



Fördergemeinschaft Gutes Licht



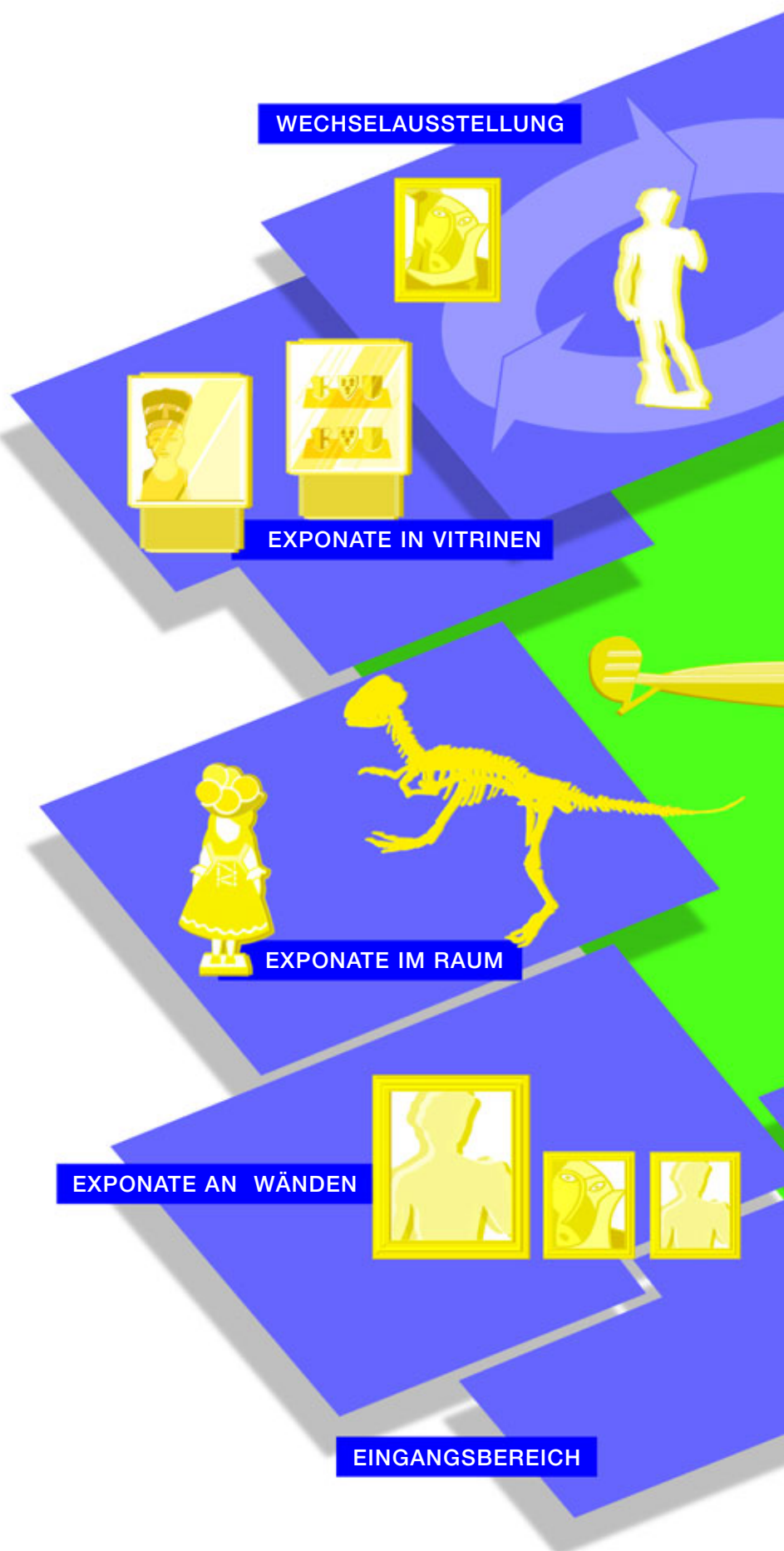
Gutes Licht für Museen, Galerien, Ausstellungen **18**



Freier Download auf
www.licht.de

Inhalt

Visuelle Erlebnisse	1
Lichtwirkungen	2
Exponate im Licht	6
Vitrinenbeleuchtung	8
Wechselausstellung	10
Foyer, Flure, Treppen	12
Audiovisuelle Medien	14
Vortragsraum	15
Bibliothek	16
Studienraum	17
Cafeteria, Museumsshop	18
Licht zum Arbeiten: Büro, Werkstatt, Lagerräume	19
Objekte im Freien	20
Nachtbilder	21
Tageslicht	22
Lichtmanagement	24
Sehen, erkennen, wahrnehmen	26
Lichtschutz	30
Wartung	33
Lampen	34
Leuchten	38
Normen und Literatur	42
Bildnachweis	43
Impressum	44
Informationen von der Fördergemeinschaft Gutes Licht	45



Zum Titelbild: Licht schafft in jeder Ausstellung visuelle Erlebnisse. Es wirkt als modulierender und akzentuierender Erlebnisfaktor, es stützt die publikumswirksame Präsentation. Ohne Licht sind Raumeindruck und Kunstgenuss nicht möglich.

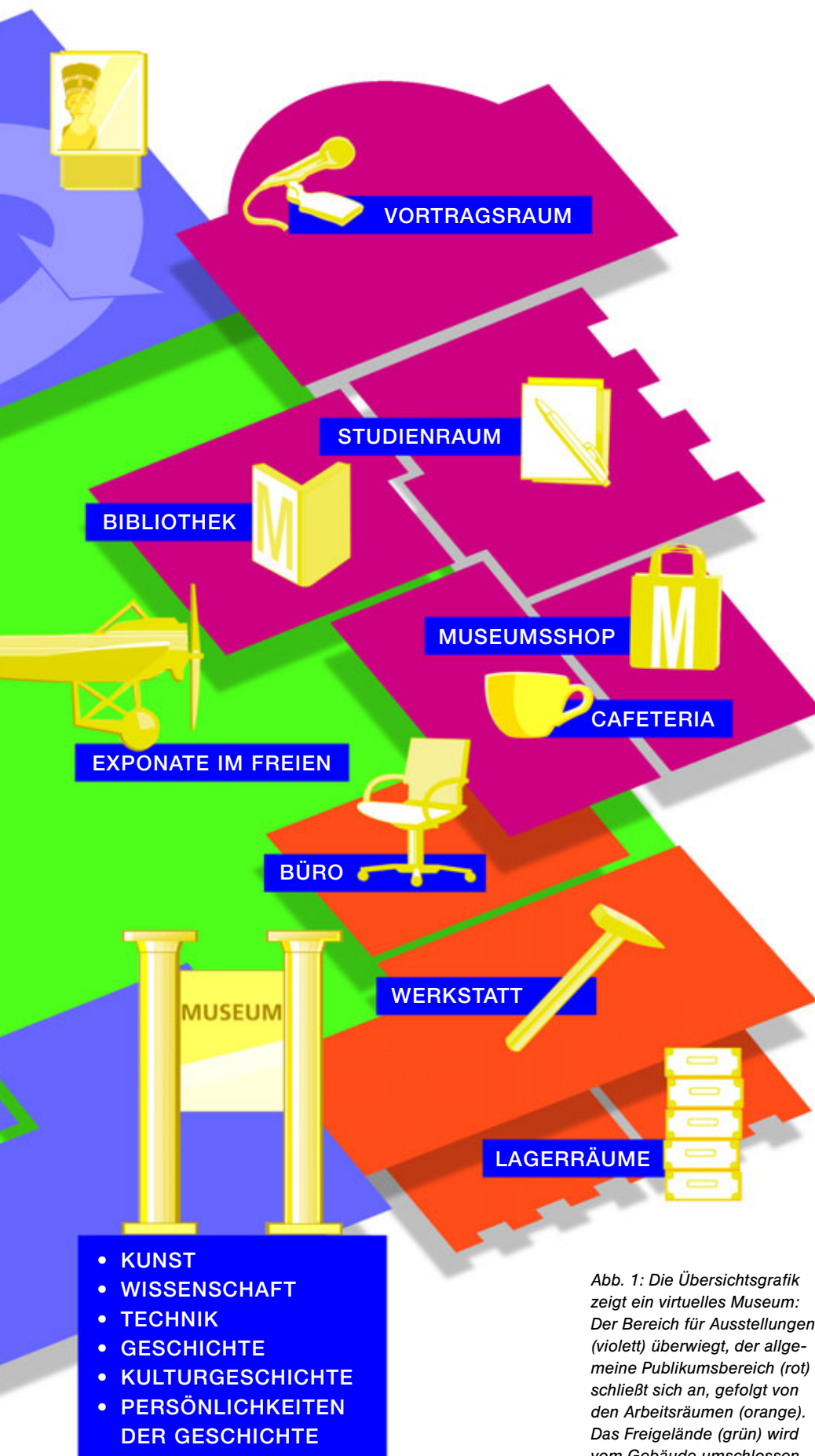


Abb. 1: Die Übersichtsgrafik zeigt ein virtuelles Museum: Der Bereich für Ausstellungen (violett) überwiegt, der allgemeine Publikumsbereich (rot) schließt sich an, gefolgt von den Arbeitsräumen (orange). Das Freigelände (grün) wird vom Gebäude umschlossen.

Sehen und wahrnehmen, staunen und genießen: Etwa 100 Millionen Menschen besuchen jedes Jahr die über 6.000 Museen in Deutschland. Das sind Häuser mit ganz unterschiedlichen Sammlungen und verschiedenen Arbeitsschwerpunkten, angelegt als interaktive Erlebniswelt oder einladend zu stiller Betrachtung. Für alle aber gilt, dass der Museumsbesuch inspirierend sein soll.

Unabhängig davon, ob Kunst, Technik oder historische Exponate im Mittelpunkt stehen, gefragt ist eine ansprechende, interessante und spannungsreiche Darstellung. Hier kommt das Licht ins Spiel: Es schafft in jeder Ausstellung visuelle Erlebnisse, es wirkt als modulierender und akzentuierender Erlebnisfaktor, es stützt die publikumswirksame Präsentation. Das visuelle Ambiente darf nicht ermüden, es muss vielmehr anregen, jedoch ohne zu verwirren. In größeren Häusern gehört dazu eine differenzierte Raumgestaltung.

Lichträume

Ohne Licht sind Raumeindruck und Kunstgenuss nicht möglich. Mit verschiedenen Lichtfarben, durch die Art der Lichtverteilung, durch das Design sowie die Anordnung der Leuchten und Lichtträger werden unterschiedliche Lichtsituationen – Lichträume – geschaffen, die den jeweiligen ausstellungstechnischen Bedürfnissen entsprechen.

Besondere Aufmerksamkeit verlangt der konservatorische Aspekt: Lichtschutz spielt in allen Ausstellungsräumen eine wichtige Rolle.

Ausstellen und Vermitteln sind das eine, Sammeln, Bewahren, Forschen das andere. Nur mit dem richtigen Licht können die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Museums arbeiten. Licht markiert Stolperfallen und verringert die Unfallgefahr. Deshalb darf bei aller Gestaltungsfreiheit in den Ausstellungsräumen das funktionale Licht nicht fehlen.



Licht für Wege

Es gibt Ausstellungsräume, in denen sich jeder Besucher frei in alle Richtungen bewegen kann. Häufig sollen die Besucher aus inhaltlichen oder organisatorischen Gründen jedoch „geleitet“ werden. Dafür sind Leuchten sinnvoll, deren Licht die Wegführung verdeutlicht, ohne die angrenzenden Ausstellungsbereiche zu stören. Ebenso schön wie praktisch ist eine (zusätzliche) Orientierungsbeleuchtung am Boden, zum Beispiel mit LED-Lichtleisten.

Bild 1: Licht und Schatten sowie ihre Mischung formen Ambiente und Raumerlebnis.

Bild 2: Diffuses Licht dient vorwiegend der Raumbeleuchtung.

Bild 3: Objektbeleuchtung – gerichtetes Licht inszeniert die Exponate.

Konzeption und Konfiguration der Beleuchtung in Ausstellungsräumen hängen von vielen Planungsparametern ab. Dazu gehört besonders die Gebäudearchitektur, mit der die Beleuchtung harmonisieren sollte. Dazu gehören weiterhin die Raumproportionen, die Raumgestaltung, die Farbgebung, das zur Verfügung stehende Tageslicht und nicht zuletzt die Art der Ausstellung. Von grundsätzlicher Bedeutung ist es,

Lichtschutz

Tageslicht und künstliches Licht enthalten Strahlungsanteile, die Ausstellungsobjekte bei Dauerbeleuchtung ausbleichen, austrocknen, verfärben oder verformen können. Davor schützen konservative Maßnahmen, jedoch nur, wenn sie strikt angewendet und eingehalten werden. Mehr zum Lichtschutz auf Seite 30.

wie Licht und Schatten das Ambiente formen.

Licht für den Raum

Ausstellungsräume in Museen werden mit diffusem und mit gerichtetem Licht beleuchtet. Die jeweiligen Anteile und die daraus resultierende Mischung bestimmen die Härte der Schatten von Bilderrahmen, die Plastizität von Skulpturen und räumlicher Objekte. Die Mischung beider Lichtanteile ist außerdem verantwortlich für das gesamte Erscheinungsbild des Raumes.

Eng damit zusammen hängt die Unterscheidung zwischen Raumbeleuchtung und Objektbeleuchtung. Die diffusen Lichtanteile werden fast ausschließlich von der Raumbeleuchtung erzeugt. Sie übernimmt die Helligkeitsverteilung und setzt Lichtschwerpunkte in der Fläche.

Nur in seltenen Fällen kommt eine Ausstellung alleine mit

der Raumbeleuchtung aus. Umgekehrt kann das auf die Bilder gerichtete Licht einer objektbezogenen Beleuchtung nur in wenigen – vorzugsweise relativ kleinen und hellen Räumen – für eine ausreichend helle Raumbeleuchtung sorgen.

Licht für Objekte

Mit hartem, gerichtetem Licht akzentuiert die Objektbeleuchtung einzelne Exponate. Sie muss in der Regel durch die weichere Raumbeleuchtung ergänzt werden; eine Objektbeleuchtung ausschließlich mit Strahlern ist nur unter besonderen Inszenierungsaspekten sinnvoll.

Außerdem gilt: Ein spannungsreiches Raumerlebnis ergibt sich aus der Mischung von diffus (Raumbeleuchtung) und gerichtetem (Objektbeleuchtung) Licht.

Diffuses Licht

Diffus streut das Licht, wenn es von einer in alle Richtun-

gen abstrahlenden Fläche Raumteile oder Gegenstände beleuchtet. Am Ort der Beleuchtung selbst, also in dem Teil des Raumes oder am Gegenstand, ist die Richtung, aus der das Licht kommt, nicht exakt auszumachen: Das Licht fließt ungerichtet in den Raum und über die Objekte. Kommt es aus sehr vielen Richtungen, ist die diffus abstrahlende Fläche also groß, erzeugt die Beleuchtung wenig bis keine Schatten.

