschreiben.

Der Vortragsbereich und die Tafel müssen gleichmäßig und blendfrei ausgeleuchtet werden. Wandfluter oder Strahler mit asymmetrischer Lichtverteilung bringen blend- und reflexfreies Licht mit hoher vertikaler Beleuchtungsstärke auf die Tafel und auf den Demonstrationstisch.

Um alle Experimente gefahrlos durchzuführen, sollte die Sicherheit auch bei der Beleuchtung nicht zu kurz kommen. Bei gedimmter Raumbeleuchtung müssen Stufen und Ausgänge zusätzlich beleuchtet sein, z. B. durch Treppenlichter und eine Notbeleuchtung über der Tür. Experimente mit Feuer und leicht brennbaren Stoffen oder Gasen sollten nur an speziellen, dafür vorgesehenen Plätzen durchgeführt werden. In Versuchskammern und im Bereich des Lehrerpultes ist der Einsatz von explosionsgeschützten Leuchten mit der Schutzart IP 66 sinnvoll. Leuchten mit konventionellen Vorschaltgeräten „flackern“ mit 50 Hz. Bei schnell rotierenden Gegenständen können sogenannte Stroboskopeffekte auftreten, wenn die Rotationsgeschwindigkeit mit dieser Frequenz identisch ist. Die rotierenden Gegenstände stehen dann optisch still. Leuchten mit elektronischen Vorschaltgeräten verhindern diesen Effekt.



51



52

Experiment

53



55



FGL 3D-Visualisierung©



Vortrag



54

Medienvorführung

Eine helle Beleuchtung erleichtert das Sehen kleiner Gegenstände, Lampen mit guter Farbwiedergabe sorgen für das korrekte Erkennen der Farben (Bild 56). Beim Einsatz von Fernsehern sollte die vordere Raumbeleuchtung gedimmt werden (Bild 57).



56



57

Lichtsteuerungen erleichtern den Wechsel der Beleuchtung (Bilder 51 - 54). Auf Knopfdruck wird das passende Licht für Experimente (52), Vorträge (53) und Medienvorfürungen am Fernseher oder Projektor (54) eingestellt.

Licht-Tipps

- Eine helle Raumbeleuchtung erleichtert das Hantieren mit kleinen Gegenständen.
- Raum- und Vortragsbeleuchtung sollten bei Versuchen getrennt dimmbar sein.
- Farben müssen korrekt gesehen werden. Lampen mit guter Farbwiedergabe sind zu bevorzugen.



58

Die technische Infrastruktur in den naturwissenschaftlichen Unterrichtsräumen, z. B. Anschlüsse für Strom oder Gas, kann auch in die Beleuchtung integriert werden. Zusammen mit direkt/indirekten Pendelleuchten können die Tische - für größere oder kleinere Gruppen - frei angeordnet werden (Bild 59).



59

In einer Welt, in der Computer und Informationstechnologien unsere Arbeit und unser Wissen bestimmen, ist das Erlernen des Umgangs mit diesen Medien entscheidend für erfolgreiches Handeln in der Wissensgesellschaft. Insbesondere der Schule kommt hier die Aufgabe zu, die Grundlagen für eine produktive weiterführende Informationsbeschaffung und ein effizientes und engagiertes lebenslanges Lernen zu schaffen.

Die Pisa-Studien haben jedoch gezeigt, dass deutsche Schulen beim Vermitteln der Computertechnik nur Mittelmaß sind.¹⁾ Zwar haben deutsche Schülerinnen und Schüler ein sehr hohes Interesse am Umgang mit Computern, gleichzeitig schätzen sie ihre Fähigkeiten hierin aber sehr gering ein. Dies liegt vor allem an der Ausstattung der Schulen: Im Durchschnitt aller Schulen in den OECD-Ländern teilen sich 13 Schüler einen Computer, in Deutschland müssen sich 22 Schüler einen Platz am Bildschirm teilen. Bei der Häufigkeit der Computernutzung in der Schule (mehrmals pro Woche oder fast jeden Tag) liegen die deutschen Schüler im OECD-Vergleich mit 18% am unteren Ende. Der Durchschnitt liegt in den OECD-Ländern bei 38%, in Ungarn, Dänemark und dem Vereinigten Königreich bei über 57%. In deutschen Schulen besteht akuter Nachholbedarf.

Bei der Planung eines Fachraums für den Unterricht am Computer müssen einige ergonomische Grundlagen beachtet werden. Nur in richtig ausgestatteten Räumen können die Schülerinnen und Schüler mit Freude und ohne Ermüdungserscheinungen lernen. Die Arbeitsfläche sollte ausreichend groß sein, so dass neben dem Bildschirm genug Platz für Unterlagen bleibt. Die Stühle müssen in der Höhe ein-

stellbar sein, so dass größere und kleinere Schüler ihre optimale Sitzhaltung einstellen können.

Beim Beleuchtungsniveau ist auf ein ausgewogenes Verhältnis zwischen der Helligkeit von Bildschirm, Arbeitsbereich und Umgebung zu achten. Große Helligkeitskontraste beim Blickwechsel zwischen dem eigenen Schreibtisch und dem Präsentationsbereich ermüden die Augen. Wenn sehr viel Tageslicht auf die Schreibtische fällt, müssen die Fenster z.B. durch Sonnenschutz abgedunkelt werden. Getrennte, separat dimmbare Beleuchtungssysteme über den Arbeitstischen sowie im Präsentationsbereich erleichtern die Anpassung der Helligkeit an die jeweilige Sehaufgabe. Bei der Arbeit am Computer und gleichzeitiger Vorführung der nächsten Arbeitsschritte über einen Beamer kann die Beleuchtung so im vorderen Raumteil für besseres Sehen gedimmt werden.

Die Arbeit an Bildschirmen setzt eine blendfreie Beleuchtung voraus. Um Reflexionen zu vermeiden, sollten alle Schreibtische quer zur Fensterfront stehen. Das Tageslicht fällt dann seitlich ein und Spiegelungen auf dem Bildschirm werden vermieden. Die Leuchten sollten parallel zu den Fenstern installiert sein. Hochwertige Spiegel-Rasterleuchten mit speziellem Raster sorgen für blendfreies Licht. Leuchten mit direkt/indirekter Lichtverteilung bieten höheren Komfort. Eine helle Decke sorgt für eine ausgewogenere Leuchtdichteverteilung, der Raum wirkt natürlicher und motivierender. Zusätzliche Tischleuchten ermöglichen die individuelle Anpassung des Lichts an die Arbeitssituation.

¹⁾ Lernen für das Leben, OECD, S. 135ff.



An Computerarbeitsplätzen müssen die Leuchten gut entblendet sein, damit sich auf dem Bildschirm keine Reflexe bilden, Farben korrekt wiedergegeben werden und die Helligkeit des Bildschirms erhalten bleibt (Bild 61).



FGL 3D-Visualisierung©



62



63

Licht-Tipps

- Die Beleuchtung über den Schreibtischen und im Präsentationsbereich muss getrennt dimmbar sein.
- Der Tageslichteinfall durch die Fenster muss durch Sonnenschutz- einrichtungen begrenzt werden.
- Leuchten mit guter Entblendung minimieren Reflexionen und Direktblendungen.



64

Lichtmanagementsysteme ermöglichen das Steuern und Regeln einzelner Leuchtengruppen. So bleibt die Beleuchtung im Raum ausreichend hell, während das Licht im Präsentationsbereich gedimmt ist (Bild 64).



65



66

Fach-Räume

Berufsschulen

Mehr als 2,5 Millionen Menschen werden in Deutschland für einen Beruf ausgebildet, die meisten davon in den klassischen Ausbildungsberufen aus Industrie, Handel und Handwerk. Neben der Ausbildung zum Kaufmann bzw. zur Kauffrau sind die Ausbildung des KFZ-Mechanikers und des Elektroinstallateurs, des Malers und der Arzthelferin weiterhin sehr beliebt.

Ein großer Teil der Ausbildung für diese Berufe, zumindest der theoretische Teil, findet in „normalen“ Unterrichtsräumen statt. Diese wurden auf den vorangegangenen Seiten beschrieben. Für Unterrichtsräume, in denen die praktische Ausbildung z.B. an Maschinen stattfindet, gelten in betrieblichen Bildungsstätten die Arbeitsstättenrichtlinien und die jeweiligen Abschnitte der DIN EN 12464-1.

Unabhängig von der Art der Tätigkeit muss in allen Fachräumen eine blendfreie Sicht auf die Arbeitsmaterialien und in den Raum gewährleistet sein. Auch Farben müssen richtig erkannt werden, es sollten daher nur Lampen mit guter oder sehr guter Farbwiedergabe eingesetzt werden. Eine harmonische Helligkeitsverteilung mit ausgewogener Schattigkeit und hoher vertikaler Beleuchtungsstärke auf den Arbeitstischen erleichtert den Umgang mit Geräten und Werkstoffen. Die Vermeidung von harten Schatten ist insbesondere dort wichtig, wo gefährliche Werkzeuge wie Messer eingesetzt werden - zum Beispiel bei der Holzbearbeitung oder in Metzgereien.

Schnell drehende Maschinen bergen ein hohes Sicherheitsrisiko. Entladungslampen im Wechselstrombetrieb und rotierende Teile können mit der gleichen Frequenz „flackern“, so

dass Stroboskopeffekte auftreten. Laufende Räder oder Sägeblätter scheinen dann stillzustehen. Im Umfeld solcher Maschinen müssen spezielle Arbeitsplatzleuchten eingesetzt werden: Entladungslampen sollten nur mit elektronischen Vorschaltgeräten betrieben werden. Zur Beleuchtung kleinerer Flächen können auch LED-Leuchten eingesetzt werden.

Wo Holz, Stein oder Metall bearbeitet werden, entstehen auch Staub und kleinste Schwebeteilchen, die sich im Raum verteilen und auch in Leuchten absetzen, wo sie den Wirkungsgrad reduzieren. Hier sollten deshalb nur staubgeschützte Leuchten eingeplant werden. Bei starker Staubbewicklung, z.B. in Schreinereien, sollten zudem nur Leuchten installiert werden, die gegen Entzündung und Entflammung geschützt sind. Die Oberfläche dieser Leuchten schränkt mögliche Staubablagerungen ein und die Oberflächentemperatur der Leuchten ist zur Vorbeugung von Brandgefahren begrenzt.

In den meisten Unterrichtsräumen wird eine Beleuchtungsstärke von mindestens 500 Lux empfohlen. Für viele Tätigkeiten mit anspruchsvollen Sehaufgaben reicht dies jedoch nicht aus. Beispielsweise bei der Arbeit an Elektronikbauteilen, im Druckgewerbe sowie bei der Farb- und Oberflächenprüfung empfiehlt die DIN EN 12464-1 mindestens 1000 Lux.

Tafeln und Schaubilder an den Wänden müssen gegebenenfalls zusätzlich mit Wandflutern beleuchtet werden, damit sie reflexfrei aus allen Raumbereichen gesehen werden.



67



68



FGL 3D-Visualisierung©



69

An schnelldrehenden Maschinen wie Webstühlen oder Drehbänken vermeiden Leuchten mit EVG den stroboskopischen Effekt (*Bild 69*). In Räumen, in denen Experimente mit Feuer und brennbaren Stoffen gemacht werden, sollten explosionsgeschützte Leuchten eingesetzt werden (*Bild 71*).



71

Besonders blendfreies Licht mit hohen vertikalen Beleuchtungsstärken bringen direkt/indirekte Leuchten. Einzelplatzleuchten bringen mehr Licht auf den Arbeitsplatz und lassen sich individuell einstellen (*Bild 70*).



70

Licht-Tipps

- Eine harmonische Helligkeitsverteilung macht den Umgang mit Geräten und Werkstoffen sicherer.
- Spezielle Leuchten schützen vor Stroboskopeffekten und Entflammung.
- Bei anspruchsvollen Sehaufgaben sollte die Beleuchtungsstärke mindestens 1000 Lux betragen.

Für Schüler und Lehrer ist die Aula ein wichtiger Informations- und Kommunikationsort. Dem Besucher präsentiert sich die Schule hier als Gastgeber. Die Beleuchtungsaufgaben sind deshalb: Gut sehen und sich wohl fühlen, Präsentation und Repräsentation unterstützen, funktional ausleuchten und stimmungsvoll beleuchten.

In Vortragsräumen findet eine Vielzahl unterschiedlicher Veranstaltungen statt. Am Tage stehen Theaterproben und Schulversammlungen an, am Abend Theateraufführungen und Konzerte, Diskussionen und Feiern. Jede Veranstaltungsform fordert eine eigene Beleuchtung, um sie richtig in Szene zu setzen.

Lichtmanagementsysteme sind daher in Vortragsräumen besonders hilfreich. Für alle Gelegenheiten kann so auf Knopfdruck die benötigte Lichtszenerie aufgerufen werden. Eingangsbereiche, Sitzreihen und die Bühne werden dann automatisch mit der richtigen Lichtmenge und Lichtverteilung ausgeleuchtet.

Voraussetzung hierfür ist eine differenzierte Lichtplanung. Bei größeren Veranstaltungen werden im Eingangsbereich Eintrittskarten verkauft, Mäntel aufgehängt und Getränke verteilt. Eine warmtonige Beleuchtung sorgt dafür, dass der Besucher sich wohl fühlt, eine gute Farbwiedergabe der Lampen sorgt für eine unverfälschte Sicht auf Eintrittskarten und Mäntel, Getränke und Speisen. Während der Veranstaltung sollte dieser Bereich auf ein Mindestmaß herunter gedimmt werden. Downlights und Wandbauleuchten mit Halogenlampen sind hier zumeist gut geeignet.

