

licht.de

Lernen in neuem Licht

Beleuchtung von Bildungsstätten





Schule für lebenslanges Lernen

- Flurschule war gestern
- Neue Lernorte fördern heutige Unterrichtskonzepte, wie Klassenraum-Plus, Cluster oder Lernlandschaft
- Anforderungen an Beleuchtung, Lichtqualität, Flexibilität und Effizienz steigen
- Wissen und Technologiekompetenz haben eine kürzere Halbwertszeit
- Lernen ist Lebensaufgabe in einem veränderten Arbeitsumfeld

Damit Kindern ein Licht aufgeht

Studien belegen

- Licht beeinflusst Lernvermögen
- trägt zu Aufmerksamkeit und Konzentration bei
- fördert soziale Verantwortung
- synchronisiert die innere Uhr
- Lichtszenen unterstützen den Unterricht



Tipp: Human Centric Lighting (HCL) für das richtige Licht zur richtigen Zeit

Kindertagesstätten



Geschlossenes Konzept

- multifunktionaler Raum mit verschiedenen Bereichen
- dimmbare Grundbeleuchtung
- gute Farbwiedergabe
- Platzbeleuchtung für Vorlesecke

Offenes Konzept

Kids bewegen sich frei im Haus

Bau-, Kreativ- und Esszimmer:

- helle, gleichmäßige Ausleuchtung
- neutralweiße Lichtfarben
- gute Farbwiedergabe

Snoozle-/Kuschelraum:

- verschiedene Lichtquellen
- unabhängig schalt- und dimmbar
- warme Lichtfarben

Sicherheit

- Wegen Verletzungsgefahr empfiehlt sich der Verzicht auf mobile Leuchten
- Möbel sollten keine scharfen Kanten und Leuchten eine geschlossene Bauform haben

licht.de

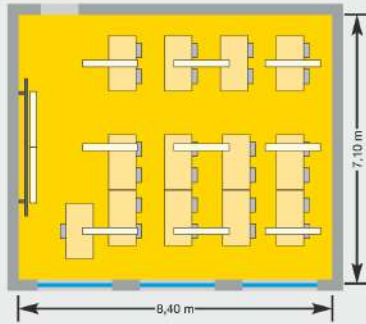


Klassenzimmer



- Blendung und starke Kontraste vermeiden
- Bei Frontalunterricht: Lichtbänder parallel zum Fenster mit mindestens zwei Leuchtenreihen
- Flexible Sitzanordnung: variable Beleuchtung durch Lichtmanagement
- Erforderlicher Wartungswert der Beleuchtungsstärke: mind. 500 Lux (DIN EN 12464-1:2021)
- Ein modifizierter Wert von 750 Lux ist sinnvoll in den frühen Morgen- und Abendstunden sowie Wintermonaten

Sanierungsbeispiel Klassenraum



© licht.de

Energie-
einsparung
85%

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

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

** Die effektiven Betriebszeiten der Tafelbeleuchtung resultieren aus bedarfsgerechter, manueller Zu- und Abschaltung des Lichts sowie der automatischen Abschaltung bei Abwesenheit von Personen.

© licht.de

- Neubau: Gebäudeenergiegesetz stellt Anforderungen an Primärenergiebedarf
- Bestandsgebäude: baugenehmigungspflichtige Sanierungen
- Pflicht: Energieausweis für alle öffentlichen Gebäude
- Anforderungen an Effizienz steigen
- Verschmutzung und Alterung mindern Beleuchtungsniveau
- Sanierung in 5 Schritten:

Ist-Analyse

Planung

Finanzierung

Installation

Wartung & Kontrolle

Tafel, Whiteboard und Monitor

- **Grüne und schwarze Wandtafeln:**
gleichmäßige, helle Ausleuchtung vertikaler Flächen vermeidet Ermüdung
- **Whiteboards:**
anfällig für Reflexionen und Blendung
- **Monitore:**
 - keine zusätzliche Beleuchtung
 - Möglichkeit zur Abdunklung
- **Präsentationsflächen nach DIN EN 12464-1:**
 - 500 - 750 Lux
 - U_0 0,70
 - R_a 80