Gerichtetes Licht

Gerichtetes Licht wird vornehmlich von punktförmigen, im Verhältnis zum Beleuchtungsabstand also kleinen Lampen oder von entsprechenden Strahlern erzeugt. Das Licht fällt direkt auf den zu beleuchtenden Gegenstand: Es trifft mit einem durch die Geometrie der Beleuchtungsanordnung definierten Winkel auf das Objekt oder Teile davon. Wenn die Oberfläche des Objekts nicht eben ist, entstehen

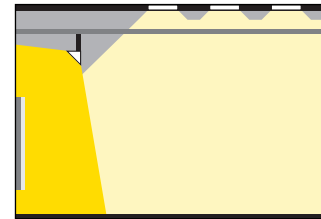


Abb. 2: Gerichtetes Licht für die Wand, diffuses Licht für den Raum

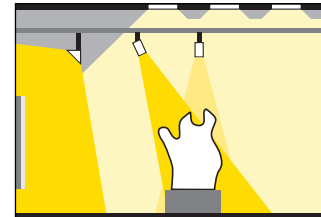


Abb. 3: Zusätzliches, gerichtetes Licht für Objekte im Raum

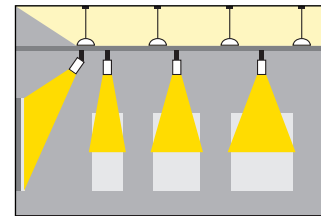


Abb. 4: Indirektes wirkt als diffuses, das direkte als gerichtetes Licht.

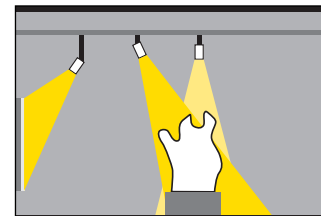


Abb. 5: Ausschließlich gerichtetes Licht

markante Schatten. Sie unterstützen die plastische Wirkung dreidimensional ausgeführter Oberflächen, können jedoch stören, wenn sie zu dominant oder zu großflächig sind.

Diffuses/gerichtetes Licht

Bei vielen Anwendungen kann die Lichtwirkung nicht eindeutig als ausschließlich diffus oder als ausschließlich gerichtet definiert werden. Das ist der Fall, wenn die Licht abstrahlende Oberfläche weder als großflächig noch als punktförmig zu bezeichnen ist – zum Beispiel bei einem Strahler mit Streuscheibe (Diffusor). Abhängig vom

Durchmesser der Scheibe und vom Beleuchtungsabstand verläuft der Schatten enger oder breiter, härter oder weicher.

Diffuses/gerichtetes Licht entsteht auch, wenn eine Fläche zur Erzeugung diffusen Lichts angestrahlt oder hinterleuchtet wird, wobei ein Teil des Lichts in eine Vorzugsrichtung strahlt und damit teilweise gerichtet ist. Auf den beleuchteten Gegenständen ist erkennbar, woher das Licht kommt. Das entsprechende Schattenbild am Ausstellungsobjekt ist jedoch weniger markant als bei ausschließlich gerichtetem Licht. Dass der

Schatten durch den diffusen Lichtanteil zusätzlich aufgehellt wird, mildert seine Wirkung nochmals.

Ein weiteres Beispiel für diffuses/gerichtetes Licht sind linienförmige Lampen in entsprechenden Leuchten. Hier hängt die Schattenwirkung von der Position der Leuchte zum Bild ab: Wandfluter mit stabförmigen Leuchtstofflampen, die horizontal und parallel zur oberen Wandkante angebracht sind, erzeugen an horizontalen Bilderrahmen harte Schatten, während die Schatten der vertikalen Rahmenteile kaum erkennbar sind.

Schlagschatten vermeiden

Gerichtetes Licht erzeugt Körperschatten. Wenn dieser als Schlagschatten auf benachbarte Objekte fällt, stören seine harte Kontur und die nicht unmittelbar nachzuvollziehende Herkunft dieses Schattens. Schlagschatten werden vermieden durch eine entsprechende Mischung aus diffusem und gerichtetem Licht, die richtige räumliche Anordnung der Beleuchtungsquelle, die gerichtetes Licht erzeugt, oder die entsprechende Anordnung der angestrahlten Objekte zueinander.



Die wichtigsten Beleuchtungssysteme, die in Ausstellungsräumen eingesetzt werden, sind:

- Lichtdecken mit opaler Verglasung (diffuses Licht) oder satiniertem Glas und Strukturglas (diffus/gerichtet),
- Indirektleuchten (diffus),
- Voutenleuchten (diffus),
- Wandfluter (gerichtet oder diffus/gerichtet),
- Punkt-Strahler (gerichtet).

Lichtdecken

Die Ausgangsüberlegung für Lichtdecken war der Wunsch, das Tageslicht nachzuahmen. Lichtdecken erzeugen insbesondere für Gemäldegalerien geeignetes Licht – überwiegend diffus bei opaler Abdeckung, mit geringen gerichteten Anteilen bei den Abdeckungen satiniertes Glas oder Strukturglas. Die in jeder Lichtdecke entstehende Wärme muss abgeleitet oder abgesaugt werden.

Vorzugsweise werden stabförmige Leuchtstofflampen eingesetzt, angeordnet entsprechend dem Profilraster der Lichtdecke. Für eine gute Gleichmäßigkeit sollte ihr Abstand untereinander nicht größer sein als der Abstand zum Abschluss der Lichtdecke. Die Größe einer Lichtdecke, ihre Teilung sowie die Übergänge zwischen Decke und Wänden müssen auf die Raumproportionen und die Art der ausgestellten Objekte abgestimmt werden.

4



Bild 4: Lichtdecken eignen sich insbesondere für Gemäldegalerien. Die Voutenbeleuchtung hellt die Deckenkanten zusätzlich auf.

Bild 5: Indirektes Licht wirkt ähnlich wie eine Lichtdecke.

5

Lichtdecken, die Tageslicht nachahmen, brauchen eine entsprechend hohe Leuchtdichte von 500 bis 1.000 cd/m², für ganz hohe Räume bis 2.000 cd/m². Lichtdecken eignen sich vor allem für Räume mit mindestens 6 Meter Höhe. Bei geringeren Raumhöhen kann das Licht blenden, weil die Lichtdecke einen großen Teil des Gesichtsfeldes einnimmt. Wird das Licht aus konservatorischen Gründen oder, um die Blendung zu reduzieren, ge-

dimmt, verliert die Lichtdecke ihre Tageslichtqualität, sie wirkt grau und erdrückend. Lichtdecken – auch solche mit Tageslicht – muss der Fachmann planen.

Indirektleuchten

Ähnlich wie eine Lichtdecke wirkt indirektes Licht, das von der Decke und dem oberen Teil der Wandflächen in den Raum reflektiert. Dieses diffuse und gleichmäßige Licht wird vorwiegend in Räumen ohne Tageslichteinfall eingesetzt. Es stammt meist von abgependelten Leuchten, die nach oben abstrahlen.

In Ausstellungsräumen bieten sich zum Beispiel Leuchten für abgependelte Stromschienensysteme an: Sie werden von oben in die Schiene eingesetzt, während Strahler für gerichtetes Licht ihren Platz in der unteren Führung finden.

Voutenleuchten

Ebenfalls als Indirektbeleuchtung wirkt das diffuse Licht von Leuchten, die im gewölbten Übergang zwischen Wand und Decke – der Voute – installiert sind. In modernen Museumsbau-

ten werden meist Voutenleuchten eingesetzt, deren Leuchtenkörper selbst die Voute bildet.

Die vorwiegende Lichtrichtung der Voutenbeleuchtung ist etwas flacher als bei einer Lichtdecke und entspricht in etwa der umlaufenden Lichtbänder. Das Licht ist weitgehend schattenfrei. Eingesetzt werden linienförmige Lampen, meist stabförmige Leuchtstofflampen.

Zu hohe Leuchtdichten im Decken- und deckennahen Wandbereich erzeugen Blendung und stören das Raumerlebnis. Dies kann passieren, wenn in Vouten auf lichtlenkende Maßnahmen verzichtet wird – zum Beispiel, weil in vorhandenen Vouten kein Platz für Prismen oder Reflektoren ist. Bei einfachen, nicht überlappenden Lichtleisten kommt es im Fassungsgebiet der Lampen außerdem zu sichtbaren Hell-Dunkel-Übergängen, die stören.

Wandfluter

Wandfluter werden als Einzeleuchten oder Lichtbänder eingesetzt. Deckenbündig (auch mit aus der Decke ra-

gendem Kickreflektor) oder deckennah installiert, sollen sie Wände möglichst gleichmäßig ausleuchten. Reflektoren mit asymmetrischer Lichtverteilung übernehmen diese Aufgabe. Wichtig ist eine gute Entblendung in Richtung des Betrachters. Vorrichtungen an der Leuchte zur Aufnahme von Leuchtzubehör – wie Filter oder Entblendungskappen – sind sinnvoll.

Linienförmige Lampen zählen zu den Favoriten für Wandfluter: Leuchtstofflampen, Kompaktleuchtstofflampen in gestreckter Bauform, linienförmige Hochvolt-Halogenlampen. Das diffuse/gerichtete Licht der damit möglichen Bandanordnung erzeugt relativ starke Schatten, bei Bilderrahmen vornehmlich an der horizontalen Kante.

Das gerichtete Licht von Einzeleuchten mit nicht linienförmigen Lampen dagegen formt zusätzlich Schatten an den waagerechten Kanten eines Bilderrahmens.

Punkt-Strahler

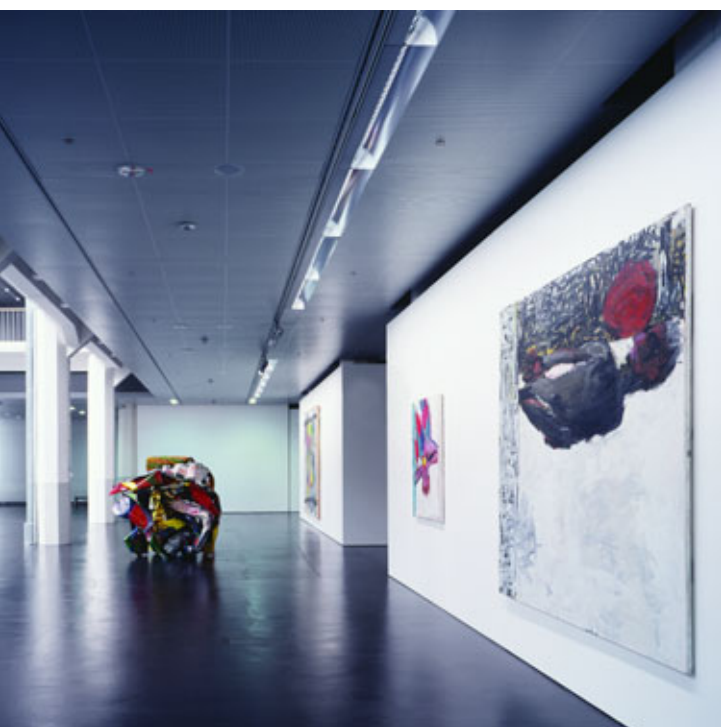
In Reflektorlampen (eingesetzt in Leuchten ohne

Reflektor) oder Strahlern lenken Reflektoren das Licht der punktförmigen Lampen zum überwiegenden Teil in eine definierte Ausstrahlrichtung. Strahler und Downlights mit Strahlercharakteristik können als Deckeneinbau-Strahler völlig oder zum überwiegenden Teil in die Decke (oder Wand) integriert werden. Deckenanbau-Strahler und -Downlights sowie Strahler für Stromschienen haben sichtbare Leuchtenkörper. Vorrichtungen an Strahlern und Downlights zur Aufnahme von Leuchtzubehör – wie Filter oder Entblendungskappen – sind sinnvoll.

Zu den punktförmigen Lampen zählen Hochvolt-Halogenlampen und Niedervolt-Halogenlampen mit und ohne Reflektor, Glühlampen mit oder ohne Kopfspiegel sowie Halogen-Metall-dampflampen.

Bild 6: Wandfluter haben eine asymmetrische Lichtverteilung.

Bild 7: Das gerichtete Licht von Punkt-Strahlern erhellt vor allem die Exponate – mit entsprechendem Ausstrahlungswinkel wie hier auch Gemälde.



6



7

Exponate im Licht

Mittelgroße, große bis sehr große Ausstellungsobjekte und das auf sie fallende Licht entfalten ihre Wirkung nur aus der Sichtentfernung. Darauf muss bei der Anordnung der Objekte geachtet werden.

Sehen ohne Störungen

Damit alle Ausstellungsobjekte gut zur Geltung kommen, dürfen weder die Raum- noch die Objektbeleuchtung Störungen der Seh Aufgabe erzeugen:

- Es sollten keine expressiven Schatten oder Lichtmuster auf Wänden oder an der Decke entstehen. Für Ausstellungswände müssen derartige Störungen unbedingt ausgeschlossen werden.

- Reflexe und ungewollte Schatten auf Bildern und Objekten sollten vermieden werden. Davor schützt bei direkter Anstrahlung eine Leuchtenposition, die zum Ausstellungsobjekt einen Abstand von zirka einem Drittel der Wandhöhe hält.

- Auf benachbarte Objekte sollten keine Schlagschatten fallen.

- Ein größerer Abstand von Wandflutern zur Wand bedeutet bessere Gleichmäßigkeit, birgt aber die Gefahr von Direktblendung. Der Kompromiss zwischen gleichmäßiger Ausleuchtung und Sehkomfort: Der Winkel zwischen Wand und Leuchte, bezogen auf die untere Kante der Präsentationsfläche, sollte 25 bis 30 Grad betragen (siehe Abb. 6 + 7).

Reflexionsgrade im Raum

Farbe, Muster und Reflexionsgrade der Raumbegrenzungsflächen beeinflussen die Wirkung der Ausstellungsstücke und die Raumstimmung. Wie hell oder dunkel Wände und Decke gehalten werden können, wie hoch also ihr Reflexionsgrad sein soll, hängt wesentlich ab von der gestalterischen Absicht. Eine allgemeingültige Empfehlung ist nicht möglich.



8

Wie wirkt welches Licht?

„Exponate im Licht“ heißt (fast) immer „Exponate in gerichtetem Licht“. Was die Änderung von Lichtrichtung und Ausstrahlungswinkel bewirkt, wie Objekte mit oder ohne Umfeldhelligkeit aussehen, was Leuchtenzubehör kann, zeigen die Bildbeispiele auf Seite 7: das Portrait und die nicht gegenständliche Darstellung für Bilder, der Kopf einer antiken Statue und die rote Vase für dreidimensionale plastische Objekte.

Was für diese relativ kleinen Ausstellungsstücke gilt, ist vom Prinzip her übertragbar auf große Bilder und Objekte. Allerdings wird für diese mehr Licht benötigt: Für die Objektbeleuchtung müssen Lampen höherer Leistung oder mehrere Strahler eingesetzt werden. Ganz große Objekte, etwa ein Auto oder ein Flugzeug, können auch von mehreren Positionen aus angestrahlt werden. So wirken sie aus mehreren Sichtrichtungen akzentuiert.

Bild 8: Für Großobjekte werden Lampen höherer Leistung oder mehrere Strahler eingesetzt.

Schwarz auf weiß

Text-Informationen zum Exponat machen nur Sinn, wenn sie lesbar sind. Das ist bei ausreichend großer, schwarzer Schrift auf weißem Grund immer der Fall. Werden andere Beschriftungen gewünscht, sollten diese vorher auf Lesbarkeit getestet werden. Wichtig: Auch Spiegelungen erschweren die Lesbarkeit.