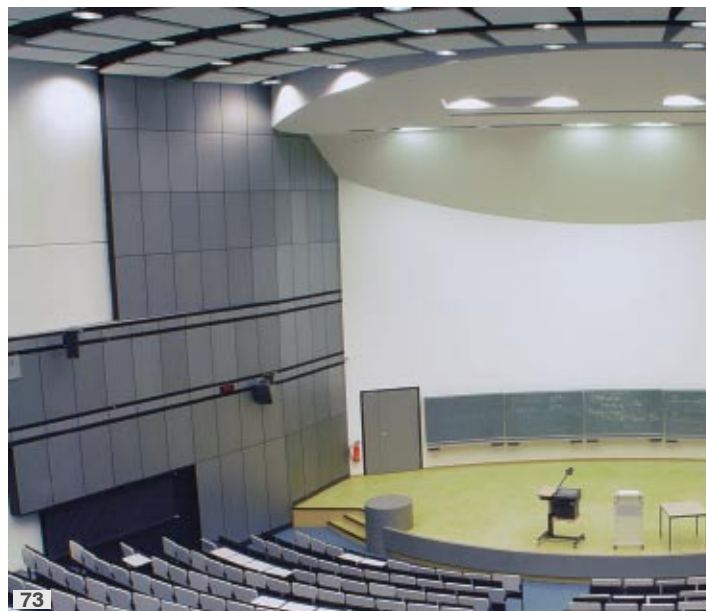
Auch die Sitzreihen müssen zunächst hell beleuchtet sein, damit die Orientierung im Raum und das Auffinden des Sitzplatzes leicht

fallen, und während der Veranstaltung abgedunkelt werden. Eine blendfreie Sicht von allen Sitzen auf die Bühne ist unbedingt zu gewährleisten. Für eine großflächige Raumbelichtung werden Rasterleuchten oder lichtstarke Downlights bevorzugt. Wandbauleuchten im Randbereich ermöglichen auch während der Veranstaltung ein sicheres Raumgefühl, ohne die Sicht auf die Bühne zu behindern.

Der vordere Raumbereich ist Präsentationsfläche und Bühne. Je nach Anforderung ist eine komplexe Beleuchtungsanlage mit zahlreichen Strahlern möglich, die ferngesteuert ihre Ausrichtung, ihren Ausstrahlungswinkel und ihre Lichtfarbe ändern. Aber auch bei einer einfachen Beleuchtung ist zumindest auf eine gute vertikale Beleuchtungsstärke und eine blendfreie Sicht in den Raum zu achten, damit Personen auf der Bühne gut gesehen werden und diese auch den Zuschauerraum sehen können. Bei Konzerten müssen Notenblätter blend- und reflexfrei ablesbar sein und die Musiker sollten sich auch untereinander gut sehen können. Dimmbare, getrennt schaltbare Leuchten und Strahler erleichtern die Anpassung der Helligkeit, der Lichtverteilung und der Lichtstimmung.

Treppen und Stufen müssen immer ausreichend beleuchtet werden. Boden- einbauleuchten oder LED-Lichtbänder in den Stufen sowie eine Hinweisbeleuchtung an Ausgängen und Sanitärräumen sind als Orientierungslicht und Notbeleuchtung wichtig.

In Hörsälen gilt, wie in allen Unterrichtsräumen, dass der Vortragsbereich und die ganze Tafelfläche reflex- und blendfrei beleuchtet werden müssen. Wandfluter, asymmetrisch strahlende Downlights oder Pendelleuchten sorgen hier für die richtige Ausleuchtung.





Bei Vorträgen sollten alle wichtigen Raumfunktionen in der Nähe des Vortragspults steuerbar sein. Ein Lichtmanagementsystem ermöglicht das Schalten und Regeln der Beleuchtung sowie die Fernbedienung der Raumverdunkelung und der Projektoren, ohne den Vortrag zu unterbrechen.

Der Präsentationsbereich und die Tafel müssen bei Vorträgen heller sein als der übrige Raum. Die horizontale und vertikale Beleuchtungsstärke des Vortragsbereichs sollte mindestens das 1,5-fache der mittleren Beleuchtungsstärke des Raums betragen. Bei 500 Lux im Raum sollten es also mindestens 750 Lux im vorderen Bereich sein.

Licht-Tipps

- Unterschiedliche Leuchtensysteme lassen sich besser an wechselnde Raumnutzungen anpassen.
- Hohe vertikale Beleuchtungsstärken auf der Bühne lassen die Vortragenden besser sehen und aussehen.
- Zur Sicherheit müssen auch während der Veranstaltung alle Treppen und Ausgänge beleuchtet sein.

Auch wenn unser Leseverhalten durch die elektronischen Medien stark verändert wurde, sind Bücher immer noch ein unverzichtbarer Bestandteil des Lernens. Gerade in Schulen haben Bibliotheken eine wichtige Funktion bei der Entwicklung eines Lesens mit Freude. Das räumliche Umfeld, die Atmosphäre in einer Bibliothek, spielt dabei eine wichtige Rolle.

Der Lesebereich sollte ein angenehmes Arbeiten ermöglichen, bei dem sich der Leser wohlfühlt. Große Fensterflächen für ausreichendes Tageslicht sind dazu eine Voraussetzung. Jalousien schützen nicht nur vor direkter Sonneneinstrahlung, sie können auch bei bewölktem Himmel zusätzliches Tageslicht in den Raum lenken. Bei der künstlichen Beleuchtung muss vor allem auf eine blend- und reflexfreie Sicht auf Unterlagen, Bücher und in den Raum geachtet werden.

Mit einer direkt/indirekten Beleuchtung wird ein so genannter „Höhleffekt“ durch eine angenehm helle Raumdecke vermieden und auch glänzende Papierarten können gut abgelesen werden. Eine zuschaltbare Tischbeleuchtung ermöglicht die individuelle Anpassung der Beleuchtungsstärke und erleichtert das Schreiben am Arbeitsplatz.

Bei der Recherche nach Literatur haben Computer die klassischen Karteikästen fast völlig abgelöst. Separate Bildschirmarbeitsplätze sind daher in den meisten Bibliotheken vorhanden und müssen dementsprechend ergonomisch gestaltet und beleuchtet werden. Die Arbeitstische sollten ausreichend groß sein, um auch hier mit Büchern und Unter-

lagen arbeiten zu können. Beim Beleuchtungsniveau ist auf eine harmonische Helligkeitsverteilung zu achten, also ein ausgewogenes Verhältnis der Beleuchtungsstärke am Bildschirm, im Arbeitsbereich und in der Umgebung. Direkt- und Reflexblendungen müssen unbedingt vermieden werden.

Um die gewünschte Literatur dann auch zu finden, sollten die Bücherregale in ihrer ganzen Fläche gut ausgeleuchtet sein. Spezielle Wandfluter mit hoher vertikaler Beleuchtungsstärke sorgen für das benötigte Licht. Bei der Auswahl des Lampentyps muss auf eine gute Farbwiedergabe geachtet werden - oftmals suchen wir Bücher, die wir kennen, zunächst anhand der Farbe und der Gestaltung des Buchrückens.

Alle Gänge im Raum und im Regalbereich sollten angenehm hell sein und jederzeit eine schnelle Raumorientierung ermöglichen. Fluchtwege und Ausgänge müssen immer gut und eindeutig erkennbar sein. Beleuchtete oder hinterleuchtete Hinweisschilder an Regalen und Türen fallen auf und erleichtern das Zurechtfinden.

Um Unterrichtseinheiten oder kleinen Lerngruppen in der Bibliothek einen Raum zu bieten, sind abgetrennte Besprechungszonen sinnvoll. Eine gute Geräuschkämmung sollte Gespräche erlauben, ohne die Lesenden zu stören. Mobile Stehleuchten mit direkt/indirekter Lichtverteilung sorgen für eine angenehme, helle Raumdecke und können je nach Gruppengröße mit den Tischen wandern.





80

Eine Regalbeleuchtung mit asymmetrisch strahlenden Wandflutern erhöht die vertikale Beleuchtungsstärke. Buchtitel und Farben sind dadurch besser erkennbar.



81



82

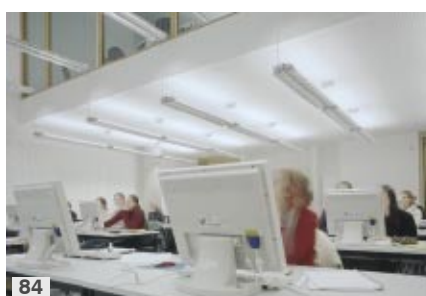
Leseplätze müssen besonders hell sein. Natürliches Licht sorgt für eine ausreichende Grundhelligkeit am Tage, eine zusätzliche Leseleuchte auf dem Tisch erhöht den Komfort.



83

FGL 3D-Visualisierung©

Heute findet man Bücher im Computer, der Karteikasten ist meistens verschwunden. Die Beleuchtung muss hier jedoch zum Bildschirm passen. Gut entblendete Arbeitsplatzleuchten mit direkt/indirekter Lichtverteilung, elektronischen Vorschaltgeräten und hochwertigen Rastern erlauben auch stundenlange Literaturrecherchen ohne schmerzende Augen.



84

Licht-Tipps

- Eine Zusatzbeleuchtung an Bücherregalen erhöht die vertikale Beleuchtungsstärke.
- An Leseplätzen muss die Beleuchtung gut entblendet und reflexfrei sein.
- Computerarbeitsplätze müssen ergonomisch gestaltet sein. Lichtreflexe auf Bildschirmen sind zu vermeiden.

Der Eingang ist die Visitenkarte des Hauses. Schüler, Lehrer und Besucher bilden sich hier ihren ersten Eindruck vom Gebäude und von der Atmosphäre - und hier entscheidet sich jeden Tag, ob sie sich willkommen fühlen. Ein gut gestaltetes Foyer hat neben den funktionalen Aufgaben, ins Innere des Gebäudes zu leiten und zu den dahinterliegenden Bereichen zu führen, auch die emotionale Aufgabe, den Charakter des Hauses zu vermitteln.

Der eigentliche Eingangsbereich hat eine wichtige lichttechnische Funktion. Im Gebäude ist es zumeist mehr oder weniger gleich hell. Fenster und die künstliche Beleuchtung halten die Beleuchtungsstärke im Foyer in engen Grenzen. Draußen schwankt die Helligkeit zwischen hellen Sommermittagen und dunklen Wintermorgenden. Die Beleuchtung im Eingang muss hier den Übergang für die Augen mit einer kurzen Adaptationsstrecke erleichtern. Je nach Tageslichtangebot sollte der Eingang besonders hell (Sommertag) oder dezent (Wintermorgen) beleuchtet werden. Viele Fenster, eine ausreichend dimensionierte Beleuchtung und eine Tageslichtsteuerung helfen dabei.

Das Foyer ist eine oftmals stark frequentierte Verkehrsfläche. Zu Schulbeginn, während der Pausen und zum Schulschluss bewegen sich hier sehr viele Menschen auf engem Raum. Zur Vermeidung von Unfällen muss das Foyer deshalb ausreichend hell sein. Je mehr Licht das Foyer und die Wände beleuchtet, um so besser sind die Sicht in den Raum und die Orientierung. Insbesondere Stufen im Eingang oder Treppen, die in die nächsten Etagen führen, sind eine gefahrenträchtige Raumzone und müssen hell beleuchtet werden. Wandfluter in enger werdenden Raumbe-

reichen und zusätzliche akzentuierende Leuchten vor Treppen unterstützen die Wahrnehmung von gefährlichen Stellen.

Foyers sind eine attraktive Gestaltungsfläche für Architekten. Hier finden sich oft besonders interessant gestaltete Räume und Decken. Die Beleuchtung sollte die Absicht des Architekten unterstreichen. Bei hohen Foyerdecken sind lichtstarke Strahler mit Hochdrucklampen empfehlenswert, als Pendelleuchten mit direkt/indirekter Lichtverteilung betonen sie die Höhe des Raumes. Bei der Auswahl der Lampen ist auf eine gute Farbwiedergabe und Farbstabilität zu achten. Stuckdecken, Säulen oder Emporen können durch Akzentleuchten sehr gut betont werden. Die Auswahl ist groß und reicht von Bodeneinbauleuchten bis zu dekorativen Strahlern.

Die meisten Foyers werden auch als Ausstellungsbereich genutzt. Die Ergebnisse der letzten Projektarbeit und die neuesten Werke der Kunstklassen werden hier ausgestellt. Bei der Beleuchtung der Ausstellungsflächen an der Wand oder an mobilen Stellwänden müssen zwei Faktoren beachtet werden: Zum einen muss hier eine ausreichend helle und gleichmäßige vertikale Beleuchtungsstärke vorhanden sein, zum anderen müssen die Leuchten flexibel genug sein, um die wechselnden Objekte entsprechend zu beleuchten. Für sehr kleine Gegenstände sind engstrahlende Leuchten besser, für großformatige Bilder eher breitstrahlende.

Strahler an Stromschielen lassen sich individuell zusammensetzen und ausrichten. Einige Strahler bieten auch die Möglichkeit, die Lichtverteilung zu variieren. Bei den Lampen muss eine gute bis sehr gute Farbwiedergabe beachtet werden.



85



86

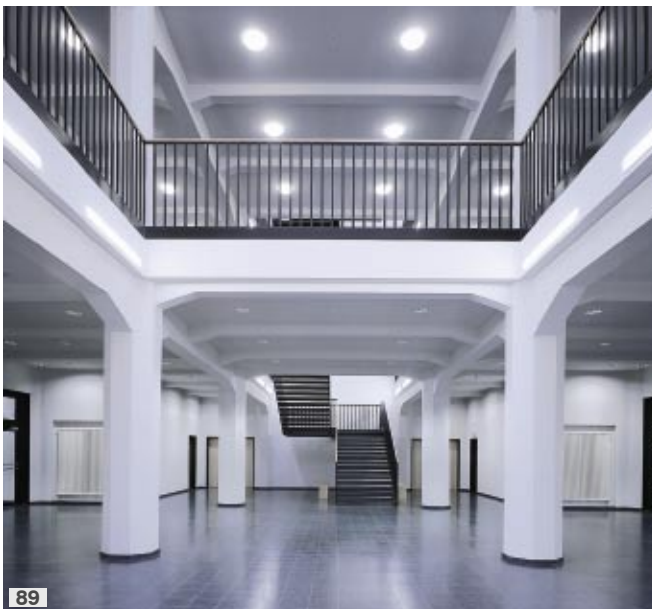


87



88

FGL 3D-Visualisierung©



89

Licht-Tipps

- Im Eingang müssen sich die Augen an den Helligkeitswechsel zwischen drinnen und draußen gewöhnen.
- Eine helle Beleuchtung des Foyers sowie von Treppen und Stufen erhöht die Sicherheit.
- Die Beleuchtung der Ausstellungflächen muss flexibel sein, damit alle Kunstwerke gleich gut aussehen.



