

# licht.wissen 07

Gesundheitsfaktor Licht



Freier Download auf  
[www.licht.de](http://www.licht.de)





# Editorial

Licht ist für uns alle lebensnotwendig. Es beeinflusst den Hormonhaushalt, steuert den Schlaf-Wach-Rhythmus und ist an der Bildung wichtiger Vitamine beteiligt. Es kann zum Wohlbefinden beitragen und hat Auswirkung auf unsere Stimmung. Licht beeinflusst die Gesundheit und wirkt auf die Körperfunktionen und die Psyche des Menschen.

Zu einem gesunden Lebensstil gehört auch der Faktor Licht, von dem wir am besten bei Aktivitäten im Freien profitieren, wenn wir uns dem natürlichen Tageslicht aussetzen. Ein Schutz vor zu starker Strahlungseinwirkung sollte dabei selbstverständlich sein, denn eine Überdosierung kann auch negative Folgen haben. Dies gilt umso mehr bei voranschreitenden klimawandelbedingten Veränderungen unserer Umwelt. Beim Aufenthalt in geschlossenen Räumen ist eine intelligente Ergänzung von Tageslicht und künstlichem Licht anzustreben.

Im Falle von Krankheit oder Pflegebedürftigkeit gewinnt Licht eine große Bedeutung, da es den Heilungsprozess beeinflussen kann. Medizinische Behandlungen mit Licht erfolgen beispielsweise bei der Gelbsucht von Neugeborenen oder bestimmten Hauterkrankungen. Bei längeren Krankenhausaufenthalten oder Bettlägerigkeit sollten Patientinnen und Patienten durch den richtigen Einsatz von Licht unterstützt werden. Bei älteren Menschen, und hier insbesondere Bewohnern von Altenheimen oder Pflegeeinrichtungen, verbessern sich durch eine vernünftige Beleuchtungssituation der Tag-Nacht-Rhythmus und das Wohlbefinden.

Eine richtige Beleuchtung, zum Beispiel am Arbeitsplatz, trägt zur Vermeidung von Unfällen und langfristig zu einem gesunden Leben bei. So spielt Licht im Arbeits- und Gesundheitsschutz eine wichtige Rolle. Dies gilt in besonderem Maße für die Arbeitsplätze im Gesundheitswesen, die besonderen Ansprüchen genügen müssen. Unterschiedliche Lösungen für vielfältige Raumfunktionen wie Operationsaal, Aufwachraum, Untersuchungs- oder Behandlungszimmer sind dabei gefragt. Die Planung und Bereitstellung des richtigen, für den Anlass geeigneten Lichtes sollte dabei von Experten sichergestellt werden. Forschungsergebnisse der Lichttechnik können hierbei wichtige Erkenntnisse liefern. Auch sind Kenntnisse über die normativen Vorgaben notwendig. Eine kooperative Zusammenarbeit von z.B. Medizinern, Biologen, Architekten, Lichttechnikern, Ingenieuren bzw. der Forschung und der Industrie bringen uns hier weiter.

Die bestmögliche Nutzung von natürlichem und künstlichem Licht ist für uns alle von entscheidender Bedeutung, denn sie hat direkte Auswirkung auf unsere Gesundheit und im Speziellen auf die Gesundheit von Patientinnen und Patienten sowie der Beschäftigten im Gesundheitswesen.

Ulrike Flach MdB

Parlamentarische Staatssekretärin  
Bundesministerium für Gesundheit

**[Titelseite]** Moderne LED-Leuchten unterstützen Ärzte und Personal optimal bei der Untersuchung und Behandlung.

**[01]** Farbige Licht im Tomografieraum, ergänzt mit sanften Farbwechseln, wirkt sich positiv auf die Patienten aus und hilft ihnen dabei, Ängste abzubauen.



Licht und  
Gesundheit  
Seite 06



Gesellschaftlicher  
Wandel: Neue  
Anforderungen im  
Gesundheitswesen  
Seite 08



Gutes Licht hilft  
gesund zu werden  
Seite 10



Licht für das  
Patientenzimmer  
Seite 12



Licht für die  
intermediäre Pflege  
Seite 14



Licht für die  
Intensivpflege  
Seite 16



Licht für  
Operationssäle und  
OP-Nebenräume  
Seite 22



Medizinische  
Versorgungs-  
einheiten  
Seite 26



## Licht-Spezial

Biologische Lichtwirkung  
auf den Menschen Seite 18



Energieeffizienz und Sanierung  
Seite 30



Normen und Gütekriterien für die  
Beleuchtung Seite 38





Licht für  
Untersuchung  
und Behandlung  
Seite 28



Licht für  
Nebenräume  
und Außenbereiche  
Seite 32



Licht für die  
Rehabilitation  
Seite 36



Licht für  
Arztpraxen  
Seite 42



Gutes Licht  
für Pflege und  
Altenpflege  
Seite 48



Licht für den  
Gemeinschaftsraum  
Seite 50



Licht für Flure  
und Treppenhäuser  
Seite 52



Licht für  
Bewohnerzimmer  
Seite 54



Impressum Seite 63

Sehen im Alter  
Seite 46



LED, Lichtmanagement und  
Tageslichtnutzung Seite 56



Leuchten in ihrer Anwendung  
Seite 58



Lichtquellen  
Seite 60





# Licht und Gesundheit

Die Wirkung von Licht und Beleuchtung auf den menschlichen Körper wird häufig noch unterschätzt. Dabei ist Licht für viele physiologische wie auch psychologische Prozesse unersetzlich. Es kann über die reine Beleuchtungsfunktion hinaus unter Anderem aktivieren, die Konzentration fördern und unsere Stimmung heben.

Im Krankenhaus wie in der Pflege ist eine gute Beleuchtung für Patienten und Personal gleichermaßen eine Grundvoraussetzung. Aber auch die Betreiber haben ein großes Interesse an einer funktionalen, effizienten und hochwertigen Lichtlösung. Letztendlich sind hier für alle Beteiligten die Funktionalität der Beleuchtung, die biologische und emotionale Lichtwirkung sowie eine hohe Energieeffizienz von großer Bedeutung.

## **Funktionales Licht für Patienten und Personal**

Von zentraler Wichtigkeit für Patienten wie Personal ist eine hohe Funktionalität der Beleuchtungsanlagen. Patienten und Bewohner von Pflegeheimen benötigen eine an ihre Bedürfnisse angepasste und individuell einstellbare Beleuchtung, beispielsweise zum Lesen im Bett oder für den nächtlichen Gang auf die Toilette. Für das medizinische Personal muss, wie auch für das Personal in Verwaltung, im Labor und dem Service, das für die Sehaufgabe und Tätigkeit entsprechende Licht zur Verfügung stehen. Besonders wichtig ist es hierbei, auf eine ausreichend hohe Beleuchtungsstärke und eine gute Blendungsbegrenzung zu achten. Zudem muss die Farbwiedergabe der Beleuchtung den für die Sehaufgabe passenden Wert aufweisen. Gerade im Bereich der Diagnostik und bei Operationen sind sehr gute Farbwiedergabewerte essentiell, um Feinheiten und Details gut zu erkennen.

## **Emotionale Lichtwirkung**

Während der meist unangenehmen Situation eines Krankenhausaufenthaltes kann eine positive Lichtstimmung mit ausgewogenen direkten und indirekten Lichtanteilen für ein positives Gefühl und eine bessere Orientierung im Raum sorgen. Darüber hinaus wird durch partiell eingesetztes farbiges Licht oder durch langsam ablaufende Farbwechsel die "klinisch weiße" Situation aufgelockert sowie Vertrauen und Wohlbehagen vermittelt.

## **Biologische Wirkung auf den Menschen**

Unabhängige Studien haben festgestellt, dass ein direkter Zusammenhang zwischen Tageslicht und dem Wohlbefinden besteht. Tageslicht wirkt sich positiv auf den Menschen aus und ist für wichtige biologische Prozesse verantwortlich. Ein Mangel an Tageslicht steht oft in Zusammenhang mit Schlafstörungen von Patienten wie Mitarbeitern. Der Schlaf-Wach-Rhythmus (das circadiane System), wird von der Intensität und Lichtfarbe – besonders den Blauanteilen im Licht – gesteuert. Die Produktion von Melatonin und Cortisol, den Hormonen, die den Schlaf-Wach-Rhythmus maßgeblich steuern, kann ohne Tageslicht aus dem Takt geraten. Gerade bei einem längeren Krankenhausaufenthalt oder in Seniorenheimen gilt es, den ohnehin schon kranken oder gebrechlichen Menschen soviel Tageslicht wie möglich zukommen zu lassen bzw. eine tageslichtähnliche Lichtdynamik zu schaffen. Lichtkonzepte, die im Einklang mit unserer inneren Uhr sind, fördern das Wohlbefinden von Patienten und Mitarbeitern.

## **Nachhaltig für Mensch und Umwelt**

Laut einer Untersuchung des Fraunhofer Instituts in Karlsruhe von 2009 werden rund 22% des Stromverbrauchs von Krankenhäusern durch die Beleuchtung verursacht. Durch den insgesamt schon hohen Energieverbrauch – bei einem Rund-um-die-Uhr-Betrieb – ergibt sich auch eine große Verantwortung gegenüber der Umwelt. Die Verringerung von CO<sub>2</sub>-Emissionen stellt hohe Anforderungen an den Krankenhausbetreiber und damit auch an dessen Beleuchtungskonzept. Moderne Lichtlösungen, die sich durch lange Lebensdauer, einen niedrigen Energieverbrauch und geringen Wartungsaufwand auszeichnen erfüllen diese Anforderungen heute hervorragend. Wünschenswert ist ein Lichtkonzept, das sowohl die Energieeffizienz als auch die funktionalen, biologischen und emotionalen Bedürfnisse des Menschen berücksichtigt.

[02] „Licht ist Leben“ und wirkt unmittelbar auf Psyche und Physis des Menschen. Besonders die Qualität des Tages- und Sonnenlichtes kann Gesundheit und Heilung sehr positiv beeinflussen.

# Gesellschaftlicher Wandel: Neue Anforderungen im Gesundheitswesen

Strukturveränderungen im Gesundheitswesen können nicht nur in Deutschland, sondern weltweit beobachtet werden. Aus dem Krankenhaus, im ursprünglichen Wortsinn Stätte der Kranken und Gebrechlichen, wird in einer komfort- und wellnesorientierten Gesellschaft eine Art „Genesungshotel“.

Dieser Bedeutungswandel hat Konsequenzen für alle Bereiche des Gesundheitswesens und für die Patienten selbst. Eine sterile, unwohnliche Atmosphäre kann nicht das Ziel eines Unternehmens Krankenhaus sein, das einerseits Komfort und eine freundliche Atmosphäre bieten möchte, andererseits aber effizient mit Energie und damit auch mit Kosten umgehen muss.

In der heutigen Zeit findet unter den Krankenhäuser zunehmend ein Wettbewerb um die Patienten statt. Da bietet die rein medizinische Dienstleistung nicht genügend Differenzierungsmerkmale. Sie wird heute als selbstverständlich vorausgesetzt. Die Entscheidung für oder gegen ein Krankenhaus wird sehr häufig aus dem Bauch heraus getroffen. Ambiente und Wohlbefinden werden besonders durch Faktoren wie moderne Gestaltung und eine ansprechende Beleuchtung beeinflusst und spielen bei der Auswahl eine zentrale Rolle. Warmtonige Beleuchtung wirkt dabei beruhigend, nimmt Menschen die Angst und steigert so das Wohlbefinden im Patientenalltag. Die „kalte“ Technik rückt im Krankenhausalltag in den Hintergrund, Patientenzimmer werden zunehmend wohnlicher gestaltet. Krankenhäuser

haben erkannt, dass der Heilungsprozess des Patienten durch ein psychologisch und physiologisch unterstützendes Umfeld gefördert werden kann. Mit der richtigen Atmosphäre und Lichtgestaltung kann im Krankenhaus und Pflegeheim auf die besonderen Bedürfnisse von Patienten und Personal eingegangen werden.

Aber auch der zunehmende Kostendruck auf die Krankenhäusbetreiber und die Verknappung des medizinischen Personals, insbesondere der Ärzte, machen sich heutzutage bemerkbar. Immer weniger Krankbetten bei stetig steigendem Bedarf. Zudem wird die Aufenthaltsdauer immer kürzer, und die ambulante Versorgung nimmt mehr und mehr zu. Dieser Sachverhalt gewinnt auch durch den demografischen Wandel – in einer immer älter werdenden Gesellschaft – zunehmend an Bedeutung, da die Balance zwischen Qualität und Quantität der Pflege einerseits und den dadurch entstehenden Kosten andererseits gehalten werden muss.

## Effizient und attraktiv

Die Beleuchtung sollte auf Energieverbrauch und Wartungsbedarf kritisch geprüft werden. Oft lohnt sich die Investition in neue Systeme, denn diese sind effizienter im Stromverbrauch und verringern so die Energiekosten deutlich. Längere Wartungsintervalle sorgen zudem für weniger Instandsetzungsarbeiten und senken ebenfalls die Kosten.

Gerade ältere Menschen, die in höherem Maße pflegebedürftig sind, haben spezielle Anforderungen an die Beleuchtung. Die Vermeidung von Blendungseffekten, der grundlegend deutlich höhere Lichtbedarf und die Berücksichtigung der „inneren Uhr“ durch steuerbare Lichtkonzepte sind dabei besonders wichtig. Überhaupt sind die Aufgaben der Beleuchtung in einem Krankenhaus oder Seniorenheim äußerst differenziert zu betrachten. So verschieden wie die einzelnen Räume sind auch die Sehauflagen und Tätigkeiten in den unterschiedlichen Bereichen und die damit verbundene Anforderung an die Beleuchtung.

[04] Das moderne Krankenhaus: Wartezonen, Cafés und Shoppingbereiche ergänzen das medizinische Umfeld. Dabei wird ein großer Wert auf Design, Funktionalität und eine gute Lichtqualität gelegt.

[05] Patientenzimmer werden immer hochwertiger gestaltet. Hier sollte ganz besonders auf eine funktionale, aber auch stimmungsvolle Beleuchtung geachtet werden.



## Farbiges Licht und seine Wirkung auf den Menschen

Beruhigende Wirkung [03]: Gerade in Stresssituationen, vor Untersuchungen, Operationen oder dem Erhalten der Untersuchungsergebnisse kann die richtige Lichtstimmung den Patienten beruhigen und entspannen. Die Harmonie der Lichtgestaltung wirkt sich positiv auf den Patienten aus und kann Einfluss auf sein Befinden haben. Der Wechsel von farbigem Licht und dessen Intensität erzeugt eine sich positiv auf den Patienten auswirkende Raumstimmung. Durch die Steuerung mittels moderner Touchpanels kann stufenlos die Farbatmosphäre an die Situation angepasst werden. Gelbes Licht etwa wirkt beruhigend, grünes Licht sorgt für Sicherheit und Kreativität und violettes Licht wirkt, partiell eingesetzt, anregend. Die Installation eines Lichtkonzeptes, etwa in einem Tomografieraum, kann Ängste nehmen, Wohlbefinden fördern und gleichzeitig die Abbruchquote verringern oder dazu führen dass die Untersuchung bereits im ersten Durchlauf erfolgreich ist. Zudem kann farbiges Licht ein besonderes Image vermitteln, das das gesamte Erscheinungsbild der Einrichtung positiv aufwertet und mit einer persönlichen Note unterstreicht.





04



05



06



07



08

# Gutes Licht hilft gesund zu werden

Die Beleuchtung hat einen erheblichen Einfluss auf unser Wohlbefinden. Nicht nur die visuelle Wahrnehmung wird durch Licht gesteuert, sondern auch unsere Emotionen und weitere biologische Prozesse wie unser Schlaf-Wach-Rhythmus.

Ein direkter Zusammenhang zwischen Tageslicht, Gesundheit und Wohlbefinden von Patienten wurde in mehreren unabhängigen Studien festgestellt. Hauptverantwortlich dafür ist die Wirkung von Licht auf unseren Schlaf-Wach-Rhythmus, der einen vielfältigen Einfluss auf unser emotionales und physisches Wohlergehen hat. Eine biologisch wirksame Beleuchtung kann Patienten – die sich nur selten oder gar nicht im Freien aufhalten können – auch in Innenräumen, ähnlich wie in der Natur, synchronisieren. Weitere Infos hierzu im Kapitel Biologische Lichtwirkung auf den Menschen ab Seite 18.

## Wohlbefinden durch Licht steigern

Für die emotionale Ansprache der Patienten sind farbiges Licht und individuelle Lichtwechsel besonders gut geeignet. Gemeinsam mit einer freundlichen Raumatmosphäre tragen diese dazu bei, das Umfeld von Patienten und Besuchern

wohnlicher und weniger klinisch zu gestalten. Ist eine angenehme, beruhigende Beleuchtung vorhanden, fühlen sich Patienten und Personal besser und Behandlungen werden effizienter und erfolgreicher.

## Diagnose, Behandlung, Genesung

Pfleger und Ärzte benötigen bei ihrer Arbeit helles und funktionales Licht, um effizient arbeiten zu können. Die optimale Ausleuchtung des Arbeitsfeldes hilft, eine eindeutige Diagnose zu stellen und gezielte Behandlungsschritte einzuleiten. Klar strukturierte und ausgeleuchtete Räume vermitteln den Patienten außerdem ein Gefühl von Kompetenz und Sicherheit. Behandlungsräume benötigen einerseits eine ergonomische Untersuchungsbeleuchtung, andererseits angenehmes Raumlicht zum Wohlfühlen und Entspannen. Die meiste Zeit verbringt der Patient allerdings in seinem Zimmer. Die Genesung kann hier

auf vielfältige Weise durch die Beleuchtung unterstützt werden, vom biologisch wirksamen Licht bis hin zur funktionalen Lesebeleuchtung. Weitere Infos zu Patientenzimmern sind auf Seite 12 zu finden.

[06] Alles unter einem Dach: Vom Operationssaal über das Patientenzimmer bis hin zur Cafeteria ist gute Beleuchtung gefragt.

[07, 08] Der erste Eindruck zählt! Hell und freundlich beleuchtete Zuwege, Fassaden, Eingangsbereiche und Foyers strahlen Sicherheit und Kompetenz aus.

[09] Eine Operationsbeleuchtung muss vor allem hell, schattenfrei und flexibel einstellbar sein sowie einen sehr guten Farbwiedergabewert aufweisen.

[10] Licht im Patientenzimmer muss Pflegepersonal wie Patienten eine bedarfsgerechte und variable Beleuchtung bieten.



09



10

# Licht für das Patientenzimmer

Einen nachhaltig positiven Eindruck kann das Dienstleistungsunternehmen Krankenhaus insbesondere mit einem wohnlichen und gut ausgestatteten Patientenzimmer machen. Eine gute und vor allem variable Beleuchtung ist hier notwendig, um im Wettbewerb um den Kunden "Patient" konkurrenzfähig zu sein.

Eine indirekte Beleuchtung mit mindestens 100 Lux und warmweißem Licht ist für eine angenehme, wohnliche Atmosphäre im Patientenzimmer besonders gut geeignet. Indirektes Licht vergrößert den Raum, wirkt entspannend und wird daher von den Patienten meist bevorzugt. Um eine Direktblendung bettlägeriger Patienten auszuschließen, ist gemäß DIN 5035-3 die mittlere Leuchtdichte der vom Bett aus einsehbaren Leuchten auf 1.000 Candela pro Quadratmeter zu begrenzen. Der Grenzwert für die durch indirekte Beleuchtung erzeugte Helligkeit an der Raumdecke ist auf 500 Candela pro Quadratmeter festgelegt.

Leseleuchten – für jedes Krankbett vorgeschrieben – müssen mindestens 300 Lux auf der Leseebene erreichen

und sollten individuell schaltbar sein, um im Mehrbettzimmer den Nachbarn nicht zu stören. Weitere Ausführungen hierzu, sowie Informationen über Vorgaben der DIN 5035-3 sind im grauen Kasten auf der rechten Seite zu finden. Um sich nachts in der fremden Umgebung zurecht zu finden, darf ein Orientierungslicht nicht fehlen. Hier ist darauf zu achten, dass schlafende Patienten nicht gestört werden. Eine gute Lösung ist hier eine breit abstrahlende LED-Beleuchtung unterhalb der Liegeebene und an den Türen. Zudem ist eine Nachtbeleuchtung notwendig, um der Pflegekraft bei 5 Lux auf einer Ebene 0,85m über dem Boden genügend Licht für die notwendige Übersicht und einfache Handgriffe zur Verfügung zu stellen, ohne den Patienten zu sehr zu stören.

Das Licht für pflegerische Aufgaben und einfache Untersuchungen muss laut der DIN EN 12464-1 und der DIN 5035-3 mindestens 300 Lux auf der Untersuchungsebene betragen. Die Gleichmäßigkeit sollte zwischen höchster und mittlerer Beleuchtungsstärke das Verhältnis 1:2 nicht unterschreiten. Untersuchungen und Behandlungen oder Notfälle erfordern mindestens 1.000 Lux. Das Untersuchungslicht muss für das Personal blendfrei sein.

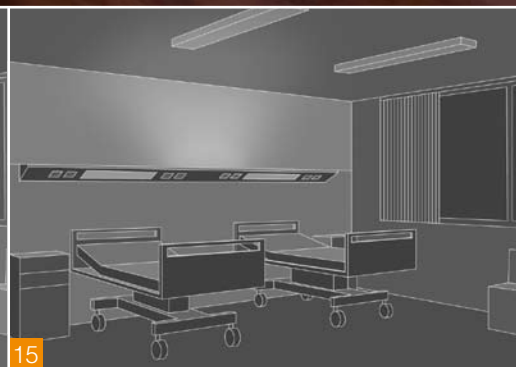
Aufgrund der variablen Anforderungen im Patientenzimmer müssen alle Leuchten separat voneinander geschaltet werden können. Die richtige Beleuchtungssituation sollte auf Knopfdruck stets einfach wählbar sein. Die unterschiedlichen Funktionen können mit einer Lichtsteuerung bequem



gespeichert und auf Knopfdruck situations- gerecht abgerufen werden. Über das essenziell funktionale Licht hinaus werden heute in vielen Krankenhäusern auch biologisch wirksame Beleuchtungsanlagen eingesetzt. Diese passen sich durch Lichtintensität und Lichtfarbe dem circadianen Rhythmus des Menschen an. Sie fördern damit die natürlichen Wach- und Ruhephasen der Patienten, sorgen für einen guten Schlaf und dienen damit insgesamt einer schnelleren Genesung.

Weitere Informationen zu biologisch wirksamer Beleuchtung sind auf den Seiten 18 bis 21 zu finden.

[11, 12] Hell und farbig gestaltete, wohnliche Räume helfen den Patienten, sich im eher tristen Tagesablauf des Krankenhauses besser zu fühlen. Moderne Beleuchtungs- und Versorgungssysteme werden heute immer dezenter und wohnlicher gestaltet. Sie sind damit mitentscheidend bei der Klinikauswahl der Patienten.



Bereich der Sehaufgabe oder Tätigkeit (Werte nach DIN EN 12464-1 und DIN 5035-3)

	$\bar{E}_{Lux}$	UGR <sub>L</sub>	U <sub>o</sub>	R <sub>a</sub>
Allgemeinbeleuchtung	100	19	0,4	80
Lesebeleuchtung	300	19	0,7	80
Einfache Untersuchung	300	19	0,6	80
Untersuchung und Behandlung	1.000	19	0,7	90
Nachtbeleuchtung	5	-	-	80
Baderäume und Toiletten für Patienten	200	22	0,4	80

## Vorgaben zur Blendungsbegrenzung und für die Beleuchtung der Leseebene am Patientenbett

Blendfreies Lesen am Bett [13 - 15]: Im Patientenbett wird zum Lesen eine Beleuchtungsstärke von 300 Lux gefordert. In der DIN 5035-3 wird als Leseebene eine um 75 Grad gegen die Horizontale geneigte Fläche, 300 Millimeter hoch und 900 Millimeter breit, festgelegt. Der Mittelpunkt dieser Fläche ist vom Kopfende des Bettes 800 Millimeter entfernt und liegt 1.100 Millimeter über dem Boden (siehe auch Grafik 67 im Kapitel Normen ab Seite 38). Bei individuell einstellbaren Leseleuchten reicht es aus, wenn 300 Lux in jedem in der Leseebene möglichen Lesefeld in einer Fläche von 300 mal 300 Millimeter erreicht werden.