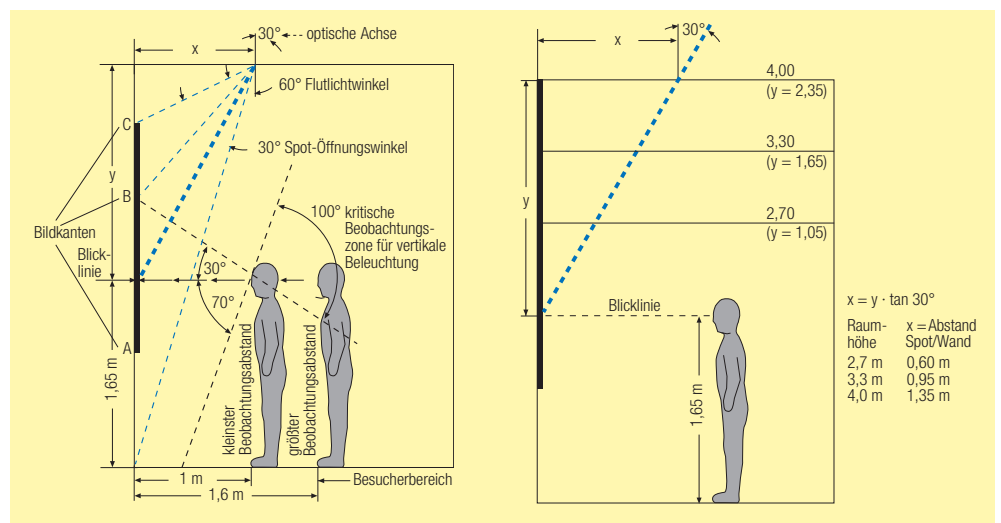
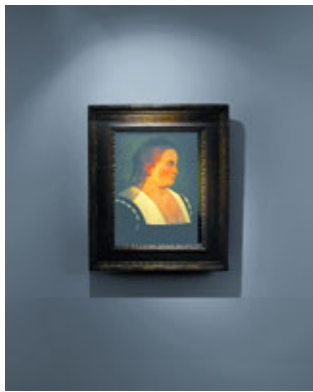
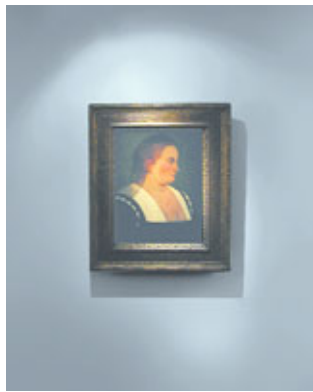


Abb. 6 + 7: Berechnung der optimalen Leuchtenposition für Bilder an der Wand – Raumhöhe, Beobachtungszone, Bildgröße und optimaler Blickwinkel (linke Abb.) sind maßgeblich für die optimale Leuchtenposition der Wandbeleuchtung. Die obere Kante des Bildes entscheidet über den Öffnungswinkel des Strahlers (B: 30°, C: 60°) bei gleichem Neigungswinkel von 30°. Flachere Einstellungen als 30° können zu Reflexen am oberen Bildrand führen (kritische Betrachtungszone). Die mathematische Formel zur Berechnung des Abstandes „x“ zwischen Spot und Wand für die Beleuchtung eines Bildes mit Höhe „y“ lautet: $x = y \cdot \tan 30^\circ$ (rechte Abb.).



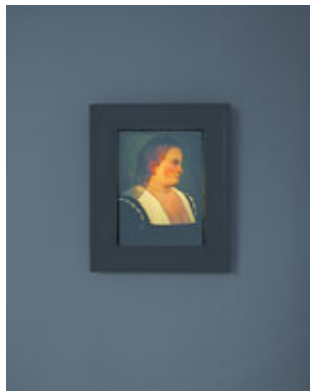
9

Spot mit 15° Ausstrahlungswinkel und Umfeldhelligkeit



10

Spot mit 15° Ausstrahlungswinkel und diffuser Umfeldhelligkeit



11

Konturenstrahler ohne Umfeldbeleuchtung



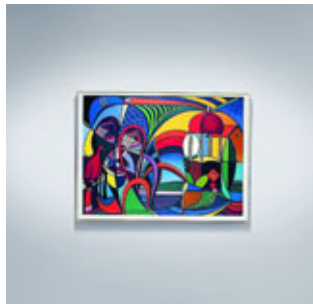
12

Diffuse Umfeldhelligkeit



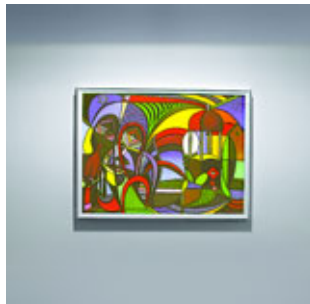
13

Spot mit 15° Ausstrahlungswinkel und Weichzeichner



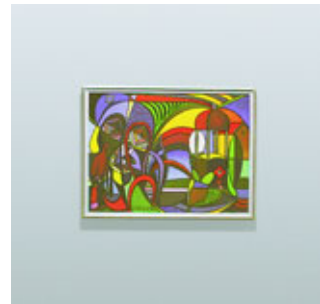
14

Spot mit 45° Ausstrahlungswinkel und Ovalzeichner



15

Wandfluter mit symmetrischer Lichtverteilung bestückt mit R7s-Halogenlampen (230 V)



16

Wandfluter mit asymmetrischer Lichtverteilung bestückt mit R7s-Halogenlampen (230 V)



17

Spot mit 15° Ausstrahlungswinkel, Licht von vorne oben mittig



18

Spot mit 15° Ausstrahlungswinkel, Licht von vorne oben links



19

Spot mit 15° Ausstrahlungswinkel, Licht von vorne unten links



20

Seitenlicht von rechts



21

Licht von vorne



22

Licht von hinten



23

Licht von rechts



24

Licht von oben



25

Vitrinen sind Ausstellungsräume im Kleinen. Entsprechend werden die Exponate beleuchtet: mit diffusem oder gerichtetem Licht. Ausleuchtung und Akzentuierung können in den verglasten Schaukästen in einigen Fällen auch miteinander gemischt werden.

Welches Licht wofür?

Die Art der Beleuchtung hängt wesentlich ab von den Eigenschaften der Ausstellungsstücke: von plastischer Form, Struktur, Glanz und Transparenz der Oberflächen oder der Farbigkeit.

Die meisten Objekte aus Metall, zum Beispiel goldene oder silberne Gefäße, gewinnen durch Glanz Reiz

und ästhetische Wirkung. Dieser Glanz entsteht bei der Anstrahlung mit punktförmigen Lichtquellen. Bei diffusem Licht erscheinen die Gefäße matt und leblos.

Durchsichtige oder durchscheinende Objekte, zum Beispiel aus Glas, wirken akzentuierter mit Schatten und weniger durch Glanz. Bei ihnen spielt außerdem die Oberflächenstruktur – geschliffen, geätzt oder bemalt – eine wichtige Rolle. Je nach Objekt kann diffuse oder gerichtete Beleuchtung (Durchleuchtung) oder eine Kombination daraus richtig sein. Bei gerichtetem Licht entscheidet die Lichteinfallrichtung über die Wirkung. Diffuses Licht eig-



26

net sich für farbige oder durchscheinende Materialien wie Glasfenster.

Integriertes Licht

Kleine flache (verglaste Tische) oder kastenförmige und hohe Vitrinen haben überwiegend eine integrierte Beleuchtung. Diese hat Vorteile:

- Auf dem Vitrinenglas entstehen weniger bis gar keine Reflexe.
- Direktblendung des Betrachters durch helle ungeschirmte Lichtquellen ist leichter vermeidbar.
- Lichteffekte zur wirkungsvollen Inszenierung sind einfacher möglich.

Bei kleinen Vitrinen überwiegt die Beleuchtung der Exponate von der Seite. In hohen Vitrinen ist die Beleuchtung von der Vitrindecke möglich. Außerdem können Objekte vom Vitrinensockel aus von unten in Licht getaucht werden.

Eine eigenständige Umgebungsbeleuchtung zusätzlich zum in die Vitrine integrierten Licht ist meist unverzichtbar. Je nach gewünschter Atmosphäre und konservatorisch erlaubter Beleuchtungsstärke hat die

Bild 25: Das Vitrinenlicht von oben taucht die Rüstungen in einen facettenreichen Glanz.

Bild 26: Lichtschutz mit LEDs – die Leuchtdioden strahlen weder ultraviolettes Licht noch Wärme ab.

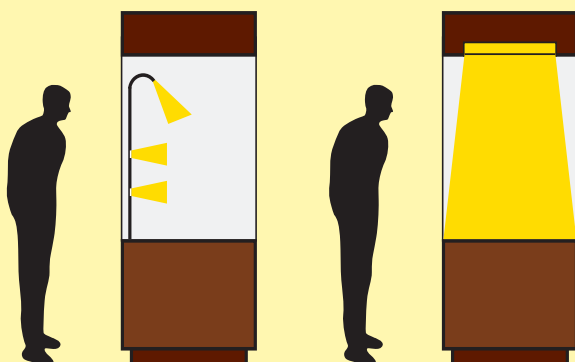
Raumbeleuchtung ein Niveau knapp unterhalb der Vitrinenbeleuchtung oder noch darunter. Eine ausschließlich durch das Streulicht aus den Vitrinen erzeugte und damit nicht eigenständige Orientierungsbeleuchtung sollte nicht zu dunkel sein.

Lichtschutz

Auch für die Vitrinenbeleuchtung ist der Lichtschutz (siehe Seite 30) wichtig – nicht zuletzt deshalb, weil die Lampen den Objekten in Vitrinen häufig näher sind als in Ausstellungsräumen. Außerdem muss beachtet werden, dass in dem abgeschlossenen Raum „Vitrine“ ein Mikroklima entsteht.

Bei der Beleuchtung gibt es Alternativen zu den früher eingesetzten Lampen: LEDs, in deren Lichtbündel weder UV-Strahlung noch Wärme (IR-Strahlung) vorkommt, oder faseroptische Beleuch-

Abb. 8 + 9:
Gerichtetes Licht (links) inszeniert die Exponate, flächiges Licht (rechts) sorgt für gleichmäßige Ausleuchtung.





27



28

tungssysteme mit sehr geringer UV-Strahlung und wenig Wärme. Beide eignen sich aufgrund ihrer Größe übrigens auch für die Beleuchtung ganz kleiner Vitrinen.

Bei Leuchtstofflampen, Kompaktleuchtstofflampen oder Hochvolt- und Nieder-volt-Halogenlampen in Vitrinen greifen dieselben Schutzmaßnahmen wie im großen Ausstellungsraum.

Vitrinen mit horizontalen und vertikalen Glasflächen eine wichtige Rolle. Ein wirk-samer Schutz vor Reflexen ist entspiegeltes Glas.

Reflexe auf horizontalen Glasflächen treten seltener auf, wenn das Glas zum Betrachter hin geneigt ist. Sie sind umso sichtbarer, je stärker der Kontrast zwischen Reflex und Umfeld, je dunkler also die Vitrine

ist. Heller gestaltete und innen beleuchtete Vitrinen sind deshalb weniger gefährdet.

Außerdem können von Fenstern (Tageslicht) erzeugte Reflexe auftreten. Die entsprechende Anord-nung der Vitrinen oder die Abschirmung des Tages-lichts zum Beispiel mit Ver-tikallamellen beugt dieser Reflexblendung vor.

Bild 27: Die Texte in den Vitrinen-wänden sind von oben bis unten gleichmäßig ausgeleuchtet.

Bild 28: Reflexfreies Licht von außen beleuchtet und inszeniert die Bücher in den Vitrinen.

Bild 29: Licht von der Decke ist weitgehend reflexfrei, wenn die Leuchten vitrinenbezogen angeordnet werden.

Licht von außen

Bei der Vitrinenbeleuchtung von außen wird für die Raum- und Objektbeleuchtung überwiegend Licht von der Decke eingesetzt. Diese Art der Beleuchtung eignet sich vor allem für Ganz-glasvitrinen und flache, von oben betrachtete verglaste Tische. Tageslicht und ob-jektorientierte Raumbel-leuchtung müssen in der Regel mit akzentuierender Objektbeleuchtung ergänzt werden. Wenn sich die Leuchtenanordnung auf die Vitrinen bezieht, kommt es kaum zu Reflexblendung.

Reflexe begrenzen

Die Begrenzung der Re-flexblendung spielt bei allen Arten der Beleuchtung von



29

Ausstellungsobjekte, die nicht ständig zugänglich sind oder die auf Reisen gehen, präsentieren sich in den Räumen für Wechselausstellungen. Jeder Wechsel erhöht die Attraktivität, lockt neue Besucher auch in die Dauerausstellung.

Für die Beleuchtungsanlage bedeutet der regelmäßige Austausch der Exponate: Sie muss sich anpassen lassen. Gefragt ist also in hohem Maße flexibles Licht. Dabei ist jedoch zu bedenken: Absolute Flexibilität, mit der die Beleuchtung wie bei einer Dauerausstellung detailliert auf jede Konzeption der Präsentation ausgerichtet werden kann, gibt es nicht.

Flexibles Licht

Weitgehend unabhängig vom Standort der Ausstellungsobjekte ist die Allgemeinbeleuchtung, das diffuse Licht. Wie flexibel Beleuchtungsanlagen sein können, muss das gerichtete

Licht beweisen. Hierzu eignen sich vor allem Stromschienensysteme, in die an jeder Stelle schwenk- und drehbare Strahler eingeklickt werden können. Ein Teil der eingesetzten Stromschienen sollte entlang der Wände installiert werden, um eine galerieartige Wandbeleuchtung zu ermöglichen. Im weiteren Raum schaffen in Rechtecken oder Quadraten angeordnete Stromschienen mehr Flexibilität als die Anordnung in nur einer Richtung.

Als Alternative zu Stromschienen bieten sich fest installierte Strahler in kardanischer Aufhängung an. Sie lassen sich ebenfalls frei ausrichten, für Bewegung und Fokussierung können Stellmotoren eingesetzt werden. Kardanisch verstellbare Strahler sind zwar nicht ganz so flexibel wie Strahler an Stromschienen, doch ermöglichen sie ein Deckenbild, das wesentlich

ruhiger wirkt als mit Stromschienen.

Leuchten neu ausrichten

Zur Flexibilität der Beleuchtung gehört, dass die Leuchten für jede neue Wechselausstellung neu ausgerichtet werden müssen, gegebenenfalls durch Experimentieren und das Umstellen von Ausstellungsstücken. Die Hilfsmittel Leiter oder Steiger sind unverzichtbar. Für schwer zugängliche Stellen sind fernsteuerbar einzustellende Strahler die richtige Lösung.

Tageslicht beachten

Finden Wechselausstellungen in Tageslichträumen statt, müssen außerdem der Tageslichteinfall und die Position zum Beispiel von Vitrinen zu Fenstern (siehe Seite 9) berücksichtigt werden. Damit entsprechend konzipierte Ausstellungen gezeigt werden können, sollten sich Tageslichträume am besten komplett ver-

dunkeln lassen. Über Tageslicht informieren die Seiten 22/23. Die Verdunklung kann auch eine Maßnahme des Lichtschutzes sein; über die Anforderungen, die natürlich auch Exponate von Wechselausstellungen an den Lichtschutz stellen, informieren die Seiten 30 bis 33.