90

Vertikale Flächen wie das Schwarze Brett müssen mit entsprechenden Zusatzleuchten aufgehellt werden. Eine gleichmäßige Beleuchtungsstärke von oben bis unten und eine ausreichend helle, reflexfreie und farbneutrale Beleuchtung erleichtern das Lesen aller Unterlagen.

Gut erholt lernt man besser. Die Schulcafeteria und die Hochschulmensa sind mehr als reine Verpflegungsräume: Erholen und Wohlfühlen, Kommunizieren und Informieren sind mindestens genauso wichtig - und oft dient der Essensbereich auch als Arbeitsplatz. Eine attraktive Architektur mit dazu passenden Farben und Materialien, eine einladende, moderne Möblierung und eine dynamische, motivierende Beleuchtung sind die idealen Voraussetzungen für eine aktive Erholungspause.

Vor allem in Kindergärten und Schulen wird der Pausen- und Verpflegungsbereich immer wichtiger, da hier die Ganztagsversorgung zunimmt. Beim Neubau und bei der Sanierung sollte daher genügend Raum für einen angenehmen Aufenthalt und eine effiziente Bewirtschaftung eingeplant werden.

Mehrere kleine Raumeinheiten, durch Sideboards oder Stellwände voneinander abgetrennt, beleben die Raumaufteilung. Mit einzelnen Bereichen für größere und kleinere Gruppentische, Stehtische und Sitzgruppen lassen sich so unterschiedliche und abwechslungsreiche Ambiente erzeugen.

Eine differenzierte Beleuchtung mit verschiedenen Lichtsystemen erleichtert die Strukturierung des Raums und unterstützt die gewünschte Stimmung durch das passende Licht. An Gruppentischen reduzieren Pendelleuchten mit direkt/indirekter Lichtverteilung die Schattenbildung auf Gesichtern, sorgen für eine motivierende, helle Raumdecke und beleuchten Unterlagen reflexfrei. Kleinere Pendelleuchten über Stehtischen oder Tischleuchten in den Sitzgruppen sorgen für eine gemütlichere Lichtstimmung.

An Orten, an denen sich Menschen begegnen, müssen Gesichter gut erkennbar und schattenfrei ausgeleuchtet werden. Blendungen durch die Sicht auf freistrahkende Lampen oder störende Lichtreflexe auf glänzenden Tischoberflächen sind zu vermeiden. Die Lichtfarbe der Lampen sollte tageslichtähnlich oder warmtonig sein und die Farben von Speisen und Getränken nicht verfälschen. Dekorative Strahler und Mini-Spots mit Halogenlampen zur Anstrahlung von Säulen oder Bildern beleben den Raum und setzen interessante Lichtakzente.

Alle Präsentationsbereiche für Speisen und Getränke, zu denen das Buffet, die Essensausgabe oder Verkaufsstände für Snacks zählen, sollten zur besseren Orientierung heller sein als der übrige Raum. Bei der Wahl der Lampen sind eine geringe Wärmeentwicklung und eine gute Farbwiedergabe zu beachten, damit Speisen und Getränke appetitlich aussehen. Je nach Art der Speisen sollten unterschiedliche Lichtfarben und Leuchten mit engerer oder breiterer Lichtverteilung bevorzugt werden. Erfahrene Lichtplaner helfen bei der Auswahl der richtigen Leuchten und Lampen.

Bereiche für die Essensausgabe und Zubereitung der Speisen sind Arbeitsplätze. Die Beleuchtung muss hell, gut entblendet und farbneutral sein, damit Speisen und Getränke richtig gesehen werden. Das Display von Kassen muss reflexfrei, die Tastatur ausreichend hell beleuchtet sein. In Küchen müssen die Leuchten zudem gegen Wasserdampf (Feuchtraumleuchten mit Schutzart IP 54) geschützt werden, am Herd auch gegen chemische Beeinflussung.





FGL 3D-Visualisierung ©



93



94



95

Licht-Tipps

- Lampen mit warmtonigen Lichtfarben und guter Farbwiedergabe machen die Cafeteria gemütlicher und lassen Speisen appetitlich aussehen.
- Mehrere unterschiedliche Lichtsysteme strukturieren den Raum und trennen separate Bereiche.
- Essensausgabe und Büfetts müssen hell und blendfrei beleuchtet werden.



96

Die Arbeitsräume - Sekretariat und Lehrerzimmer, der Besprechungsraum und das Büro des Schulleiters - stehen im Mittelpunkt des Schulbetriebs. Sie sind Anlaufstellen für Schüler und Lehrer, Forum für den Austausch von Informationen und Kommunikationsraum.

Lehrerzimmer werden zunehmend zum Großraumbüro. Die Vor- und Nachbereitung des Unterrichts, Korrekturen und die Planung der Unterrichtseinheiten finden verstärkt hier statt. Die Infrastruktur des Lehrerzimmers muss darauf abgestimmt sein. Ausreichend viele und ausreichend große Arbeitsplätze mit Anschlussmöglichkeiten für Computer oder Laptops machen das Lehrerzimmer zum vollwertigen Arbeitsraum für das Kollegium.

Lesen und Schreiben, die Arbeit am Computer und der Austausch mit Kollegen sind die wichtigsten Tätigkeiten im Lehrerzimmer. Die Beleuchtung an den Arbeitsplätzen muss diesen Tätigkeiten entsprechen. Eine gut entblendete Raumbeleuchtung sorgt für die reflexfreie Sicht auf Unterlagen und Bildschirme. Große Räume wirken zudem anregender, wenn die Decke mit direkt/indirekten Leuchten aufgehellt wird. Eine individuell zuschaltbare Einzelplatzbeleuchtung verbessert die Sehleistung und den Sehkomfort beim Lesen und Schreiben. Insbesondere für ältere Kollegen ist dies wichtig; 60-Jährige benötigen für die gleiche Sehleistung mehr als doppelt so viel Licht wie 20-Jährige.

Unterschiedliche Funktionsbereiche im Lehrerzimmer kann die Beleuchtung unterstützen und markieren. Neben den individuellen Arbeitsplätzen finden sich gemeinsame Service-Bereiche und separate Besprechungszonen. Die optische Abtrennung des Service-Bereichs, in dem sich

Kopierer und Nachschlagewerke befinden, kann durch Downlights erfolgen. Bei Bücherregalen sollten Wandfluter-Downlights für eine zusätzliche vertikale Beleuchtung der Bücher und Akten sorgen.

In Besprechungszonen, die sich im Lehrerzimmer oder in abgetrennten Räumen befinden, ist eine direkt/indirekte Beleuchtung, z.B. mit Pendelleuchten oder Stehleuchten, empfehlenswert, da hierbei Gesichter besonders natürlich wirken und Unterlagen gut lesbar sind. Für Präsentationen mit Overhead- oder Computerprojektoren sollte der vordere Raumbereich getrennt schaltbar und dimmbar sein. Der Vortragsbereich sollte zudem asymmetrisch ausgeleuchtet werden, um den Vortragenden und die Präsentationsfläche harmonisch und blendfrei zu beleuchten.

Im Sekretariat stehen zwei Aufgaben im Vordergrund: zum einen die Verwaltung aller Aktivitäten der Schule, zum anderen der Informationsaustausch mit Lehrern und Schülern. Für die Verwaltungsarbeit am Computer sollte auch hier eine gut entblendete Raumbeleuchtung die Arbeit am Bildschirm und mit Unterlagen erleichtern. Für Gesprächszonen ist eine direkt/indirekte Beleuchtung geeignet; sie sorgt für eine angenehme helle Raumdecke und eine natürliche, tageslichtähnliche Helligkeitsverteilung.

Unterrichtspläne und alle wichtigen Informationen befinden sich am Schwarzen Brett. Für die ungestörte Sicht auf alle Schriftstücke sollte die Beleuchtung ausreichend hell sein und die gesamte Informationsfläche ausleuchten. Wandfluter sorgen für die benötigte vertikale Beleuchtungsstärke, um die Fläche von oben bis unten gleichmäßig auszuleuchten. Bei Glasflächen muss auf eine hochwertige Entspiegelung geachtet werden.



97



98



99



FGL 3D-Visualisierung©



FGL 3D-Visualisierung©

100

Licht-Tipps

- Lehrerzimmer sind Arbeitsplätze. Die Raumgestaltung muss darauf abgestimmt sein. Die Beleuchtung an Computerarbeitsplätzen muss blend- und reflexfrei sein.
- In großen Räumen und für Besprechungen bieten direkt/ indirekte Leuchten ein natürliches und motivierendes Licht.



101



102

Viel Licht und bunte Farben schaffen eine freundliche und motivierende Atmosphäre im Lehrerzimmer. Durch die indirekte Beleuchtung wird die hohe Decke betont, der Raum wirkt offener (Bilder 101 und 102). Gut entblendete Leuchten und einstellbare Jalousien sorgen für gutes Licht am Computerarbeitsplatz (Bild 104).



103



104

Unsere ersten Schritte in einem Gebäude führen uns durch Gänge oder über Treppen zu unserem Ziel. Gänge und Treppen verbinden Räume und Etagen, durch sie erschliessen sich uns das Gebäude und seine Funktionsbereiche. Eine einfache und schnelle Orientierung, welcher Gang und welche Treppe wohin führt, ermöglicht es uns, ein Gebäude zu verstehen und uns zurechtzufinden. Licht ist hier eine wichtige Orientierungshilfe. Eine klare Lichtlenkung führt die Schritte in die richtige Richtung und helle Informationsflächen oder hinterleuchtete Schilder geben Auskunft.

Die Beleuchtungsstärke wird dabei oft zu wenig beachtet. Gänge und Treppen wirken abschreckend, wenn sie zu dunkel sind. Um diesen sogenannten „Tunneleffekt“ zu vermeiden, sollte man auf eine gleichmäßige oder dezent abgestufte Helligkeit achten. In Gängen mit einer hellen Raumdecke und hellen Wänden fühlen wir uns wohler und sicherer. Dunkle Ecken müssen vermieden werden und dunkle Bodenbeläge auf Fußböden oder Stufen müssen durch eine höhere Beleuchtungsstärke ausgeglichen werden.

Bei Treppen ist vor allem die blendfreie Beleuchtung der Stufen wichtig. Moderne LED-Lichtleisten, die in die Treppenstufen integriert sind, oder Wandeinbauleuchten, welche die Stufen anstrahlen, erhöhen die Sicherheit. Beim Blick nach oben bzw. nach unten darf der Blick nicht auf freistrahrende Lampen fallen.

Gänge sind in vielen Schulen und Bildungsstätten auch Pausenräume zwischen den Unterrichtseinheiten und damit ideale Ausstellungs- und Präsentationsbereiche, wenn sie entsprechend auffällig beleuchtet und ansprechend inszeniert werden. Eine lie-

bevoll gestaltete Kunstausstellung in einer dunklen Ecke wird nicht beachtet. Unkompliziert und effektiv ist eine flexible Beleuchtung der wechselnden Exponate mit Strahlern an Stromschienen. Sie sollten so platziert und ausgerichtet sein, dass weder Schatten noch Blendungen beim Betrachten stören. Bei Bilderrahmen mit Glas oder Glasvitrinen muss das Licht möglichst seitlich vom Beobachter einfallen, damit keine störenden Lichtreflexe entstehen.

Während des Unterrichts, also einen Großteil des Arbeitstages, sind Gänge, Treppenhäuser und Sanitärräume oft menschenleer - und dennoch ist die Beleuchtung, meistens aus Bequemlichkeit, eingeschaltet. Eine Lichtsteuerung mit integrierten Präsenzsensoren ist hier eine große Hilfe; sie ist komfortabel, sicher und spart Energie. Sensoren schalten die Beleuchtung aus, wenn der Raum bzw. der Gang verlassen wird, und ein, wenn er wieder betreten wird. Die künstliche Beleuchtung wird so energieeffizient eingesetzt und alle Bereiche, die genutzt werden, sind hell und sicher beleuchtet.

Sanitärräume wirken freundlicher, wenn sie warmtonig beleuchtet sind. Halogenlampen oder Kompakt-Leuchtstofflampen mit warmweißer Lichtfarbe bieten ein angenehmes visuelles Ambiente und eine gute Farbwiedergabe. Waschbecken und Spiegel sollten diffus beleuchtet werden, um harte Schatten auf Gesichtern zu vermeiden. Eine Mischung aus direkter und indirekter Beleuchtung, z.B. mit Downlights als Raumbeleuchtung und einer zusätzlichen Beleuchtung neben den Spiegeln, lässt Gesichter natürlich aussehen. Schalter und Leuchten müssen spritzwassergeschützt sein und den jeweiligen Normen entsprechen.



In hellen Treppenhäusern und Gängen fühlen wir uns sicherer, die Verletzungsgefahr sinkt. Gänge und Treppen sind zumeist Fluchtwege und müssen normgerecht gekennzeichnet und beleuchtet werden.





107



108



109



110

Licht-Tipps

- Helle Decken und Wände machen Gänge optisch größer und verbessern den Raumeindruck.
- Treppen müssen blendfrei beleuchtet sein um Unfälle zu vermeiden.
- Mit weichem Licht von oben oder seitlich können Stufen besser erkannt werden. Harte und lange Schatten sind zu vermeiden.

Schulen und Bildungsstätten sind von großen Außenanlagen umgeben: von Pausenhöfen und Parkplätzen für Autos, Motorräder und Fahrräder sowie von Zufahrtsstraßen und Grünflächen. Flächen, die sehr viele Menschen gleichzeitig benutzen. Vor Schulbeginn und nach Schulschluss herrscht Hochverkehr auf Straßen und Parkplätzen, in den Pausen werden die Außenanlagen zur Sport- und Spielfläche von Schülerinnen und Schülern.