Um eine Direktblendung im Patientenbett auszuschließen, muss die Leuchtdichte in allen von hier aus sichtbaren Leuchten und leuchtenden Flächen auf eine Helligkeit von 1.000 Candela pro Quadratmeter begrenzt werden. Maßgeblich ist hier das Umblickfeld, das heißt, alle Punkte, die in horizontaler Lage bei ruhendem Körper mit jeder Kopfbewegung fixiert werden können. Der Grenzwert für die Helligkeit der Raumdecke ist aus dieser Blickrichtung auf 500 Candela pro Quadratmeter festgelegt.

$\bar{E}_{Lux}$ : Beleuchtungsstärke, UGR: Blendung, U<sub>o</sub>: Gleichmäßigkeit, R<sub>a</sub>: Farbwiedergabe



16



17



18

# Licht für die intermediäre Pflege

Die Strukturreformen des Gesundheitswesens führten schon vor Jahren zu einer neuen Art der Pflege: Der intermediären Pflege oder "Intermediate Care". Sie ist vom Pflegeaufwand her zwischen dem normalen Bettzimmer und der Intensivstation angesiedelt und bedarf einer leistungsfähigen und flexiblen Lichtlösung.

Der Überwachungsbedarf der Patienten in der intermediären Pflege ist deutlich höher als im normalen Bettzimmer, jedoch nicht so hoch wie auf der Intensivstation. Für die Beleuchtung gelten zunächst die Normen wie für das normale Bettzimmer: Nach DIN 5035-3 sind auf der Behandlungsebene 300 Lux bzw. 1.000 Lux für umfangreichere Untersuchungen zu erreichen. Aufgrund der besonderen Voraussetzungen empfehlen sich in manchen Bereichen höhere Beleuchtungsstärken, so zum Beispiel in der Nachtbeleuchtung. Fünf bis zwanzig Lux sind vorgeschrieben. Hier sollte unbedingt der höhere Wert gewählt werden, um eine bessere Beobachtung der Patienten zu gewährleisten. Auch eine bessere Farbwiedergabe ist für die Diagnostik bei einer aufwendigen Pflege und Überwachung sehr wichtig, da immer auch mit lebensbedrohlichen Notfällen gerechnet werden muss.

Falls eine Bildschirmüberwachung nötig ist, gilt es, Reflexblendungen möglichst gering zu halten und das Beleuchtungsniveau für bessere Bildschirmkontraste gegebenenfalls herabzusetzen.

Im Vergleich zum Normalpflegezimmer erfordert die aufwendigere medizintechnische Ausstattung eine höhere Bestückung der Versorgungseinheiten mit Komponenten zur Medienversorgung. Diese müssen für die erweiterte Nutzung ausgelegt sein. Zudem müssen alle medizintechnischen Geräte ergonomisch richtig ausgeleuchtet werden. Dabei kommt es auch darauf an, das Beleuchtungskonzept auf die zum Teil empfindlichen Instrumente und Geräte abzustimmen.

## Besondere Bedürfnisse der Patienten

Patienten in der intermediären Pflege sind ans Bett gebunden. Bei der Beleuchtung sollte darauf geachtet werden, dass keine Leuchte direkt über dem Bett hängt. Ein

Leselicht mit einer regulierbaren Lichtstärke in der richtigen Position am Bett ist hier besonders wichtig, um den Patienten einen möglichst komfortablen Aufenthalt zu ermöglichen (siehe dazu auch grauer Info-Kasten zur Beleuchtung der Leseebene auf Seite 13).

## Biologisch wirksames Licht

Im Bereich der intermediären Pflege kann das Wohlbefinden der Patienten ergänzend auch durch biologisch wirksames Licht gefördert werden. Dabei wird der Schlaf-Wach-Rhythmus (das circadiane System) durch eine sich dynamisch verändernde Intensität und Lichtfarbe – besonders den Blauanteilen im Licht – positiv beeinflusst. Die Produktion von Melatonin und Cortisol – den Hormonen, die den Schlaf-Wach-Rhythmus maßgeblich steuern – wird damit der Tageszeit entsprechend angeregt bzw. unterbunden.

Patienten können, über die biologische Lichtwirkung hinaus, auch durch farbiges Licht und dynamische Farbverläufe emotional angesprochen werden. Sie entscheiden sich heute nicht nur aufgrund des Niveaus der medizinischen Behandlung für ein spezielles Krankenhaus, sondern auch wegen einer guten Atmosphäre und Ausstattung der Zimmer. Hier kann die richtige Beleuchtung einen wichtigen Anteil zur Kundenentscheidung beitragen.

[16] Multifunktionale Wandleuchten sorgen hier für eine angenehme und getrennt schaltbare direkte oder indirekte Beleuchtung sowie ein separates Nachtlit.

[17] Deckeneinbauleuchten sowie Wandeinbauleuchten als Deckenfluter, die getrennt schalt- und dimmbar sind, bieten variables Licht für die intermediäre Pflege.

[18] Horizontale Versorgungseinheiten bieten vielfältige Möglichkeiten der direkten und indirekten Beleuchtung mit einem integrierten Lese- und Nachtlit.



19

## Direkte und indirekte Beleuchtung

Eine indirekte Beleuchtung [19] ist für eine angenehme, wohnliche Atmosphäre besonders gut geeignet. Indirektes Licht vergrößert den Raum zudem und wirkt auf die Patienten entspannend. Auch bei der Nachtbeleuchtung zur Beobachtung der Patienten bei der intermediären Pflege ist sanftes und vor allem blendfreies indirektes Licht mit 20 Lux empfehlenswert. Direktes Licht ergänzt die indirekte Beleuchtung mit zusätzliche Funktionen und sollte bei Bedarf zuschaltbar sein. Sei es als Leselampe, hier sind mindestens 300 Lux vorgeschrieben, oder für Behandlungen und Untersuchungen. Dabei ist helles, funktionales Licht mit mindestens 1.000 Lux und einer Farbwiedergabe  $R_a$  von mindestens 90 erforderlich. Weitere Informationen zu erforderlichen Beleuchtungsstärken finden sich im Bereich Intensivstation (Seiten 16-17) oder Patientenzimmer (Seiten 12-13).

# Licht für die Intensivpflege

Die Beleuchtung in Zimmern der intensiven Pflege gilt in erster Linie der Behandlung und ständigen Überwachung von schwer kranken Patienten. Sie muss möglichst funktional sein, aber dennoch Raum für eine wohnliche Lichtatmosphäre bieten, um den Patienten zu beruhigen und die schnelle Gesundung zu fördern.

Die vielfältigen Aufgaben, Ausrichtungen und Sehtätigkeiten in Räumen der Intensivpflege erfordern eine mehrschichtige Beleuchtungsanlage, die separat und flexibel zu- oder abschaltbar und dimmbar ist. Als Allgemeinbeleuchtung dient in der Regel indirektes Licht, das für die Grundhelligkeit von 100 Lux (gemäß DIN 5035-3) im Raum sorgt und zugleich eine behagliche Atmosphäre erzeugt. Eine direkte Beleuchtung am Bett unterstützt das Pflegepersonal bei der Durchführung einfacher Untersuchungen und dient dem Patienten als Leseleuchte. Darüber hinaus ist eine stationäre Untersuchungs- und Behandlungsbeleuchtung mit einer Beleuchtungsstärke von 1.000 Lux und einer Farbwiedergabe von mindestens  $R_a 90$  nötig, um aufwendigere Untersuchungen oder Notfallbehandlungen durchzuführen.

## Schlafen trotz Überwachung

Die ständige Überwachung dient dem Wohl des Patienten und kann unter Umständen Leben retten. Der Schlaf des Patienten und seine positive Wirkung auf den Genesungsprozess sollte dabei jedoch nicht vernachlässigt werden. Die Nachtüberwachung und Übersichtsbeleuchtung darf daher eine Stärke von 20 Lux nicht überschreiten. Eventuell angrenzende Räume mit Beobachtungsfenster müssen eine regelbare Beleuchtung aufweisen, um an das geringe Beleuchtungsniveau im Intensivpflegezimmer angepasst werden zu können. Damit der Patient nicht gestört wird, muss dieses Licht abgeschirmt und blendfrei sein. Zudem darf es in den Fenstern keine störenden Reflexionen hervorrufen.

Die Intensivpflege findet aber nicht nur auf der Intensivstation statt. Oft werden Zimmer der Normalpflege so ausgebaut und bestückt, dass auch die intensive Pflege mit ständiger Überwachung des Patienten auf diesen Zimmern möglich ist. Im akuten Bedarfsfall kann dann kurzfristig und meist zeitlich begrenzt eine dauernde Vitalwertüberwachung des Patienten stattfinden.

Nicht nur die Ausstattung, sondern auch die Beleuchtung muss an diese erweiterten Aufgaben angepasst werden. Eine sehr gute Farbwiedergabe von  $R_a 90$  ist hier notwendig. So bleibt dem Patienten eine Umlagerung auf die Intensivstation und der damit verbundene Stress erspart. Die eigentliche Intensivstation ist meistens mit dem Operationstrakt des Krankenhauses verbunden und verfügt über hoch spezialisierte medizinische Ausstattungen und Apparaturen.

## Versorgungseinheiten mit Beleuchtung

Bei horizontalen Versorgungseinheiten ist es möglich, die Allgemeinbeleuchtung und Untersuchungsbeleuchtung sowie weitere Lichtfunktionen zu integrieren. Das Licht kann zusätzlich durch Leuchten an der Decke (z.B. Reinraumleuchten) ergänzt werden, um 1.000 Lux für die Untersuchung und Behandlung zu erreichen.

Für Räume der Säuglingspflege wird zur Allgemeinbeleuchtung die doppelte Beleuchtungsstärke (200 Lux) und ein warmweißer Farbton empfohlen – bei gleichzeitiger Überwachung der Säuglinge neutralweiß, um eventuelle Hautverfärbungen richtig zu erkennen.

## Dynamisches Licht hilft den Patienten

Ein weiterer Bestandteil moderner Lichtlösungen auf Intensivstationen ist eine dynamische Lichtsteuerung. Hierbei wird die Anpassung des Beleuchtungsniveaus an die aktuelle Tageslichtsituation realisiert und eine Lichtveränderung über den Tag hinweg wie in der Natur simuliert. Dieser „natürliche Verlauf“ des Beleuchtungsniveaus und der Lichtfarbe gibt den Patienten, die oft zu wenig Tageslicht erhalten, ein Gefühl von Normalität und Vertrautheit. Das Wohlbefinden wird gestärkt und der Genesungsprozess positiv beeinflusst. Bei einem Notfall muss aber jederzeit eine normgerechte Untersuchungsbeleuchtung mit neutralweißer Lichtfarbe und guter Farbwiedergabe auf einfachen Knopfdruck abrufbar sein.

[20] Ein zuschaltbares Untersuchungslicht unterstützt Ärzte und Pflegepersonal bei Ihrer Arbeit.

[21] Bei der Intensivpflege wird neben der funktionalen Beleuchtung auch viel Wert auf biologisches wirksames Licht gelegt. Dieses simuliert über den Tag hinweg durch die sich verändernde Lichtfarbe und Lichtintensität das natürliche Licht in freier Natur.

[23] Intensivstationen müssen bei der Beleuchtung ganz besonders auf Funktionalität und Qualität ausgerichtet sein. Die Sicherheit für den Patienten hat hier oberste Priorität.





20

21

22

## Vier Beleuchtungssituationen

Für die Intensivpflege [22] müssen mindestens vier Beleuchtungssituationen kurzfristig abrufbar sein: Eine Allgemeinbeleuchtung für die Grundhelligkeit im Raum, ein einfaches Lese-/Untersuchungslicht mit mindestens 300 Lux, ein 1.000 Lux helles Licht für die Notfallbehandlung und Untersuchung sowie ein Schlaf-/Überwachungslicht mit maximal 20 Lux, welches den Schlaf des Patienten nicht stören darf.

Bereich der Sehaufgabe oder Tätigkeit (Werte nach DIN EN 12464-1 und DIN 5035-3)

	$E_m$ Lux	UGR <sub>L</sub>	$U_o$	$R_a$
Allgemeinbeleuchtung	100	19	0,4	90
Einfache Untersuchung	300	19	0,6	90
Untersuchung und Behandlung	1.000	19	0,7	90
Nachtüberwachung	20	19	-	90

$E_m$ : Lux; Beleuchtungsstärke, UGR<sub>L</sub>: Blendung,  $U_o$ : Gleichmäßigkeit,  $R_a$ : Farbwiedergabe

23

# Biologische Lichtwirkung auf den Menschen

Der Mensch und das gesamte Leben auf unseren Planeten ist seit seiner Entstehung auf Licht angewiesen. Nicht nur die Photosynthese von Pflanzen basiert auf Lichteinwirkung, sondern auch viele Prozesse im menschlichen Körper. Das Wissen um diese Bedeutung beeinflusst zunehmend auch die Beleuchtung in Innenräumen.

Der Mensch nimmt seine Umwelt vor allem über die Augen wahr. Licht ist dafür die essenzielle Grundlage. Über das reine Sehen hinaus bewirkt Licht im menschlichen Körper aber noch weitaus mehr. Es steuert viele biologische Vorgänge und ist mit dem sich verändernden Tageslicht ein Taktgeber für den Schlaf-Wach-Rhythmus des Menschen.

## Circadianer Rhythmus

Maßgeblichen Einfluss auf unseren circadianen Rhythmus – dem Tag-Nacht-Rhythmus – nimmt das Hormon Melatonin. Es wird in der Zirbeldrüse des Zentralgehirns gebildet und reguliert durch seine Konzentration im Blutserum viele organische Vorgänge. Unsere Aktionsfähigkeit ist direkt mit der Höhe unseres Melatoninspiegels verbunden. Liegt es in höherer Konzentration im Blut vor, stellt sich ein Müdigkeitsgefühl ein. Im Gegensatz dazu ist ein hoher Cortisolspiegel die Basis für unsere Wachphasen, in denen wir aktiv und produktiv sein können. Gesteuert wird die Melatonin- und Cortisolproduk-

tion direkt durch die auf die Netzhaut auftreffende Lichtenergie, unabhängig vom eigentlichen Sehvorgang. Viel Licht, besonders der kurzwellige Spektralanteil, lässt den Cortisolspiegel ansteigen und unterdrückt die Produktion von Melatonin. So kommt es, dass wir wach werden, wenn es hell wird, und müde, wenn die Nacht beginnt. Der Anteil von Cortisol und Melatonin im Körper und seine Wirkung über den Tag hinweg wird in der Grafik 31 auf der folgenden Doppelseite dargestellt.

Mit einer Stabilisierung des circadianen Rhythmus von Patienten in Kliniken und Bewohnern in Senioren- oder Pflegeheimen durch biologisch wirksame Beleuchtung kann eine Positivspirale in Gang gesetzt werden, die über einen erholsamen Schlaf in der Nacht und die Aktivierung am Tage die kognitive und emotionale Befindlichkeit sehr positiv beeinflusst. Langzeitstudien in Pflegeheimen – hier ist der Lichtbedarf besonders hoch – belegen, dass sich Bewohner deutlich agiler, selbstständiger



und kommunikativer verhalten, wenn sie sich oft in Räumen mit einer entsprechend wirksamen Beleuchtungsanlage aufhalten.

#### Tageslicht nutzen

Das natürliche Tageslicht spielt in Gebäuden des Gesundheitssektors eine besonders wichtige Rolle. Patienten und Bewohner von Senioren- oder Pflegeheimen halten sich durch ihre mangelnde Mobilität meist nur in den Innenräumen auf. Anhand von Fensterflächen, Lichthöfen und Tageslichtsystemen sollte, wenn möglich, ein Maximum an Tageslicht in die Innenräume gebracht werden, ohne zu blenden oder den Raum zu stark aufzuheizen. Reicht das Licht nicht aus, muss die künstliche Beleuchtung für ein ausreichendes Helligkeitsniveau in den Räumen sorgen. Lichtsensoren und moderne Lichtsteuerungen helfen dabei, diese anzupassen und dort für eine ausreichende Beleuchtung zu sorgen, wo diese benötigt wird, so beispielsweise auch in vom Fenster entfernten Bereichen.

#### Künstliches Licht gezielt wirken lassen

Licht wird heute in modernen Beleuchtungskonzepten sehr gezielt eingesetzt, um Einflüsse auf biologische Prozesse des Menschen zu nehmen. Beispielsweise als besonders helles Licht, das unsere Wachphase fördert, oder als dynamisches Licht, das uns trotz fehlenden Tageslichts ein Gefühl des Tag-Nacht-Wechsels vermittelt.

#### Die Natur als Vorbild

Biologisch wirksames Licht definiert sich neben der Lichtfarbe über die Beleuchtungsstärke. Obwohl natürliches Tageslicht mehrere Tausend Lux erreicht, genügen bereits 500 bis 1.500 Lux, um in Innenräumen biologisch wirksam zu sein. Wichtig hierbei ist jedoch – in Anlehnung an die natürlichen Gegebenheiten im Freien – die Großflächigkeit der Lichtfläche, durch die das Licht von oben und von vorne auf die Netzhaut trifft, um die empfindlichen Rezeptoren auf ihrem unteren Bereich zu erreichen. Auch sollte die Lichtfarbe dem Tageslicht ähneln. Die Nachahmung von Tageslicht erfordert neben der Abdeckung des gesamten Lichtspektrums auch dessen Dynamik und Variabilität.

#### Lichtfarbe und Beleuchtungsstärke

Bei der Planung von biologisch wirksamem Licht in Innenräumen spielen Lichtfarbe und Beleuchtungsstärke eine wichtige Rolle. Die Lichtfarbe wird als Farbtemperatur in Kelvin (K) angegeben und beschreibt Bereiche von Warmweiß (unter 3.300 Kelvin) bis Tageslichtweiß (über 5.300 Kelvin). Vor allem die blauen, kurzwelligen Anteile des Lichts mit einer Farbtemperatur von über 5.300 Kelvin entfalten ihre tagesaktivierende Wirkung auf den menschlichen Körper. Neuartige Leuchtstofflampen können diesen Bereich mit bis zu 17.000 Kelvin erweitern. Um zu aktivieren, empfehlen

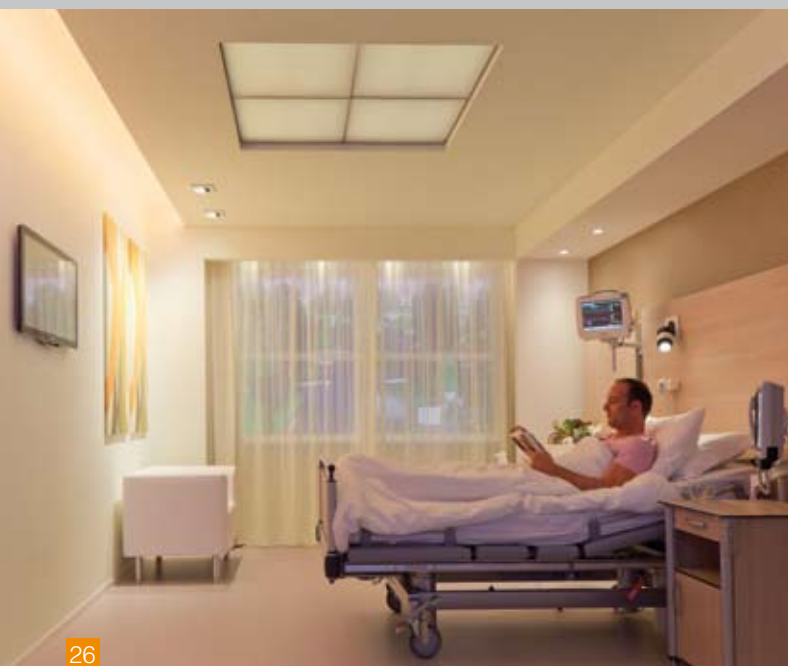
Chronobiologen, zeitlich begrenzt (vor allem morgens) weit über die normativ geforderten Beleuchtungsstärken hinauszugehen. Abends sollten warme Lichtfarben unter 3.300 Kelvin und eine deutlich geringere Helligkeit den Körper langsam auf die Nacht einstimmen. Siehe dazu auch Grafik 29 auf der folgenden Seite.

[24] Am Morgen wirkt das Licht am besten durch den Übergang von neutralweißen zu tageslichtweißen Lichtfarben am Vormittag. Die Lichtintensität wird dabei kontinuierlich gesteigert.

[25] Am Mittag sind Helligkeit und kaltweiße Lichtfarben gefragt, um zu aktivieren.

[26] Warme Lichtfarben und eine reduzierte Helligkeit sorgen für einen entspannenden Abend.

[27] Dunkelheit sorgt für eine geruhvolle Nacht. Das Orientierungslicht gibt ein Gefühl von Sicherheit.





28

### Höherer Lichtbedarf im Alter

Ein gesunder Tag-Nacht-Rhythmus basiert auf dem Auftreffen von Licht auf die Netzhaut. Diese wichtigen Lichtreize werden im Alter jedoch oft zurückgehalten. Grund dafür sind die bereits ab dem 40. Lebensjahr beginnenden Prozesse, die die Sehleistung, Adaptationsfähigkeit und Blendungsempfindlichkeit beeinflussen. Im Alter findet eine Eintrübung der Linse statt, wodurch generell weniger Licht auf die Netzhaut auftrifft. Dieser Prozess bringt nicht nur eine Verschlechterung der Sehleistung mit sich, auch trifft weniger kurzwellige Strahlung, die den Cortisolspiegel beeinflusst, auf die entsprechenden Rezeptoren der Netzhaut. Bei gleicher Helligkeit gelangt durch die eingetrübte Linse weniger Licht ins Auge, wodurch weniger Cortisol im Körper produziert wird. Dies führt zu einer

erhöhten Melatoninkonzentration und damit zum Einleiten einer Ruhephase. Gesunkene Aktivität und Produktivität sind die Folgen. Langfristig ist eine generelle Antriebslosigkeit zu bemerken, die sich bis hin zu einer Depressionen ausweiten kann. Verbunden mit der eingeschränkten Mobilität vieler älterer Menschen und dem damit einhergehenden Mangel an Tageslicht ist der Tag-Nacht-Rhythmus gestört. Nächtliche Unruhe und Müdigkeit am Tag sind die Folgen. Es sind also dynamische Lichtkonzepte gefragt, die den tatsächlichen Tag-Nacht-Rhythmus nachahmen können, und die zusammen mit einer generell höheren Beleuchtungsstärke den Rhythmus wieder stärken und aktive Phasen am Tag und regenerierende Phasen in der Nacht fördern. Weitere Informationen zum Thema "Sehen im Alter" sind ab Seite 46 zu finden.

### Faktoren für die Lichtplanung

Ähnlich dem Vorbild Natur kann auch mit künstlichem Licht eine positive Wirkung auf den Menschen erzeugt werden.

Die wichtigsten Faktoren hierfür sind:

- Hohe Beleuchtungsstärken – sie verstärken die biologische Wirkung
- Flächigkeit – Das Licht sollte möglichst über große leuchtende Flächen abgegeben werden (ähnlich dem Tageshimmel)
- Die Lichtrichtung muss so gewählt werden, das circadian wirksames Licht von vorne und oben kommt (siehe Grafik 32)
- Eine tageslichtähnliche Farbtemperatur, die vor allem auch den biologisch wirksamen blauen Bereich enthält
- Eine dynamische Anpassung der Farbtemperatur und Beleuchtungsstärke, entsprechend dem Tageslichtverlauf

[28, 30] Biologisch wirksames Licht unterstützt ältere Menschen in einem ausgeglichenen Tag-Nacht-Rhythmus.

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

### Aktivität und Entspannung



29

Farbtemperatur (K) →  
Warmweiß 3.000 K

Quelle: Dr. Susanne Fleischer, ETH, Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie, Zürich

Tageslichtweiß 5.600 K



30

### Licht als Therapiemaßnahme

Neben den Möglichkeiten zur Stützung des Tag-Nacht-Rhythmus, kann Licht auch für sogenannte Lichttherapien in Form von hohen Beleuchtungsstärken im Gesichtsfeld eingesetzt werden. Ein relativ neues Forschungsfeld behandelt so die saisonal abhängige Depression (SAD). Diese auch als Winterdepression bekannte Erkrankung betrifft 5 bis 20% der Bevölkerung und äußert sich durch Antriebslosigkeit, Müdigkeit oder beispielsweise auch Heißhunger auf Schokolade (im Gegensatz zum Symptom der Appetitlosigkeit einer klassischen Depression). Die abgeschwächte Form der SAD, der sogenannte „Winterblues“, ist ein immer öfter zu beobachtendes Phänomen. Spezialleuchten mit hohen Beleuchtungsstärken und einer Farbtem-

peratur von über 5.300 Kelvin wirken als natürliches Antidepressivum und können dabei helfen, die Auswirkungen von SAD zu senken.