Mobile Strahler

Werden zur Präsentation mobile Stellwände eingesetzt, sind für diese mit Klemmen oder Schraubvorrichtungen an der Stellwand zu befestigende mobile Strahler eine Alternative zu Strahlern an Stromschienen. Damit die Kabel zur Stromversorgung der mobilen Strahler keine Stolperfallen bilden, sollten in Räumen für Wechselausstellungen Fußbodensteckdosen installiert sein.

Bild 30: Das Licht der kardanisch verstellbaren Strahler ist fokussierbar.





31



32

Bild 32: In die Decke integrierte Stromschienen ermöglichen den flexiblen Einsatz von Strahlern.

Bild 31: In die Tragschienen-Konstruktion der Decke sind Stromschienen integriert zur Aufnahme der Strahler für die Objektbeleuchtung.

Bild 33: Bei Bedarf hohe Beleuchtungsstärken – jede der Leuchten hat vier kardinalisch verstellbare Strahler.

Bild 34: Für jede neue Wechselausstellung müssen die Strahler neu ausgerichtet werden.



33



34

Der Eingangsbereich ist die Visitenkarte des Hauses. Er prägt den ersten Eindruck, seine Gestaltung kann Schwellenangst abbauen. Eine harmonische Lichtatmosphäre bildet den Rahmen für den freundlichen Empfang. Jedes Foyer hat außerdem die funktionale Aufgabe, ins Innere des Gebäudes zu führen.

Harmonisches Licht

Die Beleuchtung erfüllt diese Anforderungen im Zusammenspiel von direktem und indirektem Licht – mit kombinierten Beleuchtungssystemen, die ganzheitlich wirken sollten: Die gleichmäßige Allgemeinbeleuchtung vermittelt Sicherheit und erleichtert die Orientierung, Lichtakzente an

Decke und Wänden lockern das Bild auf. Direkt oder direkt/indirekt strahlende Leuchten mit wirtschaftlichen Leuchtstoff- oder Kompaktleuchtstofflampen dominieren die Allgemeinbeleuchtung, Wandleuchten mit indirektem Licht sind Teil der Akzentbeleuchtung.

Im Bereich der Eingangstür wechseln Passanten vom hellen Tageslicht in das dunklere Gebäude oder aus nächtlicher Dunkelheit in das hell beleuchtete Haus. Damit sich die Augen auf die jeweils andere Helligkeit einstellen können, sind Adaptationsstrecken empfehlenswert: Tagsüber muss der unmittelbare Eingangsbereich besonders hell beleuchtet sein, nachts sollte die Beleuchtungsstärke im Gebäude in Richtung Ausgang abnehmen.

Ihre Visitenkarten-Wirkung macht Foyers interessant für architektonische Besonderheiten. Beleuchtung und Lichtwirkung sollten diese unterstreichen. Bei hohen Decken beispielsweise sind lichtstarke Strahler mit Hochdruck-Entladungslampen empfehlenswert; als Pendelleuchten mit direkt/indirekter Lichtverteilung betonen sie die Höhe des Raumes. Stuckdecken, Säulen oder Emporen können sehr gut mit akzentuierendem Licht betont werden.

Wegweisendes Licht

Gänge, Treppen, Aufzüge verbinden den Eingangsbereich mit dem Inneren des Hauses. Diese Wege und Bereiche wirken abschreckend, wenn sie wesentlich dunkler als das Foyer erscheinen. Um diesen Tunnelleffekt zu vermeiden, sollten entweder

dieselben Beleuchtungsstärken realisiert oder die Helligkeit nur ganz dezent abgestuft werden. DIN EN 12464-1 sieht für die Verkehrsfläche Flur mindestens 100 Lux Beleuchtungsstärke vor.

Ein Wegeleitsystem gibt den Besuchern zusätzliche und leicht nachvollziehbare Orientierungshilfe. Zu einer klaren Linienführung gehören helle Informationsflächen oder hinterleuchtete Schilder, die eindeutig Auskunft geben.

Sicheres Licht

Die Stolpergefahr bei einzelnen Stufen und auf Treppen verringert sich, wenn sie gut beleuchtet sind. Die Beleuchtungsstärke sollte mindestens 150 Lux betragen (DIN EN 12464-1). Da es gewöhnlich gefährlicher ist, die Treppe hinunter zu fallen als sie hinauf zu stolpern, muss die Beleuchtung die Stufen besonders von oben her erkennbar machen. Außerdem sorgt Licht, das vom oberen Treppenabsatz nach unten fällt, für kurze weiche Schatten. So setzen sich die Trittstufen deutlich voneinander ab, jede einzelne ist gut zu erkennen.

Bodennahes Orientierungslicht schafft zusätzliche Trittsicherheit. Hierfür eignen sich Wandleuchten, die treppenbegleitend installiert direktes Licht auf die Trittstufen lenken. Eine neue Alternative sind LED-Beleuchtungssysteme, zum Beispiel in die Trittkante eingelassene LEDs. Die Leuchtdioden werden auch zur Beleuchtung von Handläufen eingesetzt.



Bild 35: Verteilerfunktion – Foyer und Flure verbinden auch optisch in das Innere des Hauses.

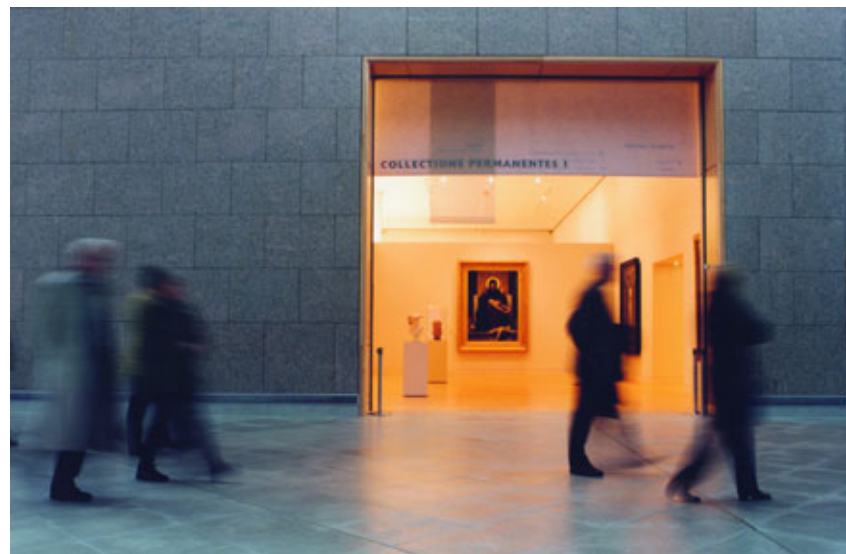


Bilder 36 und 37: Der Eingangsbereich prägt den ersten Eindruck. Harmonisches Licht sorgt für einen freundlichen Empfang.

36



37



39



38

Bild 38: Licht in den Handläufen – LEDs machen es möglich.



40



41

Videoinstallationen oder Präsentationen an Bildschirmen, auf Großbildschirm oder auf Großleinwand können Teil einer Ausstellung sein. Auch „nur Ton“, also das Abspielen von Stimmen, Tönen oder Musik, gehört zu dem Thema „audiovisuelle Medien“.

Reflexblendung stört

Die Beleuchtung muss auf den Medieneinsatz abgestimmt werden. Weil Reflexblendung auf Bildschirmen erheblich stört, sollte in deren Umgebung auf stark gerichtetes Licht verzichtet werden. Denselben Blendeffekt haben hohe Leuchtdichten aus benachbarten Ausstellungsbereichen; auch dieses Streulicht sollte begrenzt werden.

Für die Präsentation mit audiovisuellen Medien darf es in der Regel nicht zu hell sein: weder für das Sehen, noch für das Wahrnehmen von Geräuschen, wenn sich die Besucher darauf konzentrieren sollen. Bei interaktiven Vorführungen ist es dennoch wichtig, dass sie

Bedienelemente wie zum Beispiel Tasten und deren Beschriftung gut erkennen. Die Beleuchtungsstärke des zusätzlich dafür eingesetzten Lichts und seine Abstrahlung in Richtung Bildschirm (Reflexblendung) und Bediener (Direktblendung) müssen jedoch insofern begrenzt sein, dass sie die Wahrnehmung der Präsentation nicht stören.

Computer-Raum

Sind die Computer und Bildschirme nicht integriert, sondern der Ausstellung in einem separaten Raum mit mehreren Computer-Plätzen angegliedert, ist es sinnvoll, diese Räume wie Büros zu beleuchten (siehe Seite 19). Bei eng begrenzter Verweildauer – zum Beispiel bei vorgegebener maximaler Nutzungsdauer – darf hier auch das Beleuchtungskonzept der Ausstellung fortgeführt werden, zum Beispiel mit einem dunkleren Beleuchtungsniveau. In jedem Fall aber müssen Direkt- und Reflexblendung ausgeschlossen sein.

Bild 41: Audiovisuelle Medien können Bestandteil einer Ausstellung sein. Die Beleuchtung muss darauf abgestimmt werden: Verzicht auf stark gerichtetes Licht, Anpassung der Helligkeit an die Präsentation, ausreichend Licht für die Bedienelemente.



42

Bild 43: Spüren, hören, sehen – Besucher erleben die Ausstellung mit allen Sinnen.

Bild 42: In einem separaten Computer-Raum gelten die Regeln für Bürobeleuchtung.



43

Im Vortragsraum finden nahezu alle Veranstaltungen statt, einige Führungen starten und enden hier. Entsprechend multifunktional sollte der Raum eingerichtet und ausgerüstet sein. Die Beleuchtung dafür schafft situationsgerechte Lichtverhältnisse, erhöht damit die Konzentrationsfähigkeit, steigert das Aufnahmevermögen und erleichtert die Kommunikation.

Situationsgerechtes Licht

Wie flexibel das Licht sein muss, ergibt sich aus den unterschiedlichen Veranstaltungssituationen. Voraussetzung ist die Zusammenfassung der Leuchten in voneinander getrennten Schaltkreis-Gruppen. Denn die einzelnen Beleuchtungssituationen wie „Empfang“, „Vortrag“ oder „Präsentation“ erfordern verschiedene Einstellungen: Eine Leuchten-Gruppe bleibt ausgeschaltet, eine andere wird extra eingeschaltet, das Licht einer weiteren Gruppe gedimmt.

Die Lichtsteuerung wird von einer einfachen Steuerungseinheit oder – in größeren Räumen – von einem Lichtmanagement-System übernommen. Beim Lichtmanagement lassen sich gespeicherte Lichtszenen individuellen Bedingungen anpassen, ohne die Programmierung zu verändern. Überblendzeiten sind zwischen einer Sekunde und mehreren Minuten frei wählbar. Die meisten Lichtmanagement-Systeme bieten als Option die Einbeziehung von Fensterverdunklung und Sonnenschutz in die Programmierung.

Gut geeignet für die Lichtsteuerung im Vortragsraum ist das DALI®-System (Digital Addressable Lighting Interface) mit seiner standardisierten digitalen Schnittstelle. Die wichtigsten Vorteile: wenig Komponenten, geringer Verdrahtungsaufwand, einfaches Bedienkonzept. Informationen: www.dali-ag.org.



44

In jedem Fall ist es sinnvoll, wenn das Licht – gegebenfalls auch vom Vortragenden – via Fernbedienung gesteuert werden kann.

Akzente unverzichtbar

Außer funktional wirkt Licht auch gestaltend. So ist Akzentbeleuchtung im repräsentativen Vortragsraum unverzichtbar. Zahlreiche Lichtpunkte, indirekte Anteile

der Beleuchtung, auch zur Betonung der Raumarchitektur, sowie die großflächige oder gerichtete Anstrahlung von Bildern und Wandbereichen wirken ansprechend. Für die Beleuchtungssituation „Empfang“ sollten Allgemein- und Akzentbeleuchtung aufeinander abgestimmt programmiert werden und zusammen eingeschaltet sein.

Bild 44: „Filmpräsentation“ oder „Vortrag“ sind die beiden häufigsten Beleuchtungssituationen.

Bild 45: Licht im Vortragsraum bedeutet multifunktionale Beleuchtung für situationsgerechte Lichtverhältnisse.



45

Die Beleuchtung der Bibliothek hat mehrere Aufgaben: Sie schafft Übersicht, hilft beim Auffinden der gewünschten Literatur, erleichtert das Lesen und prägt eine ruhige bis leicht anregende Atmosphäre. Planungsgrundlage ist DIN EN 12464-1. Generell gilt: Je anspruchsvoller die Sehaufgabe, desto höher die Beleuchtungsanforderung. So sollten Verkehrsflächen mit 100 Lux Beleuchtungsstärke und Regale mit 200 Lux beleuchtet sein. Lesebereiche benötigen dagegen 500 Lux.

Schnelle Orientierung

Das Licht der Allgemeinbeleuchtung – mit zusätzlicher Kennzeichnung von Hauptwegen und der Ausgänge – muss schnelle Orientierung ermöglichen und leitet sicher durch die Regalreihen. Direkt/indirektes Licht erzeugt eine angenehm helle Raumdecke und verhindert den sogenannten „Höhleffekt“, der leicht auch in Teilbereichen einer Bibliothek entstehen kann. Bei geringen Anteilen von direktem Licht verringern sich außerdem störende Spiegelungen (Reflexblendung) auf glänzendem Papier.

Überwiegend werden abgependelte Leuchten für stabförmige Leuchtstofflampen eingesetzt, in hohen Räumen auch Leuchten für Halogen-Metall dampflampen.

Vertikale Lichtanteile

Bücherregale und Schränke sollten in ihrer ganzen Fläche gut ausgeleuchtet sein, vertikale Anteile der Beleuchtungsstärke müssen bis hin zu den unteren Fächern reichen. Nur so lassen sich die Titel auf den Bucherrücken auf angemessene Distanz mühelos lesen. Für diese Beleuchtungsaufgabe sind besonders Wandfluter mit asymmetrischer Lichtverteilung geeignet. Lampen mit guter Farbwiedergabe ($\text{Index } R_a \geq 80$) stellen sicher, dass Farbe und Gestaltung des



46

Buchrückens – beide sind häufig Suchkriterien – gut erkannt werden.

An Leseplätzen muss es heller sein. Werden zusätzlich zur Allgemeinbeleuch-

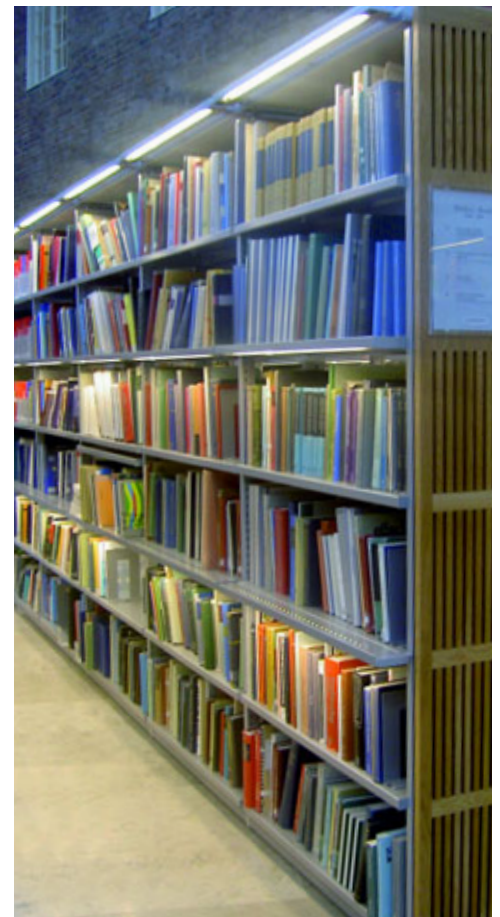
tung Schreibtischleuchten aufgestellt, kann jeder Besucher das Beleuchtungsniveau nach Bedarf erhöhen.