Vor allem zur Vermeidung von Unfällen müssen die Außenanlagen ausreichend hell beleuchtet werden. Auf den Zufahrtsstraßen und den Parkplätzen darf die Beleuchtung keinesfalls blenden und muss alle befahrbaren Bereiche gleichmäßig ausleuchten, damit Auto-, Motorrad- und Radfahrer sicher ihren Weg finden sowie Hindernisse und andere Verkehrsteilnehmer rechtzeitig erkennen.

Eine differenzierte und gut gestaltete Außenbeleuchtung erleichtert auch die Wegfindung. Zufahrtsstraßen und Parkbuchten können mit Mastleuchten oder Lichtstelen eindeutig gekennzeichnet werden, Pollerleuchten oder dezente Bodeneinbauleuchten trennen die Parkbereiche für Autos von denen für Zweiräder und markieren angrenzende Fußwege. Schüler und Lehrer, aber auch Besucher der Konzerte oder Veranstaltungen am Abend, fühlen sich so sicherer und wohler.

Eine gute Außenbeleuchtung mit dekorativen Leuchten unterstützt zudem die Formensprache der Gebäudearchitektur und erhöht die Attraktivität der gesamten Anlage. Zueinander und zum Gebäude passende Mast- und Pollerleuchten, Boden- und Wandleuchten

sorgen so auch ohne Tageslicht für ein reizvolles Erscheinungsbild. Um ungebetene „Besucher“ fernzuhalten, sollten Parkplätze und die Gebäudefassade immer eine ausreichende Grundhelligkeit aufweisen. Besser sind Bewegungssensoren, die die Beleuchtung einschalten, sobald sich Personen nähern. Der Schutz vor Diebstahl und Einbruch wird so auch in der Nacht und während der Ferien erhöht.

In den meisten Schulen wird der Pausenhof in jeder Jahreszeit und bei jedem Wetter als Freizeit-, Sport- und Spielbereich genutzt. Eine gute Beleuchtung lässt spielende Kinder Hindernisse oder umherfliegende Bälle besser erkennen und erhöht die Sicherheit. Teilüberdachte Höfe können mit Downlights, Plätze können mit Mast- und Pollerleuchten sicher, gut und attraktiv ausgeleuchtet werden. Alle Leuchten müssen hier für die Anwendung im Außenbereich ausgelegt und gegen Feuchtigkeit geschützt sein. Ballwurfsichere Leuchten sind besonders robust und vertragen auch die Beanspruchungen des Schulalltags gut. Als Leuchtmittel haben sich hier energiesparende Kompakt-Leuchtstofflampen oder lichtstarke Hochdruck-Entladungslampen bewährt.

Treppen in den Außenanlagen müssen, wie auch in den Innenräumen, zur Erhöhung der Sicherheit besonders beleuchtet werden. Durch eine harmonische Ausleuchtung mit einem ausgewogenen Verhältnis von Licht und Schatten werden die Stufen plastisch und gut erkennbar. Harte und lange Schatten auf den Stufenabsätzen sind unbedingt zu vermeiden.



111



112



113



FGL 3D-Visualisierung©



114



115

Eine helle Beleuchtung der Abstellplätze für Fahrräder bringt mehr Sicherheit beim Rangieren und vertreibt unerwünschte „Besucher“ (Bild 114). Verbindungswege zwischen Parkplatz und Gebäude können mit wirtschaftlichen und langlebigen LED-Bodeneinbauleuchten markiert und sicher beleuchtet werden (Bild 115).

Licht-Tipps

- Zufahrtsstraßen und Parkplätze müssen hell und gleichmäßig ausgeleuchtet werden.
- Eine beleuchtete Fassade erhöht die Außenwirkung und schafft Sicherheit vor Zerstörungen und Einbruch.
- Pausenhöfe sind auch Spielplätze. Eine gute Beleuchtung hilft Unfälle zu vermeiden.

Vielzahl bestimmt die Nutzung von Sporthallen und Sportplätzen: Die meisten Ballsportarten, vom Handball über Fußball bis zum Volleyball, die Disziplinen der Leichtathletik, vom Weitsprung bis zum Hochsprung, sowie Gymnastik oder Tanzsport stehen im regelmäßigen Wechsel auf dem Programm. Nach dem Schulsport kommen am Nachmittag und Abend die örtlichen Sportvereine, am Wochenende stehen Turniere oder größere Schulveranstaltungen an. Sporthallen und Sportplätze in Schulen müssen viele Aufgaben erfüllen.

Die Beleuchtung muss jedoch für alle Aufgaben geeignet sein. Der erste Planungsschritt für eine Sporthalle sollte deshalb die Überlegung sein, welche Sportarten hier stattfinden. Die Beleuchtung ist dann auf die Sportart mit der anspruchsvollsten Sehaufgabe abzustimmen. Für die meisten Ballsportarten bezeichnet die DIN EN 12193 eine horizontale Mindestbeleuchtungsstärke von 200 Lux als ausreichend. Bei schnellen Ballsportarten mit kleinen Bällen, wie Badminton oder Tischtennis, sollen es schon mindestens 300 Lux sein und die vertikale Beleuchtungsstärke muss höher sein. Für Wettkämpfe und auch das Wettkampftraining empfiehlt die DIN für die meisten Sportarten in Sporthallen 500 bis 750 Lux.

Bei der Auswahl der Leuchten sind zwei Kriterien ausschlaggebend: die Montagemöglichkeiten und die Qualität der Entblendung. Je nach Deckenart können Einbau-, Anbau- oder Pendelleuchten installiert werden. Für höhere Hallen sind Pendelleuchten meistens sinnvoller. Da es in Sporthallen keine bestimmte Blickrichtung gibt, müssen die Leuchten in alle Richtungen gut entblendet sein. Hochwertige Raster in den Leuchten können

die Sehleistung beim Sport deutlich verbessern und sind robust genug, um auch fehlgeleitete Fußbälle zu verkraften. Alle Leuchten sollen als ballwurfsicher gekennzeichnet sein.

Als Leuchtmittel werden Leuchtstofflampen oder Hochdruck-Entladungslampen bevorzugt. Wichtiger als die Art der Lampen ist die Beachtung einer guten Farbwiedergabe und einer neutralweißen Lichtfarbe, damit die Farben der Trikots richtig gesehen werden. Ein Lichtmanagementsystem ist in den meisten Sporthallen eine sinnvolle und energiesparende Ergänzung der Beleuchtung. In Mehrzweckhallen kann das Licht in einzelnen Hallenteilen auf Knopfdruck gedimmt werden. Für eine flexible Nutzung, z. B. für Schulveranstaltungen, sollte eine gruppenweise Steuerung und Dimmung der Leuchten möglich sein.

Die meisten Sportplätze werden mit Scheinwerfern beleuchtet, die an vier oder sechs Masten aufgehängt sind. Die Masten sollten in den Ecken bzw. längs der rechteckigen Spielfläche positioniert sein. Je höher die Leuchten installiert sind, desto besser ist deren Entblendung. Die Scheinwerfer oder Strahler sollten so ausgerichtet sein, dass jede Position auf dem Spielfeld von mindestens zwei Leuchten angestrahlt wird, um harte Schlagschatten zu vermeiden. Auch die Zuschauer dürfen von den Leuchten nicht geblendet werden.

Die richtige Beleuchtung von Sporthallen und Sportplätzen setzt eine gute Planung voraus. Insbesondere die Nutzung für Wettkämpfe oder Fernsehaufzeichnungen ist eine anspruchsvolle lichttechnische Aufgabe, bei der auch die Normen und Vorschriften zu beachten sind. Weitere Planungshilfen gibt das Heft 8 „Gutes Licht für Sport und Freizeit“ der FGL Schriftenreihe.



116



117



118



119



120



121

In Umkleieräumen sollte die Beleuchtung möglichst gleichmäßig sein, um harte Schatten zu vermeiden. Eine hohe vertikale Beleuchtungsstärke erleichtert den Blick in den Schrank und eine gute Farbwiedergabe der Lampen gibt die Farben der Kleidung korrekt wieder (Bild 120). Eine Präsenzsteuerung in Umkleieräumen und Sanitäräumen, die das Licht nach Verlassen des Raumes ausschaltet bzw. beim Betreten wieder einschaltet, spart Energie, verlängert die Lebensdauer der Lampen und erhöht die Sicherheit (Bild 121).

Licht-Tipps

- Die Sportart mit der anspruchsvollsten Sehaufgabe bestimmt die Beleuchtung. Bei Ballsportarten gilt: Je schneller und je kleiner der Ball, desto mehr Licht ist nötig.
- Farben werden richtig erkannt, wenn Lampen mit guter Farbwiedergabe und neutralweißer Lichtfarbe eingesetzt werden.

Sanierung - Wirtschaftlichkeit

Notbeleuchtung - Sicherheit

Bei der Sanierung eines bestehenden Schulgebäudes ist die Planung einer neuen Beleuchtungsanlage ein wesentlicher Bestandteil der Modernisierung. Eine bessere Wirtschaftlichkeit von Lampen und Leuchten sowie der höhere Lichtkomfort sprechen grundsätzlich für eine neue Beleuchtung. Aber auch die Entwicklung neuer Leuchtentypen, die besonders für den Einsatz im Schulalltag geeignet sind, sollten bei der Planung beachtet werden: verstärkte Materialien bieten besseren Schutz vor Zerstörungen, Leuchten mit asymmetrischer Lichtverteilung sorgen für eine gleichmäßige und reflexfreie Tafelbeleuchtung und besser entblendete Leuchten erlauben die flexiblere Anordnung von Gruppentischen.

Eine veraltete Beleuchtungsanlage kostet Geld. Der Betriebswirkungsgrad aller Komponenten - der Lampen, der Leuchten und der Betriebsgeräte - nimmt stetig ab. Durch Verschmutzung und Materialalterung halbiert sich der Betriebswirkungsgrad einer alten Beleuchtungsanlage im Laufe der Jahre. Die Investition in eine moderne, wirtschaftliche Beleuchtung reduziert die jährlichen Betriebskosten erheblich und amortisiert sich auch bei höheren Anschaffungskosten in wenigen Jahren.

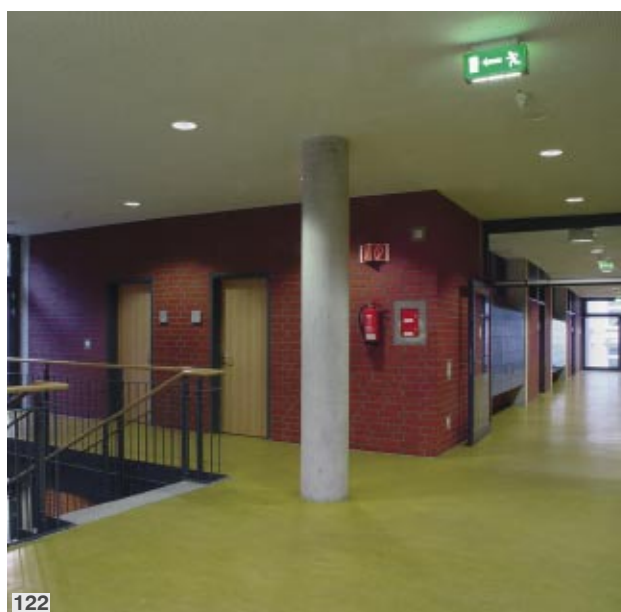
Neue Technologien bei Lampen und Leuchten ermöglichen einen wirtschaftlicheren Betrieb und bessere Lichtqualität. Neu entwickelte Leuchtmittel, wie T5-Leuchtstofflampen, Kompakt-Leuchtstofflampen und LED, verbessern die Lichtausbeute. Elektronische Vorschaltgeräte reduzieren die Verlustleistung, bieten flackerfreies Licht und ein besseres Startverhalten der Lampen. Und schließlich erhöhen neue Reflektormaterialien und Reflektorformen den Wirkungsgrad und die Entblendung der Leuchten.

Noch größer sind die Einsparpotenziale durch den Einsatz moderner Lichtmanagementsysteme. Eine sensorgesteuerte Beleuchtung, die den Anteil des künstlichen Lichts automatisch dem natürlichen Tageslicht anpasst, oder Präsenzsteuerungen, die die Beleuchtung ausschalten, nachdem der Raum verlassen wurde, sparen Energiekosten und verlängern die Lebensdauer der Leuchtmittel. Lichtmanagementsysteme können für einzelne Räume oder Raumgruppen auch nachträglich installiert werden.

Spezielle Jalousien, die zusätzliches Tageslicht in den Raum lenken, können den Anteil der künstlichen Beleuchtung reduzieren. Als Nebeneffekt dieser energiesparenden Maßnahmen wird die Beleuchtung auch als natürlicher, dynamischer und aktivierender empfunden, Schüler und Lehrer fühlen sich wohler und sind motivierter.

Auch die Ästhetik muss bei der Sanierung nicht leiden. Für jede Architektur gibt es Leuchten mit passendem Design und modernster Technik. Oftmals kann die neueste Technik auch in vorhandene Leuchten integriert werden. Da Lampen und Betriebsgeräte immer kleiner, leistungsstärker und energiesparender werden, ist eine energieeffiziente, sichere und helle Beleuchtung auch in denkmalgeschützten Gebäuden ohne sichtbare Veränderung möglich.

Sicherheit darf in Schulen und Bildungsstätten keine Frage des Geldes sein. Eine moderne Not- und Sicherheitsbeleuchtung muss in allen Räumen und Gängen vorhanden sein. Auch bei leichten Schwelbränden füllen sich Räume rasend schnell mit Rauch, eine sichere Orientierung und das schnelle Auffinden von Ausgängen und Rettungswegen ist dann entscheidend.