- Lichtmanagement für Szenen
- Blendfreie Sicht: $R_{UGL} 19$
- Hohe indirekte Lichtanteile für höhere vertikale Beleuchtungsstärken
- Versuche: mind. 500 Lux
- Zeichensäle: mind. 750 Lux, $R_a \geq 90$
- Musikräume: überall gleich gutes Licht wegen unterschiedlicher Positionen von Orchestern, Chören und Bands
- Brennbare Materialien und Staub: explosionsgeschützte Leuchten

Aula, Hörsaal und Audimax

- Multifunktionale Räume für interne und externe Veranstaltungen
- Lichtmanagement für Szenen wie „Vortrag“, „Medienpräsentation“ oder „Kommen und gehen“
- Komplette Verdunklung
- Säle mit gering ansteigender fester Bestuhlung: Beleuchtung wie Unterrichtsräume
- Hörsäle: 500 - 750 Lux
- Podium: 750 - 1.000 Lux

Tipp: Generell gilt für horizontale und vertikale Beleuchtungsstärken: mind. das 1,5-Fache der mittleren Beleuchtungsstärke im Raum



licht.de

- Direkte/indirekte Beleuchtung vermeidet „Höhleneffekte“ und fördert Konzentration
- Leseplätze mit zusätzlichem Licht
- Arbeitsplätze im Lesebereich: 500 - 750 Lux
- Regale: 200 - 300 Lux bis unten, asymmetrische Lichtstärkeverteilung
- Lichtmanagement bezieht Tageslicht ein
- Keine direkte Sonneneinstrahlung
- LED zum Schutz vor UV-/IR-Strahlung

Leuchten



Lichtbandsysteme (Anbau, Einbau)



Anbauleuchten



Pendelleuchten



Ballwurfsichere Leuchten



Lichtbandsysteme (abgedellt)



Einbauleuchten



Steh- und Tischleuchten



Stoß-, schlagfeste, ballwurfsichere Leuchten



Stromschienensysteme



Wandleuchten



Tageslichtsysteme



Mastleuchten und Lichtstelen



Lichtbandsysteme (abgedellt)



Wand- und Bodeneinbauleuchten



Strahler und Einbauleuchten



Scheinwerfer



Wand- und Bodenleuchten

- Direkte/indirekte Lichtverteilung für offene Raumatmosphäre
- Gerichtetes Licht für geschlossene Raumatmosphäre, etwa Spots
- Lichtmanagement mit Szenen
- Hohe Flexibilität gefragt

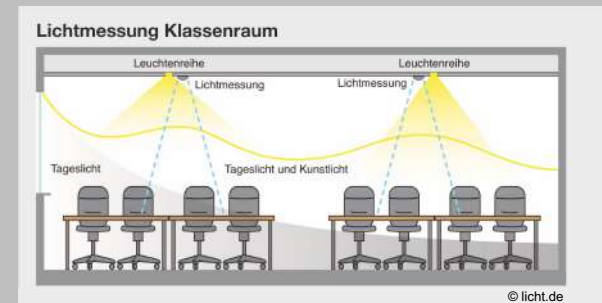
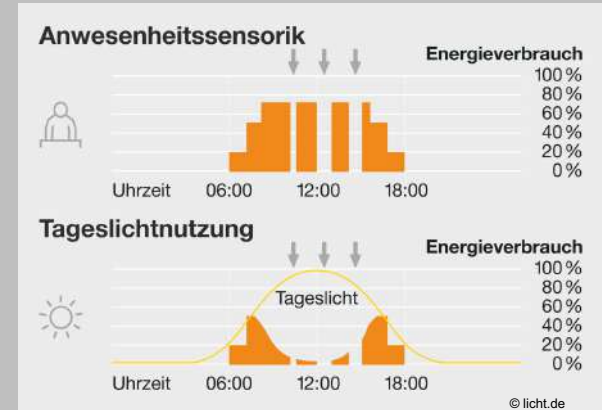
Lehrerzimmer, Büro, Bildschirmarbeit