Bild 46: Übersicht schaffen, Lesen erleichtern, eine ruhige bis leicht anregende Atmosphäre erzeugen – diese Aufgaben hat die Beleuchtung einer Bibliothek.



47

Bilder 47 und 48: Wandfluter mit asymmetrischer Lichtverteilung leuchten Regale aus – von der Decke (47) oder als ins Regal integrierte Leuchten (48).



48

Studienraum

Einige Museen bieten einen Studienraum an, der anders als ein Leseplatz in der Bibliothek mehr Ruhe bietet. Außer Büchern können Studenten und andere Interessierte hier die zugänglichen Dokumente aus Ausstellung und Archiv einsehen.

Anspruchsvolle Sehaufgaben

Auch wenn der Studienraum nicht mit Computern ausgestattet ist, sollte die Beleuchtung bildschirmgerecht sein. Denn heute hat fast jeder Recherchierende seinen Laptop dabei. Arbeiten am Computer, Lesen und Schreiben sind anspruchsvolle Sehaufgaben, für die DIN EN 12464-1 eine Beleuchtungsstärke von mindestens 500 Lux vorsieht.

Da Blendung die Sehleistung herabsetzt und den Sehkomfort mindert, ist – wie im Büro und an jedem anderen Bildschirmarbeitsplatz – darauf zu achten, dass weder Direkt- noch Reflexblendung entstehen.

Für die direkte Beleuchtung eignen sich zum Beispiel abgependelte Leuchten – einzeln oder als Lichtbänder verbunden – mit hochwertigen Reflektoren und Rastern oder derart ausgerüstete Downlights. Alternative ist direkt/indirektes Licht aus abgependelten Leuchten oder von speziellen Büro-Stehleuchten.

Beleuchtungsniveau nach eigenem Bedarf

Besonders hohen Komfort bietet die Beleuchtungsanlage, wenn die Stehleuchten gedimmt oder zusätzliche Leseleuchten auf den Tischen zugeschaltet werden können, um das Beleuchtungsniveau am Platz individuell einzustellen. Die Bestückung mit Leuchtstoff- oder Kompaktleuchtstofflampen an (dimmbaren) elektronischen Vorschaltgeräten (EVG) ermöglicht auch im Studienraum eine besonders wirtschaftliche Beleuchtung.



49



50

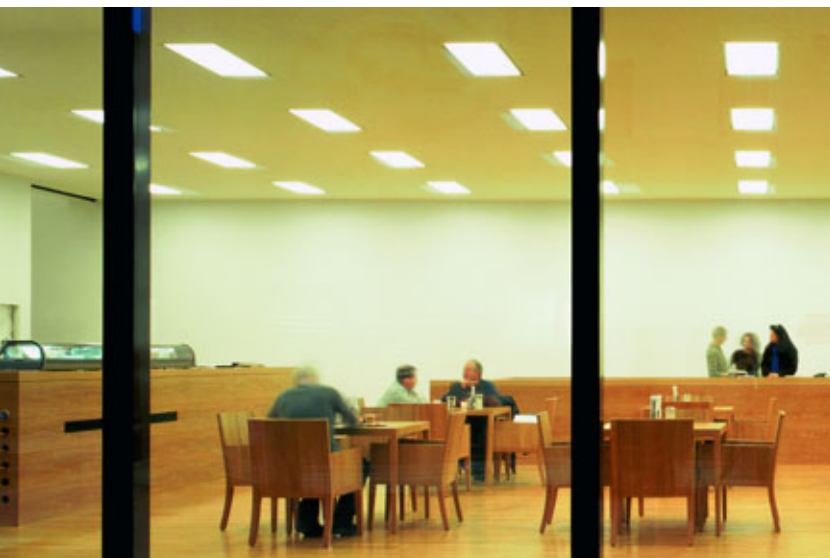
Bild 49: Als indirektes Licht gelangt Tages- oder künstliches Licht durch die Lichtschächte in den Studienraum. Downlights an den Längsseiten ergänzen die Beleuchtung.

Bild 50: Die Leuchten für Leuchtstofflampen sind in Stromschienen eingesetzt, nach oben oder nach unten abstrahlend. Sie spenden indirektes und direktes Licht.

Bild 51: An diesen Tischen nehmen vor allem Schüler Platz. Für die Lese- und Schreibaufgaben stehen 500 Lux Beleuchtungsstärke zur Verfügung.



51



Cafeteria oder Museumsshop sind – meist zum Abschluss des Museumsbesuchs – beliebte Anlaufstellen. Jeder Besucher freut sich über die gastronomische Pause, viele erwerben Souvenirs als Erinnerungstücke oder Mitbringsel.

Licht für die Cafeteria

Für die Cafeteria ist eine differenzierte Beleuchtung mit verschiedenen Lichtsystemen zur Strukturierung des Raumes sinnvoll: zum Beispiel Pendelleuchten für Tische, Wandleuchten und Downlights zur maßvollen Erhöhung des Beleuchtungsniveaus, Downlights und Strahler für die Akzentbeleuchtung. Je nach Größe und Gestaltungsabsicht kann auch ein Beleuchtungssystem genügen.

Gastronomie-Beleuchtung hat weitgehende Gestaltungsfreiheit, die erst auf Grenzen stößt, wenn Sehleistung und Sehkomfort erheblich gestört werden. Das bedeutet, Blendung ist in jedem Fall unerwünscht. Auch starke Schatten sind schlecht, weil sie das Erkennen von Gesichtern stören.

Servicebereiche in der Cafeteria dürfen sich in puncto Helligkeit im Hintergrund halten – mit einer Ausnahme: Die Essensausgabe und alle anderen Verkaufs- und Präsentationsbereiche für Speisen und Getränke sollten nach DIN EN 12464-1 mit 200 bis 300 Lux Beleuchtungsstärke heller beleuchtet sein als der übrige Raum. Das erleichtert den Gästen die Orientierung und unterstützt die Sehaufgabe bei der Speisenwahl.

Licht zum Verkaufen

Wer den visuell verwöhnten Menschen von heute ansprechen will, muss den Verkaufsraum geschickt inszenieren. So vielfältig wie das Angebot an modernen Lampen, Leuchten und Strahlern ist, sind die individuellen Lösungen. Das Planungsziel für Museumsshop: Bauart und Einrichtung des Raumes mit der zum Warenangebot passenden Beleuchtung optimal aufeinander abstimmen.

Zu unterscheiden sind Allgemeinbeleuchtung – das „Licht zum Sehen“ – und Akzentbeleuchtung – das „Licht zum Hinsehen“ für Regale, Wände oder besondere Angebote auf der Verkaufsfläche. Als Faustregel für das richtige Mischungsverhältnis gilt: Je exklusiver das Angebot, umso höherwertiger sollte die Beleuchtung sein, wobei umso mehr Wert auf differenzierte Akzentbeleuchtung zu legen ist.

Der Gesamteindruck abgestufter Helligkeiten entscheidet darüber, wie anregend der Kunde die Verkaufsraum(atmosphäre) findet. Doch Vorsicht: Zu krasse Helligkeitsunterschiede überfordern die Augen von Kunden und Mitarbeitern. Ausführlicher informiert FGL-Heft 6 (siehe Seite 45) über Verkaufsraum- und Schaufensterbeleuchtung. Es gilt DIN EN 12464-1.

52

Bild 52: Das diffuse Licht der Allgemeinbeleuchtung wirkt unaufdringlich.



Bild 53: Die vielen kleinen Lichtpunkte dominieren das Bild.

Bild 54: Akzentuierendes Licht mit abgestuften Helligkeiten schafft eine anregende Verkaufsraum(atmosphäre).

53



54

Licht zum Arbeiten

„Licht zum Arbeiten“ ist notwendig für Räume, die Besuchern nicht zugänglich sind und in denen die Beleuchtung ausschließlich auf die Sehaufgaben der Arbeitenden zugeschnitten ist. Dazu gehören im wesentlichen Büros, zum Beispiel der Verwaltung, Werkstätten sowie Lagerräume wie Magazin, Depot und Archiv.

Licht im Büro

Grundvoraussetzung für Sehleistung und Sehschmerz ist ein ausreichendes Beleuchtungsniveau. Nach DIN EN 12464-1 darf die Beleuchtungsstärke des Arbeitsbereiches nicht unter 500 Lux liegen, die des Umgebungsbereiches nicht unter 300 Lux. Die Norm unterscheidet raum-, arbeitsbereich- und teilflächenbezogene Beleuchtung (weitergehende Informationen: FGL-Heft 4, siehe Seite 45).

Favorit der Bürobeleuchtung sind abgependelte Leuchten oder Stehleuchten mit direkter/indirekter Lichtverteilung, die von den meisten Menschen als angenehm empfunden wird. Die alternative, direkte Allgemeinbeleuchtung mit Deckeneinbau-, Deckenanbau- oder abgependelten Leuchten mit Spiegelraster überzeugt vor allem durch ihre Gleichmäßigkeit.

Wichtigstes Gütekriterium insbesondere auch für Bildschirmarbeitsplätze im Büro ist die Begrenzung der Direkt- und der Reflexblendung – durch entsprechende Anordnung der Leuchten, der Tische und der Monitore. Auch die Akzentbeleuchtung mit Wand-, Vitrinen- oder Bilderleuchten darf keine störende Reflexblendung erzeugen.

Licht in der Werkstatt

Was für Büros – siehe oben – gilt, sieht DIN EN 12464-1 im Prinzip auch für Werkstätten vor. Die Beleuchtungsstärke in der Museums-

werkstatt sollte unabhängig von der Art der Handwerksarbeiten bei 500 Lux liegen (analog Lehrwerkstätten). Je kritischer und feiner die Sehaufgabe ist, umso mehr Licht wird benötigt; hierfür können zusätzliche Arbeitsplatzleuchten zur Erhöhung der Beleuchtungsstärke am Werkstück eingesetzt werden. Für die Allgemeinbeleuchtung eignet sich die arbeitsplatzbezogene Lösung mit Leuchten für Leuchtstofflampen in fensterparalleler Anordnung, am besten mit seitlichem Lichteinfall auf die Werkbank.

Grundsätzlich ist es sinnvoll, in der Werkstatt Leuchten höherer Schutzart einzusetzen. Eine Leuchte der Schutzart IP 43 beispielsweise ist geschützt gegen feste Fremdkörper > 1 mm und gegen Sprühwasser, eine IP 54-Leuchte gegen Staub und Spritzwasser.

Licht in Lagerräumen

Für die Arbeit in Magazin, Depot oder Archiv wird weniger Licht benötigt als für handwerkliche Tätigkeiten. Relativ hohe Beleuchtungsstärken sind dennoch wichtig beim Umgang mit kleinteiligem Lagergut und für alle Arbeiten mit Leseaufgaben (Beschriftung am Lagergut, Formularerfassung). Wenn sich die Lese- und Suchaufgabe auf Regale – also eine vertikale Ebene – konzentriert, können vertikale Beleuchtungsstärken von bis zu 300 Lux notwendig sein.

Etwas höhere Beleuchtungsstärken als die von DIN EN 12464-1 vorgesehenen 100 Lux erleichtern die sichere visuelle Wahrnehmung, erhöhen die Konzentration, helfen, Fehler zu vermeiden und schützen vor Unfällen. Für Räume normaler Höhe eignen sich am besten Leuchten für Leuchtstofflampen, für höhere Hallen Leuchten mit Hochdruck-Entladungslampen.

Bild 55: Im Büro darf das Licht weder Direktblendung noch Reflexblendung auf dem Bildschirm erzeugen.

Bild 56: Je kritischer und feiner die Sehaufgabe, umso mehr Licht wird benötigt.

Bilder 57 und 58: Lagerräume sind mit mindestens 100 Lux normgerecht beleuchtet, besser sind höhere Beleuchtungsstärken.



55



56



57



58



Bild 59: Skulpturen inszeniert im Spiel von Licht und Schatten

Alternative zu Strahlern. Überwiegend eingesetzt wird enggebündeltes Licht, unter anderem bei der Anstrahlung von unten kann der Ausstrahlungswinkel auch größer sein.

Blendung vermeiden

Soll das ganze Objekt zur Geltung kommen, muss der Abstand der Scheinwerfer größer sein als für die Anstrahlung von Details. Wichtig: Beim Einrichten der Strahler und Scheinwerfer ist darauf zu achten, dass Betrachter zumindest in deren Hauptblickrichtung nicht geblendet werden.

59

Freilichtmuseum

Häuser und Anlagen vergangener Zeiten, im Original oder nachempfunden, sind die zentralen Ausstellungsobjekte von Freilichtmuseen. Sie schließen, wenn es dunkel ist, so dass künstliches Licht meist nur in den Häusern eingesetzt wird, möglichst ohne das Bild der nicht elektrifizierten Vergangenheit zu stören. Wenn ein Freilichtmuseum in den Dunkelstunden geöffnet hat, müssen zudem die Wege beleuchtet werden.

Ob Skulpturen oder Installationen, einige Kunstwerke sind fürs Freie vorgesehen, andere Ausstellungsstücke kommen zum Beispiel aufgrund ihrer Ausmaße für die Ausstellung unter freiem Himmel infrage. Für die überwiegende Zahl der Objekte genügen meist der Innenhof oder ein kleines Stückchen Garten.

Im Spiel von Licht und Schatten

Im Freien wirken Anstrahlungen in der Dämmerung oder bei Dunkelheit – im Prinzip mit denselben Ergebnissen wie bei Anstrahlungen mit gerichtetem Licht in

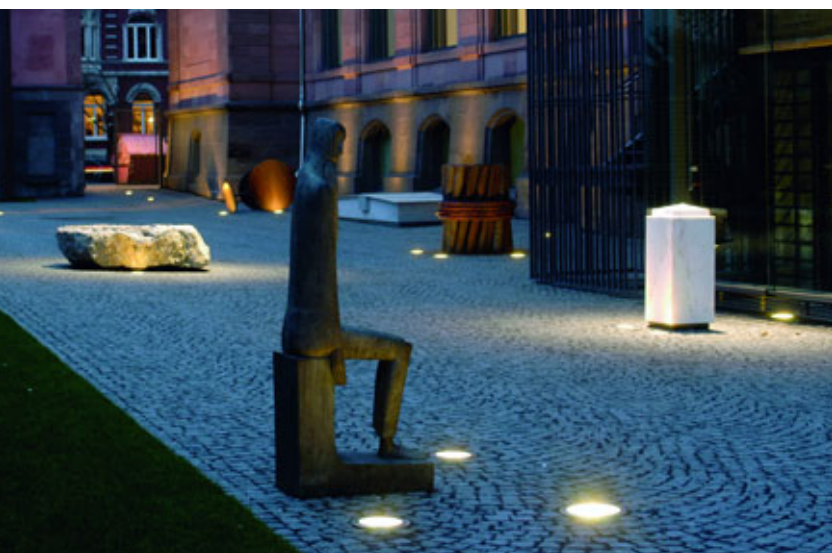
Ausstellungsräumen (siehe Seiten 2, 6). Hinzu kommt der Vergleich zum Erscheinungsbild bei Tageslicht: Das künstliche Licht formt neue Strukturen, inszeniert das Objekt neu im Spiel von Licht und Schatten.