122

Licht kann Leben retten

In Gebäuden mit Publikumsverkehr ist eine Notbeleuchtung vorgeschrieben. Wie wichtig sie ist, zeigt sich erst, wenn der Ernstfall eintritt. Rauchgefüllte Räume und Gänge in wenigen Sekunden sicher zu verlassen und den rettenden Weg nach draußen zu finden, ist ohne Notbeleuchtung nicht möglich. Eine gute Notbeleuchtung ist deutlich sichtbar und zeigt den kürzesten Weg aus der Gefahrenzone heraus.



123



124



125

Eine moderne Beleuchtung bringt frischen Glanz in renovierte Gebäude. Moderne Leuchten können sehr gut mit klassischen Architekturformen harmonisieren (Bild 124) oder modernste Technik kann in bestehende Leuchten integriert werden (Bild 127). So ersetzen LED-Elemente beispielsweise die veraltete Stufenbeleuchtung, ohne dass das Erscheinungsbild leidet (Bild 128). LED sparen Energie, bieten mehr Licht und eine wesentlich höhere Betriebssicherheit als Glühlampen.



127



126



128

Lichtmanagement bedeutet, eine Beleuchtungsanlage effizient und wirtschaftlich zu betreiben, Lampen und Leuchten optimal zu steuern und zu überwachen, bestmöglichen Lichtkomfort zu bieten und eine situationsgerechte und aktivierende Raumbeleuchtung zu ermöglichen. Alles Funktionen, die gerade in Schulen und Bildungsstätten sinnvoll und wichtig sind.

Vor allem in Räumen, deren Nutzung sich permanent ändert, sind Lichtmanagementsysteme eine hilfreiche und komfortable Lösung. Unterrichtsräume, in denen Frontalunterricht und Gruppenarbeit, kleine Ausstellungen und Musikunterricht tagtäglich wechseln, werden so auf Knopfdruck richtig beleuchtet. Auch in Aulen, in denen Versammlungen und Konzerte, Theaterproben und Aufführungen stattfinden, erzeugen Lichtmanagementsysteme die jeweils benötigte Lichtszenerie.

Viele Unterrichtsräume werden über den Tag für eine oder zwei Freistunden verlassen und stehen dann leer. Die Leuchten bleiben dann oftmals eingeschaltet. Intelligente Steuerungssysteme mit integrierten Präsenzsensoren schalten die Beleuchtung automatisch aus, wenn der Raum verlassen wird, sowie ein, wenn er wieder betreten wird. Auch Gänge werden während des Unterrichts kaum betreten, die Beleuchtung kann hier die meiste Zeit auf ein Mindestmaß heruntergedimmt sein. In beiden Fällen sparen einfache Lichtsteuerungen auf komfortable Weise einen großen Teil der Energie, die in Klassenzimmern und auf Gängen unnötigerweise verschwendet wird.

Im Herbst, Winter und Frühling reicht das Tageslicht oft nicht für eine akzeptable Raumbeleuchtung aus, bei der wir arbeiten können.

Am Morgen und am Abend, im Winter sogar schon ab dem frühen Nachmittag, ist es zu dunkel und Wolken reduzieren das Tageslicht zusätzlich. In vielen Unterrichtsräumen wird die Beleuchtung deshalb am Morgen eingeschaltet und bleibt über den Tag an - sei es aus Bequemlichkeit oder weil nicht genügend Tageslicht in den Raum fällt.

Lichtsteuerungen mit Tageslichtsensoren, die die Helligkeit der künstlichen Beleuchtung automatisch an das natürliche Tageslichtniveau anpassen sowie spezielle Jalousien, die das Tageslicht in den Raum lenken, bieten deshalb ein weiteres großes Energie-sparpotenzial für Schulen und Bildungsstätten.

Neben der Energiesparfunktion bieten Lichtmanagementsysteme aber auch die Möglichkeit, dynamisches und motivierendes Licht zu erzeugen. Man weiß heute, dass ein gleichförmiges Beleuchtungsniveau zu Ermüdung und Konzentrationsmangel führt. Eine Lichtsteuerung kombiniert deshalb Tages- und Kunstlicht und simuliert so den aktivierenden Wechsel des natürlichen Lichts.

Einzelne Räume oder kleinere Gebäudeeinheiten wie z.B. Sporthallen lassen sich einfach und komfortabel mit DALI-Komponenten steuern. DALI (Digital Addressable Lighting Interface) ist eine international normierte Systematik, die Schalt- und Dimmfunktionen steuert und angeschlossene Komponenten auf ihre Betriebsbereitschaft überprüft.

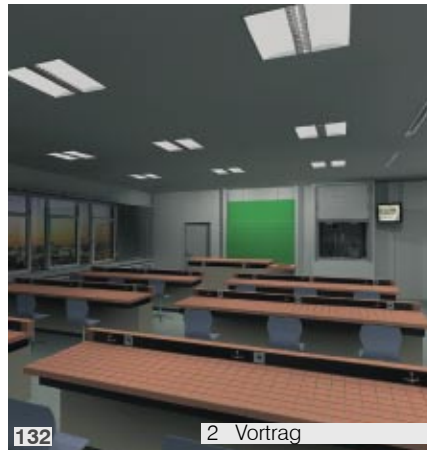
Der Arbeitsgemeinschaft (AG) DALI im Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie (ZVEI) e.V., Frankfurt am Main, gehören führende europäische und US-amerikanische Hersteller von EVG und Lichtsteuer- und -regelanlagen an.



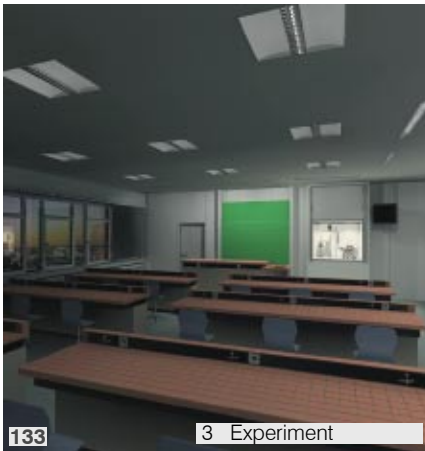
In Aulen und Hörsälen sollten Jalousien, Beleuchtung und Projektoren vom Vortragspult aus zu bedienen sein. Ohne störende Unterbrechung können so beim Beginn der Präsentation der Projektor gestartet, der Sonnenschutz heruntergefahren und die Leuchten gedimmt werden (*Bild 129*). Für die Diskussion wird dann die Raumbeleuchtung ganz oder nur teilweise erhöht (*Bild 130*). Die meisten Lichtmanagementsysteme erlauben das einfache Programmieren mehrerer Lichtszenen wie Vortrag, Präsentation oder Diskussion.



131 1 Unterricht



132 2 Vortrag



133 3 Experiment



134 4 Medieneinführung

Lichtsteuerungssysteme sind in vielen Unterrichtsräumen eine sinnvolle Ergänzung. Mit getrennt schalt- und dimmbaren Beleuchtungskomponenten kann so das passende Licht für alle Situationen auf Knopfdruck eingestellt werden.

1 Unterricht

Im normalen Unterricht sind alle Beleuchtungskomponenten gleich hell (Bild 131).

2 Vortrag

Bei Vorträgen wird das Licht über den Arbeitstischen gedimmt, der vordere Raumbereich und die Tafel bleiben hell (Bild 132).

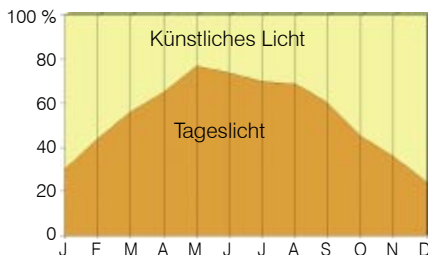
3 Experiment

Während des Experiments werden der geschützte Versuchsschrank und der Vortragsbereich beleuchtet. Das Licht über den Arbeitstischen wird gedimmt, ist aber für Notizen noch ausreichend hell (Bild 133).

4 Medieneinführung

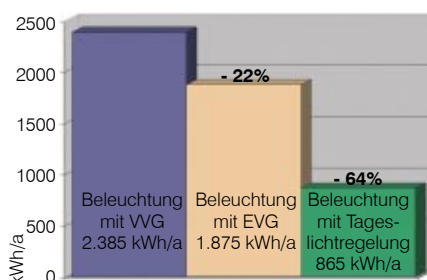
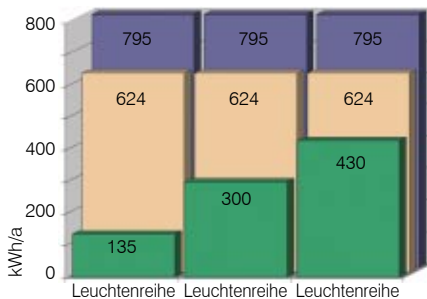
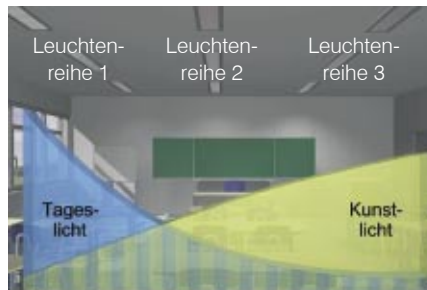
Bei Medieneinführungen am Fernseher oder per Beamer wird die Beleuchtung im gesamten Raum gedimmt. Reflexionen auf dem Bildschirm werden so vermieden, Farben und Kontraste bleiben erhalten und das Fernsehbild ist von allen Plätzen gut sichtbar (Bild 134).

In vielen Unterrichtsräumen ist die Beleuchtung einen Großteil des Tages eingeschaltet. Nur so kann bei einer Standardbeleuchtung sichergestellt werden, dass auch jene Schreibtische ausreichend beleuchtet sind, die nicht direkt am Fenster stehen. In den Sommermonaten reicht das Tageslicht in Mitteleuropa jedoch aus, um fast 80% der Beleuchtungsenergie in Unterrichtsräumen zu sparen (100% = 500 Lux).



Voraussetzung hierfür ist eine Beleuchtungsanlage, die tageslichtabhängig geregelt wird. Sie sorgt automatisch für eine konstante Helligkeit im ganzen Raum.

An einem hellen Sonnentag wird nur die dritte Leuchtenreihe an der Wand eingeschaltet. Bei bewölktem Himmel werden die anderen Leuchtenreihen hochgedimmt, so dass jederzeit auf allen Schreibtischen mindestens 500 Lux herrschen.



■ Beleuchtungsanlage mit VVG

In einem normalen Unterrichtsraum verbraucht eine unregulierte Beleuchtungsanlage, deren Lampen mit konventionellen (KVG) oder verlustarmen (VVG) Vorschaltgeräten betrieben werden, pro Jahr 2.385 kWh/a. Jede der drei Leuchtenreihen verbraucht dabei konstant 795 kWh/a.

■ Beleuchtungsanlage mit EVG

Im gleichen Raum und bei gleicher Beleuchtungsstärke (500 Lux) verbraucht eine moderne Beleuchtung, deren Lampen mit elektronischen Vorschaltgeräten (EVG) betrieben werden, nur 1.872 kWh/a - sie spart also 22% der Energie. Jede der drei Leuchtenreihen verbraucht dabei konstant 625 kWh/a.

■ Beleuchtungsanlage mit EVG (dimmbar) und Tageslichtregelung

Eine Beleuchtung mit dimmbaren EVG und tageslichtabhängiger Regelung verbraucht pro Jahr nur noch 865 kWh/a, d.h. 64% weniger Energie als eine Beleuchtungsanlage mit VVG. Die Beleuchtungsstärke von 500 Lux im ganzen Raum wird automatisch reguliert. Die Leuchtenreihe 1 befindet sich am Fenster und kann durch den größeren Tageslichtanteil zumeist heruntergedimmt bleiben. $\frac{2}{3}$ der Energiekosten werden durch EVG und Tageslichtregelung gespart.



Bild	Lampentyp	Elektrische Leistung (Watt)	Lichtstrom (Lumen)	Lichtausbeute (Lumen/Watt)	Lichtfarbe
Stabförmige Dreiband-Leuchtstofflampen					
1	T5; Ø 16 mm ¹⁾ mit hoher Lichtausbeute	14 - 35	1250 - 3650 ²⁾	89 - 104	ww,nw,tw
2	T5; Ø 16 mm ¹⁾ mit hohem Lichtstrom	24 - 80	1850 - 7000 ²⁾	77 - 88	ww,nw,tw
3	T8; Ø 26 mm	18 - 58	1350 - 5200	75 - 90 ³⁾	ww,nw,tw
Kompaktleuchtstofflampen					
4	2-, 4- und 6-Rohrlampe	5 - 57	250 - 4300	50 - 75	ww,nw
5	2-Rohrlampe	18 - 80	1200 - 6000	67 - 75	ww,nw,tw
6	4-Rohrlampe	18 - 36	1100 - 2800	61 - 78	ww,nw
Energiesparlampen					
7	Miniaturform	7	220	31	ww,nw
8	Glühlampenform	5 - 23	150 - 1350	30 - 59	ww
9	Standardform	5 - 23	240 - 1500	48 - 65	ww
Hochvolt-Halogenlampen (230V)					
10	Mit Hüllkolben	25 - 250	260 - 4300	10 - 17	ww
11	Mit Reflektor	40 - 100			ww
12	Zweiseitig gesockelt	60 - 2000	840 - 4400	14 - 22	ww
Niedervolt-Halogenlampen (12V)					
13	Stiftsockellampen	5 - 100	60 - 2300	12 - 23	ww
14	Mit Reflektor	20 - 50			ww
Halogen-Metaldampflampen					
15	Einseitig gesockelt	35 - 150	3300 - 14000	85 - 95	ww,nw
16	Zweiseitig gesockelt	70 - 400	6500 - 36000	77 - 92	ww,nw
Natriumdampf-Hochdrucklampen					
17	Röhrenform	35 - 1000	1800 - 130000	51 - 130	ww
Leuchtdioden					
18	LED	0,7 - 1,5	18 - 27	13 - 23	

Lichtfarbe: ww = warmweiß, nw = neutralweiß, tw = tageslichtweiß

Anm.: 1) Betrieb nur mit EVG 2) Lichtstrom bei 35°C 3) Bei Betrieb an EVG steigt die Lichtausbeute auf 81 - 100 lm/W



Farbwieder-
gabe-Index

Sockel

80 < 90	G5
80 < 90	G5
80 < 90	G13
80 < 90	G23, G24, 2G7, GX24
80 < 90	2G11
80 < 90	2G10
80 < 90	GX53
80 < 90	E14, E27
80 < 90	E14, E27
≥ 90	E14, E27, G9
≥ 90	E14, E27, GZ10, GU10
≥ 90	R7x
≥ 90	G4, GY6,35
≥ 90	GU5,3
80 < 90, ≥ 90	G12, G8,5, E27, E40
80 < 90, ≥ 90	RX7s, Fc2
20 < 40	E27, E40

Eine gute Beleuchtung setzt die Auswahl der richtigen Lampen voraus. Auf dieser Seite finden Sie die wichtigsten Lampen mit ihren technischen Daten für den Einsatz in Schulen und Bildungsstätten.