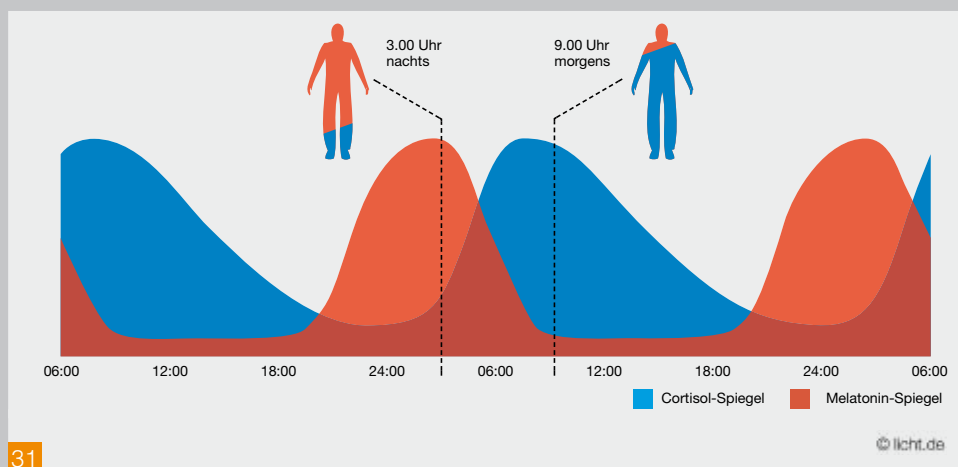
Gerade im Gesundheitswesen sind Betreiber von Kliniken und Pflegeheimen besonders gefordert, mit Firmen, Architekten und Lichtplanern zusammenzuarbeiten, die im Bereich der biologischen Lichtwirkung und der Tageslichtnutzung schon ausreichend Erfahrung gesammelt haben. Sie können, frühzeitig in die Planungen mit einbezogen, ihr breites Wissen über die vielfältigen Möglichkeiten beim Einsatz von Leuchten, Leuchtmitteln, Lichtsteuerungen und der Tageslichtnutzung einbringen und für eine professionelle, langlebige und für den Patienten und Bewohner optimale Lichtlösung sorgen.

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

[31] Cortisol und Melatonin wirken antizyklisch: Morgens produziert der Körper Cortisol. Gegen 9 Uhr ist es im Blut maximal konzentriert, fällt über den Tag dann kontinuierlich ab. Die Melatoninproduktion setzt erst mit der Dunkelheit wieder ein. Um 3 Uhr ist der Melatoninspiegel am höchsten.

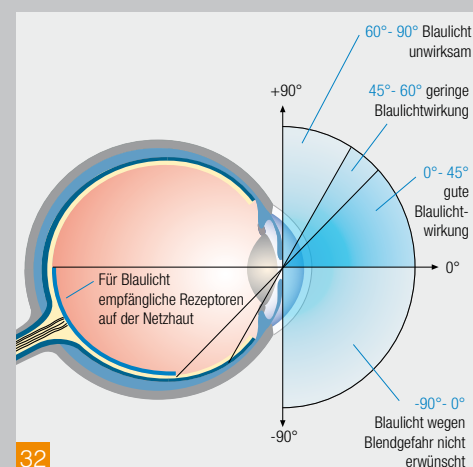
[32] Entscheidend für die biologische Wirkung des Lichtes ist der Winkel des Lichteinfalls primär von vorne und oben. Wie auf der Skizze dargestellt, sind die Rezeptoren im unteren Bereich des Auges besonders empfänglich für die den Körper aktivierende Blauwirkung.

### Einfluss des Tageslichts auf den Menschen



31

### Winkel der Blauwirkung



32

# Licht für Operationssäle und OP-Nebenräume

Operationen stellen höchste geistige und körperliche Herausforderungen an das OP-Team. Sicherheit und Funktionalität haben hier oberste Priorität. Um diese diffizilen Sehaufgaben, bei denen es oft um Leben und Tod geht, sicher ausführen zu können, ist eine optimale Beleuchtung unabdingbar.

Das Ausführen einer Operation erfordert höchste Konzentration, Geschick und Präzision bei jeder Handbewegung. Die Beleuchtung muss allerhöchsten Anforderungen gerecht werden, um dem OP-Team ein einwandfreies Arbeiten zu ermöglichen.

In Operationssälen muss nicht nur der Operationstisch richtig ausgeleuchtet sein, auch die Umgebungsbeleuchtung muss beachtet werden. Für eine optimale Lichtlösung wird der Raum in drei verschiedene Zonen aufgeteilt. Der hellste Bereich im Raum ist das Operationsfeld. Hier sind normativ 40.000 bis 160.000 Lux gefordert. Aber nicht nur der OP-Tisch, sondern auch der restliche Raum muss sehr hell ausgeleuchtet sein, um Adaptationsstörungen der Augen und deren Ermüdung durch zu große Leuchtdichteunterschiede auszuschließen. Im näheren Umfeld des OP-Tisches sollten demnach möglichst 2.000 Lux erreicht werden, im restlichen Raum genügen 1.000 Lux (siehe auch Grafik [35] auf der rechten Seite).

## Sehaufgaben auf höchstem Niveau

Möglichst störungsfreies Sehen ist für die geistige und körperliche Höchstleistung, die während einer Operation erbracht wird unverzichtbar. Die Allgemeinbeleuchtung im OP-Bereich muss ein besonders gleichmäßiges Licht liefern, das Schatten vermeidet und sowohl eine weitestgehende Blendfreiheit als auch ein ermüdungsfreies Arbeiten ermöglicht. Von äußerster Wichtigkeit ist die Farbwiedergabe im gesamten Raum, aber besonders im Operationsfeld: Ein Farbwiedergabeindex von  $R_a$  90 oder höher ist hier nötig, damit der Chirurg verschiedene Gewebearten sicher unterscheiden kann. Für eine in allen Bereichen gleichmäßig gute Lichtqualität sollten sich Lichtfarbe und Farbwiedergabeeigenschaften von Allgemeinbeleuchtung und OP-Leuchte möglichst entsprechen. Die Vermeidung von Blendungen, Schatten und Reflexionen im direkten OP-Bereich

und Umfeld sind oberstes Gebot. Durch die flexible Verstellbarkeit der OP-Leuchten über Gelenkarme und einer vollkardanischen Aufhängung des Leuchtenkopfes kann das Licht optimal auf das Operationsfeld eingestellt werden.

## Angenehme Atmosphäre im Wartebereich, Vorbereitungs- und Aufwachraum

Um den Patienten in der schwierigen Phase vor und nach der Operation bestmöglich zu unterstützen, ist eine Beleuchtungsanlage mit variabel einstellbaren oder fest programmierbaren Farbverläufen sehr gut geeignet. Der dynamische Wechsel von Lichtfarbe und Intensität erzeugt eine Raumstimmung, die sich beruhigend auf den Patienten auswirkt.

Selbst im Operationssaal wird heute oft mit farbiger Beleuchtung – ergänzend zur funktionalen Beleuchtung – gearbeitet, z.B. um dem unter Teilnarkose operierten Patienten Entspannung und Ablenkung zu bieten. Durch die individuelle Steuerung der einzelnen Lichtfarben können unbegrenzt viele Lichtsituationen erzeugt werden. Zu intensive Farben – auch bei der Wand-, Decken- oder Einrichtungsfarbe – sind hier zu vermeiden, um die Farbwiedergabe im Operationsbereich nicht zu beeinträchtigen. In Aufwachräumen wird direkt nach der Operation warmweißes Licht eingesetzt. Ist der Patient erwacht, kann biologisch wirksames Licht die Aufwachphase unterstützen.

Die Beleuchtung in Aufwachräumen hat zwei Aufgaben zu erfüllen: Einerseits ist eine Allgemeinbeleuchtung vorzusehen, andererseits ist eine stark reduzierte Beleuchtung für die Aufwachphase des Patienten erforderlich, die den im Aufwachprozess befindlichen Patienten nicht blendet. Eine indirekte Beleuchtung der Aufwachbereiche ist hierbei die beste Lösung. Durch eine Zusatzbeleuchtung sollte bei Bedarf eine Erhöhung der Beleuchtungsstärke am Bett möglich sein.

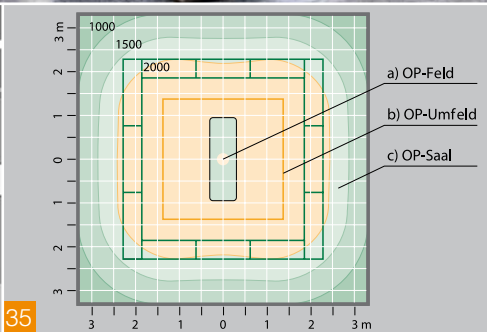
[33] In modernen Operationssälen gelten gehobene Sicherheits- und Hygienestandards, die auch die Beleuchtung betreffen. Für eine einfache und hygienische Reinigung werden Leuchten mit Schutzart IP54 oder IP65 empfohlen.



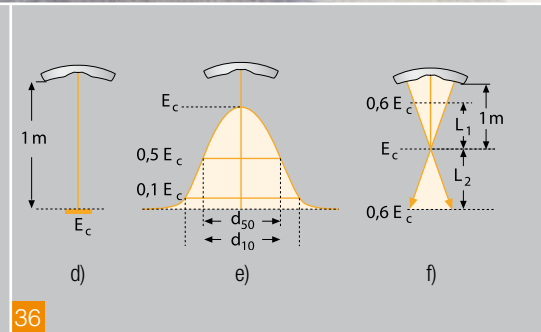
33



34



35



36

Bereich der Sehaufgabe oder Tätigkeit (Werte nach DIN EN 12464-1 und DIN 5035-3)

	$\dot{E}_m$ Lux	UGR <sub>L</sub>	$U_o$	$R_a$
Vorbereitungs- und Aufwachräume	500	19	0,6	90
- Aufwachphase	100	-	-	-
- Zusatzbeleuchtung im Bedarfsfall	1.000	19	0,6	85
Operationssäle	1.000	19	0,6	90
Operationsumfeld	2.000	19	0,7	90
Operationsfeld	40.000-160.000	19	0,7	90

$\dot{E}_m$ : Beleuchtungsstärke, UGR<sub>L</sub>: Blendung,  $U_o$ : Gleichmäßigkeit,  $R_a$ : Farbwiedergabe

## Lichtzonen im Operationssaal und Operationsfeldbeleuchtung

Im Operationssaal gibt es drei Zonen zu beachten [34, 35]: a) Das Operationsfeld: Hier sind normativ 40.000 bis 160.000 Lux zentrale Beleuchtungsstärke gefordert, um optimale Voraussetzungen für die Operation zu gewährleisten. b) Das OP-Umfeld: Im näheren Umfeld des OP-Tisches sollten im Mittel 2.000 Lux erreicht werden. c) Der OP-Saal: Die Grundhelligkeit darf in einer Höhe von 1 Meter 1.000 Lux nicht unterschreiten. Adaptationsstörungen der Augen und deren Ermüdung durch zu große Leuchtdichteunterschiede werden damit vermieden.

Für Operationsleuchten [36] gilt die Norm DIN EN ISO 60601-2-41 "Medizinische elektrische Geräte, Teil 2-41: Besondere Festlegungen für die Sicherheit einschließlich der wesentlichen Leistungsmerkmale von Operationsleuchten und Untersuchungsleuchten". Diese Norm enthält u.a. Angaben über die zentrale Beleuchtungsstärke  $E_c$  (bis 160.000 Lux), den Gradienten der Beleuchtungsstärke im OP-Feld, den Lichtkegel und seinen Strahlengang.

d) Die zentrale Beleuchtungsstärke  $E_c$  in 1 Meter Abstand der Leuchte soll zwischen 40.000 Lux und 160.000 Lux betragen. e) Der Leuchtfelddurchmesser  $d_{50}$  muss mindestens 50% des Leuchtfelddurchmessers  $d_{10}$  betragen.  $d_{50} \geq 0,5 \cdot d_{10}$  f) Für den zulässigen Abstand der Leuchte zur Arbeitsfläche ist die Ausleuchtungstiefe entscheidend. Die Ausleuchtungstiefe  $L_1 + L_2$  beschreibt den Bereich innerhalb der optischen Achse der OP-Leuchte, in dem noch 60 % der zentralen Beleuchtungsstärke erreicht wird.



37

Die Steuerung der Allgemeinbeleuchtung, der Beleuchtung des OP-Feldes sowie gegebenenfalls einer ergänzenden emotionalen Beleuchtung kann über Lichtsteuerungssysteme mit interaktivem Display oder beispielsweise auch mit den Touchpanels der Telemedizin gesteuert werden.

#### Minimalinvasive Chirurgie

Bei der minimalinvasiven Chirurgie werden die operativen Vorgänge entweder indirekt über Monitore oder mittels Okular über einen direkten visuellen Kanal beobachtet. Bei dieser Operationsform hat sich eine separat schalt- und dimmbare Raumbeleuchtung mit grünem Licht und niedrigen Beleuchtungsstärken durchgesetzt. Bei grünem Licht sind die Reflexionen auf den Monitoren am wenigsten störend. Neben der Raumbeleuchtung lässt sich auch die Operationsleuchte aus diesen Gründen in einen Endoskopie-Modus mit grünem Licht umschalten. Für die Ein- und Ausleitung der Operation sind allerdings die gleichen Normwerte für die Beleuchtung gefordert wie bei klassischen Operationen. Die Beleuchtung für die minimalinvasive Chirurgie ist somit immer als ergänzende Beleuchtung vorzusehen.

#### Beleuchtungskriterien im Reinraum

Nirgendwo im Krankenhaus ist der Schutz vor Keimen und Verunreinigungen so wichtig wie im Operationssaal. Das Verschleppen von Krankheitserregern ist eine immerwährende Gefahr für die ohnehin geschwächten Patienten. Auch die Leuchten müssen den gehobenen Sicherheits- und Hygienestandards Rechnung tragen. Für eine einfache und hygienische Reinigung werden Leuchten mit Schutzart IP54 oder IP65 empfohlen. Leuchten mit Schutzart IP65 sind staub- und praktisch auch bakteriendicht, denn nur Teilchen mit einer Partikelgröße von weniger als einem  $\mu\text{m}$  können noch in das Leuchteninnere eindringen. Höhere Schutzarten sind vor allem dann notwendig, wenn aus hygienischen Gründen die Wände und Decken zur Reinigung und Desinfektion besprüht werden müssen.

Ein schwierigeres Problem der Hygiene in OP-Sälen stellt die Abschottung des Raumes gegen die Zwischendecke dar. Bei Installationen in der Zwischendecke, beispielsweise bei Einbauleuchten, hat sich die Verwendung von Einbaurahmen bewährt. Sie gewährleisten zum einen die hygienegerechte Montage der Leuchte und

zum anderen die definierte Anbindung des angrenzenden Deckenmaterials. Darüber hinaus wird in den meisten Krankenhäusern ein Überdruck im Reinraum gegenüber angrenzenden Räumen und der Zwischendecke erzeugt. Luft kann so nur vom Reinraum in die Zwischendecke strömen und nicht umgekehrt.

#### Effiziente Beleuchtungsanlagen bieten ein hohes Energiesparpotenzial

Gerade im OP-Bereich, wo mit hohen Beleuchtungsstärken gearbeitet wird, kann mithilfe moderner LED- und Leuchtstofflampen viel Energie eingespart werden. Die Investition amortisiert sich relativ schnell, nicht zuletzt wegen niedriger Wartungskosten.

[37] Bei der minimalinvasiven Chirurgie wird bei grünem Licht und niedrigen Beleuchtungsstärken gearbeitet, um die dreidimensionalen Darstellungen an Computerbildschirmen gut erkennen zu können.

[38, 41] Bei Operationssälen und OP-Nebenzimmern ist darauf zu achten, Lampen mit neutralweißem Licht und identischen Lichtfarben einzusetzen. Der Farbwiedergabewert muss mindestens  $R_a 90$  betragen.





38



41



39



40

## Sicherheitsbeleuchtungssysteme und Notstrom

Sicherheitsbeleuchtungssysteme [39] in Gebäuden des Gesundheitswesens schalten sich im Notfall automatisch ein und ermöglichen es Patienten, Personal und ortsfremden Personen, sich bei einem Ausfall der Netzspannung und Allgemeinbeleuchtung im Gebäude zurechtzufinden und es bei Gefahr schnell zu verlassen. Die Voraussetzung dafür bieten Sicherheits- und Rettungszeichenleuchten. Sie weisen den Weg zu den Rettungswegen sowie zu Schutzeinrichtungen und ermöglichen so beispielsweise einen schnellen Zugriff auf Feuerlöscher. Auf diese Weise tragen sie dazu bei, Gefahren für Menschen in Gebäuden zu reduzieren und Leben zu retten. Gemäß DIN EN 1838 ist eine horizontale Beleuchtungsstärke von mindestens einem Lux auf der Mittelachse eines bis zu zwei Meter breiten Rettungsweges vorgeschrieben.

In Kliniken wird die Notbeleuchtung zusätzlich zur Beleuchtung der Rettungswege als Ersatzbeleuchtung [40] ausgeführt. Das netzunabhängige Ersatzlicht muss einen eigenen Stromkreis besitzen, um bei einem Stromausfall beispielsweise das Fortsetzen und Beenden einer Operation sicherzustellen. Die DIN VDE 0100-710 fordert eine Sicherheitsbeleuchtung in verschiedenen Bereichen von Kliniken, Arztpraxen und Versorgungszentren. Unter anderem ist sie erforderlich in Räumen der Gruppen 1 (Untersuchungs- und Behandlungsräume) und der Gruppe 2 (Operationsäle und Intensivpflegeräume), also in Räumen, in denen lebenswichtige Dienste aufrechterhalten werden.

# Medizinische Versorgungseinheiten

Medizinische Versorgungseinheiten bringen modernste Technik direkt ans Bett oder an den gewünschten Einsatzort. Fertige Module unterstützen Pflegepersonal, Ärzte und Patienten, indem sie wichtige Anschlüsse – beispielsweise für medizinische Gase, Strom, Telefon und Internet – sowie eine variable Beleuchtung direkt verfügbar machen.

Medizinische Versorgungseinheiten, kurz MVE, erfüllen vielfältige und wichtige Aufgaben im Krankenhausalltag. Sie integrieren alle notwendigen Anschlüsse, Zuleitungen und Bedienelemente für die medizinische Gastechnik, die Energieversorgung und Kommunikationstechnik sowie die Beleuchtung in einem anschlussfertigen und einzeln stückgeprüften Modul. Durch integrierte Bedienelemente oder per Fernbedienung lassen sich Funktionen wie die Beleuchtung benutzerfreundlich steuern.

## Lichtsituationen auf Knopfdruck

Je nach Ausstattung der Versorgungseinheit sind alle wichtigen Beleuchtungskom-

ponenten schon integriert. Zudem können Patient, Arzt oder Pflegepersonal folgende Beleuchtungsfunktionen direkt auf Knopfdruck abrufen:

- Eine Allgemeinbeleuchtung mit mindestens 100 Lux als indirekte Beleuchtung
- Leseleuchten mit mindestens 300 Lux
- Untersuchungslicht für pflegerische Aufgaben und einfache Untersuchungen mit mindestens 300 Lux (für Untersuchungen und Behandlungen mindestens 1.000 Lux)
- Orientierungslicht
- Nachtbeleuchtung mit 5 Lux für einfache Handgriffe des Personals

Weitere Informationen zur Beleuchtung am Patientenbett sind auf Seite 13 zu finden.



## Medizinprodukterichtlinie

Die EU-Medizinprodukterichtlinie ist das Regelungsinstrument, um die Sicherheit und die medizinisch-technische Leistungsfähigkeit von Medizinprodukten im europäischen Wirtschaftsraum zu gewährleisten. Diese hochsensiblen Produkte unterliegen ganz besonderen Anforderungen und dürfen nur verkauft und in Betrieb genommen werden, wenn sie die Medizinprodukterichtlinie erfüllen, die in Deutschland in Form des Medizinproduktegesetzes seit dem 02. August 1994 gilt. Parallel dazu gelten noch einige weitere Medizinprodukteverordnungen, wie beispielsweise die Medizinprodukte-Betreiberverordnung. Sie regelt im Besonderen den Aufbau, sowie das Betreiben und Anwenden von Medizinprodukten. Medizinische Versorgungseinheiten (MVE) gelten als Medizinprodukte der Klasse IIa, wenn sie auch die Versorgung mit medizinischen Gasen bzw. mit Vakuum übernehmen. Sie müssen in Übereinstimmung mit der Richtlinie 93/42/EWG und den Normen EN 60601-1 ("Medizinische elektrische Geräte – Teil 1") und EN ISO 11197 ("Medizinische Versorgungseinheiten") hergestellt und einzeln stückgeprüft werden. Die CE-Kennzeichnung – Bei Produkten der Klasse II und III muss diese mit der Nummer der Benannten Stelle versehen werden – sagt aus, dass das Produkt in Konformität mit den gesetzlichen Vorschriften und Normen hergestellt wurde, ist aber kein Prüfzeichen. Das Qualitätsmanagement von Herstellern medizinischer Versorgungseinheiten wird nach EN ISO 13485 zertifiziert.

### Möglichkeiten der Raumgestaltung

Medizinische Versorgungseinheiten können sowohl horizontal als auch vertikal installiert werden und erzeugen damit ganz unterschiedliche Raumeindrücke. Planer verfügen damit über ein funktionales und raumprägendes Gestaltungsmittel, das die Raumdecke installationsfrei und den Raum wohnlicher wirken lässt. Weitere Möglichkeiten bieten sich auch durch ganze Panneele, die – oft farblich oder mit Materialien abgesetzt – vor die Wand gehängt werden oder mit komplett in die Wand integrierten Modulen, die einen einfachen Zugang zu den verbauten Komponenten und Leitungen ermöglichen.

### Günstige und variable Installation

Die Installation und der Betrieb medizinischer Versorgungseinheiten und die daraus entstehenden Kosten sind sehr gut planbar, da sie werkseitig vorkonfektioniert und geprüft sind. Eine aufwendige Unterputzinstallation ist nicht notwendig.

### Normative Vorgaben

MVE müssen der internationalen Norm DIN EN ISO 11197 „Medizinische Versorgungseinrichtungen“ entsprechen. Sie sind Produkte im Sinne des deutschen Medizinproduktgesetzes und müssen zudem der EU-Richtlinie 93/42/EWG entsprechen (siehe auch grauer Infokasten Seite 26).

### Bereit für die Zukunft

In ihrer Grundidee sind medizinische Versorgungseinheiten auf Um- und Nachrüstungen vorbereitet. Im Gegensatz zu Unterputzinstallationen können neue Module schnell und mit geringem Aufwand ergänzt oder alte und defekte Komponenten ausgetauscht werden. So kann sowohl auf technologische Entwicklungen oder Wünsche der Patienten eingegangen werden als auch auf neue Anforderungen an die medizinische Ausstattung. Durch den Einsatz von modernen LED-Leuchten lässt sich die Beleuchtung energieeffizient und wartungsarm realisieren.

Medizinische Versorgungseinheiten stellen eine nachhaltige Investition dar. Die flexible und günstige Installation, der geringe Wartungsaufwand und die Zukunftssicherheit für neue Technologien, sowohl in medizinischer als auch in lichttechnischer Hinsicht, machen sie zu einem unverzichtbaren Werkzeug im Gesundheitswesen.

[42] In die Wand integrierte Technik lässt den Raum wohnlich erscheinen.

[43] Vertikale Versorgungseinheiten integrieren Technik und Beleuchtung und sorgen für größtmöglichen Komfort.

[44] Versorgungseinheiten stellen in Frühgeborenenstationen die lebenswichtige medizinische Versorgung zur Verfügung.