Der ideale Standort für ortsveränderliche Strahler oder Scheinwerfer lässt sich am besten durch Tests ermitteln: Licht von unten, von seitlich unten, von der Seite, von oben, von seitlich oben oder sogar indirekt strahlendes Licht – jede Lösung hat ihren eigenen Reiz. Für „Licht von unten“ sind Erdinbauseinwerfer die

Um bei verschiedenen Objekten dieselbe Lichtwirkung zu erzielen, gilt generell: Je dunkler das Objekt und je heller die Umgebung, umso mehr Licht wird benötigt. Letztlich ist aber auch die Beleuchtungsstärke eine Frage von Geschmack und Gestaltungsabsicht.

Bild 60: „Licht von unten“ – die Erdeinbauseinwerfer sind in Gruppen fest installiert.

Bild 61: Fassadenbild – Strahlerlicht erhellt die farbenfrohe Malerei.



60



61

Beleuchtete Bauwerke wirken bei Dunkelheit insbesondere durch ihre Architektur. Wenn Fassadenbeleuchtung diese sichtbar macht, entstehen dekorative Nachtbilder. Auch Lichtwerbung und Anstrahlungen vor dem Museumsbau tragen zum nächtlichen Erscheinungsbild bei.

Fassadenbeleuchtung

Mit Licht kann jedes Gebäude zum effektvollen Blickfang werden. Im Verbund mit reizvoller Architektur macht eine gut geplante Fassadenbeleuchtung ein Gebäude unverwechselbar. Zugleich wird die Umgebung aufgewertet.

Die Anstrahlung des Gesamtobjekts wirkt besonders aus der Ferne. Betont das Licht nur architektonische Details, hat die Anstrahlung vor allem Nahwirkung. Kontrastreiche Licht-Schatten-Verhältnisse und damit Plastizität entstehen, wenn Hauptblick- und Anstrahlrichtung nicht identisch sind: Ein Winkel von zirka 60 Grad zur Blickrichtung ist richtig für ungegliederte oder schwach gegliederte Fassaden, für stark gegliederte Gebäudeansichten kann der Winkel kleiner sein.

Die Installation der Scheinwerfer in relativ großem Abstand vermeidet zu starke Schatten. Lichtbündel sollten sich nicht kreuzen, weil dann die Schatten verwischen.

Die aus der Entfernung wirkenden Scheinwerfer sollten hoch und möglichst unauffällig angebracht werden. Natriumdampf-Hochdrucklampen unterstreichen den Charakter warmer Farben und Materialien, für kälter anmutende Oberflächen eignen sich Halogen-Metallampfen. Anstrahlungen sind auch mit in die Fassade integrierten Wandleuchten und mit direkt davor positionierten Erdeinbauscheinwerfern möglich.

Bilder 62 und 63: Mit Licht werden Fassaden zum effektvollen Blickfang, es wartet auf und macht unverwechselbar.

Eigenfarbe und damit die Reflexionseigenschaften des angestrahlten Objekts (Objekt-Leuchtdichte) sowie die Umgebungshelligkeit bestimmen die jeweils erforderliche Beleuchtungsstärke: Je dunkler das Objekt und je heller die Umgebung, um so mehr Licht wird benötigt. Exakte Planung vermeidet Lichtemission in die Umgebung.

Alternativen zur klassischen Anstrahlung sind faseroptische Beleuchtungssysteme oder LEDs, mit denen die Fassade oder Teile davon auch mit einem dynamischen Farbwechsel inszeniert werden können. Eine andere Möglichkeit ist die Gestaltung der Fassade mittels der eingeschalteten (und gesteuerten) Innenraumbeleuchtung.

Andere Anstrahlungen

Die Fassadenbeleuchtung ist in der Regel eigenständig. Lichtwerbung – zum Beispiel der Namenszug des Museums in Leuchtschrift – sollte jedoch eingeplant werden. Um die gewünschten Effekte zu erzielen, muss auch Licht für zusätzliche Signalwirkung, zum Beispiel die Anstrahlung von Fahnen oder eines Spannplakates, mit der Fassadenbeleuchtung abgestimmt werden.

Im weiteren Außenbereich entstehen mit angestrahlten Bäumen oder anderen Pflanzen ebenfalls schöne Bilder. Diese Anstrahlungen folgen den Regeln der Objektbeleuchtung (siehe Seite 20). Ist zudem die Fassade beleuchtet, sollten nur Pflanzen in weiterem Abstand vom Gebäude angestrahlt werden.

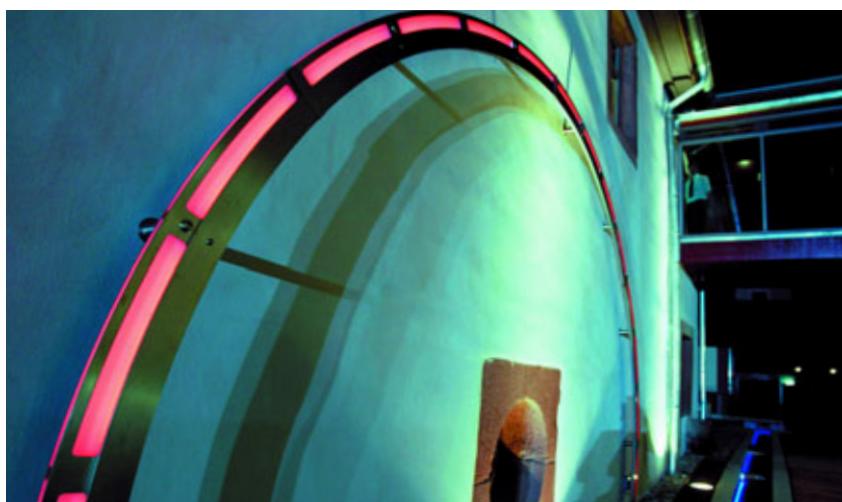
Bild 64: Der LED-Halbkreis an der Fassade der Buhlschen Mühle in Ettlingen symbolisiert das Mühlrad.



62



63



64

Raumbeleuchtung mit Tageslicht ist eine architektonische Aufgabe, die unbedingt in der frühen Entwurfsphase eines Neubaus angegangen und entschieden werden muss. Die Gegebenheiten zur Tageslichtnutzung können nachträglich selten und schwer geändert werden. Die Tageslichtplanung gehört in die Hände erfahrener Fachleute.

Tageslichtmuseum

Die öffentlichen Museumsbauten aus der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts waren auf Tageslicht angewiesen. Schon früh setzten die Baumeister bei der Tageslichtnutzung auf Oberlichter: Im Salon Carré des Pariser Louvre wurden die Seitenfenster 1789 zugemauert, um alle Wände als Ausstellungsfläche nutzen zu können.

Lange Zeit war jeder Neubau trotz vorhandenem künstlichen Licht ein Tageslichtmuseum. Das änderte sich in den 1950-er und 1960-er Jahren, als bekannt und bewusst wurde, welchen Schaden das Tageslicht anrichten kann, vor allem durch den Verfall der Farben und anderer organischer Materialien. Deshalb konzentrierte sich der Museumsbau vorübergehend ausschließlich auf fensterlose Räume.

Heute ermöglichen es die Erkenntnisse der Lichttechnik sowie moderne Steuer- und Regeltechnik, das Tageslicht genau zu lenken und zu dosieren. So spielt Tageslicht im Museumsbau wieder eine wichtige Rolle.

Oberlichter

Oberlicht gilt als klassische Tageslichtbeleuchtung von Gemäldegalerien. Es liefert eine gleichmäßig diffuse Beleuchtung. Durch den großflächigen Lichteintritt entstehen weiche Schatten. Das durch ein Oberlicht einfallende Tageslicht erreicht nahezu alle Bereiche eines



Raumes, also auch freistehende Vitrinen, Skulpturen oder Stellwände. Da Fenster eingespart werden, ist an den Wänden mehr Platz für Gemälde. Das Problem, dass durch Fenster seitlich einfallendes Tageslicht Reflexe auf den Ausstellungswänden erzeugen kann, entfällt.

Bei großflächigen Oberlichtern können ungewollte Störungen entstehen, denen mit entsprechender Anordnung der Oberlichter und

Deckenhelligkeit kann Blendung erzeugen. Außerdem kommt es auch beim Lichteinfall von oben manchmal zu Reflexen auf Gemälden an der Wand.

Direktes Sonnenlicht muss immer „ausgesperrt“ werden. Doch nicht nur der Lichtschutz stellt hohe Anforderungen: Allen modernen Oberlicht-Lösungen gemeinsam ist ein hoher Konstruktionsaufwand für Lenkung, Steuerung und Filte-

Tageslicht hat großes Schädigungspotenzial

Tageslicht und künstliches Licht enthalten Strahlungsanteile, die Ausstellungsobjekte bei Dauerbeleuchtung ausbleichen, austrocknen, verfärben oder verformen können. Nach wie vor gilt: Am gefährlichsten ist das Tageslicht. Das lässt sich unter anderem belegen mit der kunsthistorischen Schrift „Über das Licht in der Malerei“ (Wolfgang Schöne, Berlin 1993): Sie befasst sich bei der Behandlung der Lichtquellen fast ausschließlich mit dem Tageslicht. Der künstlichen Beleuchtung sind dagegen nur wenige Seiten gewidmet. Dieses Heft informiert ab Seite 30 über Lichtschutz.

exakter Lichtlenkung begegnet werden muss. So besteht die Gefahr ungleichmäßiger Lichtverteilung an den Wänden. Besonders in dunkel ausgestatteten Räumen ist die vertikale Beleuchtungsstärke in Augenhöhe oft zu gering. Der Kontrast zwischen Wand- und

Deckenhelligkeit kann Blendung erzeugen. Tageslichtnutzung mit Oberlichtern ist auf die oberen Geschosse eines Gebäudes beschränkt oder setzt eingeschossige Bauweise voraus. Oberlichter sind kein Ersatz für den durch Fenster erlebten visuellen Kontakt zur Außenwelt.

Bild 65: Die Aufnahme gibt den Blick frei auf das Innere der Lichtdecke dieses Ausstellungsraumes, wo Tages- und künstliches Licht im Bedarfsfall gemischt werden.

Fenster

Überdimensionierte Fenster sind nicht unbedingt die geeignete Alternative zu Oberlichtern und eigentlich nicht das richtige Mittel, um das Tageslicht maximal zu nutzen. Andererseits gibt es heute vielfältige Möglichkeiten, auch bei Seitenfenstern das Tageslicht zu lenken und direktes Sonnenlicht „auszusperren“. Allerdings erfüllen diese undurchsichtigen Systeme nicht die Anforderung an Fenster eines Tageslichtmuseums, die tages- und jahreszeitlichen Veränderungen sowie das witterungsbedingte Geschehen visuell erlebbar zu machen.

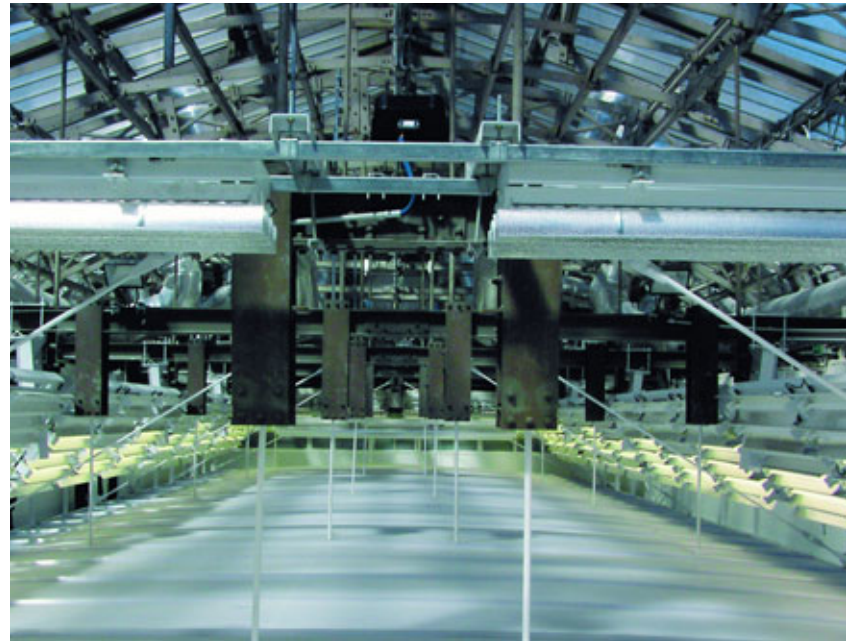
Fenster verkleinern die Ausstellungsfläche Wand. Ungerichtet und ungefiltert einfallendes Tageslicht kann zu Reflexen auf den Ausstellungswänden führen.

Tages- und Kunstlicht

Wenn Tageslicht und künstliches Licht gemischt werden, sollten sie vollständig vermischt sein, bevor sie auf



66



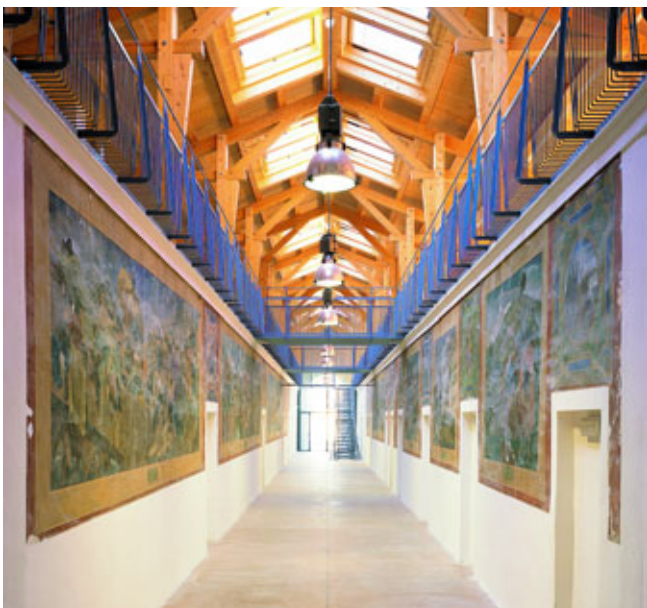
67

ein Objekt treffen; dazu zählt, dass auch die räumliche Verteilung beider Lichtarten aneinander angepasst sein muss. Die Gründe: Die Lampen der künstlichen Beleuchtung haben unterschiedliche Lichtfarben, die spektrale Zusammensetzung des Tageslichts ändert sich ständig. Beide haben zudem verschiedene Einfallsrichtungen und unterschiedliche Ausstrahlungswinkel. Das passt nicht zusammen, das Bild der Ausstellungsobjekte wird ohne vollständige Vermischung verfälscht. Die einzige Alternative zum

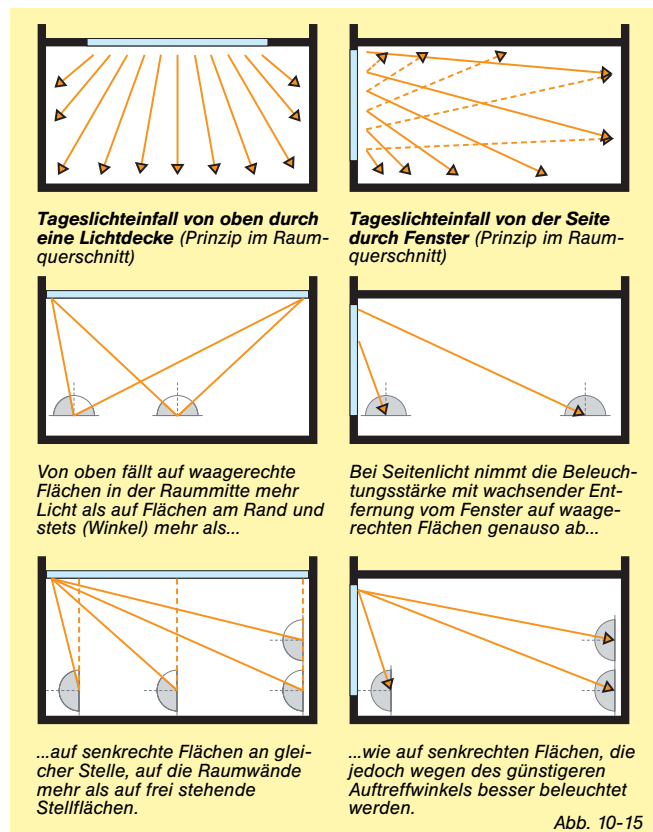
Mischen heißt „Abstand halten“. Dafür muss zwischen dem durch Tageslicht beleuchteten Bereich und dem Kunstlicht-Bereich soviel Abstand liegen, dass sich beide Lichtarten nicht beeinflussen. Es sei denn, das Zwielicht wird bewusst eingesetzt, um eine bestimmte Raumstimmung zu erzeugen.