1,2,3 Dreibanden-Leuchtstofflampen

Dreibanden-Leuchtstofflampen haben eine hohe Lichtausbeute, geben Farben gut wieder und besitzen eine lange Lebensdauer. In Verbindung mit elektronischen Vorschaltgeräten (EVG) werden die Lichtausbeute, die Lebensdauer und der Lichtkomfort erhöht. T5-Lampen mit 16 mm Durchmesser können nur mit EVG betrieben werden. Alle Dreibanden-Leuchtstofflampen sind mit geeigneten Vorschaltgeräten dimmbar.

4,5,6 Kompakt-Leuchtstofflampen

Kompakt-Leuchtstofflampen besitzen die gleichen Eigenschaften wie Dreibanden-Leuchtstofflampen. Auch hier werden die Lichtausbeute, die Lebensdauer und der Lichtkomfort beim Betrieb mit EVG erhöht bzw. können die Lampen durch geeignete Vorschaltgeräte gedimmt werden.

7,8,9 Energiesparlampen

Bei Energiesparlampen ist das Vorschaltgerät integriert, sie haben einen Schraubsockel (E14 oder E27) oder einen Bajonettsockel (GX53). Energiesparlampen benötigen bis zu 80% weniger Energie und haben eine erheblich längere Lebensdauer als Glühlampen.

10,11,12 Hochvolt-Halogenlampen (230V)

Hochvolt-Halogenlampen liefern ein angenehmes, weißes Licht mit sehr guter Farbwiedergabe. Sie sind

für den Betrieb mit Netzspannung ausgelegt, haben eine längere Lebensdauer und eine höhere Lichtausbeute als Glühlampen. Sie können problemlos gedimmt werden.

13,14 Niedervolt-Halogenlampen (12V)

Niedervolt-Halogenlampen liefern ein angenehmes, weißes Licht mit sehr guter Farbwiedergabe. Für den Betrieb ist ein Transformator erforderlich, der die Spannung auf 12V reduziert. Mit geeigneten Transformatoren können sie gedimmt werden.

15,16 Halogen-Metaldampflampen

Eine hohe Lichtausbeute und eine sehr gute Farbwiedergabe zeichnen diese Lampen aus. Bei modernen Halogen-Metaldampflampen mit Keramikbrenner bleibt die Lichtfarbe über die gesamte Lebensdauer konstant. Zum Betrieb ist ein Vorschaltgerät notwendig. EVG erhöhen die Lebensdauer und den Lichtkomfort.

17 Natriumdampf-Hochdrucklampen

Eine sehr hohe Lichtausbeute und eine lange Lebensdauer machen Natriumdampf-Hochdrucklampen zu sehr wirtschaftlichen Lampen für die Außenbeleuchtung. Sie benötigen entsprechende Vorschaltgeräte und Zündgeräte für den Betrieb.

18 Leuchtdioden

LED gibt es in zahlreichen Formen und Farben. Durch ihre minimalen Abmessungen und ihre lange Lebensdauer werden sie heute vor allem in dekorativen Leuchten und in der Sicherheitsbeleuchtung eingesetzt. Sie sind sehr stoßfest und geben weder UV- noch IR-Strahlen ab.

In Schulen und Bildungseinrichtungen werden unterschiedliche Leuchtenarten eingesetzt. Bei der Beleuchtungsplanung müssen die Art und Architektur, Nutzung und Größe des Raums berücksichtigt werden.

Die Beleuchtungsplanung sollte gemeinsam vom Bauherrn, vom Architekten und vom Lichtplaner erarbeitet werden. Neben den technischen Eigenschaften, die nachfolgend kurz beschrieben werden, ist auch das Design der Leuchten und die Einbindung in Lichtmanagementsysteme zu berücksichtigen. Eine zentrale Steuerung der Leuchten erhöht den Nutzungskomfort und verringert den Energieverbrauch.

Lichttechnische Eigenschaften

Die Lichtstärke-Verteilungskurve (LVK) zeigt die Form der Lichtausstrahlung. Sie bestimmt die räumliche Verteilung der Beleuchtungsstärke und ist ein wichtiges Kriterium zur Beurteilung der Blendung. Zur Raumbeleuchtung werden oft direkt oder direkt/indirekt strahlende Leuchten eingesetzt.

Direkt strahlende Leuchten sind oft sehr wirtschaftlich, wohingegen das Licht direkt/indirekt strahlender Leuchten von den meisten Menschen als angenehmer und motivierender empfunden wird. Rein indirekt strahlende Leuchten werden akzentuierend als Wand- oder Deckenfluter zur Betonung architektonischer Details eingesetzt.

Der Betriebswirkungsgrad der Leuchten ist ein weiteres licht- und energie-technisches Kriterium. Je höher der Wirkungsgrad der Leuchte ist, um so effizienter und damit wirtschaftlicher setzt sie das Licht der Lampen für die Beleuchtung um.

Die Blendungsbegrenzung ist das dritte wichtige Güte Merkmal der Leuchte. Je besser die Lampen abgeschirmt sind, desto höher ist die Beleuchtungsqualität. Besonders an Computerarbeitsplätzen muss hierauf geachtet werden.

Elektrotechnische Eigenschaften

Zu den elektrotechnischen Eigenschaften der Leuchten gehört die Ausrüstung mit elektrischen Bauteilen für den sicheren und störungsfreien Betrieb der Leuchtmittel. Bei Entladungslampen, wie z. B. Leuchtstofflampen, verringern elektronische Vorschaltgeräte die Anschlussleistung des Leuchtensystems bzw. den Energieverbrauch. EVG starten die Lampen auch schonender und erhöhen damit deren Lebensdauer. Bei defekten Lampen unterbrechen sie zudem den Startvorgang.

Die Sicherheitsanforderungen an die Beleuchtung sind erst dann erfüllt, wenn die Leuchten und die integrierten elektronischen Betriebsgeräte den Vorschriften nach IEC598 entsprechen und das ENEC-Zeichen tragen.

Konstruktive Eigenschaften

Neben den Wünschen nach einer bestimmten Licht- und Leuchtenart entscheidet auch die Architektur des Raums und insbesondere die Art der Raumdecke über die Auswahl. Die meisten Leuchtenarten sind als Einbau-, Anbau- oder Pendelleuchten erhältlich.

Außer der Montage ist auch der Aufwand bei der regelmäßigen Wartung, z. B. dem Lampenwechsel, zu beachten. Hochwertige Leuchten bieten durchdachte Hilfsmittel für die Montage oder sinnvolle Detaillösungen wie werkzeuglose Wartungsmöglichkeiten.



137



138

Raster-Einbauleuchten

als Langfeldleuchten (*siehe Bild*) oder als quadratische Leuchten



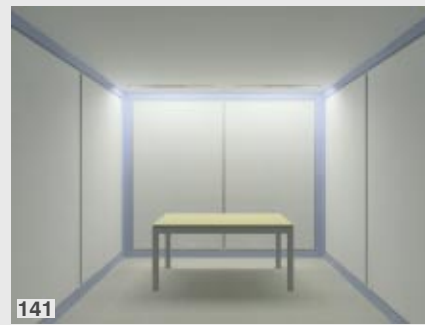
139



140

Direkt/indirekte Pendelleuchte

mit Lichtlenkflächen



141



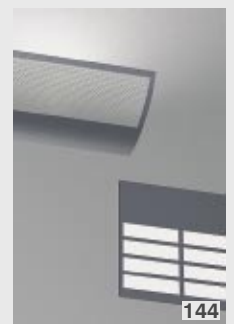
142

Wandfluter-Einbauleuchten

mit asymmetrischer Lichtverteilung



143



144

Wandleuchten

als Anbauleuchte (*links*) oder als Einbauleuchte (*rechts*)



145



146



147



148

Direkt/indirekte Einbauleuchten

als quadratische Leuchten (*siehe Bild*)
oder als Langfeldleuchten

Raster-Anbauleuchten

als Langfeldleuchten (*siehe Bild*)
oder als quadratische Leuchten



149



150



151



152

Downlights

mit symmetrischer Lichtverteilung (*links*) oder
mit asymmetrischer Lichtverteilung (*rechts*)

Direkt/indirekte Stehleuchte

mit Tischleuchte



153



154



155



156

Strahler

für Stromschienen (*links*) oder
als Einbauleuchte (*rechts*)

Sicherheitsleuchte

für Hinweis- und Notbeleuchtung



157



158



159



160

Pollerleuchte (*links*)
Bodeneinbauleuchte (*rechts*)

Mastleuchte (*links*)
Lichtstele (*rechts*)

Die Qualität der Beleuchtung in Schulen und Bildungsstätten hängt von zahlreichen Kriterien ab, von denen einige bereits auf den Seiten 4 und 5 erklärt wurden. Eine weitere Planungsgrundlage stellen neue Gesetze und Normen dar. Bei den Normen erfolgte eine wesentliche Änderung durch die Verabschiedung der europäischen Norm zur Beleuchtung von Arbeitsstätten in Innenräumen und ihre Übernahme als deutsche Norm DIN EN 12464-1.

Diese Norm ersetzt in weiten Teilen die bisherige DIN 5035-2 „Beleuchtung mit künstlichem Licht - Richtwerte für Arbeitsstätten in Innenräumen und im Freien“. Sie enthält aber auch Empfehlungen und Anforderungen für Ausbildungseinrichtungen, die bisher in Deutschland in der Norm DIN 5035-4 „Innenraumbelichtung mit künstlichem Licht - Spezielle Empfehlungen für die Beleuchtung von Unterrichtsstätten“ festgelegt worden sind.

Bei nichtbetrieblichen Ausbildungseinrichtungen wie z.B. Grundschulen oder Gymnasien sowie Universitäten oder Fachhochschulen findet weiterhin die Norm DIN 5035-4 Anwendung.

Wenn im Folgenden auf Normen verwiesen wird, erfolgt dies im Wesentlichen auf die Norm DIN EN 12464-1, da diese noch nicht allgemein bekannt ist. Die Inhalte, Begriffe und Verfahren der DIN 5035-4 gelten unverändert seit 1983 und werden als bekannt vorausgesetzt. Eine Überarbeitung der Norm DIN 5035-4, die voraussichtlich in Anlehnung an DIN EN 12464-1 erfolgen wird, ist zu erwarten.

Beleuchtungsstärken im Bereich der Sehaufgabe

Die Beleuchtungsstärke und ihre Verteilung haben großen Einfluss darauf, wie schnell, wie sicher und wie leicht eine Person die Sehaufgabe erfasst und ausführt. Auf Seite 46 dieses Heftes sind empfohlene Beleuchtungsstärken für zahlreiche Raumarten in Schulen und Bildungsstätten aufgeführt. Diese Werte entstammen der Norm DIN EN 12464-1 und gelten im Bereich der Sehaufgabe. Ist die Größe und/oder die Lage des Bereichs der Sehaufgabe nicht bekannt, muss der Bereich als Bereich der Sehaufgabe angenommen werden, in dem die Sehaufgabe auftreten kann. Die Werte gelten für normale Sehbedingungen und sollten erhöht werden, wenn die Sehaufgabe überdurchschnittlich anspruchsvoll ist oder das Sehvermögen der Personen unter dem Durchschnitt liegt.

Wartungswert der Beleuchtungsstärke und Wartungsfaktor

Die Beleuchtungsstärke E_m ist ein Wartungswert, d.h. dass die mittlere Beleuchtungsstärke nicht unter den genannten Wert sinken darf - unabhängig vom Alter und Zustand der Beleuchtungsanlage. Die Neuanlage muss demnach eine höhere Beleuchtungsstärke aufweisen. Der Rückgang der Beleuchtungsstärke hängt vom Alterungsverhalten der Lampe, der Art der verwendeten Vorschaltgeräte, der Leuchte, der Umgebung und vom Wartungsprogramm ab. Der Planer muss Annahmen für den Wartungsfaktor und das Wartungsprogramm bei der Planung dokumentieren. Sind keine Informationen verfügbar, empfiehlt der ZVEI z.B. einen Referenzwert von 0,67 bei einem Wartungsintervall von drei Jahren für saubere Räume.

Beleuchtungsstärken des unmittelbaren Umgebungsbereichs

Die Beleuchtungsstärke des unmittelbaren Umgebungsbereichs hängt von der Beleuchtungsstärke im Bereich der Sehaufgabe ab und sollte eine ausgewogene Leuchtdichteverteilung im Gesichtsfeld schaffen. Starke örtliche Wechsel der Beleuchtungsstärke können zu visueller Überlastung und Unbehagen führen. Die Beleuchtungsstärke des unmittelbaren Umgebungsbereichs kann

niedriger sein als die Beleuchtungsstärke des Bereichs der Sehaufgabe, darf aber die folgenden Werte nicht unterschreiten:

Beleuchtungsstärke des Bereichs der Sehaufgabe (Lux)	Beleuchtungsstärke des unmittelbaren Umgebungsbereichs (Lux)
≥ 750	500
500	300
300	200
≤ 200	Ä Aufgabe
Gleichmäßigkeit: $\geq 0,7$	Gleichmäßigkeit: $\geq 0,5$

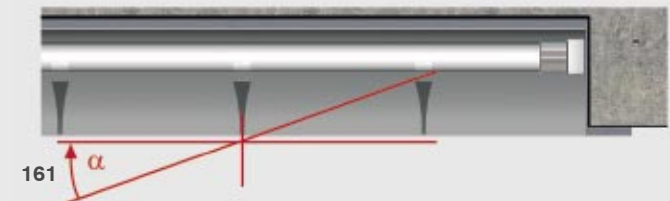
Blendung

Bei der Blendung werden zwei Arten unterschieden: Bei der physiologischen Blendung wird die Sehleistung reduziert. Bei der psychologischen Blendung wird die Sehleistung gestört. Fehler und Unfälle können die Folge sein. Blendung muss daher begrenzt werden.