- Indirektes Licht an Wänden und Decke
- Direktes Licht am Arbeitsplatz
- Erforderlicher Wartungswert für Lesen und Schreiben: mind. 500 Lux
- Bildschirme seitlich zum Fenster
- Reflexionen, Spiegelungen und Blendung vermeiden
- Nicht mehr als 3.000 cd/m^2
- DIN EN 12464-1 und ASR A3.4
- Human Centric Lighting (HCL)



Lichtmanagement

- Arbeitsstättenverordnung und ASR A3.4 empfehlen: viel Tageslicht
- Lichtmanagement steuert nach Bedarf künstliches Licht hinzu
- Präsenzerfassung spart Energie
- Lichtszenen für mehr Komfort
- Schnittstellen:
 - Digital Addressable Lighting Interface (DALI)
= leitungsgebunden
 - Zigbee, Bluetooth Low Energy (BLE) usw.
= kabellos
 - KNX
= Gebäudesteuerung



Verkehrswege

- Flur: mind. 100 Lux
- Mindestanforderung für Verkehrswege: 10% der Beleuchtungsstärke der angrenzenden Räume
- Fensterlose Flure beleuchten wie Eingangsbereich oder nur knapp darunter
- Leuchten z. B. Downlights, Wandleuchten, Deckenleuchten für An- und Einbau
- Wandaushänge mit separat schaltbarer Beleuchtung mit asymmetrisch abstrahlenden Wandflutern oder Stromschiensysteme mit Strahlern
- Energie sparen mit Präsenz- und Tageslichtsteuerung



Treppen und Aufzüge

- Treppen in Bildungseinrichtungen: 150 - 200 Lux
- Breit strahlende Wand- und Deckenleuchten parallel zur Treppe außerhalb der Hauptblickrichtung – für blendfreies Licht
- Keine harten Schatten, kein diffuses Licht
- Zusätzliche Orientierungsleuchten
- Jede bis jede dritte Stufe beleuchten
- Aufzüge: nach DIN EN 81 mind. 50 Lux
100 Lux nach DIN EN 12464-1
- Einstiegszonen: 200 Lux nach
DIN EN 12464-1



Sicherheitsbeleuchtung

- Bei Ausfall der Netzspannung und Allgemeinbeleuchtung
- Rettungszeichenleuchten markieren Fluchtwege, Feuerlöscher etc.
- Erforderlich für Flure, Treppen, fensterlose Aufenthaltsräume, Räume für mehr als 200 Personen sowie Hallen, durch die Rettungswege führen
- Ausgelegt für 3 Std.
- Mind. 1 Lux horizontale Beleuchtungsstärke auf der Mittelachse eines bis zu 2 Meter breiten Fluchtweges
- Bauordnung, Schulbau-Richtlinie, DIN EN 1838, DIN 12193 für Sportstätten



Cafeterien und Mensen

- Lichtdurchflutete Räume tragen zur Erholung bei
- Schlagschattenfreie, ausgewogene Direkt- und Indirektbeleuchtung
- Gütekriterien: Modelling und halbzyklische Beleuchtungsstärke
- Lichtmanagement für Mehrzweckräume
- Warme Lichtfarben zur Regeneration, kühles Licht für Prüfungen/Klausuren
- Grundbeleuchtung für Schulkantinen: 200 Lux, Kassenbereiche: 300 Lux
- Hohe Farbwiedergabe an der Essensausgabe