Bild 68: Das durch die Oberlichter einfallende Tageslicht kommt vor allem auf den Ausstellungsflächen im 1. Stock an; der Gang muss zusätzlich beleuchtet werden.

Bilder 66 und 67: Die Lichtdecke im 800 Quadratmeter großen „Salle des Etats“ im Pariser Louvre ist 300 Quadratmeter groß. Sie lenkt das durch ein verglastes Dach einfallende Tageslicht in den Ausstellungsraum. Künstliches Licht wird zugeschaltet, wenn die Messgeräte melden, dass das Tageslicht nicht mehr ausreicht. Installiert sind 360 Leuchten mit je zwei Leuchtstofflampen à 80 Watt, zum Teil mit breitstrahlenden und teilweise mit tiefstrahlenden Reflektoren. Die Beleuchtungsstärke auf dem Museumsboden beträgt 250 Lux, an den Wänden werden 100 Lux erzielt. Bild 67 zeigt das Innenleben der Deckenkonstruktion.



68



In höchster Ausbaustufe bedeutet Lichtmanagement die Automatisierung der Beleuchtung. Zum Lichtmanagement zählen alle Systeme, die das starre Muster „ein oder aus“ durchbrechen. Dafür gibt es Komponenten zum Steuern und Regeln. Beim Regeln werden Soll- und Ist-Werte abgeglichen.

Ausbaustufen

Lichtmanagement-Bausteine, die in unterschiedlichen Ausbaustufen auch kombiniert eingesetzt werden, sind:

- Abrufbare, vorher programmierte Lichtszenen.
- Schaltung der Beleuchtung mit Bewegungsmeldern in Abhängigkeit von der Anwesenheit (Präsenzkontrolle).
- Regelung des Beleuchtungsniveaus in Abhängigkeit vom Tageslicht durch Dimmen und/oder
- Teilabschaltungen
 - über Lichtsensoren im Raum oder
 - über Außenlichtsensoren (Tageslichtmessköpfe).

Die Komponenten zum Steuern und Regeln mit Lichtmanagement-Systemen sind in Leuchten und Bedienelementen integriert. Sie werden programmiert für Einzeleuchten, für einen Raum, für eine Gruppe von Räumen oder eingebunden in die Systemtechnik eines Gebäudes (BMS – Building Management System).

Lichtmanagement-Systeme können realisiert werden mit der standardisierten digitalen Schnittstelle DALI® (Digital Addressable Lighting Interface). Diese erlaubt auch die Einbindung in Gebäudemanagement-Systeme wie zum Beispiel ein BUS-System. Informationen: www.dali-ag.org.

Lichtmanagement im Museum

Im Museum gibt es zahlreiche Einsatzmöglichkeiten für Lichtmanagement:

- Lichtmanagement-Systeme können die künstliche Beleuchtung in Abhängigkeit vom verfügbaren Tageslicht zu- und abschalten oder dimmen.
- Sie können den Sonnen- und Blendschutz an Oberlichtern oder Fenstern tageslichtabhängig steuern.
- Lichtmanagement-Systeme erleichtern die Inszenierung der Beleuchtung: Szenisches Licht oder dynamische Effekte lassen sich einfach programmieren.
- Lichtmanagement erleichtert die bereichsweiser Einstellung verschiedener Beleuchtungsstärken: Einzelne Leuchten werden einfach gedimmt. Das dient der Inszenierung einer Ausstellung oder wird als Lichtschutzmaßnahme für einzelne Exponate genutzt.
- Lichtmanagement erlaubt die einfache multifunktionale Nutzung einzelner Räume.
- Die Zuordnung installierter Leuchten zu ausstellungsbezogenen Leuchten ist mit Lichtmanagement ohne Deinstallation der vorhandenen Leuchten und ohne Umverdrahtung möglich.
- Ein Lichtmanagement-System kann Leuchten überwachen und ihren Funktionszustand melden, auch den Ausfall.
- Lichtmanagement-Systeme können den Betriebszustand der Anlage und damit die Bestrahlung der Exponate für den Lichtschutz-Pass (siehe Seite 32) protokollieren.
- Notbeleuchtung lässt sich einfach ins Lichtmanagement integrieren.
- Eine mit Lichtmanagement überwachte Beleuchtungsanlage spart im Vergleich zu einer ungesteuerten Anlage Energie.





69



70



71



72

Bilder 69 und 70: Die getrennt voneinander schaltbaren Leuchten und Leuchtengruppen können mit Lichtmanagement einfach gesteuert werden. Die 3D-Darstellung in Bild 69 zeigt die Beleuchtungssituation „komplett eingeschaltet“, die in Bild 70 zeigt die Situation „Spotbeleuchtung“.

Bilder 71 und 72: Die Beleuchtung dieser Ausstellungs- und Veranstaltungshalle erlaubt unterschiedliche Nutzungen. Abgebildet sind die mit Lichtmanagement gesteuerten Beleuchtungssituationen „helles tageslichtweißes Licht“ (71), die meist tagsüber eingeschaltet wird, und „weniger helles warmweißes Licht“ (72), gedacht vor allem für abends.



73

Bild 73: Digital gesteuerte Tageslichtdecke – bei Bedarf wird das künstliche Licht stufenlos zugemischt.

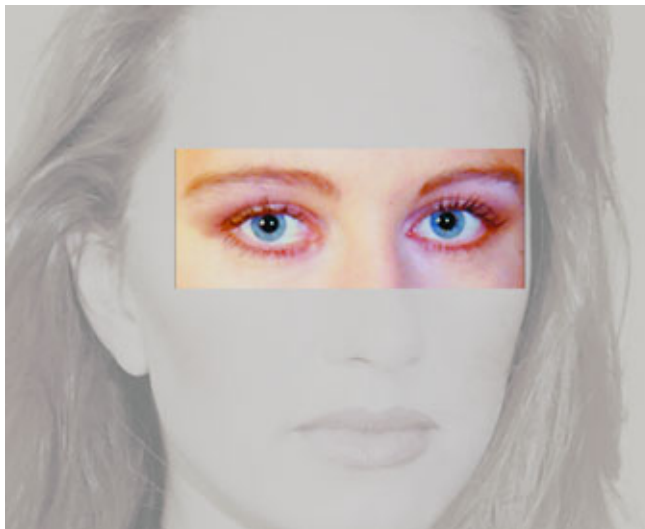


Abb. 16

Über 80 Prozent aller Informationen nimmt der Mensch mit den Augen wahr. Wer sich mit den Voraussetzungen für gutes Sehen beschäftigt, also die visuellen Anforderungen in ihren Grundzügen kennt, versteht einfacher, wie Licht Sehleistung ermöglicht und was diese stört. Ausführlicher informiert Heft 1 „Die Beleuchtung mit künstlichem Licht“ (siehe Seite 45) über die Grundlagen.

Beleuchtungsstärke

Die Beleuchtungsstärke (Kurzzeichen: E) hat großen Einfluss darauf, wie schnell, wie sicher und wie leicht die Sehaufgabe erfasst und ausgeführt wird. In der Maßeinheit Lux (lx) gibt sie den Lichtstrom an, der von einer Lichtquelle auf eine bestimmte Fläche trifft: Die Beleuchtungsstärke beträgt 1 Lux, wenn der Lichtstrom von 1 Lumen 1 Quadratmeter Fläche gleichmäßig ausleuchtet. Beispiel: Eine normale Kerzenflamme erzeugt im Abstand von 1 Meter zirka 1 Lux.

Gemessen wird die Beleuchtungsstärke auf horizontalen und vertikalen Flächen. Die gleichmäßige Verteilung der Helligkeit erleichtert die Sehaufgabe.

In Ausstellungsräumen wird die Höhe der Beleuchtungsstärke in vielen Fällen vor-

rangig von der Empfindlichkeit der Exponate bestimmt: Denn die Beleuchtungsstärke für gefährdete Ausstellungsstücke sollte möglichst gering sein. (Lichtschutz, siehe Seite 30).

Zweites Entscheidungskriterium ist die Gestaltungsabsicht. Erst an dritter Stelle folgt – ausnahmsweise – die Frage, wieviel Licht notwendig ist, um die Sehaufgabe erfüllen zu können. Aus allen drei Kriterien wird die Höhe der Beleuchtungsstärke als Konsens abgeleitet: Dabei muss klar sein, das Niveau darf nicht zu gering ausfallen.

Das gängige Beleuchtungsstärkeniveau in Ausstellungsräumen reicht im Mittel von 150 bis 250 Lux – je nachdem, ob wandbezogen beleuchtet wird, oder ob die Exponate im Raum stehen, mit höheren vertikalen oder mehr horizontalen Anteilen. Manchmal muss es aus konservatorischen Gründen dunkler sein, heller ist es häufig höchstens bei Tageslichteinfall.

Wird viel diffuses und weniger gerichtetes Licht eingesetzt, ist der Ausstellungsraum gleichmäßiger ausgeleuchtet. Ausschließlich auf Exponate gerichtetes Licht führt zu weitgehender Ungleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärken im Raum.



74

Leuchtdichte

Die Leuchtdichte (Kurzzeichen: L) als Maß für den Helligkeitseindruck, den das Auge von einer leuchtenden oder beleuchteten Fläche hat, wird gemessen in Candela pro Flächeneinheit (cd/m^2).

Die Sehleistung hängt wesentlich von der Leuchtdichte im Gesichtsfeld ab, weil diese den Adaptionszustand der Augen bestimmt. Mit steigender Adaptionsleuchtdichte erhöhen sich Sehschärfe, Kontrastempfindlichkeit und Leistungsfähigkeit der Augenfunktionen.

Für Sehaufgaben am Schreibtisch gilt, dass hellere Partien in der Gesichtsfeldmitte die Konzentration fördern. Übertragen auf die Situation in Ausstellungen bedeutet das: Die Exponate sollten prinzipiell eine höhere Leuchtdichte haben als ihr Umfeld. Erreicht wird dies unter anderem mit abgestuften Beleuchtungsstärken.

Der Sehkomfort leidet unter zu niedrigen Leuchtdichten oder bei fehlenden Leuchtdichteunterschieden (unattraktive Lichtatmosphäre), zu hohen Leuchtdichteunterschieden (Augen ermüden, weil sie ständig neu adaptieren müssen) und zu hohen punktuellen Leuchtdichten (Blendung).

Bild 74: Das diffuse Licht der Lichtdecke wird hier kombiniert mit gerichtetem Strahlerlicht.





75

Adaptation

Die Anpassung der Augen an unterschiedliche Helligkeiten übernehmen Sinnesrezeptoren auf der Netzhaut bei gleichzeitiger Veränderung der Pupillenöffnung. Die Anpassung von Dunkel nach Hell beträgt nur Sekunden, die vollständige Dunkeladaptation dauert Minuten.

Der jeweilige Adaptationszustand bestimmt die Sehleistung: Je mehr Licht zur Verfügung steht, umso schneller kann fehlerlose Sehleistung erbracht werden. Sehstörungen treten auf, wenn zu große Helligkeitsunterschiede in zu kurzer Zeit verarbeitet werden müssen.

Lampe

Ohne Lampe kein Licht: „Lampe“ bezeichnet die technische Ausführung einer künstlichen Lichtquelle wie Glühlampe, Leuchtstofflampe usw.

Leuchte

Der gesamte Beleuchtungskörper inklusive aller für Befestigung und Betrieb der Lampe notwendigen Komponenten ist die „Leuchte“. Sie schützt die Lampe, verteilt und lenkt deren Licht, verhindert, dass es blendet.

Bild 75: Im Raum ist es relativ dunkel, die höhere Beleuchtungsstärke am Objekt ermöglicht die Sehaufgabe. Generell sind geringe Beleuchtungsstärken manchmal notwendig, um die Exponate vor Licht zu schützen.



76

Bild 76: Das diffuse Licht von Lichtdecken wirkt nur, wenn es hell ist. Hier beträgt die Beleuchtungsstärke knapp 250 Lux.

Direktblendung, Reflexblendung

Leuchten, freistrahkende Lampen oder andere Flächen mit zu hoher Leuchtdichte – auch Fenster – erzeugen Direktblendung. Reflexblendung wird von Reflexen verursacht, die durch Spiegelungen auf glänzenden Oberflächen entstehen.

Blendung kann die Sehleistung derart stören, dass sicheres Wahrnehmen und Erkennen unmöglich werden. Die physiologische Blendung ist eine messbare Abnahme der Sehfunktion, beispielsweise der Sehschärfe. Psychologische Blendung löst Unbehagen und Konzentrationschwäche aus. Blendung kann generell nicht ausgeschlossen, aber deutlich begrenzt werden. Anerkannte Verfahren zur Blendungsbewertung gibt es für beide Arten der Blendung.

In Ausstellungsräumen kann Reflexblendung in begrenztem Maße als Gestaltungsmittel eingesetzt werden: zum Beispiel bei glänzenden Exponaten mit brillanter reflektierender Oberfläche, die mit gerichtetem Licht inszeniert werden, damit sie zur Geltung kommen.

Lichtrichtung und Schattigkeit

Form und Oberflächen im Raum sollen deutlich (Sehleistung) und auf angenehme Weise (Sehkomfort) erkennbar sein. Das erfordert ausgewogene Schatten mit weichen Rändern. Beeinflusst wird die Schattenbildung von der Lichtrichtung, die wiederum bestimmt

wird von der Verteilung der Leuchten und ihrer Anordnung im Raum. Die Gestaltung von „Licht und Schatten“ in Ausstellungsräumen ist in diesem Heft ab Seite 2 beschrieben.

Sehleistung und Sehkomfort werden außerdem beeinflusst von Lichtfarbe und Farbwiedergabeeigenschaft der eingesetzten Lampen. Beide Eigenschaften werden auf Seite 35 erläutert.



77



78

Bilder 77 bis 79: Für die Museumsbeleuchtung gelten besondere Maßstäbe. Das Licht muss mit 150 bis 250 Lux nicht sehr hell sein. Doch es sollte möglichst nicht blenden, weil Direkt- wie Reflexblendung die Sehaufgabe zu sehr stören.