Abschirmmaßnahmen gegen Blendung

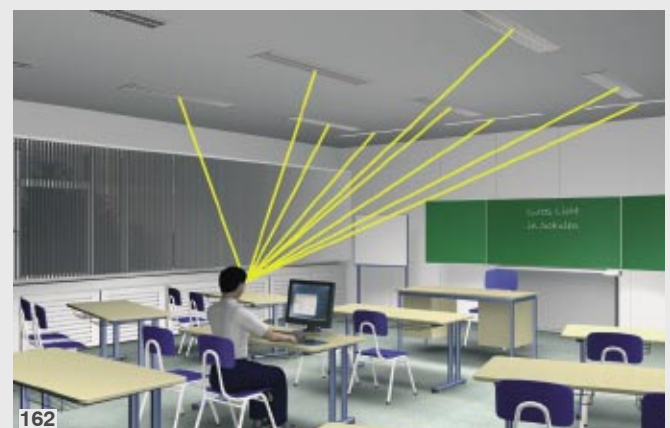
Um eine Blendung durch helle Lichtquellen zu vermeiden, sollten Lampen abgeschirmt oder Fenster durch Lichtschutzvorrichtungen abgedunkelt werden können. Für die nachfolgend angegebenen Lampen-Leuchtdichten muss der zugehörige Mindestabschirmwinkel eingehalten werden.

Lampen-Leuchtdichte cd / m^2	Mindestabschirmwinkel α
20.000 bis < 50.000	15°
50.000 bis < 500.000	20°
≥ 500.000	30°



Bewertung der Direktblendung

Direktblendung entsteht beim Blick auf eine Lichtquelle, z. B. eine freistrahkende Lampe. Mit der neuen Norm DIN EN 12464-1 wird das vereinheitlichte UGR-Verfahren (unified glare rating) zur Beurteilung der (psychologischen) Blendung eingeführt. Das UGR-Verfahren berücksichtigt alle Leuchten der Beleuchtungsanlage, die zu einem Blendeindruck beitragen, sowie die Helligkeit von Wänden und Decken und führt zu einem UGR-Wert (*Bild 162*). Den UGR-Grenzwert UGR_{li} , der nicht überschritten werden darf, für die meisten Raumarten in Schulen und Bildungsstätten finden Sie in der Tabelle auf Seite 46.



162

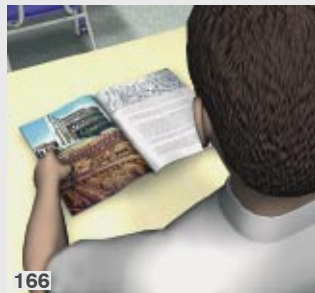
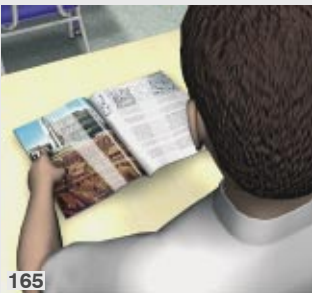
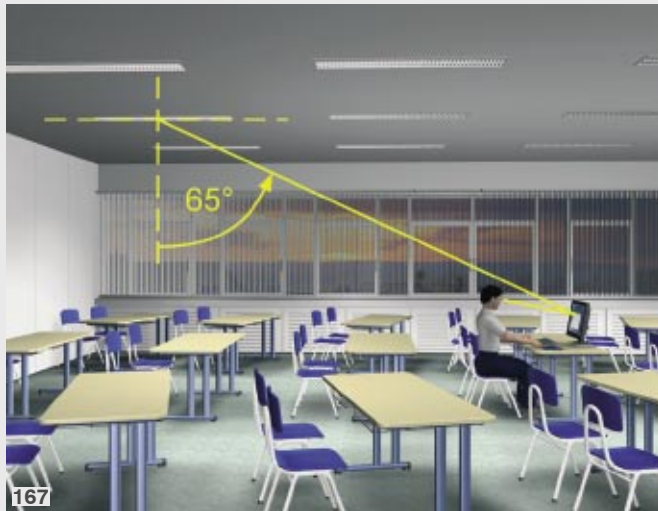
Beleuchtung von Bildschirmarbeitsplätzen

Die Beleuchtung von Bildschirmarbeitsplätzen muss für alle Aufgaben geeignet sein, die dort anfallen können, z. B. das Lesen direkt vom Bildschirm, das Lesen von gedruckten Texten, das Schreiben auf Papier, das Arbeiten an der Tastatur.

Das Arbeiten an einem Bildschirm oder unter bestimmten Umständen an der Tastatur kann durch Reflexionen beeinflusst werden und physiologische und psychologische Blendung hervorrufen. Der Planer muss die Leuchten und ihre Anordnung so auswählen und festlegen, dass keine störenden Reflexionen entstehen.

Schleierreflexion und Reflexblendung

Reflexblendung entsteht durch störende Lichtreflexe auf glänzenden oder spiegelnden Oberflächen, wie Bildschirmen oder Hochglanzpapier. Lichtreflexe auf Bildschirmen (*Bild 163*) und glänzenden Dokumenten (*Bild 165*) stören die Sicht und beeinträchtigen die Lesbarkeit.



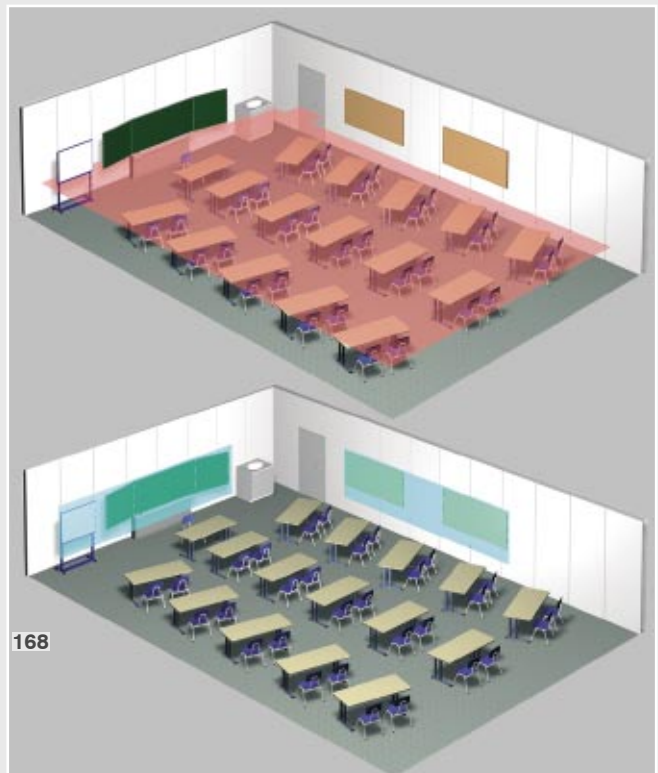
Leuchtdichtegrenzen für direktstrahlende Leuchten

Bei Leuchten, die sich bei normaler Blickrichtung im Bildschirm spiegeln könnten, müssen die Leuchtdichten bei größeren Ausstrahlungswinkeln als 65° rund um die Leuchte begrenzt werden.

Die Tabelle legt für Arbeitsplätze mit Bildschirmen, die senkrecht oder bis zu 15° geneigt sind, diese Grenzen der mittleren Leuchtdichte der Leuchten fest (*Bild 167*).

Bildschirme	mittlere Leuchtdichten von Leuchten und Flächen, die sich im Bildschirm spiegeln
Bildschirme mit Positivdarstellung	$\leq 1000 \text{ cd/m}^2$
Bildschirme mit Negativdarstellung und hochwertiger Entspiegelung Nachweis über Prüfzertifikat erforderlich	
Bildschirme mit Negativdarstellung und weniger guter Entspiegelung	$\leq 200 \text{ cd/m}^2$

Einstufung der Bildschirme aufgrund der Entspiegelungsmaßnahmen und der überwiegend auf dem Bildschirm vorhandenen Zeichendarstellung. Die cd/m^2 -Werte geben die maximal zulässigen mittleren Leuchtdichten von Leuchten an, die sich im Bildschirm spiegeln können (nach DIN EN 12464).



Anwendungsbeispiel

Ist die Größe der Bereiche, in denen sich die Sehauflagen befinden, nicht bekannt, sollte der gesamte Raum (abzüglich einer Randzone von 0,5 m) als Bereich geplant werden (rote Fläche), in einer Höhe von 30 mm über der jeweiligen Arbeitsfläche. Die Fläche des Eingangsbereichs, vor der Tafel und vor den Stellwänden ist Teil dieses horizontalen Bereichs (*Bild 168 oben*).

Die vertikalen Bereiche der Sehauflage beinhalten z.B. Tafelflächen, Pinnwände, Schränke und Regale. Bei Tafeln ist die Höhe der Bewertungsfläche vom Verschiebungsbereich abhängig. Die Breite der Bewertungsfläche richtet sich nach der Breite der Objekte. Es gelten jeweils die auf Seite 46 empfohlenen Beleuchtungsstärken mit einer Gleichmäßigkeit von 0,6 (*Bild 168 unten*).

Beleuchtungsanforderungen der DIN EN 12464-1

6.1 Kindergärten, Spielschulen (Vorschulen)					
Ref. Nr.	Art des Raumes, Aufgabe oder Tätigkeit	\bar{E}_m	UGR _L	R _a	Bemerkungen
6.1.1	Spielzimmer	300	19	80	
6.1.2	Krippenräume	300	19	80	
6.1.3	Bastelräume (Handarbeitsräume)	300	19	80	

6.2 Ausbildungsstätten					
Ref. Nr.	Art des Raumes, Aufgabe oder Tätigkeit	\bar{E}_m	UGR _L	R _a	Bemerkungen
6.2.1	Unterrichtsräume in Grund- und weiterführenden Schulen	300	19	80	Beleuchtung sollte steuerbar sein
6.2.2	Unterrichtsräume für Abendklassen und Erwachsenenbildung	500	19	80	Beleuchtung sollte steuerbar sein
6.2.3	Hörsäle	500	19	80	Beleuchtung sollte steuerbar sein
6.2.4	Wandtafel	500	19	80	Reflexblendung vermeiden
6.2.5	Demonstrationstisch	500	19	80	In Hörsälen 750 lx
6.2.6	Zeichensäle	500	19	80	
6.2.7	Zeichensäle in Kunstschulen	750	19	90	$T_{CP} \geq 5000$ K
6.2.8	Räume für technisches Zeichnen	750	16	80	
6.2.9	Übungsräume und Laboratorien	500	19	80	
6.2.10	Handarbeitsräume	500	19	80	
6.2.11	Lehrwerkstätten	500	19	80	
6.2.12	Musikübungsräume	300	19	80	
6.2.13	Computerübungsräume	300	19	80	Bildschirmarbeit: siehe Abschnitt 4.11
6.2.14	Sprachlaboratorien	300	19	80	
6.2.15	Vorbereitungsräume und Werkstätten	500	22	80	
6.2.16	Eingangshallen	200	22	80	
6.2.17	Verkehrsflächen, Flure	100	25	80	
6.2.18	Treppen	150	25	80	
6.2.19	Gemeinschaftsräume für Schüler / Studenten und Versammlungsräume	200	22	80	
6.2.20	Lehrerzimmer	300	19	80	
6.2.21	Bibliotheken: Bücherregale	200	19	80	
6.2.22	Bibliotheken: Lesebereiche	500	19	80	
6.2.23	Lehrmittelsammlung	100	25	80	
6.2.24	Sporthallen, Gymnastikräume, Schwimmbäder	300	22	80	Siehe EN 12193
6.2.25	Schulkantinen	200	22	80	
6.2.26	Küchen	500	22	80	

3 Büros					
Ref. Nr.	Art des Raumes, Aufgabe oder Tätigkeit	\bar{E}_m	UGR _L	R _a	Bemerkungen
3.1	Ablegen, Kopieren, Verkehrszonen usw.	300	19	80	
3.2	Schreiben, Schreibmaschinenschreiben, Lesen, Datenverarbeitung	500	19	80	Bildschirmarbeit: siehe Abschnitt 4.11
3.3	Technisches Zeichnen	750	16	80	
3.4	CAD-Arbeitsplätze	500	19	80	Bildschirmarbeit: siehe Abschnitt 4.11
3.5	Konferenz- und Besprechungsräume	500	19	80	Beleuchtung sollte regelbar sein
3.6	Empfangstheke	300	22	80	
3.7	Archive	200	25	80	

Die obenstehenden Tabellen sind ein Auszug aus der DIN EN 12464-1. Dort finden sich auch die Mindestwerte für viele weitere Raumarten, z.B. für die Fachräume mit industriellen und handwerklichen Tätigkeiten in Berufsschulen.