43



44

# Licht für Untersuchung und Behandlung

Ein Untersuchungsraum muss unterschiedlichste Funktionen erfüllen und wird oft gleichermaßen als Büroarbeitsplatz, Behandlungsraum und für das Patientengespräch genutzt. Entsprechend flexibel und multifunktional muss die Beleuchtung sich an die jeweiligen Bedürfnisse anpassen.

Im Untersuchungs- und Behandlungsraum sorgt eine helle, freundliche und Wärme ausstrahlende Atmosphäre für Vertrauen, Geborgenheit und wirkt beruhigend auf den Patienten. Die richtige Beleuchtung, in Verbindung mit einer wohnlichen und klar gestalteten Einrichtung, bilden hierfür die entscheidende Grundlage. Für die Raum- und Allgemeinbeleuchtung bei Untersuchungen oder Behandlungen eignen sich direkt und indirekt strahlende Deckenleuchten mit LEDs oder mit kompakten oder linearen Leuchtstofflampen. Nach DIN 5035-3 muss im gesamten Raum eine Beleuchtungsstärke, von mindestens 300 bzw. 500 Lux (je nach Fachgebiet) erreicht werden. Eine indirekte Beleuchtung wird von den Patienten im Allgemeinen als sehr angenehm und entspannend wahrgenommen. Sie lässt den Raum großzügiger und weiter erscheinen. Bei einer direkten Beleuchtung im Bereich der Untersuchungs- oder Behandlungsliege muss besonders darauf geachtet werden, dass der Patient, mit Blickrichtung zur Decke, nicht geblendet wird.

Fest installierte oder mobile Untersuchungsleuchten müssen eine Beleuchtungsstärke von mindestens 1.000 Lux gewährleisten und gleichzeitig eine Farbwiedergabe  $R_a$  von 90 oder höher sowie eine Farbtemperatur zwischen 3.000 und 6.700 Kelvin sicherstellen. Gut geeignet sind hier beispielsweise LED-Leuchten, die das Untersuchungsfeld sowohl energieeffizient als auch ohne große Wärmeentwicklung ausleuchten.

## Multifunktionale Raumnutzung

Für den Arzt hat der Untersuchungsraum viele Funktionen. Neben den Patientengesprächen finden hier die Untersuchungen und gleichermaßen die Arbeit am Bildschirm wie auch einfache Bürotätigkeiten statt. Für Arbeiten am Bildschirm darf die Allgemeinbeleuchtung keine Blendung oder Reflexionen auf dem Bildschirm hervorrufen. Finden darüber hinaus Ultraschallaufnahmen oder andere bildgebende Verfahren statt, sollte die Beleuchtung dimmbar ausgelegt sein.

## Behandlungsräume

Bei Behandlungs- oder Therapieräumen ist eine indirekte und dimmbare Allgemeinbeleuchtung besonders empfehlenswert. Je nach Raumnutzung wird diese durch eine lichtstarke Untersuchungsbeleuchtung ergänzt. Darüber hinaus bietet es sich hier an, mit farbigem Licht eine angenehme und entspannende Wohlfühlatmosphäre zu schaffen. Anhand einer RGB-Farbsteuerung kann sowohl jede gewünschte gleichbleibende Farbe als auch ein sich dynamisch langsam verändernder Farbverlauf an Wand oder Decke projiziert werden.

## Lichtmanagement

Durch die variable Raumnutzung von Untersuchungs- und Behandlungsräumen sorgen Lichtmanagementsysteme für einen ganz besonderen Komfort. Über ein Display, den Rechner oder das Mobiltelefon lassen sich auf Knopfdruck voreingestellte Lichtszenen für die unterschiedlichsten Aufgaben abrufen.

[45] Eine indirekte Beleuchtung, ergänzt durch eine funktionale Untersuchungsleuchte, sorgt für angenehmes und gleichermaßen funktionales Licht bei der Untersuchung und Behandlung von Patienten.

[46] Eine angenehme Lichtstimmung durch indirekte Beleuchtung vergrößert den Raumeindruck und fördert das Wohlbefinden der Patienten.

[48] Untersuchungsleuchten mit LED-Technik vermeiden eine starke Wärmeentwicklung auf dem Untersuchungsfeld.





46



47

## Untersuchungslicht

Eine gute Untersuchungsleuchte [47, 48] zeichnet sich durch helles Licht mit 1.000 Lux, einem sehr guten Farbwiedergabewert  $R_a$  von mindestens 90 und einer einfachen und funktionalen Bedienung aus. Eine variable Einstellbarkeit der Lichtfarbe und Intensität bieten zudem Vorteile, beispielsweise bei der Diagnose von Hauterkrankungen oder der Reduktion von Spiegelungen. LED-Leuchten eignen sich hier besonders gut aufgrund ihrer hohen Lichtleistung, ihrer geringen Wärmeentwicklung auf dem Behandlungsfeld und ihrer Energieeffizienz. So werden auch zeitintensive Behandlungen problemlos absolviert.

Untersuchungsräume:

Bereich der Sehaufgabe oder Tätigkeit (Werte nach DIN EN 12464-1 und DIN 5035-3)

	$\dot{E}_m$ LUX	UGR <sub>L</sub>	U <sub>o</sub>	$R_a$
Allgemeinbeleuchtung	500	19	0,4	90
Untersuchung / Behandlung	1.000	19	0,4	90
Verbandsräume	500	19	0,4	80

$\dot{E}_m$ : Lux; Beleuchtungsstärke, UGR<sub>L</sub>: Blendung, U<sub>o</sub>: Gleichmäßigkeit,  $R_a$ : Farbwiedergabe



48

# Energieeffizienz und Sanierung

Krankenhäuser sind an allen 8.760 Stunden eines Jahres in Betrieb. Nach einer Studie des Fraunhofer Instituts verbraucht ein großes deutsche Krankenhaus mit durchschnittlich 16.400 Quadratmetern circa 1.800.000 Kilowatt Strom im Jahr – das entspricht dem Verbrauch einer Kleinstadt. Hier muss angesetzt werden, um die Umwelt zu schonen und Kosten zu sparen.

Der hohe Stromverbrauch und die damit verbundenen Energiekosten bieten für die Betreiber von Krankenhäusern große Einsparpotentiale. Um diese aufzuspüren und den Verbrauch zu senken, wurde vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie im März 2010 das Forschungsprojekt „Krankenhaus plus“ ins Leben gerufen. Dabei werden auf wissenschaftlicher Basis Einsparmöglichkeiten aufgezeigt, um die Energieeffizienz grundlegend zu verbessern.

nungen für die Beleuchtung durchzuführen. Je länger die Betriebsdauer, desto höher ist auch die Einsparung. Aufgrund der Daten und Berechnungen lässt sich die optimale Sanierungsstrategie wählen. Es kann sinnvoll sein, entweder bei den Räumen mit der längsten Betriebszeit oder den Leuchtentypen mit dem höchsten Einsparpotential zu beginnen. Am meisten wird gespart, wenn beide Faktoren vorhanden sind. Die Sanierung kann dann auch abschnittsweise über mehrere Jahre erfolgen.

Bei der Beleuchtung, die circa 22 Prozent des Stromverbrauches im Krankenhaus ausmacht, ist das schon heute relativ einfach möglich. Angesetzt wird hier vor allem bei den neuesten und sehr effektiven Lichtquellen bzw. Leuchten mit modernen Betriebsgeräten und Reflektoren sowie bei der optimalen Nutzung des Tageslichts und dem Einsatz von Präsenzmeldern und Lichtmanagementsystemen.

**Energieeinsparverordnung (EnEV)**  
Die in Deutschland geltende Energieeinsparverordnung ist die Umsetzung der EU-Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD – Energy Performance of Building Directive) in nationales Recht. Sie schreibt vor, bei der Planung oder Sanierung eines Gebäudes den Primärenergiebedarf nach der DIN V 18599, Teil 4, für die Beleuchtung zu ermitteln. Die Vorplanung muss die Richtlinien der EnEV und die darin zitierten DIN-Normen erfüllen. In die Berechnungen des Energiebedarfs fließen verwendete Leuchtentypen, Nutzungsdauer bei Tag und Nacht, Fensterflächen, Lichtmanagementsysteme, Verbauung und

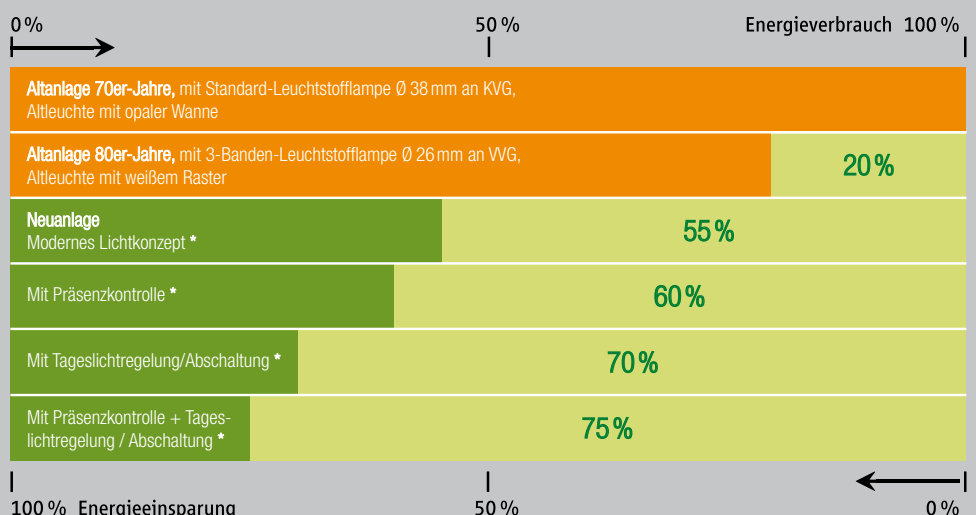
## Einsparpotentiale aufdecken

Um die Einsparpotentiale bei der Beleuchtung aufzudecken, bedarf es eines strukturierten Prozesses. Ziel ist es, ein Kataster zu erstellen und die Wirtschaftlichkeitsberech-

[49] Allgemeine Darstellung der Einsparmöglichkeiten bei einer Gebäudesanierung mit hocheffizienten Leuchten und Lichtmanagementsystemen. Im Bereich der Klinik ist von deutlich höheren Einsparpotenzialen – insbesondere im Bereich der Präsenzkontrolle, beispielsweise in Fluren bei Nacht – auszugehen.

[50] Eine tageslichtabhängige Lichtregelung ergänzt einfallendes Tageslicht im Innenraum bedarfsgerecht mit Kunstlicht.

[51, 52] Beispiel für die Sanierung eines Krankenhausflurs: Alte Leuchtstofflampen mit konventionellen Vorschaltgeräten wurden durch moderne LED-Leuchten ersetzt.



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

weitere Faktoren mit ein. Der Primärenergiebedarf muss unter einem festgelegten Referenzwert bleiben. Nur wenn diese Voraussetzung erfüllt ist, werden Baugenehmigung und Gebäudeenergieausweis ausgestellt. In Zukunft werden noch niedrigere Referenzwerte eine immer höhere Energieeffizienz der Beleuchtung erfordern. Durch die steigenden Energiepreise sind die Betreiber zudem gefordert, tätig zu werden.

#### Einsparpotential: Lampenaustausch

Durch einen Eins-zu-Eins-Austausch veralteter Lampen in vorhandenen Leuchten kann man den Energieverbrauch am schnellsten optimieren. Das Angebot von effizienten Retrofit-Leuchtmitteln, Energiespar- oder LED-Lampen auf dem Markt ist vielfältig. Im günstigsten Fall kann hier schon bis zu 80 Prozent der Energie eingespart werden. Wichtig ist es aber darauf zu achten, dass sich die Parameter Lichtverteilung, Beleuchtungsstärke und Farbwiedergabe nach erfolgter Sanierung nicht verschlechtern haben. Einige Retrofits sind zudem nicht für die Leuchten ausgelegt, wodurch diese ihre Zertifizierung verlieren können.

Im Gesundheitswesen sind häufig noch veraltete Leuchtstofflampen mit konventionellen Vorschaltgeräten (KVGs) vorhanden. In diesem Fall sollten die kompletten Lichtsysteme ausgetauscht werden, da nur Leuchten mit modernen Lichtquellen, guten Reflektoren und elektronischen Vorschaltgeräten (EVGs) eine adäquate Lichtqualität und Energieeffizienz bieten können.

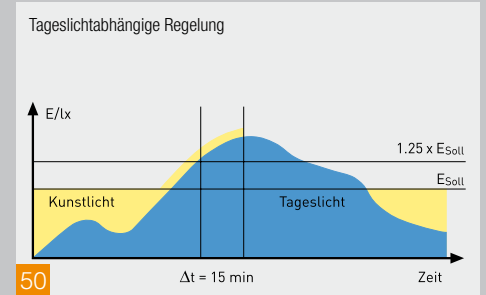
Die einige Zeit vorherrschende Meinung, LED-Lampen lieferten nur kaltes und wenig wohnliches Licht, ist schon lange überholt. Aktuelle LED-Lampen werden auch in Lichtfarben unter 3.300 Kelvin, vergleichbar mit herkömmlichen Glühlampen, angeboten.

#### Leuchtensanierung spart langfristig

Die größeren Einsparpotentiale, im Vergleich zum reinen Lampenwechsel, bietet eine Modernisierung der Beleuchtungsanlagen. Veraltete Leuchten haben eine schlechte Lichtqualität und verursachen unnötig hohe Verbrauchskosten. Der Betriebswirkungsgrad alter Lichtsysteme und der dazugehörigen Komponenten wie Lampen, Leuchten und Betriebsgeräte kann sich im Laufe der Jahre durch Materialalterung und Verschmutzung halbieren. Für moderne Leuchtmittel wie T5-Leuchtstofflampen und LEDs spricht vor allem eine höhere Lichtausbeute. Zudem reduzieren moderne elektronische Vorschaltgeräte die Verlustleistung bei flackerfreiem Licht und einem besseren Startverhalten. Aktuellste Reflektormaterialien und Optiken sorgen für einen hohen Wirkungsgrad und eine optimale Entblendung der Leuchten.

Die jährlichen Betriebskosten im Krankenhaus können durch die Investition in eine moderne und wirtschaftliche Beleuchtung erheblich verringert werden. Auch höhere Anschaffungskosten amortisieren sich aufgrund des Betriebs rund um die Uhr innerhalb weniger Jahre. Erfreulich sind auch die deutlich geringeren Wartungskosten.

#### Tageslichtnutzung und Lichtmanagement



Das Tageslicht mit seiner hohen Lichtqualität bietet dem Menschen die optimalste Versorgung mit Licht. In Innenräumen kann eine intelligente Tageslichtregelung die Mischung von Kunstlicht und Tageslicht übernehmen und somit für Lichtkomfort und Effizienz sorgen. Ein Sensor misst die Helligkeit im Raum und schaltet nur bei Bedarf in den Bereichen des Raumes die künstliche Beleuchtung hinzu, in denen sie benötigt wird. Helle Wände, Decken und Böden vermindern zusätzlich den Lichtbedarf. Voraussetzung dafür sind moderne Lichtmanagementsysteme und dimmbare Leuchten mit EVGs, die mit digitalen Schnittstellen DALI oder KNX kompatibel sind. Ein deutliches Einsparpotenzial bieten in diesem Zusammenhang auch in das System integrierte Präsenzmelder in Fluren oder Nebenräumen, welche die Beleuchtung nur bei einer Raumnutzung einschalten.

Weitere Informationen zum Lichtmanagement sind auf Seite 57 im Licht-Spezial „LED, Lichtmanagement und Tageslichtnutzung“ nachzulesen.



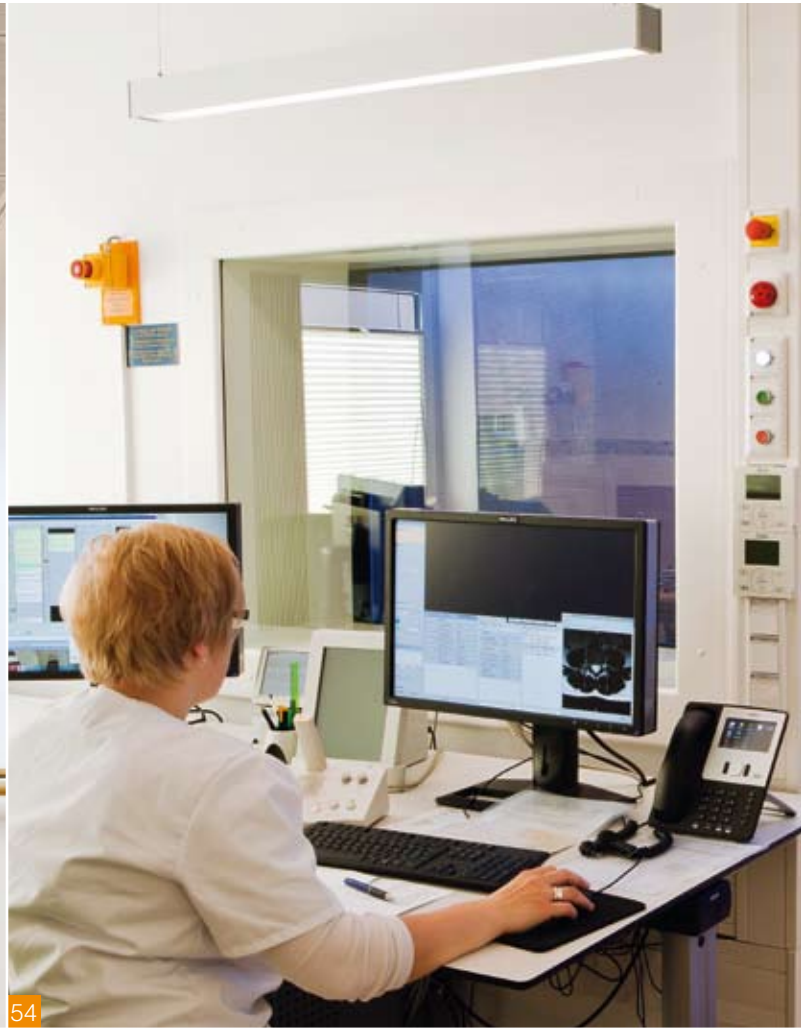
51



52



53



54



55



56



# Licht für Nebenräume und Außenbereiche

Die Nebenräume und Außenbereiche eines Krankenhauses fordern besondere Lichtlösungen. Von der Fassade als "Visitenkarte" des Hauses bis hin zum Schwesternzimmer muss alles bedarfsgerecht und funktional ausgeleuchtet werden und gleichermaßen energieeffizient und wartungsfreundlich sein.

Flure und Korridore sind die Hauptverkehrswege des Krankenhauses. Eine fachgerechte und helle Ausleuchtung ist daher wichtig für Patienten, Besucher und Personal. Nach DIN 5035-3 müssen tagsüber 200 Lux erreicht werden, in Fluren des OP-Traktes sogar 300 Lux. Nachts reichen 50 Lux zur Orientierung aus. Da diese Bereiche rund um die Uhr genutzt werden, steht neben der Funktionalität und Sicherheit auch die Frage nach der Energieeffizienz im Zentrum der Planungsüberlegungen. LED-Leuchten bieten sich in diesem Zusammenhang besonders durch ihre hohe Energieeffizienz bei geringem Wartungsaufwand an. Um die Beleuchtung nicht nur kostengünstig, sondern auch möglichst komfortabel zu gestalten, sollte die Deckenbeleuchtung auch liegend beförderte Patienten möglichst nicht blenden. Am besten eignet sich hier eine vertikale Beleuchtung, bei der die Wände angestrahlt werden. So wird Funktionalität mit einer ansprechenden Raumgestaltung verbunden.

**Arzt- und Schwesternzimmer:**  
**Arbeitsplatz und Pausenraum in einem**  
 Dort, wo keine direkte medizinische Dienstleistung stattfindet, werden Räume häufig mit den unterschiedlichsten Funktionen belegt. Es werden Medikamente verstaut und die Ausgabe verwaltet, Pausen gemacht und Büroarbeiten ausgeführt. Ist letzteres der Fall, gelten die gleichen Bestimmungen wie für Büroräume auch. Die Blendungs- und Reflexionsfreiheit ist hier für das Arbeiten am Bildschirm besonders wichtig. Für das Schwesternzimmer oder den Pausenraum, die rund um die Uhr zur Verfügung stehen, empfiehlt es sich darüber hinaus, eine individuell steuer- und dimmbare Beleuchtung zu integrieren. Nachts kann eine helle Beleuchtung die schnelle Ermüdung des Pflegepersonals vermindern. Für die Arbeitssituation und Handgriffe, die eine höhere Beleuchtungsstärke benötigen, bieten sich Installationen von gerichtetem, neutralweißem Licht an.

Verschiedene Beleuchtungsstärken und Lichtstimmungen lassen sich am komfortabelsten durch individuell steuerbare und vorab programmierbare Lichtszenen mithilfe einfacher Lichtsteuerungsanlagen realisieren.



## Arbeiten am Bildschirm

Gute Beleuchtung [54, 56, 57] sollte sich der jeweiligen Arbeitsaufgabe und dem Sehvermögen des Nutzers anpassen. Dazu muss zwischen Bildschirm und Arbeitsumgebung ein ausgewogener Kontrast bestehen, um ein schnelles Ermüden der Augen durch die ständige Adaptation zu vermeiden. Bei der Gestaltung und Beleuchtung von Bildschirmarbeitsplätzen ist darauf zu achten, dass störende Blendwirkungen, Reflexionen oder Spiegelungen auf dem Bildschirm und anderen Arbeitsmitteln vermieden werden.

Bereich der Sehaufgabe oder Tätigkeit (Werte nach DIN EN 12464-1 und DIN 5035-3)

	$\dot{E}_{Lux}$	UGR <sub>L</sub>	U <sub>o</sub>	R <sub>s</sub>
Arbeitsplatz	500	19	0,6	80
Umgebungsbereich	300	19	0,4	80

$\dot{E}_{Lux}$ : Beleuchtungsstärke, UGR<sub>L</sub>: Blendung, U<sub>o</sub>: Gleichmäßigkeit, R<sub>s</sub>: Farbwiedergabe

### Adaptation

Flure sollten den Augen des Personals Zeit zur Adaptation bieten. Unterschiede zwischen hellen und dunklen Räumen und eventuell daraus resultierende Blendeffekte können durch eine mittlere Beleuchtungsstärke auf den Fluren deutlich reduziert werden.

### Vertrauen wecken im Wartezimmer

Nervosität und Ungewissheit können den Aufenthalt im Wartezimmer belasten. Durch warmes Licht (ca. 3.000 Kelvin) mit Wand-, Decken- oder Stehleuchten kann eine beruhigende und wohnliche Atmosphäre geschaffen werden. RGB-Lichtsteuerungen sorgen dafür, dass farbiges Licht variabel und vorprogrammiert genutzt werden kann, um beispielsweise ein gelbes, beruhigend wirkendes Licht oder langsam sich verändernde Farbverläufe zu erzeugen.

[53, 55] Farbakzente an den Wänden setzen gestalterische Akzente und lassen Flure ansprechend und abwechslungsreich erscheinen.

[54, 56] Die Beleuchtung von Bildschirmarbeitsplätzen muss besonders umsichtig geplant werden. Bildschirme müssen sowohl blend- als auch reflexionsfrei ausgeleuchtet werden und es dürfen keine Spiegelungen entstehen.

### Licht für die Parkanlage

Die Außenbereiche eines Krankenhauses sollten ansprechend gestaltet sein, um Patienten und Besucher zum Verweilen und Spaziergehen einzuladen. Dies kann sich für Patienten nachhaltig positiv auf den Heilungsprozess auswirken. Für die nächtliche Beleuchtung sind Mast- und Pollerleuchten sowie Bodeneinbaustrahler gut geeignet. Bei Gefahrenstellen, etwa Treppen oder Stufen, ist – nach DIN EN 13201-2 "Straßenbeleuchtung, Teil 2: Güteermkmale" – eine Beleuchtungsstärke von 2 bis 10 Lux je nach Beleuchtungskategorie erforderlich.

### Sicherheit am Parkplatz

Um Sicherheit für Fußgänger, Rad- und Autofahrer auf Parkplätzen zu gewährleisten, bieten sich Mastleuchten mit präziser, lichtlenkender Optik für eine zielgerichtete Beleuchtung ohne Dunkelzonen an. Die vorzugsweise durch LED-Leuchten oder Halogen-Metaldampflampen zu erreichende Beleuchtungsstärke richtet

sich nach dem durchschnittlichen Verkehrsaufkommen: 20 Lux bei höherem, 10 bei mittlerem oder 5 Lux bei geringem Verkehrsaufkommen. Die DIN EN 12464-2 "Licht und Beleuchtung, Teil 2: Beleuchtung von Arbeitsstätten im Freien" regelt die entsprechenden Vorgaben.