Sporthallen

- Horizontale, vertikale Beleuchtungsstärke, Homogenität, Blendfreiheit, Farbwiedergabe = **Lichtqualität**
- Schulsport: 300 Lux nach ASR A3.4, AMEV
- Vereinssport/Wettkämpfe: DIN EN 12193 nennt Anforderungen für unterschiedliche Sportarten
- Planungsmaßstab ist die Sportart mit den höchsten Anforderungen
- Lichtsteuerung
- Leuchten: Montageart, Blendungsbegrenzung, Ballwurfsicherheit
- Wichtig für Umkleiden: Präsenzsteuerung und gute Farbwiedergabe



- Meistens Hochleistungsmastleuchten als Fluter
- Positionen in den Ecken oder längs zum Spielfeld
- Je gleichmäßiger die Ausleuchtung, desto geringer die Blendung
- Zur Vermeidung von Schlagschatten und Blendung der Zuschauer: zwei Scheinwerfer oder Strahler müssen jeden Bereich der Fläche beleuchten

Größe	Erklärung	Symbol
Beleuchtungsstärke	Lichtstrom auf einer bestimmten Fläche in Lux (lx)	E
Wartungswert der Beleuchtungsstärke	Kennzeichnet die mittleren Beleuchtungsstärken, die jederzeit einstellbar sein müssen	\bar{E}_m
Gleichmäßigkeit	Mindestwert der Gleichmäßigkeit in einem Bereich E_{\min}/\bar{E} Das definierte Berechnungsraster ist einzuhalten	U_o
Zylindrische Beleuchtungsstärke	Wichtig für die visuelle Kommunikation	$\bar{E}_{m,z}$
Modelling	Das Verhältnis zwischen zylindrischer (E_z) und horizontaler (E_h) Beleuchtungsstärke	
Farbwiedergabe	Mindestwert des Farbwiedergabeindex: Grundsätzlich empfiehlt sich bei LED-Beleuchtung in Arbeitsstätten ein Farbwiedergabeindex von mindestens 80	R_a
Lichtfarbe	Ähnlichste Farbtemperatur in Kelvin (K)	
UGR-Grenzwert	Der UGR-Wert ist nach dem Tabellenverfahren zu ermitteln und darf den Grenzwert nicht überschreiten	R_{UGL}



- Licht muss Gefahrenstellen hervorheben: Ein-, Ausfahrten, Treppen und Hindernisse
- Außenleuchten: ballwurfsicher und mind. IP 44
- Lichtsteuerung nach Tages-, Jahreszeit, Präsenz, Bedarf an Farbtemperatur/Beleuchtungsstärke
- Parkplätze sind Verkehrszonen:
 - Hoher Verkehr: mind. 20 Lux
 - Mittlerer Verkehr: mind. 10 Lux
 - Geringer Verkehr: mind. 5 Lux (DIN EN 12464-2)

AMEV*	Beleuchtung, Hinweise für die Beleuchtung öffentlicher Gebäude *Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen
ASR A3.4	Technische Regeln für Arbeitsstätten – Beleuchtung
DIN EN 12193	Licht und Beleuchtung – Sportstättenbeleuchtung
DIN EN 12464-1	Licht und Beleuchtung – Beleuchtung von Arbeitsstätten, Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen
DIN/TS 5031-100	Strahlungsphysik im optischen Bereich und Lichttechnik – Teil 100: Über das Auge vermittelte, nichtvisuelle Wirkung des Lichts auf den Menschen – Größen, Formelzeichen und Wirkungsspektren
DIN/TS 67600	Ergänzende Kriterien für die Lichtplanung und Lichtanwendung im Hinblick auf nichtvisuelle Wirkungen von Licht



Beleuchtung am Schreibtisch*

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

Kauf-Tipps

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

Empfehlungen zur Einstellung der Beleuchtung

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

* Die Arbeit findet an Bildschirm und/oder Tablet statt

** Falls einzige Leuchte am Arbeitsplatz



Heft licht.wissen 02

Lernen in neuem Licht

72 Seiten

Diese und andere Ausgaben der Schriftenreihe gibt es als kostenfreien Download unter



www.licht.de/lichtwissen

Download-Angebote in englischer Sprache finden Sie auf www.all-about-light.org



licht.de