Erklärung der Tabellen:

\bar{E}_m = Wartungswert der Beleuchtungsstärke

UGR_L = UGR-Grenzwert nach dem vereinheitlichten Blendungsbegrenzungssystem

R_a = Farbwiedergabe-Index

Literatur, Bildnachweis und Bestellkarten

Literatur

Grund- und Strukturdaten 2000/2001, Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Referat Öffentlichkeitsarbeit, 53170 Bonn
Lernen für das Leben, Erste Ergebnisse der internationalen Schulleistungsstudie PISA 2000, Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD), Paris 2001

Modernisierung von Schulbauten der Baujahre 1860-1920, Beispiele und Planungshinweise, Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, Berlin 2002

Modernisierungsleitfaden: Typenschulbauten in den neuen Ländern, Zentralstelle für Normungsfragen und Wirtschaftlichkeit im Bildungswesen, Berlin 1999

VBG BGI 650 Bildschirm- und Büroarbeitsplätze

LiTG

Publikation 13:1991 „Der Kontrastwiedergabefaktor CEF - ein Güte Merkmal der Innenraumbeleuchtung“

Publikation 16:1998 „Energiesparlampen - ein Kompendium zu Kompaktleuchtstofflampen mit integrierten Vorschaltgeräten“

Publikation 18:1999 „Verfahren zur Berechnung von horizontalen Beleuchtungsstärken in Innenräumen“

Publikation # „Das UGR-Verfahren zur Bewertung der Direktblendung der künstlichen Beleuchtung in Innenräumen“ (in Vorbereitung)

www.litg.de

LiTG, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin

Normen

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

DIN 5035 Beleuchtung mit künstlichem Licht

Die Teile 1, 2, 3 und 4 werden teilweise durch DIN EN 12464 ersetzt, der Teil 5 wurde durch DIN EN 1838 ersetzt.

DIN EN 1838 Notbeleuchtung

DIN EN ISO 9241-6 Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten. Teil 6: Leitsätze für die Arbeitsumgebung

E DIN 5035-7 Beleuchtung von Räumen mit Bildschirmarbeitsplätzen

DIN EN 12193 Licht und Beleuchtung. Sportstättenbeleuchtung

DIN EN 12665 Licht und Beleuchtung. Grundlegende Begriffe und Kriterien für die Festlegung von Anforderungen an die Beleuchtung

DIN 4543-1 Büroarbeitsplätze, Teil 1: Flächen für die Aufstellung und Benutzung von Büromöbeln; Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfung

DIN 5035-6 Messung der Beleuchtung

DIN 5035-8 Spezielle Anforderungen zur Einzelplatzbeleuchtung in Büroräumen und büroähnlichen Räumen

DIN 5044 Ortsfeste Verkehrsbeleuchtung

ASR 7/3 Arbeitsstätten-Richtlinie "Beleuchtung"

AMEV Hinweise für die Innenraumbeleuchtung mit künstlichem Licht in öffentlichen Gebäuden (Beleuchtung 2000)

AG DALI-Handbuch "Digital Addressable Lighting Interface - Eine Aktivität des Fachverbandes Elektroleuchten im ZVEI", Hrsg.: Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie (ZVEI) e.V./AG DALI, Frankfurt am Main 2002

www.dali-ag.org, www.zvei.org

ZVEI, Stresemannallee 19, 60596 Frankfurt am Main

CELMA Guide for the Application of Directive 2000/55/EC on Energy Efficiency Requirements for Ballasts for Fluorescent Lighting, Hrsg.: CELMA Federation of National Manufacturers Associations for Luminaires and Electrotechnical Components for Luminaires in the European Union, Brüssel 2003 (deutschsprachige Ausgabe über den ZVEI)

www.celma.org

CELMA, Secretariat, Diamant Building,

A. Reyerslaan 80, 81030 Brussels, Belgium

Bildnachweis

Alle Fotos, 3D-Visualisierungen und Grafiken: Fördergemeinschaft Gutes Licht (FGL)

Bitte freimachen

Postkarte

Absender

Name, Firma, Amt

Abteilung

z.Hd.

Straße, Postfach

PLZ Ort

Fördergemeinschaft
Gutes Licht
Postfach 70 12 61

60591 Frankfurt am Main

7/03/20/2-III

Bestellung

Bitte liefern Sie ohne weitere Nebenkosten die bezeichneten Hefte (e=available in English, E = available only as pdf-file, download at www.licht.de):

Heft Nr. / Titel	Stück	
1 Die Beleuchtung mit künstlichem Licht (5/00)	e	9,- €
2 Gutes Licht für Schulen und Bildungsstätten (7/03)	E	9,- €
3 Gutes Licht für Sicherheit auf Straßen, Wegen und Plätzen (3/00)	e	9,- €
4 Gutes Licht für Büros und Verwaltungsgebäude (1/03)	E	9,- €
5 Gutes Licht für Handwerk und Industrie (4/99)	e	9,- €
6 Gutes Licht für Verkauf und Präsentation (2/02)	E	9,- €
7 Gutes Licht im Gesundheitswesen (7/94)*	e	9,- €
8 Gutes Licht für Sport und Freizeit (9/01)	E	9,- €
9 Repräsentative Lichtgestaltung (8/97)	e	9,- €
10 Notbeleuchtung, Sicherheitsbeleuchtung (4/00)	e	9,- €
11 Gutes Licht für Hotellerie und Gastronomie (4/00)	e	9,- €
12 Beleuchtungsqualität mit Elektronik (5/03)	E	9,- €
14 Ideen für Gutes Licht zum Wohnen (9/99)	e	9,- €
16 Stadtmarketing mit Licht (4/02)	E	9,- €
Lichtforum		kostenlos

* neue Ausgabe in Vorbereitung / Hefte 13 und 15 sind vergriffen

Ort

Datum

Stempel und Unterschrift

Bitte den Absender auf der Rückseite der Postkarte nicht vergessen

Impressum

2

Dieses Heft ist die Nummer **2** der Schriftenreihe

Informationen zur Lichtenwendung

mit der die Fördergemeinschaft Gutes Licht (FGL) über gute Beleuchtung mit künstlichem Licht informiert.

Die Titel aller Hefte in fortlaufender Nummerierung sind auf der nächsten Seite aufgeführt.

Mit den abtrennbaren Postkarten dieser Seite können Sie die Hefte bestellen. Sie werden Ihnen mit Rechnung geliefert.

Herausgeber:

Fördergemeinschaft
Gutes Licht (FGL)
Stresemannallee 19
60596 Frankfurt/Main
Telefon 069 63 02-0
Telefax 069 63 02-317
E-Mail fgl@zvei.org

Lichttechnische Beratung:

Fördergemeinschaft
Gutes Licht

Gesamtgestaltung:

JARO Medien
41066 Mönchengladbach

Druck:

westermann druck
38104 Braunschweig

Quellennachweis:

In den Heften dieser Schriftenreihe wurden die jeweils gültigen DIN-Normen und VDE-Vorschriften berücksichtigt.

DIN-Normen:
Beuth-Verlag GmbH
10787 Berlin

DIN-VDE-Normen:
VDE-Verlag
10625 Berlin

ISBN:

3-926 193-02-6

Nachdruck:

Mit Genehmigung des
Herausgebers gestattet.
7/03/20/2-III

Bestellung

Bitte liefern Sie ohne weitere Nebenkosten die bezeichneten Hefte (e=available in English, E = available only as pdf-file, download at www.licht.de/).

Heft Nr. / Titel		Stück
1 Die Beleuchtung mit künstlichem Licht (5/00)	e	9,- €
2 Gutes Licht für Schulen und Bildungsstätten (7/03)	E	9,- €
3 Gutes Licht für Sicherheit auf Straßen, Wegen und Plätzen (3/00)	e	9,- €
4 Gutes Licht für Büros und Verwaltungsgebäude (1/03)	E	9,- €
5 Gutes Licht für Handwerk und Industrie (4/99)	e	9,- €
6 Gutes Licht für Verkauf und Präsentation (2/02)	E	9,- €
7 Gutes Licht im Gesundheitswesen (7/94) *	e	9,- €
8 Gutes Licht für Sport und Freizeit (9/01)	E	9,- €
9 Repräsentative Lichtgestaltung (8/97)	e	9,- €
10 Notbeleuchtung, Sicherheitsbeleuchtung (4/00)		9,- €
11 Gutes Licht für Hotellerie und Gastronomie (4/00)	e	9,- €
12 Beleuchtungsqualität mit Elektronik (5/03)	E	9,- €
14 Ideen für Gutes Licht zum Wohnen (9/99)		9,- €
16 Stadtmarteling mit Licht (4/02)	E	9,- €
Lichtforum		kostenlos

* neue Ausgabe in Vorbereitung / Hefte 13 und 15 sind vergriffen

Ort

Datum

Stempel und Unterschrift

Bitte den Absender auf der Rückseite der Postkarte nicht vergessen

Absender

Name, Firma, Amt

Abteilung

Z.Hd.

Straße, Postfach

PLZ Ort

Postkarte

Bitte
freinachen

Fördergemeinschaft
Gutes Licht
Postfach 70 12 61

60591 Frankfurt am Main

7/03/20/2-III

Informationen von der Fördergemeinschaft Gutes Licht

Die Fördergemeinschaft Gutes Licht (FGL) informiert über die Vorteile guter Beleuchtung. Sie hält zu allen Fragen des künstlichen Lichts und seiner richtigen Anwendung umfangreiches Informationsmaterial bereit. Die Informationen der FGL sind herstellerneutral und basieren auf den einschlägigen technischen Regelwerken nach DIN und VDE.

Informationen zur Lichtanwendung

Die Hefte 1 bis 16 dieser Schriftenreihe helfen allen, die auf dem Gebiet der Beleuchtung planen, Entscheidungen treffen und investieren, Grundkenntnisse zu erwerben. Damit wird die Zusammenarbeit mit Fachleuten der Licht- und Elektrotechnik erleichtert. Alle lichttechnischen Aussagen sind grundsätzlicher Art.

Lichtforum

Lichtforum behandelt aktuelle Fragen der Lichtanwendung und stellt Beleuchtungstrends vor. Diese „Fachinformationen für Beleuchtung“ erscheinen in loser Folge.

www.licht.de

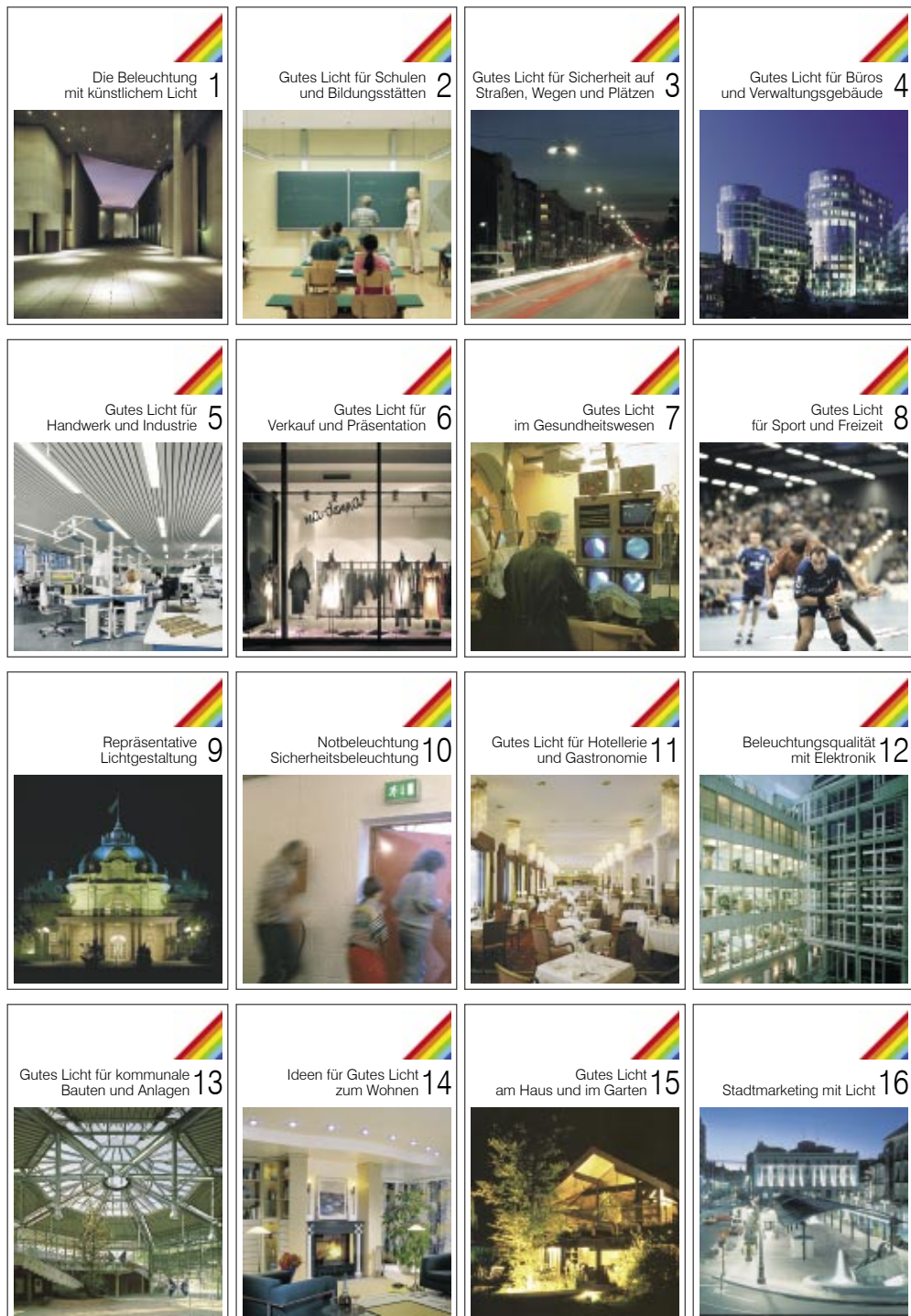
Im Internet ist die FGL unter der Adresse

www.licht.de

präsent. Tipps zur richtigen Beleuchtung geben „Beleuchtungssituationen“ mit Beispielen aus dem privaten und gewerblichen Bereich. Erläuterungen lichttechnischer Begriffe stehen in einer Datenbank zur Verfügung.

Produktübersichten in den „Beleuchtungssituationen“ sind mit der Liefermatrix „Produkte/Hersteller“ und darin mit den Adressdaten der FGL Mitgliedsfirmen verknüpft.

Die Kurzvorstellung der gedruckten Publikationen und Surftipps ergänzen das umfangreiche Informationsangebot der FGL.



www.licht.de
ALLES ÜBER BELEUCHTUNG

Hefte 13 und 15 sind vergriffen.



Fördergemeinschaft Gutes Licht