### Gutes Licht macht Appetit

Mensen und Cafeterien dienen der Verpflegung, Erholung und sind Orte der Begegnung und Kommunikation. Hier soll man sich wohlfühlen, entspannen und in kurzer Zeit neue Kraft schöpfen. In lichtdurchfluteten Räumen, die ein kommunikatives und freundliches Raumklima anbieten, ist schnelle Regeneration möglich. Die zusätzlich zum Tageslicht eventuell notwendige Zuschaltung von Kunstlicht erfordert moderne Lichtmanagementsysteme, die in Verbindung mit energieoptimierter Lichttechnik eine normgerechte, effiziente und flexible Beleuchtung gewährleisten.

Zur Grundbeleuchtung von Cafeterien empfehlen sich Anbau- oder Einbauleuchten sowie Strahler und Leuchten an Stromschienen. Alternativ bieten sich den Sitzplätzen zugeordnete Pendelleuchten an, in Kombination mit Wandleuchten zur Aufhellung der Decken und Wände. Gemäß der Norm DIN 5035-3 wird in Speiseräumen eine Grundbeleuchtung von 200 Lux empfohlen.

Eine hohe Farbwiedergabe der Leuchten präsentiert Speisen appetitlich und farbtreu. Im Rahmen dessen sollten auch die Bereiche der Essensausgabe und Kasse blendfrei ausgeleuchtet sein.

Die Beleuchtung in Mensen und Cafeterien fordert vom Lichtplaner ganz besondere gestalterische und lichttechnische Konzepte. Eine gute Lichtlösung sorgt hier für erholsame Pausen und vielfältige kommunikative Aktivitäten.



[58] Wartezonen werden mit farbigem Licht zu Wohlfühlbereichen. Ein dynamischer Farbverlauf entspannt den Patienten und bereitet ihn auf angenehme Weise auf die Untersuchung oder Behandlung vor.

[59] Effiziente Downlights mit einer guten Farbwiedergabe ermöglichen eine flexible Raumnutzung und sorgen für eine attraktive Lichtstimmung.

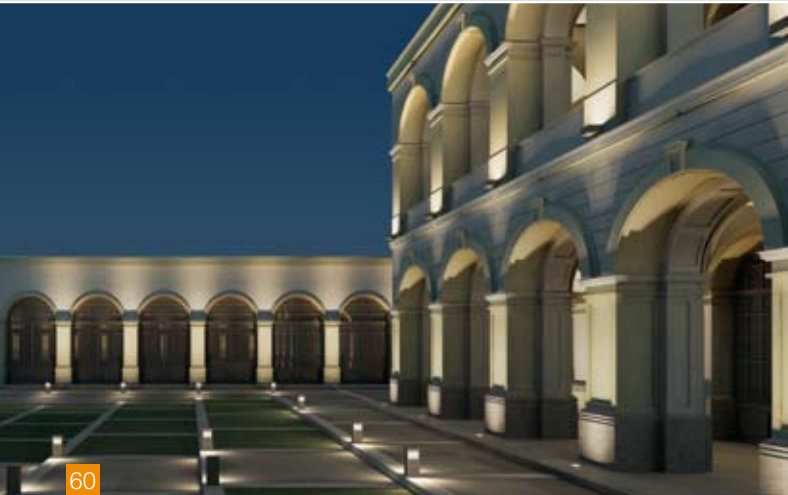
[61] Eine gut beleuchtete Fassade vermittelt Patienten und Besuchern von Anfang an einen positiven Eindruck.

Bereich der Schaufgabe oder Tätigkeit (Werte nach DIN EN 12464-1 und DIN 5035-3)	$\dot{E}_{m, Lux}$	UGR <sub>L</sub>	U <sub>o</sub>	R <sub>a</sub>
Warterräume	200	22	0,40	80
Flure: während des Tages	200	22	0,40	80
Flure: während der Nacht	50	22	0,40	80
Flure mit Mehrzwecknutzung	200	22	0,60	80
Flure im Operationsbereich	300	19	0,60	80
Tagesaufenthaltsräume	200	22	0,60	80
Aufzüge, Lifte für Personen und Besucher	100	22	0,60	80
Servicelifte	200	22	0,60	80
Dienstzimmer	500	19	0,60	80
Personal und Aufenthaltsräume	300	19	0,60	80

$\dot{E}_{m, Lux}$ : Beleuchtungsstärke, UGR<sub>L</sub>: Blendung, U<sub>o</sub>: Gleichmäßigkeit, R<sub>a</sub>: Farbwiedergabe



59



60

## Beleuchtung von Fassaden

Die Fassadenbeleuchtung [60, 61] setzt das Gebäude nachts in Szene und sorgt damit für ein komplett anderes Erscheinungsbild als am Tage. Ein lebendiges und attraktives Licht- und Schatten-Spiel wird aber erst durch die Kombination einer gebäudenahen und einer gebäudefernen Beleuchtung erreicht. Besonderheiten der Architektur können anhand von Streiflicht aus nah am Gebäude installierten Bodeneinbauleuchten mit asymmetrischer Abstrahlung herausgearbeitet werden. Anhand von Reflektoren und Linsenoptiken kann die Abstrahlcharakteristik und damit die Lichtwirkung dieser Leuchten eingestellt werden. Streiflicht hellt die Wände aber nicht nur auf, sondern arbeitet besonders ihre Materialität und Oberflächenstruktur heraus. Details wie Fensterlaibungen, Simse oder Stuckaturen lassen sich ergänzend mit Wandleuchten in LED-Technik ohne störendes Streulicht energieeffizient in Szene setzen.



61

# Licht für die Rehabilitation

Das primäre Ziel der Rehabilitation ist es, Patienten in ihrem Genesungsprozess zu unterstützen und ihnen die notwendigen Hilfestellungen zur Wiedererlangung ihrer physischen und psychischen Fähigkeiten anzubieten.

In der Rehabilitationsphase haben Patienten oft schon einen langwierigen Krankheitsverlauf hinter sich. Anhand von speziellen Therapien soll ihr Zustand weiter stabilisiert werden um sie wieder auf das Berufsleben oder eine weitestmögliche Selbstständigkeit zu Hause vorzubereiten. Der Erholungs- und Wohlfühlfaktor ist in dieser Phase besonders wichtig. Ein harmonisches Umfeld mit der richtigen Beleuchtung trägt hier wesentlich zur schnelleren Genesung bei.

## Licht für die Raum- und Akzentbeleuchtung

Mit einem ausgewogenen Mix aus Raum- und Akzentbeleuchtung kann in Therapieräumen eine angenehme Grundstimmung erzeugt werden, in der sich Patienten sicher, geborgen und gleichzeitig emotional angesprochen fühlen. Für die Grundhelligkeit im Raum kann eine indirekte Beleuchtung – über angestrahlte Wand- oder Deckenflächen – oder eine direkte Beleuchtung mit flächigen LED-Leuchten bzw. Leuchten mit linearen Leuchtstofflampen sorgen. Lichtakzente werden durch Downlights oder Strahler gesetzt, die Spots auf Wände, Bilder oder Pflanzen im Raum werfen. Wichtig ist dabei, dass Blendungen durch hohe Leuchtdichten im direkten Sichtfeld von Patienten und Personal vermieden werden.

Allgemein gilt für die Behandlungs- und Therapieräume der physikalischen, radiologischen und elektromedizinischen Behandlung laut DIN Norm 5035-3 eine Mindestbeleuchtungsstärke von 300 Lux bei einem Farbwiedergabeindex von  $R_a \geq 80$ . Aufwendigere Behandlungen und Therapien erfordern höhere Beleuchtungsstärken. Als Lichtfarbe eignet sich besonders ein warmweißer Farbton unter 3.300 Kelvin.

## Farbiges Licht

Zusätzlich zur funktionalen Raumbelichtung kann Licht auch sehr gut farbige Akzente setzen, sei es als entspannender,

sich langsam verändernder Farbverlauf oder als statische Stimmungsfarbe in Räumen, die beispielsweise mit steril wirkenden Trainingsgeräten oder Behandlungsapparaten ausgestattet sind.

## Licht für Schwimm- und Bewegungsbad

Bei Therapieräumen in Verbindung mit Wasser muss ganz besonders auf eine helle und blendfreie Ausleuchtung geachtet werden. Gefahrenstellen wie Treppenstufen oder Beckenränder werden so sicher erkannt. Bei gerichtetem Licht auf die Wasseroberfläche muss eine Blendung am Beckenrand durch Spiegelung vermieden werden. Schwimmbäder und Bewegungsbecken kommen besonders gut durch eine Unterwasserbeleuchtung (vorzugsweise mit LEDs wegen der langen Lebensdauer von 50.000 Stunden) zur Geltung. Für Unterwasserleuchten ist eine höhere Schutzart von mindestens IP68 erforderlich. Der IP-Code (Ingress Protection) legt die Widerstandsfähigkeit der Leuchten gegenüber Staub und Feuchtigkeit fest. In Feuchträumen dürfen grundsätzlich nur Leuchten eingesetzt werden, die gegen Spritzwasser geschützt sind und mindestens die Schutzart IP34 aufweisen.

## Die therapeutische Wirkung von Licht

Die Medizin nutzt die Vorteile der Lichttherapie schon lange. Durch kurzwellige Infrarotbestrahlung beispielsweise wird die Durchblutung angeregt, werden Schmerzen gelindert und die Heilung gefördert. Hauterkrankungen erfahren durch sonnennahe Vollspektrumstrahler Linderung, Blaulicht wird bei Störung des Stoffwechsels von Neugeborenen eingesetzt, und jeder kennt die heilende Wirkung von Rotlicht bei Erkältungskrankheiten. Die heilende Wirkung von Licht zeigt sich auch bei biologisch wirksamen Spezialleuchten, die mit hohen Beleuchtungsstärken und kurzwelligen Blauanteilen im Licht im Rahmen einer Lichttherapie zur Behandlung von SAD (Saisonal abhängiger Depression) eingesetzt werden.

[62] Viel Tageslicht und eine ergänzende künstliche Beleuchtung sind eine gute Grundlage für eine erfolgreiche Therapie.

[63] Gutes Licht aktiviert und motiviert Patienten, den Genesungsprozess weiter voranzutreiben.

[65] Licht für Bewegungs- und Schwimmbäder muss in erster Linie für Sicherheit und eine gute Orientierung sorgen.



62

63



64

65

## Licht für die Physiotherapie

In der Physiotherapie [64] wird für die Befunderhebung helles Licht mit einer guten Farbwiedergabe, vergleichbar mit Untersuchungsräumen bei Ärzten benötigt. Für die manuelle Therapie und für Körperübungen darf das Licht tageslichtweiß und aktivierend sein. Für Entspannungsübungen und Massage hingegen ist eher ein warmtoniges und vor allem dimmbares Licht gefragt, das auch durch partiell farbiges Licht für eine Wohlfühlatmosphäre sorgen kann.

Bereich der Sehaufgabe oder Tätigkeit (Werte nach DIN EN 12464-1 und DIN 5035-3)

	$\dot{E}_m$ Lux	UGR <sub>L</sub>	U <sub>o</sub>	R <sub>a</sub>
Warteräume	200	22	0,6	80
Verbandsräume	500	19	0,6	80
Medizinische Bäder	300	19	0,6	80
Massage und Strahlentherapie	300	19	0,6	80

$\dot{E}_m$ : Lux; Beleuchtungsstärke, UGR<sub>L</sub>: Blendung, U<sub>o</sub>: Gleichmäßigkeit, R<sub>a</sub>: Farbwiedergabe

# Normen und Gütekriterien für die Beleuchtung

Räume im Gesundheitswesen müssen bei der künstlichen Beleuchtung besonders hohe Ansprüche erfüllen. Normen und Gütekriterien legen die geforderte Lichtqualität fest und berücksichtigen die Bedürfnisse von Patienten, Ärzten und Pflegepersonal gleichermaßen.

Die normativen Anforderungen an die Beleuchtung im Gesundheitswesen werden in Europa durch verschiedene Regelwerke festgelegt. Seit 2011 gilt eine aktualisierte Version der Norm DIN EN 12464-1. In ihr sind die wichtigsten Anforderungen an die Beleuchtung wie der Wartungswert der Beleuchtungsstärke ( $\bar{E}_m$ ) und deren Mindestwerte der Gleichmäßigkeit ( $U_o$ ), Blendungswert ( $UGR_L$ ) und der Farbwiedergabeindex ( $R_a$ ) festgeschrieben. In Deutschland ist zudem die Norm DIN 5035-3:2006 „Beleuchtung mit künstlichem Licht – Teil 3: Beleuchtung im Gesundheitswesen“ zu beachten. Sie ergänzt die DIN EN 12464-1 um Vorgaben für weitere Raumarten, Sehaufgaben oder Tätigkeiten. Grundsätzlich müssen die Verordnungen und technischen Regeln für Arbeitsstätten aus der Arbeitsstättenrichtlinie ASR A3.4 vom April 2011 beachtet werden.

von mindestens 300 Lux. Die DIN 5035-3 legt ferner als Leseebene eine um 75 Grad gegen die Horizontale geneigte Fläche fest, mit einer Höhe von 300 Millimeter und einer Breite von 900 Millimeter (siehe dazu auch Grafik 67). Werden variabel einstellbare Leseleuchten eingesetzt, reichen 300 Lux auf einer Fläche von 300 mal 300 Millimeter in jedem möglichen Lesefeld der Leseebene aus.

Eine Direktblendung im Patientenbett muss ausgeschlossen werden. In allen von hieraus sichtbaren Lichtquellen und leuchtenden Flächen einer Leuchte muss die Leuchtdichte auf eine Helligkeit von 1.000 Candela pro Quadratmeter begrenzt werden. Maßgeblich ist hier das Umblickfeld der Patienten. Dieses beschreibt alle Punkte, die in horizontaler Lage bei ruhendem Körper und durch eine Bewegung des Kopfes erfasst werden können. Dies gilt insbesondere für gegenüberliegende Leseleuchten in Mehrbettzimmern. Die Helligkeit der Raumdecke ist aus dieser Blickrichtung auf höchstens 500 Candela

[66, 67] Die richtige Beleuchtung am Patientenbett wird durch die DIN 5035-3 festgelegt. Sie beschreibt, welche Beleuchtungsstärke an welchem Ort im Bett für den Patienten gefordert wird. Zudem wird die Behandlungsebene genau definiert.

## Normative Vorgaben am Patientenbett

Für jedes Patientenbett im Krankenhaus muss eine Lesebeleuchtung angeboten werden. Zum Lesen fordert die DIN EN 12464-1 am Patientenbett eine Beleuchtungsstärke



pro Quadratmeter zu begrenzen. Bei einfachen Untersuchungen oder Behandlungen, die am Patientenbett durchgeführt werden, ist die Beleuchtungsstärke von 300 Lux nach DIN 5035-3 der Mittelwert auf der Längsachse der Untersuchungsebene in 0,85 m über dem Boden. Dabei darf sich die Beleuchtungsstärke aus allen Komponenten der Beleuchtung im Raum zusammensetzen.

### Horizontale und vertikale Beleuchtungsstärken

Höhere Beleuchtungsstärken fördern die Konzentration und erleichtern die Arbeit des Pflegepersonals. Zudem haben höhere Beleuchtungsstärken in Innenräumen, mit sich dynamisch verändernden Lichtfarben, eine biologisch und emotional positive Wirkung auf den Patienten. Helle Wände und Decken geben den Räumen einen freundlichen Charakter und werden durch die DIN EN 12464-1 und die DIN 5035-3 explizit gefordert. Wandflächen (Hauptoberflächen) müssen demnach mit mindestens 75 Lux und Deckenflächen mit mindestens 50 Lux beleuchtet werden, bei einer Gleichmäßigkeit von mindestens 0,10. Angegeben sind hier immer nur Mindestwerte. Für einen guten Sehkomfort werden höhere Werte empfohlen. In den einzelnen Kapiteln des Heftes sind alle vorgeschriebenen Beleuchtungsstärken der DIN 5035-3 nach Raumarten,

Sehaufgaben oder Tätigkeiten in Tabellen aufgeführt. Die angegebenen Werte gehen von normalen Sehbedingungen aus. Bei anspruchsvolleren Sehaufgaben oder eingeschränktem Sehvermögen der Nutzer werden höhere Beleuchtungsstärken notwendig. In Bettzimmern für Säuglinge beispielsweise sind wegen der intensiven Pflege- und Überwachungsarbeit nicht die üblich geforderten 100 Lux, sondern die doppelte Beleuchtungsstärke für die Allgemeinbeleuchtung notwendig.

### Direktblendung

Eine Blendung durch Licht stört die Wahrnehmung und mindert die Sehleistung deutlich. Ermüdungserscheinungen und Konzentrationsfehler sind die Folge. Besonders negativ ist die Direktblendung bei einem Blick direkt ins Leuchtmittel oder bei starken Kontrasten durch sehr helle und sehr dunkle Flächen. Durch eine Abschirmung, beispielsweise durch Raster oder durch spezielle Reflektoren, kann sie verhindert werden. Fenster müssen bei der Möglichkeit einer Blendung mit einer Lichtschutzvorrichtung ausgestattet sein.

### UGR<sub>L</sub>-Wert

Beim UGR-Verfahren wird auf Basis der Norm DIN 5035-3 die psychologische Blendung bzw. der UGR<sub>L</sub>-Wert (unified glare rating limit) ermittelt. Dieser Wert beschreibt den oberen Grenzwert zur

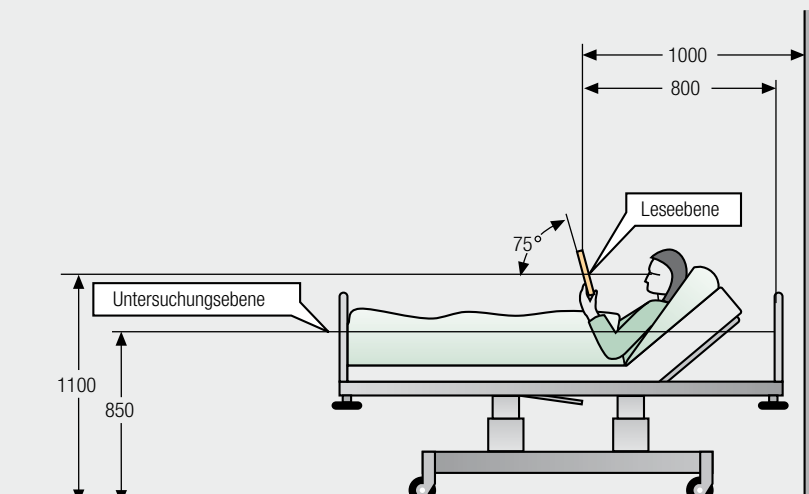
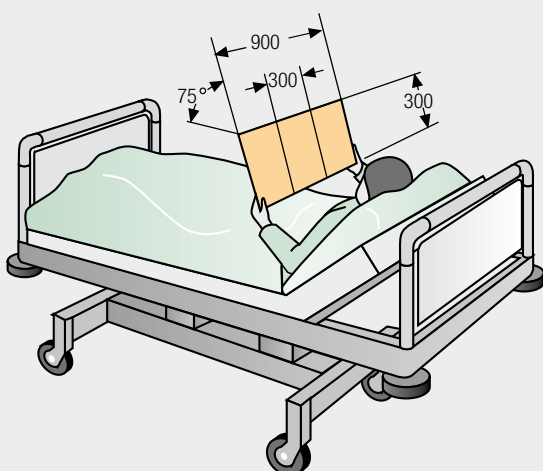
Begrenzung der Direktblendung. Dabei werden alle Leuchten einer Beleuchtungsanlage und die Helligkeit von Wänden und Decken mit berücksichtigt. In den einzelnen Kapiteln des Heftes werden in Tabellen die geltenden UGR<sub>L</sub>-Grenzwerte dargestellt. Grundsätzlich gilt: Je niedriger der UGR<sub>L</sub>-Wert, desto geringer die Blendung.

### Reflexblendung

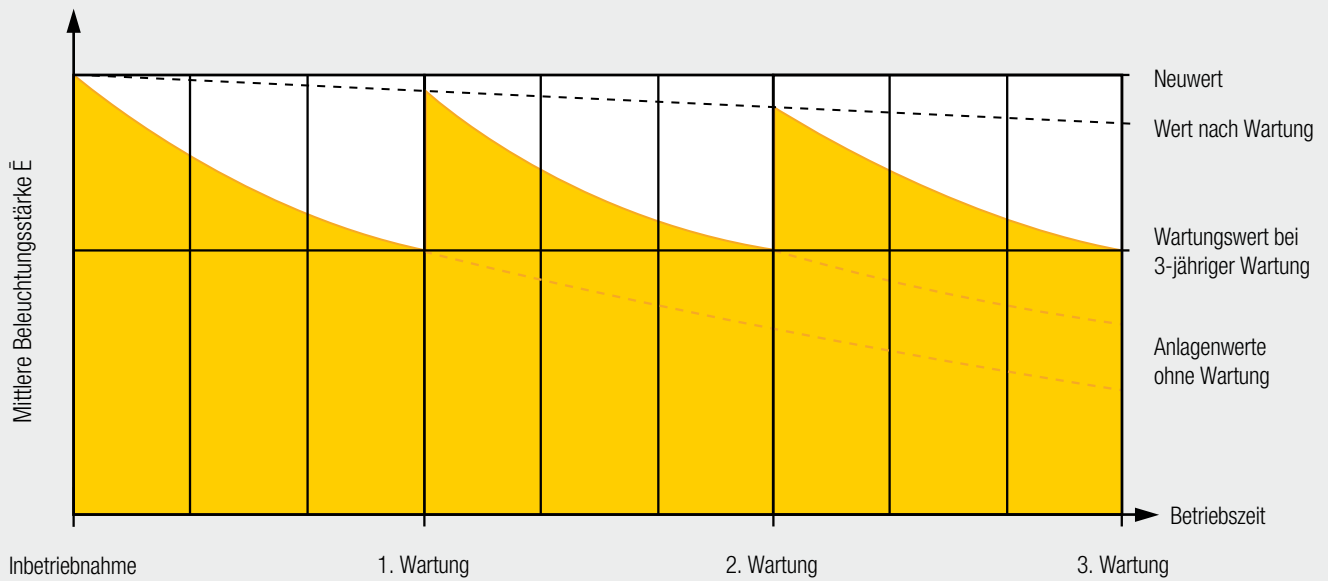
Bei der Arbeit an Monitoren, beispielsweise zur Überwachung der Vitalwerte (EKG, Blutdruck, Sauerstoffsättigung, etc.), und auf Betrachtungsmonitoren bei endoskopischen Eingriffen kommt es bei schlechter entblendeten oder falsch positionierten Leuchten zu störenden Reflexen und Spiegelungen, welche die Konzentration erschweren und den Untersuchungsvorgang in die Länge ziehen.

Folgende Maßnahmen reduzieren eine Reflexblendung:

- Dimmbare Beleuchtung
- Richtige Anordnung der Bildschirme in Bezug zu Leuchten und Fenstern
- Abschattungsmöglichkeit bei Fenstern und Oberlichtern
- Einsatz entblendeter Leuchten
- Leuchten mit großen leuchtenden Flächen und geringen Leuchtdichten
- Geeignete Oberflächenbeschaffenheit (matte Oberflächen) von Unterlagen, OP-Besteck, etc.



Wartungsbeispiel einer Beleuchtungsanlage



© licht.de

68

**Wartungswert**

Als Wertungswert bezeichnet man den Wert, unter dem die mittlere Beleuchtungsstärke  $\bar{E}_m$ , unabhängig von Alter und Zustand der Beleuchtungsanlage, nicht sinken darf. Die Beleuchtungsstärke lässt über die Jahre hinweg aufgrund von Alterung (Leuchtenbauteile, Vorschaltgerät und Leuchtmittel) und Verschmutzung von Beleuchtungskörpern und umgebendem Raum kontinuierlich nach. Um diesem Umstand vorzubeugen, werden Neuanlagen von vorneherein mit einer höheren Beleuchtungsstärke ausgestattet (Neuwert), um die Abnahme der Beleuchtungsstärke über die Jahre hinweg aufzufangen.

Der Wartungsfaktor muss gemäß EN 12464-1 zwischen Planer und Betreiber der Beleuchtungsanlage vereinbart werden. Folgende Referenz-Wartungsfaktoren sind in Bezug auf die Reinlichkeitsanforderungen in Räumen des Gesundheitswesens einzuplanen:

- Wartungsfaktor 0,8 bei geringer Nutzungsdauer oder geringem Verschmutzungsgrad
- Wartungsfaktor 0,67 bei normaler Nutzungsdauer oder hohem Verschmutzungsgrad

Diese Werte gehen grundsätzlich schon von einem höheren Grad an Sauberkeit im Gesundheitswesen aus. Nebenräume und Versorgungsräume unterliegen einem höheren Verschmutzungsgrad.

**Gleichmäßigkeit, Umgebung, Hintergrund**

Sind die Helligkeitsunterschiede im Raum sehr groß, müssen sich die Augen von Personal und Patienten ständig den wechselnden Gegebenheiten anpassen. Das führt schnell zu Ermüdung und verringert sowohl die Sehleistung als auch das Wohlbefinden.

Die Gleichmäßigkeit ( $U_o$ ) beschreibt das Verhältnis der minimalen zur mittleren Beleuchtungsstärke ( $U_o = E_{min} / \bar{E}$ ). In der DIN EN 12464-1 wird eine Gleichmäßigkeit auf Wänden und Decken von mindestens 0,1 verlangt. Beispiel: 50 Lux (minimale Beleuchtungsstärke) geteilt durch 500 Lux (mittlere Beleuchtungsstärke) ergibt eine Gleichmäßigkeit von  $U_o = 0,1$ .

Die Beleuchtungsstärke des unmittelbaren Umgebungsbereichs – der Bereich, der das Gebiet der Sehaufgabe in einem Rahmen von mindestens 0,5 m Breite umgibt – kann niedriger sein als die im Bereich der Sehaufgabe. Folgende Werte dürfen jedoch nicht unterschritten werden:

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

Die Gleichmäßigkeiten  $U_o$  im unmittelbaren Umgebungsbereich muss  $\geq 0,40$  sein. In Innenräumen mit schlechter Tageslichtversorgung ist eine ausreichende Beleuchtung von Flächen in weiterer Entfernung gefordert, also von solchen Flächen, die noch hinter dem Umgebungsbereich liegen. Dieser sogenannte Hintergrundbereich beschreibt den Bereich, der den Umgebungsbereich mit einer Breite von mindestens drei Metern umgibt. Hier sollte eine Beleuchtungsstärke von einem Drittel des Wertes für den unmittelbaren Umgebungsbereich nicht unterschritten werden.

Für eine gleichmäßige Aufhellung des Raumes sind Wand- oder Deckenleuchten mit einer indirekten Lichtverteilung besonders gut geeignet. Ergänzend können mit direkt abstrahlenden Leuchten Akzente gesetzt und ein angenehmer Raumeindruck erzeugt werden

**Schatten und Modelling**

Gegenstände werden nur in der dritten Dimension erkannt, wenn sie einen Schatten aufweisen. Auch Entfernungen sind durch Licht und Schatten besser abschätzbar. Entscheidend dafür ist die richtige Mischung aus gerichtetem und diffusem Licht sowie Schattigkeit. Hier spricht man vom Modellingeffekt, der eine gute dreidimensionale Wahrnehmung ermöglicht. Auf einen Punkt bezogen beschreibt Modelling das Verhältnis





69



70



71



72



73



74



75



76

zwischen zylindrischer und horizontaler Beleuchtungsstärke. Optimal ist ein Wert zwischen 0,30 und 0,60.

Starke Schatten können gerade älteren Menschen Probleme bereiten. Die Augen passen sich nicht mehr so schnell an Hell-Dunkel-Zonen an. Zu vermeiden sind Mehrfachschatten, die verwirrende visuelle Erscheinungen hervorrufen können. Sie entstehen, wenn gerichtetes Licht aus mehreren Positionen auf einen Gegenstand fällt. Eine zu starke und unerwünschte Schattenbildung in Gesichtern durch eine von oben auf Personen gerichtete Beleuchtung sollte besonders in Kommunikationszonen vermieden werden. Dem kann man mit einem hohen Anteil an indirekter Beleuchtung entgegenwirken.

#### Farbwiedergabe und Lichtfarben

Unter künstlicher Beleuchtung wird die Wiedergabequalität von Farben durch den Farbwiedergabeindex  $R_a$  festgelegt. Ein  $R_a$ -Wert von 100 bedeutet beispielsweise, dass die Farben des Objekts, die bei künstlicher Beleuchtung wahrgenommen werden, identisch sind mit den Farben, die bei natürlicher Beleuchtung wahrgenommen werden. Art und Qualität des Leuchtmittels beziehungsweise die spektrale Zusammensetzung des künstlichen Lichts sind entscheidend für den Farbwiedergabewert. Die normbasierten

Mindestwerte der Farbwiedergabeindizes sind anwendungsbezogen auf der entsprechenden Seite dieses Heftes zu finden. Für den Raumeindruck und dessen Farbklima ist die Lichtfarbe der eingesetzten Lampen entscheidend. Lampenhersteller bieten ihre Leuchtmittel in unterschiedlichen Lichtfarben an.

In Kommunikationszonen und auf persönliches Wohlbefinden ausgerichteten Räumen sollte eine warmweiße Lichtfarbe unter 3.300 Kelvin eingesetzt werden. Diese strahlt besonders viel Behaglichkeit aus. Bei einer arbeitsorientierten Raumnutzung sind neutralweiße Lichtfarben mit einer Farbtemperatur zwischen 3.300 und 5.300 Kelvin empfehlenswert. Werden Räume beispielsweise für dermatologische Untersuchungen oder chirurgische Eingriffe genutzt, kann eine tageslichtweiße Lichtfarbe mit einer Farbtemperatur von über 5.300 Kelvin und ein besonders hoher Farbwiedergabeindex  $R_a$  von mindestens 90 erforderlich sein.

Die Lichtfarbe hat auch Auswirkung auf den circadianen Rhythmus des Menschen. Licht mit einem hohem Blauanteil und einer Farbtemperatur über 5.300 Kelvin entfaltet eine aktivierende Wirkung, während Licht unter 3.300 Kelvin beruhigend wirkt. Weitere Informationen hierzu im Kapitel "Biologische Lichtwirkung auf den Menschen" auf den Seiten 18-21.

[68] Durch Alterung und Verschmutzung nimmt die Beleuchtungsstärke stetig ab. In der Tabelle ist der Wartungswert bei einer 3-jährigen Wartung dargestellt.

[69, 70] Bildschirmarbeit kann durch Schleierreflexionen und Reflexblendung deutlich gestört werden. Gut entblendete Leuchten und die Einbeziehung des Tageslichtes können dem entgegenwirken.

[71, 72] Um Farben in ihrem eigenen Farbton richtig wahrzunehmen, ist bei künstlicher Beleuchtung auf einen hohen Farbwiedergabeindex  $R_a$  zu achten.

[73, 74] Bei der Beleuchtung am Schreibtisch sollte die Arbeitsfläche bei Rechtshändern von der linken Seite und bei Linkshändern von der rechten Seite ausgeleuchtet werden.

[75, 76] Um angenehm Arbeiten oder Lesen zu können, ist bei hochglänzenden Oberflächen eine Reflexblendung zu vermeiden. Eine indirekte Beleuchtung kann diese störenden Effekte verhindern.

# Licht für Arztpraxen

In Arztpraxen wird Licht für unterschiedlichste Tätigkeiten benötigt. Sei es das Patientengespräch im Sprechzimmer, die Untersuchung im Untersuchungsraum oder die Computerarbeit am Empfang – jede Tätigkeit benötigt ihre ganz eigene und spezifische Lichtlösung.

Der Empfang ist die Visitenkarte einer Arztpraxis und der Bereich, in dem alle Informationen zusammenlaufen. Er sollte hell und freundlich ausgeleuchtet sein und den Mitarbeitern einen ergonomischen Bildschirmarbeitsplatz bieten. Durch eine vertikale Beleuchtung – über die Anstrahlung der Wände – werden die Gesichtsfelder von Patienten und Personal gut ausgeleuchtet und der Raum wirkt insgesamt größer. Um den Empfang möglichst positiv zu gestalten und eine Orientierungshilfe zu bieten, empfiehlt es sich, über dem Tresen mit höheren Lichtstärken zu arbeiten und so eine Trennung zwischen Anmeldung und Wartebereich zu schaffen. Empfehlenswert sind Pendelleuchten oder flä-

chiges Licht, um diesen Bereich großzügig auszuleuchten. Eine schöne Möglichkeit, die Aufmerksamkeit auf den Tresen zu lenken, ist es auch, diesen selbst durch Licht hervorzuheben (siehe Bild 77).

## Beruhigendes Licht im Wartezimmer

Eine warmtonige Lichtstimmung im Wartezimmer wirkt beruhigend und entspannend. Die Allgemeinbeleuchtung kann hier zudem sehr gut mit farbigem Licht oder farbigen Lichtverläufen ergänzt werden. Laut DIN 5035-3 muss in Warteräumen eine Grundhelligkeit von 200 Lux vorhanden sein. Um den Patienten genügend Licht zu bieten, wird allerdings eine höhere Beleuchtungsstärke empfohlen.

## Sprechzimmer, Untersuchung, Behandlung

Im Sprechzimmer des Arztes wird gewöhnlich eine Beleuchtungsstärke von 500 Lux gefordert, in den Untersuchungs- und Behandlungsräumen sind es sogar 1.000 Lux auf den Untersuchungsflächen. Die jeweilige Fachrichtung stellt darüber hinaus oft noch deutlich höhere oder spezialisiertere Anforderungen an die Beleuchtung.

## Augenarztpraxis

In der Augenheilkunde werden Erkrankungen des Sehorgans und Sehsinns diagnostiziert und behandelt. Unabdingbar ist hierbei eine spezielle Beleuchtung: Zur Untersuchung des Auges kommt vielfach die Spaltlampe (Diagnosegerät) zum



## Mindestanforderungen an die Beleuchtung nach DIN EN 12464-1 und DIN 5035-3

Bereich der Sehaufgabe oder Tätigkeit	$\bar{E}_v$ LUX	UGR <sub>L</sub>	U <sub>0</sub>	R <sub>a</sub>
<b>Untersuchungsräume allgemein</b>				
Allgemeinbeleuchtung	500	19	0,6	80
Untersuchung / Behandlung	1.000	19	0,7	80
Verbandsräume	500	19	0,6	80
<b>Zahnärztliche Behandlungsräume</b>				
Allgemeinbeleuchtung	500	19	0,6	90
Im Patientebereich	1.000	-	0,7	90
Operationsfeld (Mundhöhle)	5.000	-	-	85
Weißabgleich der Zähne	1.000	-	0,7	90
<b>Augenärztliche Untersuchungsräume</b>				
Allgemeinbeleuchtung	300	19	0,6	80
Untersuchung Äußeres Auge	1.000	-	-	90
Lese-/Farbtests m. Sehtafeln	500	16	0,7	90
<b>Räume der bildgebenden Diagnostik</b>				
Allgemeinbeleuchtung	300	19	0,6	80
Bildgebende Diagnostik mit Bildverstärker/Fernsehsystem	50	19	-	80
Direkte Betrachtung an Sichtgeräten	30	-	-	80

$\bar{E}_v$  Lux: Beleuchtungsstärke, UGR<sub>L</sub>: Blendung, U<sub>0</sub>: Gleichmäßigkeit, R<sub>a</sub>: Farbwiedergabe

Einsatz. Behandlungen am äußeren Auge fordern mindestens 1.000 Lux Beleuchtungsstärke. Für spezielle Untersuchungen sind hingegen nur sehr geringe Beleuchtungsstärken zulässig. Somit wird eine dimmbare Allgemeinbeleuchtung zwischen 10 und 300 Lux notwendig, denn für Leseproben sind vertikal 500 Lux erforderlich.

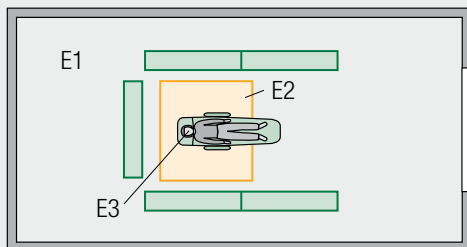
[77] Der Empfang sollte sowohl freundlich und einladend wirken, muss aber auch ein blendfreies Arbeiten am Computerbildschirm ermöglichen.

[78] Das Untersuchungs- und Sprechzimmer muss gutes Licht zur Untersuchung, Beratung und zur Bildschirmarbeit bieten.

[80] Raumbelichtung und Untersuchungslicht müssen beim Zahnarzt gut aufeinander abgestimmt sein und dem Arzt eine optimale Sicht ermöglichen.



78



79

## Lichtzonen beim Zahnarzt

Der zahnärztlichen Behandlungsraum [79, 80] wird in drei Lichtzonen eingeteilt. Im Umfeld des Untersuchungsstuhls müssen mindestens 500 Lux gewährleistet werden (E1). Der Bereich des Patienten (E2) erfordert 1.000 Lux, und die Ausleuchtung der Mundhöhle (E3) mindestens 5.000 Lux. Die Lichtfarbe sollte im gesamten Raum einheitlich neutralweiß oder tageslichtweiß sein. Um Blendungen zu vermeiden, gilt es, bei der Deckenbeleuchtung ein Quadrat mit einer Seitenlänge von 2,5 m um das Sichtfeld des Patienten herum auszusparen und generell nur asymmetrisch strahlende Deckenleuchten einzusetzen. Für den Weißabgleich von Zähnen in zahntechnischen Laboren ist eine tageslichtweiße Lichtfarbe bei einer Farbtemperatur von 6.000 K und eine Beleuchtungsstärke mindestens 1.000 Lux gefordert sowie ein sehr guter Farbwiedergabeindex  $R_a$  von mindestens 90.



80

### Radiologie

Radiologen benötigen in vielen Fällen einen abgedunkelten Raum, um die Ergebnisse ihrer Arbeit auf dem Monitor gut zu erkennen. Hier ist eine dimmbare und vor allem reflexfreie Allgemeinbeleuchtung ganz besonders wichtig. Aber auch das emotionale Befinden der Patienten kann durch das richtige Beleuchtungskonzept positiv beeinflusst werden und damit das Wohlbefinden und Vertrauen verstärken. Der Einsatz von sich dynamisch verändernden Lichtfarben und Intensitäten sowie farbiges Licht wirken beruhigend.

### Dermatologie

Dermatologen diagnostizieren und behandeln verschiedenste Erkrankungen der Haut. Dabei spielt eine hervorragende Beleuchtung für das richtige Erkennen feinsten Farbnuancen des Gewebes eine wichtige Rolle. Hier muss eine neutralweiße oder tageslichtweiße Lichtfarbe eingesetzt werden und der Farbwiedergabeindex  $R_a$  muss mindestens 90 oder höher sein. Die Allgemeinbeleuchtung mit 500 Lux wird dabei durch eine Untersuchungsleuchte nach DIN 5035-3 mit mindestens 1.000 Lux ergänzt. Darüber hinaus können spezielle LED-Untersuchungsleuchten durch eine individuelle Steuerung von Lichtfarbe und Intensität so eingestellt werden, dass die Sehaufgabe optimal unterstützt wird, beispielsweise um Spiegelungen auf feuchter Haut zu verhindern.

### Gynäkologie und Geburt

Gynäkologische Untersuchungen fordern nach DIN 5035-3 eine Allgemeinbeleuchtung von 500 Lux und Licht für die Untersuchung von mindestens 1.000 Lux. Um eine natürliche Wiedergabe von Farben zu gewährleisten, muss die Untersuchungsleuchte einen sehr guten Farbwiedergabewert  $R_a$  von 90 oder höher aufweisen. LED-Untersuchungsleuchten bieten durch die minimale Wärmeentwicklung große Vorteile. Der Wegfall störender Wärmepunkte im Behandlungs- oder Diagnosefeld, vor allem bei längeren Untersuchungen, erhöht den Komfort für Patient und Arzt gleichermaßen. Erforderlich ist auch eine einfache und intuitive Bedienung der Beleuchtung, um die Konzentration von Arzt und Personal nicht unnötig zu stören.

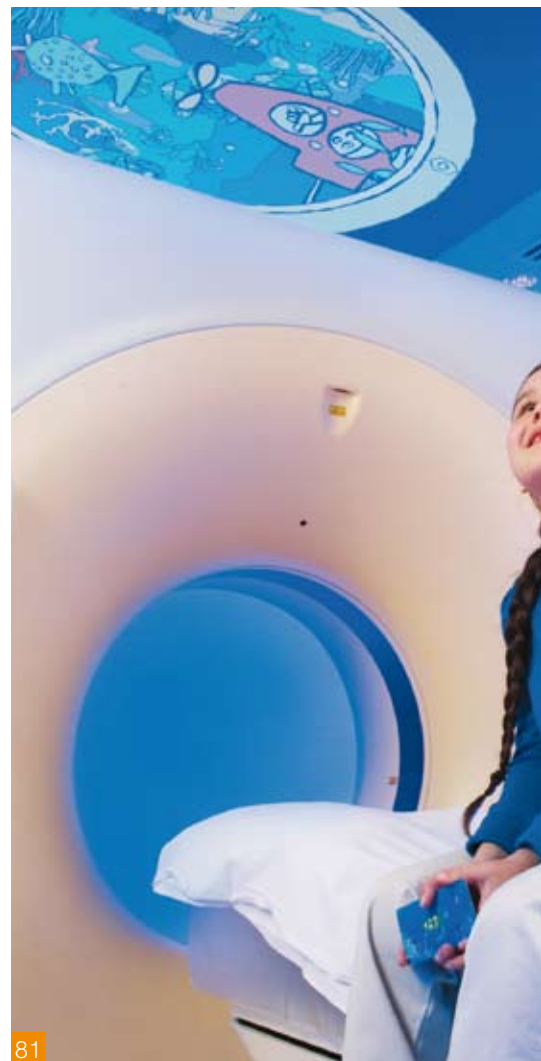
Für die Entbindung in Praxis oder Klinik ist eine dimmbare indirekte Beleuchtung besonders empfehlenswert. Als Allgemeinbeleuchtung werden hier 300 Lux gefordert. Zusätzlich kann eine Beleuchtung mit Farben oder dynamischen Farbverläufen zur Entspannung und Beruhigung beitragen. Die Lichtsteuereinheit lässt sich dabei komfortabel über Touchpanels oder den Computer regeln. So können beliebige Lichtstimmungen auf Knopfdruck abgerufen werden.

[81] Medizinische Geräte erscheinen oft kalt, technisch und abweisend. Die Beleuchtung kann dem mit einem emotional ansprechenden Licht entgegenwirken.

[82] Ein ausgewogen beleuchteter Wartebereich mit warmen Lichtfarben erzeugt Vertrauen und wirkt beruhigend auf die Patienten.

[83] Eine indirekte Beleuchtung, im Zusammenspiel mit steuerbarem, farbigem Licht, sorgt für eine angenehme Lichtstimmung im Raum und kann den Bedürfnissen ihrer Nutzer entsprechend aktivierend oder beruhigend wirken.

[84] Untersuchungsleuchten mit LED-Technik überzeugen durch eine geringe Wärmeentwicklung und können zudem in Lichtfarbe und Helligkeit eingestellt werden.



### Mindestanforderungen an die Beleuchtung nach DIN EN 12464-1 und DIN 5035-3

Bereich der Sehaufgabe oder Tätigkeit	$\bar{E}_m$ Lux	UGR <sub>L</sub>	U <sub>o</sub>	$R_a$
Entbindungsräume				
Allgemeinbeleuchtung	300	19	0,6	
Untersuchung / Behandlung	1.000	19	0,7	80
Dialyse				
Ein- und Ausleitung	500	19	0,6	80
Allgemeinbeleuchtung für die Behaglichkeit	100	19	0,4	80
Lesebeleuchtung	300	19	0,7	80
Dermatologie				
Allgemeinbeleuchtung	500	19	0,6	90
Endoskopieräume				
Allgemeinbeleuchtung	300	19	0,6	80
Endoskopische Untersuchungen	50	-	-	80
Ohrenärztliche Untersuchungsräume				
Allgemeinbeleuchtung	300	19	0,6	80
Untersuchung des Ohres	1.000	-	-	90

$\bar{E}_m$ : Lux-Beleuchtungsstärke, UGR<sub>L</sub>: Blendung, U<sub>o</sub>: Gleichmäßigkeit,  $R_a$ : Farbwiedergabe



82



84

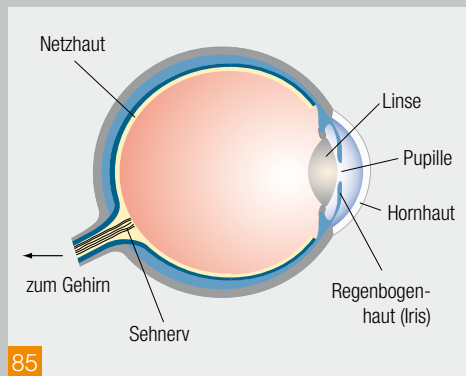
83

# Sehen im Alter

Mit der richtigen Beleuchtung kann die schwächere Sehleistung im Alter, die unter anderem einhergeht mit einer stark reduzierten Farb- und Tiefenwahrnehmung sowie einer verschlechterten Adaptation der Augen, deutlich verbessert werden.

Eines der wichtigsten Sinnesorgane des Menschen ist das Auge. Unsere Wahrnehmung geschieht nicht nur durch Bilder, auch werden diese mit Erinnerungen und Emotionen verbunden. Eine abnehmende Sehkraft im Alter lässt aber nicht nur Bilder unscharf oder dunkel werden. Die gesamte Wahrnehmung der realen Umgebung wird verzerrt und damit auch das Gefühl und die richtige Einschätzung dafür.

## Aufbau des Auges



Das Auge des Menschen [85] funktioniert ähnlich wie eine Kamera. Durch die Hornhaut und die Linse wird einfallendes Licht gebündelt und trifft an der Rückwand im Augennieren auf die Netzhaut. Darauf spezialisierte Rezeptoren setzen die eintreffenden Informationen des Lichtes in biochemische Informationen um, die wiederum über den Sehnerv an das Gehirn weitergeleitet werden. Dort wird die visuelle Wahrnehmung über die Sehrinde verarbeitet und das Bild entsteht.

Im Alter nimmt die Sehleistung stetig ab und auftretende Augenkrankheiten wie eine Makuladegeneration, ein grauer oder grüner Star verschlechtern die visuelle Wahrnehmung zusätzlich.

## Schleierleuchtdichte

Bei der Schleierleuchtdichte kommt es durch eine Störlichtquelle neben einem betrachteten Objekt zu einem starken Lichtreiz auf der Netzhaut und einer Überstrahlung des Bildes. Dieses kann dadurch nur noch unscharf wahrgenommen werden. Bekanntestes Beispiel hierfür ist nächtliches Autofahren bei Gegenverkehr. Je heller die Lichtquelle ist, und je näher sie dem betrachteten Objekt kommt, desto stärker wird das Sehen gestört. Die Schleierleuchtdichte ist das Maß für die Leuchtdichte bei Gegenlicht.

## Aus dem Takt

Mindestens so gravierend wie Einschränkungen auf physikalischer Ebene des Sehens sind die Einschränkungen auf biologischer Ebene. Einfallendes Licht ermöglicht nicht nur unser Sehen, es beeinflusst auch maßgeblich unseren Hormonhaushalt. Das circadiane System, die innere Uhr eines jeden Menschen, wird maßgeblich durch die Blauanteile des Lichts, die auf das Auge treffen, getaktet. Die Trübung der Linse vermindert diesen Lichteinfall und das System ist nicht mehr in der Balance. Schlafmangel, Müdigkeit am Tag und sogar Depressionen und Aggressionen können die Folge sein.

[86, 87] Die altersabhängige Makuladegeneration bedingt eine Veräusserung am Punkt des schärfsten Sehens (Gelber Fleck) auf der Netzhaut. Die räumliche Orientierung, das Erkennen von Gesichtern, sowie das Lesen und die Wahrnehmung von feinen Details werden dadurch zunehmend erschwert. Eine erhöhte Blendempfindlichkeit sowie das verminderte Wahrnehmen von Kontrasten und Farben machen auch alltägliche Aktivitäten schwierig.

## Beleuchtungsstärken und Lichtfarben helfen

Schon vor Jahren haben unabhängige Studien festgestellt, dass Sechzigjährige einen viermal so hohen Lichtbedarf haben wie Zwanzigjährige (siehe auch Grafik 90). Dieser erhöhte Lichtbedarf kann durch eine grundsätzlich höhere Beleuchtungsstärke ausgeglichen werden. Anhand eines kurzwelligigen Spektralanteils von Lampen mit einer Lichtfarbe von über 5.300 Kelvin wird der Organismus aktiviert und mit warmweißem Licht unter 3.300 Kelvin wieder auf den Schlaf eingestellt. Der Tag-Nacht-Rhythmus des Körpers kann so stabilisiert werden, wodurch der Schlaf und das allgemeine Wohlbefinden grundsätzlich verbessert wird.

## Blendung und Farbwiedergabe

Blendungseffekte durch zu hohe Leuchtdichten sollten möglichst reduziert werden, um das eingeschränkte Sehen nicht zusätzlich zu belasten. Am besten wird das durch eine indirekte Beleuchtung erreicht. Mit einer guten bis sehr guten Farbwiedergabe der eingesetzten Leuchtmittel kann zudem der Sehkraft erhöht werden. Farben können damit richtig erkannt und eingeschätzt werden.

Die visuellen Einschränkungen durch die verschlechterte Sicht im Alter sind sicherlich unangenehm für ältere Menschen. Mit der richtigen Beleuchtung kann diesem Manko entgegengewirkt, der circadiane Rhythmus unterstützt und das Wohlbefinden gefördert werden.

[88, 89] Die Sehschärfe und der Transmissionsgrad des Auges (Durchlässigkeit für Licht) wird mit zunehmendem Alter immer schlechter. Im Vergleich mit jungen Menschen ist vor allem der kurzwellige blaue Bereich eingeschränkt.

[90, 91] Je älter der Mensch wird, desto höhere Beleuchtungsstärken werden benötigt. Die Störung des Sehvermögens durch Blendung wird durch die Schleierleuchtdichte bedingt. Im Alter erhöht sich diese.

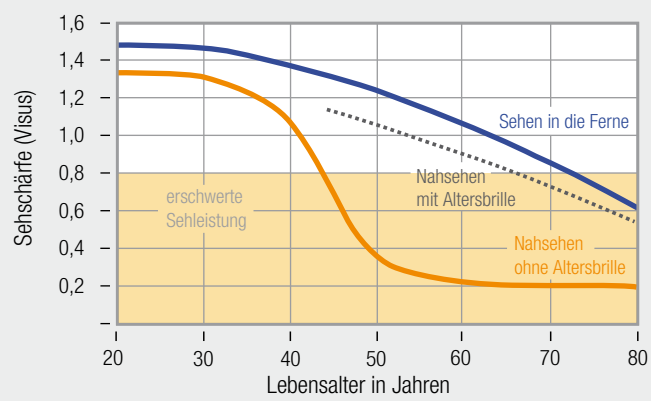


86



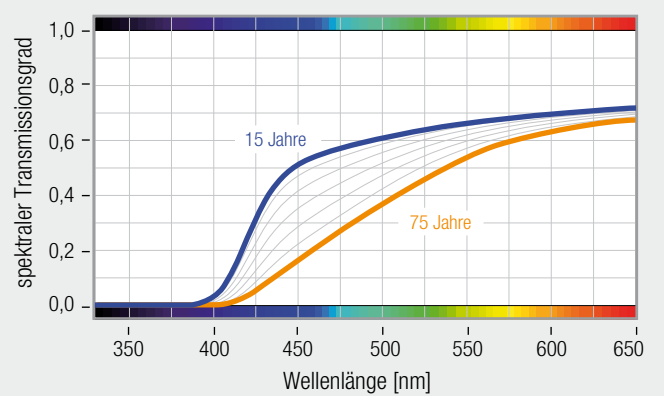
87

### Sehschärfe und Alter



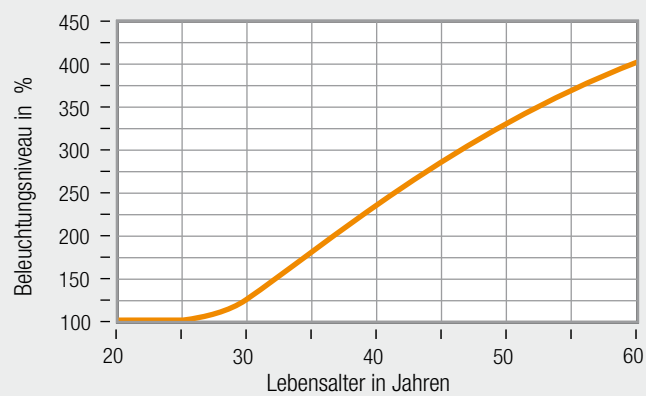
88

### Spektraler Transmissionsgrad des Auges



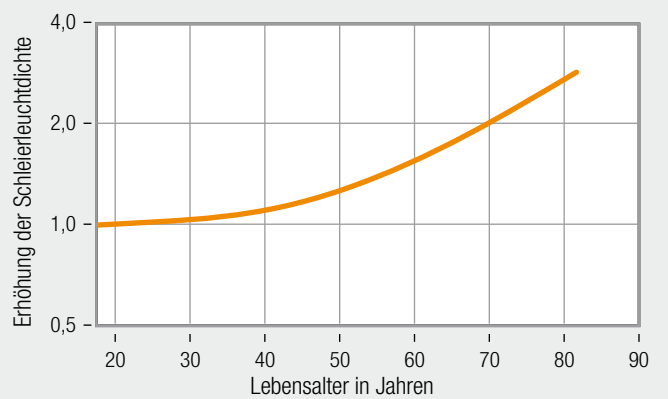
89

### Erhöhte Anforderungen an das Beleuchtungsniveau



90

### Erhöhte Schleierleuchtdichte im Alter



91

# Gutes Licht für Pflege und Altenpflege

Aufgrund des demografischen Wandels nimmt der Anteil der älteren und insbesondere auch der an Demenz erkrankten Menschen in unserer Gesellschaft mehr und mehr zu. Damit wird auch die Rolle der Pflegeeinrichtung als Teil eines verantwortungsvollen Gesundheitssystems immer wichtiger.

Ältere Menschen müssen sich beim Umzug ins Altenheim an eine komplett neue Umgebung gewöhnen. Begleitet wird diese einschneidende Veränderung oft von nachlassender Sehkraft und körperlichen Einschränkungen. Damit sie dennoch möglichst aktiv bleiben und soziale Kontakte pflegen, sollte ihnen ein wohnliches und angenehmes Umfeld geboten werden. Eine gute Beleuchtung leistet hierzu einen wesentlichen Beitrag.

## Mehr Sicherheit durch mehr Licht

Ein großes Plus an Sicherheit stellt eine Beleuchtung dar, die sich an die schlechtere Sehleistung alter Menschen anpasst. Nicht nur Treppen, Kanten und Unebenheiten

auf dem Boden werden durch die richtige Beleuchtung gut sichtbar, auch Gesichter werden durch höhere Beleuchtungsstärken besser erkannt. Besonders wichtig ist diese Beleuchtung bei Demenzkranken, um Verunsicherungen und Ängsten entgegenzuwirken. Eine gleichmäßige Helligkeit durch eine direkt-indirekte Beleuchtung unter Vermeidung von Glanz oder Helligkeitspunkten auf dem Boden fördert zudem eine bessere Orientierung im Raum.

## Barrierefreie Lebensräume

Die VDI 6008 „Barrierefreie Lebensräume“ ist auf die Pflege und Altenpflege ausgerichtet und umfasst auch Empfehlungen für Mindestwerte bei Beleuchtungsstärken,

Leuchtdichten, Farbwiedergaben und der Blendungsbegrenzung. In den folgenden Kapiteln wird auf eine Auswahl dieser Werte eingegangen und zum Teil in Tabellenform wiedergegeben.

## Wohlbefinden und Tag-Nacht-Rhythmus

Durch freundliches und stimulierendes Licht in den Wohn- und Gemeinschaftsräumen kann ein positives Klima erzeugt werden, welches die Kommunikation und Interaktion fördert. Zudem kann durch biologisch wirksames Licht der Tag-Nacht-Rhythmus der Bewohner deutlich verbessert werden. Auf dieses Thema wird auf den nachfolgenden Seiten noch ausführlich eingegangen.





### Funktionalität und Effizienz

Eine gute Beleuchtung muss auch den Bedürfnissen des Personals nach einer funktionalen Unterstützung ihrer Arbeit entsprechen. Der Einsatz von größeren sowie selbstleuchtenden Schaltern kann alten und dementen Personen helfen, sich leichter in ihrer Umgebung zurecht zu finden. Moderne Lichtsteuerungen mit direkt abrufbaren Lichtszenen können darüber hinaus den Komfort erhöhen und gleichzeitig Energie einsparen. Beleuchtungsanlagen mit besonders wartungsarmen und energieeffizienten LED-Leuchten können in großem Maße zu einer Reduktion der Betriebskosten in Alten- und Pflegeheimen beitragen.

[92] Grundrissdarstellung einer typischen Pflegeeinrichtung

[93, 94] Alte Menschen brauchen ein deutlich höheres Beleuchtungsniveau als junge Menschen, um sich in Räumen zu orientieren und wohlfühlen.



93



94

# Licht für den Gemeinschaftsraum

Im Gemeinschaftsraum werden soziale Kontakte geknüpft, es wird gegessen, gespielt, gebastelt, Fernsehen geschaut und gefeiert. Dieser multifunktionale Raum muss für jede Tätigkeit das richtige Licht anbieten und mit seinem Beleuchtungskonzept ein wohnliches, behagliches Ambiente für die Senioren schaffen.

Der Gemeinschaftsraum in Seniorenpflegeheimen spielt eine zentrale Rolle. Hier werden soziale Kontakte geknüpft, man spielt Karten oder schaut sich gemeinsam einen Film an. Die Anforderungen an die Beleuchtung in diesem Bereich muss die verschiedensten Sehaufgabe angemessen unterstützen. Die Allgemeinbeleuchtung sollte dimmbar sein und gemäß VDI-Richtlinie 6008 mindestens 500 Lux in Augenhöhe betragen. Für anspruchsvollere Sehaufgaben, wie z.B. Handarbeiten, Basteln oder Lesen sollte durch eine Zusatzbeleuchtung eine Beleuchtungsstärke von bis zu 1.000 Lux erreicht werden.

**Wohnliche Raumatmosphäre durch eine kombinierte direkt-indirekte Beleuchtung**  
Eine indirekte Beleuchtung sorgt für eine angenehme Grundhelligkeit im Raum und sollte durch eine Akzentbeleuchtung ergänzt werden, die auch das räumliche Sehen fördert. Durch weitere Lichtquellen, etwa Wand- oder Stehleuchten, werden sich etwas von der Grundhelligkeit abhebende Lichtinseln geschaffen, die für eine wohnliche Raumatmosphäre sorgen. Aufgrund der erhöhten Blendempfindlichkeit und der verlangsamten Adaptation der Augen bei älteren Menschen sollte auf zu starke Helligkeitsunterschiede – beispielsweise durch zu stark gebündeltes Licht oder Schlagschatten – im Gemeinschaftsraum verzichtet werden.

Ein modernes Beleuchtungskonzept kann über das funktionale Licht und die Wohlfühlaspekte hinweg noch weit mehr für die Bewohner von Senioren- und Pflegeeinrichtungen tun. Den natürlichen Bedürfnissen älterer Menschen – die sich selten oder gar nicht im Freien aufhalten können – nach einer tageslichtähnlichen Beleuchtung kann damit auch im Innenraum entsprochen werden. Tagsüber sorgen bei einer biologisch wirksamen Beleuchtung hohe Beleuchtungsstärken und kaltweißes Licht für Aktivierung. Der Abend wird

durch geringere Beleuchtungsstärken und warmweißes Licht eingeleitet, welche einen ruhigen Schlaf fördern. Bei Patienten mit Demenzerkrankung kann sich eine dem Tageslicht angepasste Lichtatmosphäre zudem positiv auf die zeitliche Orientierung im Alltag auswirken. Eine den circadianen Rhythmus unterstützende Beleuchtung lässt sich am besten durch großflächige "Lichtinseln" umsetzen, die das Licht von oben diffus in den Raum abstrahlen.

Weitere Informationen zur circadianen Lichtwirkung im Kapitel "Biologische Lichtwirkung auf den Menschen" ab Seite 18.

## Dynamische Beleuchtung zur Unterstützung des Schlaf-Wach-Rhythmus

Biologisch wirksames Licht in Innenräumen wird durch eine variable Lichtfarbe und Beleuchtungsstärke erzeugt. Dabei werden die natürlichen Aktivitäts- und Erholungsphasen unterstützt. Das fördert einen gesunden Tag-Nacht-Rhythmus der Patienten, die dann tagsüber aktiver sind und nachts besser schlafen können. Die Lichtfarbe biologisch wirksamer Leuchten spielt sich in Bereichen von Warmweiß (unter 3.300 Kelvin) bis Tageslichtweiß (über 5.300 Kelvin) ab. Vor allem die kurzwelligen Anteile des Lichts mit einer Lichtfarbe von über 5.300 Kelvin entfalten ihre tagesaktivierende Wirkung auf den menschlichen Körper. Um zu aktivieren, wird bei den Beleuchtungsstärken empfohlen, zeitlich begrenzt weit über die normativ geforderten Werte von 200 Lux hinauszugehen. Möglich sind hier bis zu 1.600 Lux. Abends sollten warme Lichtfarben unter 3.300 Kelvin und eine deutlich geringere Helligkeit von unter 500 Lux den Körper langsam auf die Nacht einstimmen.

Bereich der Sehaufgabe oder Tätigkeit (Gemäß VDI-Richtlinie 6008)	$E_{n, Lux}$	$UGR_L$	$U_o$	$R_a$
Tagesaufenthaltsräume	500	22	0,6	80

$E_{n, Lux}$ : Beleuchtungsstärke,  $UGR_L$ : Blendung,  $U_o$ : Gleichmäßigkeit,  $R_a$ : Farbwiedergabe

[95] Eine indirekte Beleuchtung durch Wand- und Deckenleuchten sorgt für eine angenehme Helligkeit auf Wand- und Deckenflächen. Farblich gestaltete Wände unterstützen die Orientierung im Raum und sorgen für eine freundliche Atmosphäre.

[96] Symmetrisch oder asymmetrisch abstrahlende lineare Einbauleuchten eignen sich hervorragend zur architekturbetonten Raumgestaltung und sorgen für eine hohe vertikale Lichtstärke.

[97] Einbauleuchten ordnen sich der Architektur unter und ermöglichen eine flexible Raumnutzung.



95



96



97

# Licht für Flure und Treppenhäuser

Verkehrswege und Treppen in Senioren- und Pflegeheimen vernetzen die unterschiedlichen Bereiche des Hauses und sind gleichzeitig wichtige Zonen für Begegnung und Kommunikation. Hier sind Lichtlösungen gefragt, die Orientierung, Sicherheit und ein angenehmes Raumgefühl bieten.

Die Vermeidung von Unfällen hat bei einer verantwortungsvollen Lichtplanung in Senioren- und Pflegeheimen oberste Priorität. Durch das generell schlechtere Sehvermögen älterer Menschen muss ein angemessenes und gleichmäßiges Helligkeitsniveau in den gesamten Verkehrsbereichen gewährleistet werden. Grundsätzlich gilt: Gänge mit hellen Wand- und Deckenflächen wirken optisch größer und sorgen für eine leichtere Orientierung. Eine angemessene Beleuchtungsstärke beträgt laut VDI 6008 in Augenhöhe (1,40 - 1,60 m über dem Boden) 500 Lux und in Bodennähe (0,1 m über dem Boden) 200 - 300 Lux (siehe auch Tabelle auf der rechten Seite).


Wichtig ist ein gleichmäßiges Beleuchtungsniveau durch indirekte, flächig ausstrahlende Beleuchtung mit effizienten Leuchten.

Potenzielle Gefahrenquellen müssen durch die Beleuchtung besonders hervorgehoben werden, um Unfälle zu vermeiden. Das kann beispielsweise durch ein höheres Beleuchtungsniveau oder bodennahe Orientierungsleuchten geschehen. Schlechte Lichtverhältnisse haben ganz besonders auf Demenzkranke einen negativen Einfluss: Dunkle Decken, harte Schatten und Blendungseffekte werden häufig missinterpretiert und können Stress und Angstzustände hervorrufen und Stürze nach sich ziehen.

Für die Sicherheit aller müssen Treppen besonders gut ausgeleuchtet sein. Blendfreie Beleuchtung und ein sicheres Erkennen der Stufenkanten sind zwingend erforderlich (siehe auch grauer Kasten auf der rechten Seite).

**Effizienz erhöhen und Kosten senken**  
Dunkle Böden, Wand- und Deckenflächen erfordern eine höhere Beleuchtungsstärke und verursachen einen höheren Energieverbrauch. Ist Tageslicht vorhanden, lässt sich die Beleuchtung über Sensoren und Lichtsteueranlagen tageslichtabhängig auf die notwendige Beleuchtungsstärke reduzieren oder sogar abschalten.



 Eine Sicherheitsbeleuchtung ist für alle Verkehrsflächen im Gebäude vorzusehen. Weitere Informationen dazu auf Seite 25 und in licht.wissen Heft10: Notbeleuchtung, Sicherheitsbeleuchtung.

[98] Indirekte Beleuchtung sorgt für Sicherheit und vergrößert den Raum optisch.

[99] Durch Licht werden die verschiedenen Zonen im Raum definiert. Bewohner und Besucher finden sich schneller zurecht.

[101] Der Einsatz unterschiedlicher Wandfarben erleichtert älteren Menschen die Orientierung im Gebäude.

[102] Treppenstufen müssen durch eine gute Beleuchtung schnell und sicher erkannt werden.



## Sicherheit auf Verkehrswege und Treppen

Verkehrswege und Treppen [100] in Senioren- und Pflegeheimen stellen die Verbindungsadern der unterschiedlichen Bereiche dar. Sicherheit ist hier oberstes Gebot. Eingesetzte Leuchten müssen gut entblendet sein und dürfen keine zu starken Unterschiede bei den Leuchtdichten aufweisen. Die Adaptationszeit der Augen wird sonst unnötig verlängert. Ein großer Indirektanteil der Beleuchtung ist hier empfehlenswert. Bei glänzenden Bodenflächen muss eine Blendung durch Spiegelungen verhindert werden. An Treppen bieten sich gut entblendete Wandleuchten und minimalisierte LED-Lösungen an, die in Handläufe oder Trittstufen integriert werden können und so für mehr Sicherheit sorgen. Vom oberen Treppenabsatz her beleuchtet, sorgen breitstrahlende Leuchten für kurze weiche Schatten, die die Trittstufen deutlich erkennbar machen.

Bereich der Sehaufgabe oder Tätigkeit (Gemäß VDI-Richtlinie 6008)	$\bar{E}_m$ LUX	UGR <sub>L</sub>	U <sub>o</sub>	R <sub>a</sub>
Flure: Tagesbeleuchtung in Bodennähe (10 cm ab Boden)	200-300	22	0,40	80
Flure: Tagesbeleuchtung in Augenhöhe (140-160 cm ab Boden)	300-500	22	0,40	80
Flure: Nachtbeleuchtung in Bodennähe	50-100	22	0,60	80
Treppen	300-500	22	0,40	80

$\bar{E}_m$ : Lux; Beleuchtungsstärke, UGR<sub>L</sub>: Blendung, U<sub>o</sub>: Gleichmäßigkeit, R<sub>a</sub>: Farbwiedergabe



# Licht für Bewohnerzimmer

Das Bewohnerzimmer muss den Senioren eine wohnliche und vertraute Atmosphäre vermitteln. Mehrere Lichtquellen, abgestimmt auf die unterschiedlichen Bedürfnisse, kennzeichnen ein gelungenes Lichtkonzept.

Das Bewohnerzimmer sollte einen individuellen Rückzugs- und Regenerationsort darstellen. Durch persönliche Gegenstände und ergänzende Möbel wird das jeweilige Zimmer meist sehr individuell gestaltet. Die Lichtkonzeption muss vor allem mit Funktionalität und Wohnlichkeit überzeugen.

## Viele Lichtquellen gestalten den Raum

Die Allgemeinbeleuchtung sollte mindestens 100 Lux erreichen. Das Vorhandensein vieler verschiedener Lichtquellen wird hierbei von den Bewohnern besonders positiv aufgenommen. Für Wohnlichkeit sorgt ein Mix aus direktem und indirektem Licht durch Decken-, Wand-, Steh- und Tischleuchten (bei dementen Bewohnern sollte aufgrund des Verletzungsrisikos auf Stehleuchten verzichtet werden). Licht in warmen Farbtönen (2.700 bis 3.500 K) strahlt Wärme und Gemütlichkeit aus. Individuelle Lichtszenarien und abwechslungsreiche Lichtstimmungen können, als Ergänzung zur funktionalen Beleuchtung, durch farbiges Licht mithilfe von RGB-Lichtsystemen realisiert werden.

## Leseleuchte und Untersuchungslicht

Aufgrund der oft eingeschränkten Mobilität bietet es sich an, eine flexibel verstellbare Leseleuchte mit einer Beleuchtungsstärke von 300 Lux zu installieren. Vom Pflegepersonal kann sie zudem auch als Untersuchungslicht für einfache Handgriffe genutzt werden. Für das Pflegepersonal in der Intensivpflege sollte, in Anlehnung an die DIN 5035-3, zusätzlich eine lichtstarke Leuchte mit mindestens 1.000 Lux als Untersuchungs- und Pflegelicht vorhanden sein.

## Schalten und Bedienen

In puncto Komfort spielt auch die einfache Bedienung der verschiedenen Lichtquellen eine wichtige Rolle. Schnell und intuitiv sollte sich die Beleuchtung den jeweiligen Wünschen anpassen. Dies kann nicht nur das

Wohlbefinden fördern, sondern auch Ängste und Stresssituationen vermeiden, die durch Unsicherheit hervorgerufen werden.

## Orientierungsbeleuchtung

In der Nacht, etwa für den sicheren Gang zur Toilette, sollte eine Orientierungsbeleuchtung mit einer Stärke von 5 Lux zur Verfügung stehen. Sie sollte im unteren Drittel des Raumes angebracht sein, um den Schlaf nicht unnötig zu beeinträchtigen. Das nächtliche Vorhandensein von Licht kann Ängsten und Orientierungslosigkeit, besonders auch bei dementen Bewohnern vorbeugen.

## Badbeleuchtung

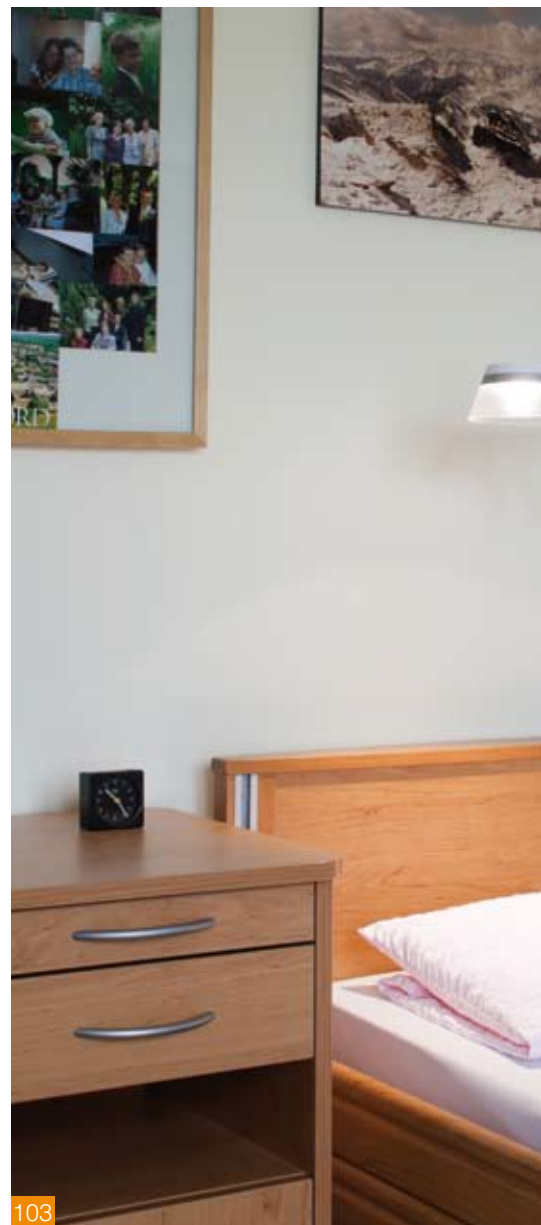
Das an das Bewohnerzimmer angegliederte Badezimmer sollte blendungs- und schattenfrei ausgeleuchtet sein. Das gilt vor allem für die Beleuchtung des Spiegels. Große, stabförmige Leuchten an den Seiten des Spiegels oder eine direkt-indirekte Beleuchtung oberhalb des Spiegels vermeiden Schatten unter Kinn und Nase, wie sie oft durch Deckenleuchten entstehen. Bei breiten Spiegeln bietet sich zusätzlich die Installation einer Leuchte direkt über dem Spiegel an. Kompakt-Leuchtstofflampen oder LEDs mit warmen Farbtönen hinter satiniertem Glas bieten ein gleichmäßiges, natürliches Licht und vermeiden eine Blendung der Benutzer.

[103] Die Leseleuchte am Bett oder Lesesessel sollte funktional und flexibel einstellbar sein.

[104] Gute Sicht durch gutes Licht ist für Pflegepersonal und Bewohner gleichermaßen wichtig.

[105] Eine multifunktionale Leuchte kann sowohl als Raumbelichtung mit indirektem Licht fungieren als auch als Lese- und Untersuchungslicht eingesetzt werden.

[106] Gutes Licht im Seniorenbadezimmer sorgt für Sicherheit und Wohlbefinden.





104



106



107



108



109



# LED, Lichtmanagement und Tageslichtnutzung

Energieeffizienz wird heute zu recht mit Technologien wie LED und modernen Lichtsteueranlagen in Verbindung gebracht. Diese ermöglichen eine bedarfsgerechte Beleuchtung anhand von Präsenzmeldern und Lichtsensoren, um in jedem Raum zur jeder Zeit optimale Lichtverhältnisse zu bieten.

[107] Tageslicht kann, richtig genutzt, die Energiekosten im Gesundheitswesen deutlich senken.

[108, 109] Moderne Lichtsteueranlagen bieten den Nutzern über interaktive Displays fertige Lichtszenen an, die die gesamte Raumbelichtung mit einbeziehen.

[110] Leuchtdioden emittieren Licht durch Elektrolumineszenz, wenn Strom durch die Halbleiterdiode fließt. Bei diesem Prozess entsteht Licht, aber auch Verlustwärme, die durch ein gutes Thermomanagement abgeführt werden muss.

[111] Tageslichtabhängige Lichtmanagementsysteme sorgen für eine bedarfsgerechte Beleuchtung. Über Sensoren an Decke und Fenster wird die benötigte Lichtmenge im Raum ermittelt und die Leuchten werden je nach Bedarf mit voller Leistung betrieben, gedimmt oder ausgeschaltet.

In modernen Leuchten werden immer häufiger LED-Module eingebaut, die mit ihrer hohen Energieeffizienz und sehr langen Lebensdauer von bis zu 50.000 Betriebsstunden für Kostenersparnis sorgen. Die Industrie arbeitet zudem an einer Standardisierung, um ältere Module durch neuere Generationen austauschen zu können. Eine hohe Lichtleistung, Lichtqualität und Lebensdauer wird nur von Herstellern hochwertiger Produkte gewährleistet. LED-Lichtlösungen amortisieren sich schon nach kurzer Zeit dank langer Lebensdauer und niedriger Wartungskosten.

## Vorteile der LED-Technologie:

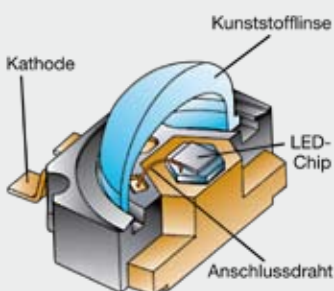
- Gute bis sehr gute Farbwiedergabe
- Hohe Energieeffizienz
- Beim Einschalten sofort 100 % Helligkeit
- Lange Lebensdauer – dadurch bedingt weniger Wartungskosten
- Veränderbare Helligkeit und Farbtemperatur, z.B. für dynamische Beleuchtung
- Wählbare Lichtfarben bzw. farbiges Licht
- Lichtkegel ohne UV- und Infrarotstrahlung
- Robust: stoß-, vibrations- und schallfest
- Geringe Wärmeabstrahlung – dadurch bedingt geringere Klimatisierungskosten
- Entsorgung: keine Quecksilberanteile

## Tageslichtnutzung durch Lichtmanagement

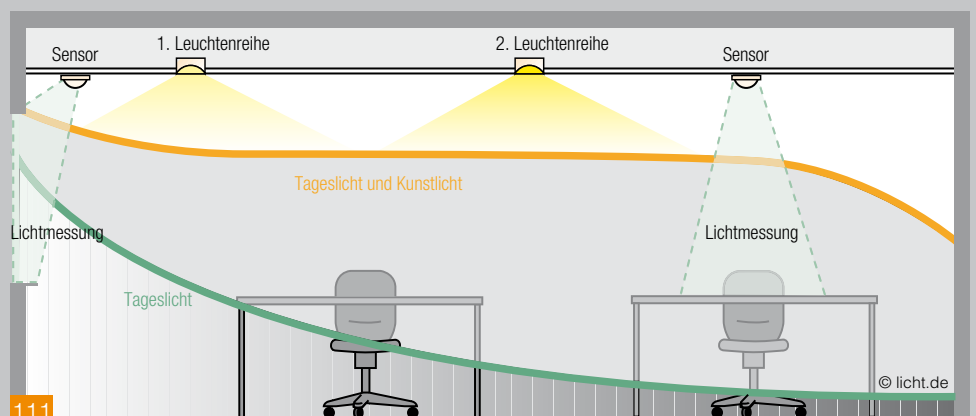
Neben effizienten Lichttechnologien kann Energie vor allem auch dadurch eingespart werden, dass das Licht nur dort einge-

schaltet wird, wo es wirklich gebraucht wird. Flure beispielsweise müssen nur dann komplett beleuchtet sein, wenn dort auch Menschen unterwegs sind. Und, ein von Tageslicht durchfluteter Raum benötigt nur in den vom Fenster abgewandten Bereichen eine unterstützende künstliche Beleuchtung. Ein modernes Lichtmanagement setzt genau hier an und steuert jede einzelne Leuchte im Raum nach dem aktuellen Lichtbedarf an. Bei fensternahen Leuchten kann dadurch bis zu 50 Prozent und bei weiter entfernten Leuchten bis zu 20 Prozent Energie eingespart werden.

Lichtsteueranlagen bieten über die automatisierte Tageslichtnutzung hinaus auch die Möglichkeit einer bedarfsabhängigen Beleuchtung über Präsenzmelder, die eventuell vorhandene Personen im Raum erkennen. Dadurch können die Brennstunden der Leuchten und der Wartungsaufwand in einem durchschnittlichen deutschen Krankenhaus deutlich gesenkt werden. Über den Einspareffekt hinaus bietet Lichtmanagement auch ein hohes Maß an Komfort. So wird die Wartung vereinfacht, indem ausgefallene Leuchtmittel direkt auf einem PC angezeigt werden. Licht kann zudem über Lichtszenen so abgerufen werden, wie es in der aktuellen Situation gebraucht wird. Beispielsweise aktivierendes Licht am Tag und beruhigendes Licht am Abend.



© licht.de



111

© licht.de

# Leuchten in ihrer Anwendung

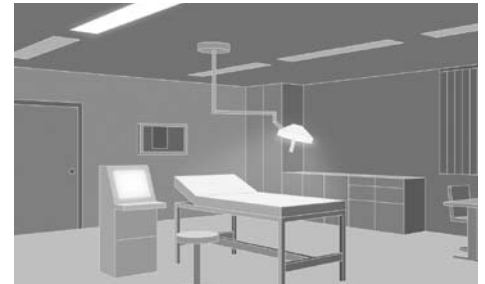
Um eine geeignete und energieeffiziente Beleuchtungslösung für die vielfältigen Sehaufgaben im Gesundheitswesen zu ermitteln, muss besonders auf die lichttechnischen Eigenschaften der Leuchten, ihren Betriebswirkungsgrad und die Möglichkeiten der Einbindung in eine Lichtsteuerung geachtet werden.

Im Bereich des Gesundheitswesens sind Leuchten zumeist im Dauereinsatz oder leuchten für viele Stunden am Tag. Dadurch ergeben sich besonders hohe Ansprüche an die Qualität und Energieeffizienz. Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Wartungsfreundlichkeit. Qualitativ hochwertige Leuchten mit LED-Technik können hier eine ausgezeichnete Lösung bieten. Alle eingesetzten Leuchten – der Begriff Leuchte beschreibt dabei den Beleuchtungskörper und nicht das Leuchtmittel bzw. die Lampe – und Bauteile müssen die aktuellen Normen erfüllen und das CE-Kennzeichen tragen. Werden Lichtsteuerungsanlagen eingesetzt, wird die Verwendung dimmbarer Leuchten vorausgesetzt. Bei Leuchten mit Leuchtstofflampen funktioniert das nur, wenn elektronische Vorschaltgeräte eingesetzt werden, die den konventionellen Vorschaltgeräten zudem auch in der Energieeffizienz deutlich überlegen sind.

## Auswahlkriterien für Leuchten

Der Betriebswirkungsgrad einer Leuchte ist besonders für die Energieeffizienz von Belang. Er steht für den Gesamtlichtstrom, der in den Raum abgestrahlt wird. Je höher der Betriebswirkungsgrad, desto effizienter ist die Leuchte. Über die lichttechnischen Eigenschaften einer Leuchte gibt die Lichtstärke-Verteilungskurve (LVK) Auskunft. Sie zeigt an, in welcher Form das Licht abgestrahlt wird und definiert die Verteilung der Beleuchtungsstärke im Raum.

Bei den hohen Anforderungen im Gesundheitswesen ist eine Blendungsbegrenzung der Beleuchtung ein wichtiges Güte Merkmal. Technische Vorkehrungen wie Raster oder Streuscheiben schirmen die eingesetzten Lichtquellen so ab, dass eine Blendung vermieden wird. Bei Leuchten mit Streuscheiben ist zudem auf eine reduzierte Leuchtdichte zu achten, damit die Nutzer nicht geblendet werden.



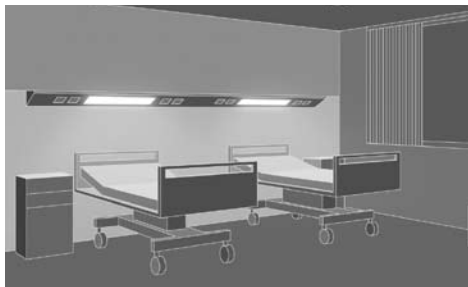
**Spezialleuchten für Untersuchungen und Operationen** sorgen für eine punktgenaue, blendfreie und extrem helle Ausleuchtung bei geringer Wärmeentwicklung auf der Behandlungsebene, um die Diagnostik oder Operation optimal zu unterstützen.



**Pendelleuchten** können für die direkte, indirekte oder kombinierte Abstrahlung in fast allen Räumen des Gesundheitswesens eingesetzt werden. Sie werden mit unterschiedlichen Reflektoren sowie mit Blendschutzrastern oder Streuscheiben angeboten.



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



**Versorgungseinheiten mit integrierter Beleuchtung** bieten eine Allgemeinbeleuchtung, ein Lese- und Untersuchungslicht sowie ein Nacht- und Orientierungslicht.



**Deckenanbau- und Deckeneinbauleuchten** werden zur Allgemein- oder Akzentbeleuchtung eingesetzt. Sie werden direkt oder diffus in den Raum abstrahlend angeboten.



**Flächeneinbauleuchten und Lichtdecken** geben ihr Licht großflächig ab und eignen sich besonders für eine dynamisch gesteuerte, biologisch wirksame Beleuchtung.



**Voutenleuchten** bestehen aus in Wand oder Decke integrierten – bzw. aufgesetzten – länglichen, rinnenförmigen Ausbildungen. Sie setzen die Architektur mit indirektem Licht optimal in Szene. Sie werden von stukkatiert bis schlicht angeboten.



**Lichtband- und Lichtkanalsysteme** sind aneinandergereihte und durchgangsverdrahtete Leuchten für die Allgemeinbeleuchtung, die bei den Lichtkanalsystemen zusätzlich mit Hochleistungsstrahlern für die Akzentbeleuchtung kombiniert werden können.



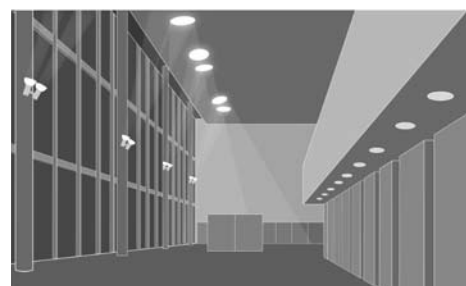
**Wandleuchten** werden häufig als Bestandteil der Allgemeinbeleuchtung in Fluren und Treppenhäusern eingesetzt. Sie eignen sich zudem für die dekorative Beleuchtung mit einem die Allgemeinbeleuchtung ergänzenden, akzentuierenden Licht.



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



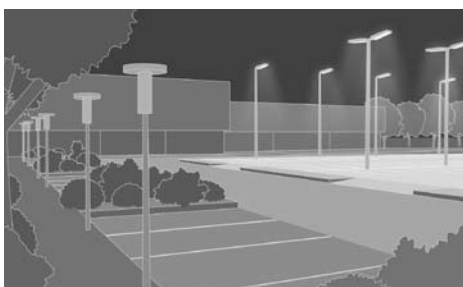
**Steh- und Tischleuchten** werden als nicht örtlich gebundene Beleuchtung eingesetzt und sollten individuell dimmbar sein. Wahlweise mit direkt-indirekt strahlender Lichtverteilung erhältlich, werden sie in Arztpraxen, Büros oder in Bewohnerzimmern eingesetzt.



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



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



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

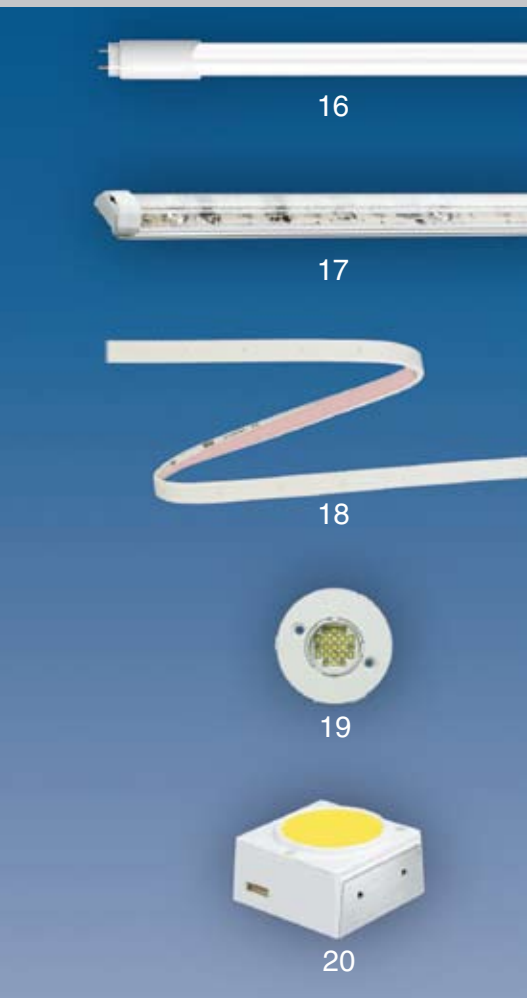


**Wandleuchten, Boden- und Deckeneinbauleuchten im Außenbereich** sorgen für eine Akzentuierung von Fassaden, Pflanzen oder Objekten. Zudem können sie als Wegebeleuchtung für eine besserer Orientierung eingesetzt werden.



112

Nr.	Lampentyp	Lampenleistung (Nennleistung in Watt)	Lichtstrom (Lumen)	Lichtausbeute (Lumen/Watt)	Lichtfarbe
<b>Stabförmige Leuchtstofflampen</b>					
1	Leuchtstofflampe Ø 26 mm	18 – 70	870 – 6.200	61 – 89	ww, nw, tw
2	Leuchtstofflampe Ø 16 mm	14 – 80	1.100 – 6.150**	67 – 104	ww, nw, tw
3	Leuchtstofflampe Ø 16 mm	14 – 54	1.100 – 4.450**	67 – 104	ww, nw, tw
<b>Kompakt-Leuchtstofflampen</b>					
4	2-Rohrleuchte gestreckte Bauform	16 – 80	950 – 6.500	67 – 100	ww, nw, tw
5	4-Rohrleuchte quadratische Bauform	16 – 38	1.050 – 2.800	61 – 78	ww, nw, tw
6	1-, 2- oder 3-Rohrleuchte kompakte Bauform	10 – 42	600 – 3.200	60 – 75	ww, nw, tw
7	3-Rohrleuchte mit integriertem EVG	8 – 30	380 – 1.940	48 – 65	ww
<b>Halogen-Metaldampflampen</b>					
8	Einseitig gesockelt mit Keramiktechnik	20 – 400	1.600 – 41.000	80 – 108	ww, nw
9	Einseitig gesockelt mit Keramiktechnik	20 – 35	1.650 – 3.000	75 – 79	ww
10	Zweiseitig gesockelt mit Keramiktechnik	70 – 150	5.100 – 14.500	73 – 104	ww, nw
<b>Halogenlampen</b>					
11	Reflektorform	10 – 100	350* – 33.000*	–	ww
12	Glühlampenform	18 – 105	170 – 2.000	9 – 18	ww
<b>LED-Lampen</b>					
13	Reflektorform, Netzspannung	4,5 – 10	450* – 1.200*	–	ww, nw, tw
14	Reflektorform, Niedervolt	4,5 – 10	180 – 450	–	ww, nw, tw
15	Glühlampenform	2 – 12	95 – 900	45 – 75	ww, nw, tw
16	Röhrenform Ø 26 mm	11 – 30	630 – 2.600	58 – 85	ww, nw, tw
<b>LED-Module</b>					
17	Starres LED-Modul	11 – 30	100 – 2.100	–	ww, nw
18	Flexibles LED-Modul	24,5 – 72	765 – 3.650*	31 – 50	ww, nw, tw
19	Standardisiertes LED-Modul	9 – 39	800 – 3.000	52 – 85	ww, nw
20	Standardisiertes LED-Modul	17 – 44	1.100 – 3.000	55 – 75	ww, nw



# Lichtquellen

Voraussetzung für eine gute und energieeffiziente Beleuchtung im Gesundheitswesen ist die Auswahl der richtigen Lichtquellen. Auf dieser Doppelseite sind die wichtigsten Lampentypen mit den dazugehörigen technischen Daten dargestellt.

## Leuchtstofflampen [1-3]

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

## Kompakt-Leuchtstofflampen [4-7]

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

## Halogen-Metaldampflampen [8-10]

Schon immer überzeugten Halogen-Metaldampflampen durch ihr brillantes Licht. Sie erweisen sich als sehr gute Wahl für eine attraktive Beleuchtung in Fluren, Foyers und hohen Räumen. Lampen mit Keramikbrenner-Technologie präsentieren sich mit einer noch höheren Lichtausbeute von bis zu 100 lm/W deutlich energieeffizienter.

## Niedervolt-Halogenlampen [11]

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

## Hochvolt-Halogenlampen [12]

Moderne energiesparende Hochvolt-Halogenlampen werden aufgrund ihres brillanten und angenehmen Lichts gerne für die Akzentbeleuchtung eingesetzt, insbesondere in der Ausführung als Reflektorlampe. Zudem sind sie beliebig dimmbar und verfügen über eine sehr gute Farbwiedergabe (R<sub>a</sub> 100).

## LED-Lampen [13-16]

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

## LED-Module [17-20]

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

Farbwiedergabe-Index R <sub>a</sub> (zum Teil als Bereich)	Sockel
85 – 98	G13
85 – 93	G5
80 – 90	G5
80 – 93	2G11; 2G7
80 – 90	2G10; G8R; GR10q
80 – 90	G23; G24; 2G7; GX24
80 – 90	E14; E27; B22d
80 – 85	G8,5; G12; G22 GU6,5; GU8,5; GY22
85 – 90	PGJ5
75 – 95	RX7s; RX7s-24
100	GU4; GU5,3; G53
100	E14; E27; B22d
80 – 90	E14; E27; GU10
80 – 90	GU4; GU5,3; GU53
80 – 90	E14; E27
70 – 85	G13
70 – 80	–
80 – 89	–
80 – 95	–
80 – 90	–

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

ww = Warmweiß Farbtemperatur bis 3.300 K  
 nw = Neutralweiß Farbtemperatur 3.300 K bis 5.300 K  
 tw = Tageslichtweiß Farbtemperatur 5.300 K bis 6.500 K

Jedes Heft!

€10,-

# Die Schriftenreihe von licht.de



## licht.wissen 04

Licht im Büro, motivierend und effizient

56 Seiten Fachwissen der Beleuchtungsbranche über alle Aspekte der modernen Bürobeleuchtung, von Energieeffizienz bis Sanierung und Lichtplanung bis Lichtmanagement. Praxisnahe Hinweise bieten Unterstützung bei einer normgerechten und energieeffizienten Lichtplanung für Büros, Konferenzräumen, Flure, Foyers und Außenbereiche.



**[licht.wissen 02]** 56 Seiten mit allen wichtigen Informationen zur fachgerechten und effizienten Beleuchtung von Bildungsstätten. Zudem wird dargestellt, wie durch gute Beleuchtung Motivation und Leistung von Lernenden gefördert werden kann.



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



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



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

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

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

All booklets are available in English as PDFs, download free of charge at [www.licht.de/en](http://www.licht.de/en)

# Alles über Beleuchtung!

## Herstellerneutrale Informationen

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

## licht.wissen

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

## licht.forum

Das licht.forum behandelt aktuelle Fragen der Lichtenwendung und stellt Beleuchtungstrends vor. Diese kompakten Fachinformationen erscheinen in loser Folge.

## www.licht.de

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

 [www.twitter.com/licht\\_de](http://www.twitter.com/licht_de)  
[www.twitter.com/all\\_about\\_light](http://www.twitter.com/all_about_light)

 [www.facebook.com/lichtde](http://www.facebook.com/lichtde)

 [www.xing.com/companies/licht.de](http://www.xing.com/companies/licht.de)



## Impressum

### Herausgeber

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

### Redaktion, Text, Gestaltung und Realisation

LightAgentur, Bonn

### Lektorat

Christiane Kersting, Lüdenscheid

### Druck

Druckhaus Haberbeck, Lage/Lippe

ISBN-Nr. Druckausgabe 978-3-926193-81-0

ISBN-Nr. PDF-Ausgabe 978-3-926193-82-7

12/12/10/07IV

Berücksichtigt wurden die bei Herausgabe gültigen DIN-Normen und VDE-Vorschriften. Wiedergegeben mit Erlaubnis des DIN Deutsches Institut für Normung e. V. Maßgebend für das Anwenden der DIN-Norm ist deren Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, erhältlich ist.

Der komplette oder auszugsweise Nachdruck von licht.wissen 07 ist mit Genehmigung des Herausgebers gestattet.

### Bildnachweis

Bildnummern Rückseite:

		113	
114	115	116	
117	118	119	

### Bilder

[02] iStockphoto/Ilya Bushueve; [88, 89] Dr. Christoph Schierz, TU Ilmenau; [112] Blitzwerk, Mühlital und LSD, Darmstadt

Alle anderen Bilder, 3D-Visualisierungen und Grafiken stammen von licht.de-Mitgliedsunternehmen oder wurden im Auftrag von licht.de angefertigt.

# licht.wissen 07

Gesundheitsfaktor Licht



licht.de

Fördergemeinschaft Gutes Licht  
Lyoner Straße 9  
60528 Frankfurt am Main  
Tel. +49 (0)69 63 02-353  
Fax +49 (0)69 63 02-400  
licht.de@zvei.org  
www.licht.de