Lichtstärke

Die Lichtstärke (Kurzzeichen: I) charakterisiert die Lichtausstrahlung von Reflektorlampen und Leuchten. Sie wird in Candela (cd) gemessen. Werden die Eckpunkte der Lichtstärken in den verschiedenen Ausstrahlungswinkeln in einem Diagramm verbunden, entsteht die Lichtstärke-Verteilungskurve (LVK).

Reflexionsgrad

Der Reflexionsgrad besagt, wieviel Prozent des auf eine Fläche fallenden Lichtstroms reflektiert werden. Helle Flächen haben einen hohen, dunkle Flächen einen niedrigen Reflexionsgrad. Das bedeutet auch: Je dunkler ein Raum ausgestattet ist, umso mehr Licht wird für den gleichen Helligkeitseindruck benötigt.

Sehaufgabe

Die Sehaufgabe wird bestimmt von den Hell-/ Dunkel- und Farbkontrasten sowie der Größe von Details. Je schwieriger die Sehaufgabe ist, desto höher muss das Beleuchtungsniveau sein, um die erforderliche Sehleistung zu erbringen.

Sehleistung

Die Sehleistung wird von der Sehschärfe der Augen, ihrer Unterschiedsempfindlichkeit für Hell- und Dunkelsehen sowie der Wahrnehmungsgeschwindigkeit bestimmt.

Ausbleichen, vergilben, nachdunkeln, verfärben, verspröden, verformen, verwölben, splittern, reißen, aufquellen, austrocknen, schrumpfen, sich auflösen – diese Aufzählung klingt nach äußerst destruktiven Einflüssen. Tatsächlich droht den Exponaten, die unter Tageslicht oder künstlichem Licht ausgestellt werden, meist nicht mehr als eine dieser Gefahren.

Optische Strahlung

Dennoch ist das Gefahrenpotenzial nicht zu unterschätzen. Es entsteht, weil einige Materialien die optische Strahlung – das sind die kurzwellige ultraviolette (UV) Strahlung (100 bis 380 nm = Nanometer), Licht (sichtbare Strahlung) mit 380 bis 780 nm Wellenlänge und langwellige infrarote (IR) Strahlung (780 nm bis 1 Millimeter) – nicht vertragen. Sie löst photochemische oder thermodynamische (physikalische) Prozesse aus. Tageslicht mit seinem hohen UV-Anteil und der Wärmestrahlung der Sonne ist immer kritisch.

Lichttechniker und andere Wissenschaftler haben diese Phänomene untersucht. Das Resultat ist neben Erfahrungswerten und auch daraus abgeleiteten Tipps für konservatorische Maßnahmen des Lichtschutzes ein umfangreiches Formelwerk, das die Schadenswirkung zwar berechenbar, für den Nicht-Lichttechniker aber nicht verständlicher macht. Auf Formeln, mathematische Zusammenhänge und Berechnungen soll deshalb an dieser Stelle verzichtet werden.

Wichtig zu wissen: Nicht die auf das Objekt auftreffende, sondern die absorbierte Strahlung ist maßgeblich für eine Schädigung. UV-Strahlung und kurzwelliges Licht wirken in der Regel schädigender als langwelliges Licht und IR-Strahlung.



80

Das heißt: Auch Strahlung im sichtbaren Bereich – also Licht – kann Schaden anrichten.

Photochemische Veränderungen

Vor allem organische Materialien sind anfällig für photochemische Veränderungen. Anorganisches Material ist viel seltener betroffen. Im Museum werden vor allem Farbveränderungen gefürchtet, also das Ausbleichen, Vergilben, Nachdunkeln von Farbpigmenten, Bindemitteln, Schlussüberzügen in der Aquarell- und Ölmalerei, bei Papier, Textilien und Holz.

Photochemische Veränderungen verlaufen langsam. Dabei sind Lichtschäden kumulativ, das heißt, kein Material vergisst eine Bestrahlung, ihre Stärke und Dauer.

Die wichtigsten Parameter, die zu photochemischen Prozessen beitragen, sind:

- **Bestrahlungsstärke** am Objekt. Die Bestrahlungsstärke hat das Kurzzeichen E_e und wird gemessen in W/m^2 .
- **Bestrahlungsdauer** ist die Zeit, in der ein Objekt der **Bestrahlung** ausgesetzt ist. Bestrahlung (H_e) wird als Produkt aus der Bestrahlungsstärke und der

Dauer dieser Einwirkung gebildet. Je höher die Bestrahlungsstärke ist und je länger die Bestrahlung andauert, umso höher ist das Gefahrenpotenzial.

■ Spektrale Strahlungsverteilung der Lichtquelle (Tageslicht oder Lampen)

Zu jeder Wellenlänge des Lichts gehört eine bestimmte Spektralfarbe. Weißes Licht setzt sich zusammen aus einer Vielzahl von Spektralfarben unterschiedlicher Intensität. Diese spektrale Strahlungsverteilung ist charakteristisch für den jeweiligen Lampentyp oder das Tageslicht. So dominieren bei Glühlampen die langwelligeren roten Spektralfarben und beim Tageslicht die kurzwelligeren blauen.

■ **Relative spektrale Objektempfindlichkeit** kennzeichnet die Abhängigkeit der Lichtempfindlichkeit eines Objekts von den Wellenlängen der Bezugsstrahlung.

■ Wirksame Schwellenbestrahlung

ist das Maß für die absolute Objektempfindlichkeit. Bei der ersten Bestrahlung beginnt die Veränderung lichtempfindlichen Materials – zunächst unsichtbar, später sichtbar. Die zahlenmäßige Bestimmung dieser Schwelle der beginnenden Sichtbarkeit ist der Maßstab zur Bewertung der Lichtempfindlichkeit.



81

Die Schwellenbestrahlungsdauer (also die Zeit bis zum Erreichen der Schwelle) wird für einzelne Materialarten unter Tageslicht oder dem Licht verschiedener Lampen ausgewiesen.

Die **wirksame Bestrahlung** wird mathematisch ermittelt aus den Werten für die optische Strahlung (spektrale Verteilung), für die Bestrahlung und für die relative Objektempfindlichkeit.

Außerdem spielen folgende Eigenschaften und Bedingungen bei photochemischen Prozessen eine Rolle:

- Spektrale Absorptionseigenschaften des Materials und seine spezifische Disposition für Sekundärreaktionen,
- Umgebungs- und Objekttemperatur,
- Feuchtigkeit im Objekt und in seiner Umgebung,
- Schadstoffe oder Staub, die sich auf dem Objekt abgelagert haben,
- Eigenschaften der verwendeten Farbstoffe und Pigmente.

Schädigungspotenzial

Die schädigende Bestrahlungsstärke und die Beleuchtungsstärke am Exponat stehen in einem festen Verhältnis zueinander. Dieses Verhältnis ergibt das Schädigungspotenzial. Es ist die entscheidende

Bilder 80 und 81: Die beiden Stoffproben wurden einer Stoffbahn entnommen. Das Stück Stoff von Bild 80 wurde überwiegend ohne Licht- und UV-Bestrahlung aufbewahrt, während die Stoffprobe von Bild 81 tagsüber überwiegend dem Sonnenlicht und damit UV-Strahlung ausgesetzt war.

Bild 82: Farbechtheit im Test – Versuchsaufbau der Lichttechnik an der Technischen Universität Berlin: Die bestrahlten Proben 1 und 3 sind Textilien, die anderen Aquarellfarben.



82

Größe zur Beschreibung des Schädigungsvermögens, das von einer Beleuchtungssituation mit bestimmten Lichtquellen und Filtern auf bestimmte Ausstellungsobjekte und Materialien ausgeht.

Vorbelichtung

Untersuchungen belegen, dass für die Auswahl der Beleuchtung eines Exponates auch dessen Vorbelichtung eine Rolle spielen kann: So schaden bereits kleine Dosen einer wirksamen Bestrahlung noch niemals ausgestellten, nicht vorbelichteten Objekten während älteres, vorbelichtetes und schon verändertes Material für denselben Schaden mit viel höheren Dosen bestrahlt werden müsste.

Viele molekulare Abbauprozesse verlangsamen sich stetig, kommen schließlich gar zum Stillstand. In diesen Fällen ist es möglich, die Lichtschutzmaßnahmen auf die Zeit der Vorbelichtung abzustimmen und zu verringern. Die Vorbelichtung lässt sich am besten ermitteln, wenn alle Zeiten (und Arten) der Bestrahlung dokumentiert sind. Um die Vorbelichtung mit Vergleichsmessungen feststellen zu können, müssen am Objekt unbelichtete Partien vorhanden sein.

Schutzmaßnahmen gegen photochemische Veränderungen

Wenn photochemische Prozesse erst gar nicht oder zumindest vermindert in Gang gesetzt werden sollen, bedeutet Lichtschutz die Verringerung der wirksamen Bestrahlung. Vor allem sollte die besonders schädliche kurzwellige, insbesondere die UV-Strahlung verringert oder gänzlich ausgeschlossen werden.

Dafür gibt es mehrere wirksame Maßnahmen:

- Wahl der geeigneten Lichtquelle: Sehr empfindliches Material sollte mit Licht beleuchtet werden, das wenig Schädigungspotenzial hat.
- Ausfiltern der schädigenden Strahlung: Sollen andere Lampen eingesetzt oder Strahlung völlig ausgeschlossen werden, kann die kurzwellige Strahlung herausgefiltert werden.

Halogenlampen für Netzspannung und Niedervolt gibt es zwar mit integriertem UV-Stopp, doch genügt dieser nicht den konservatorischen Anforderungen. Einziges Mittel der Wahl sind spezielle Filter.

- Begrenzung der Belichtung: Bei Dunkelheit sinkt die Gefährdung durch photochemische Veränderung auf Null.

Lichtschutz im Jahr 1905

Gegen die Lichteinwirkungen hat ein zoologisches Museum „... radikale Abhilfe getroffen, indem man das Schau-Museum an zwei Tagen jeder Woche für 2 Stunden öffnete; dann allerdings sei die Belichtung eine möglichst reichliche. Im übrigen verdeckte man die Fenster mit vollkommen lichtabschließenden Vorhängen, so daß die Dunkelheit einer photographischen Dunkelkammer herbeigeführt werde.“

Noch weiter ging eine völkerkundliche Ausstellung: „... besonders lichtempfindliche Objekte wie die außergewöhnlich kostbaren Federmäntel ... schützt man, indem man sie in Behältnissen aufbewahrt, die mit Vorhängen versehen sind, welche jeder Besucher zum Besichtigen ... der Gegenstände aufheben kann.“

Ausfiltern bis 420 nm

Glasfilter, Absorptionsfilter, dichroitische Filter, Kunststoffgläser oder -folien – die Auswahl ist groß, für jede Anwendung stehen geeignete Filter zur Verfügung. Mit ihnen kann die kurzwellige Strahlung bis 380 nm ausgefiltert werden. Eliminiert der Filter außerdem das kurzwellige Licht, beträgt die Grenzwellenlänge 420 nm. Werden weitere Wellenlängen ausgefiltert, verschiebt sich der spektrale Transmissionsgrad so weit, dass sich der Farbwiedergabe-Index stark verschlechtert.

Alternative zu Filtern am Lichtaustritt sind Vitrinenglas oder Bildverglasungen, die das UV-Licht herausfiltern. Wenn sie zusätzlich zu anderen Maßnahmen des Lichtschutzes eingesetzt werden, verbessern sie die konservatorischen Bedingungen jedoch nicht.

Begrenzte Bestrahlungsdauer

Exponate und Ausstellungsräume sollten möglichst nur für kurze Zeit beleuchtet werden. Außerhalb der Öffnungszeiten ist Dunkelheit das Beste; für die Reinigung (Putzlicht) oder für Aufbau-/Abbau- und Reparaturarbeiten ist eine separate, nicht schädigende Beleuchtung empfehlens-

wert, zumindest sollte die reine Präsentationsbeleuchtung dafür ausgeschaltet bleiben und die Allgemeinbeleuchtung gegebenenfalls gedimmt werden.

In vielen Fällen sind Anwesenheitssensoren ein geeignetes Mittel, um die Bestrahlung während der Öffnungszeiten zu begrenzen. Rechtzeitiges Dimmen gestaltet den Übergang Dunkel/Hell visuell angenehm. Das Ausschalten sollte mit reichlicher Zeitverzögerung programmiert werden.

Tageslicht

Zum Lichtschutz gehört, dass auch das Tageslicht in seiner Beleuchtungsstärke begrenzt wird. Für entsprechend empfindliche Exponate müssen auch die UV-Strahlung und das kurzwellige Licht ausgefiltert werden. Für die Bewertung der konservatorischen Eigenschaften des Tageslichts kommt in der Regel der mittlere Himmelszustand mit 6.500 K Farbtemperatur und seiner spezifischen spektralen Strahlungsverteilung infrage; mit dieser Normlichtart D65 kann auch das Schädigungspotenzial ermittelt werden.

Thermodynamische Prozesse

Von thermodynamischen Prozessen sind nahezu aus-

schließlich organische Materialien betroffen: Holz, Textilfasern, Pergament, Leder und andere. Die Wärmebelastung des Ausstellungsobjektes entsteht durch Absorption von Licht und IR-Strahlung. Die Erwärmung führt überwiegend zu Trocknungsprozessen. Beim Austrocknen verringern sich Zugfestigkeit, Elastizität und Volumen, unter der entstandenen mechanischen Spannung verformt sich zunächst die Oberfläche, häufig danach auch das gesamte Objekt.

Die physikalischen Veränderungen durch Wärmestrahlung sind gravierender bei gleichzeitig ablaufenden photochemischen Prozessen, die von der Wärme beschleunigt werden und in Wechselwirkung zu den thermodynamischen Prozessen treten. Auch wenn Temperatur und Feuchtigkeit wechseln, zum Beispiel durch das Ein- und Ausschalten von Lichtquellen, beschleunigt sich die physikalische Veränderung.

Anders als die molekulare Veränderung bei photochemischen Prozessen, die zum Stillstand kommen kann, wirkt die thermische Belastung durch Bestrahlung immer schädigend.

Die thermodynamische Wirkung der Strahlung am Objekt wird durch seine thermische Empfindlichkeit und

die spektrale Bestrahlungsstärke am Objekt bestimmt. Dabei ist vor allem die absorbierte Strahlung maßgebend. Für die thermische Belastung des Ausstellungsraums durch künstliche Beleuchtung ist das Produkt aus der Lichtausbeute der Lampen und dem Beleuchtungswirkungsgrad der Beleuchtungsanlage entscheidend.

Schutzmaßnahmen gegen thermodynamische Prozesse

Die Schutzmaßnahmen gegen Wärmebelastung korrespondieren mit denen gegen photochemische Prozesse. Die wirksamen Maßnahmen sind:

- Wahl der geeigneten Lichtquelle: Für wärmeempfindliche Materialien eignen sich nur Lampen, deren Licht wenig IR-Strahlung enthält. Bei Verwendung von Niedervolt-Halogenlampen sind Kaltlichtspiegel-Lampen die richtige Wahl. Keine IR-Strahlung ist im Lichtbündel von faseroptischen Beleuchtungssystemen und LEDs enthalten.
- Ausfiltern der schädigenden Strahlung mit IR-Filtern
- Begrenzung der Belichtung
- Ableitung der Wärme: Auch bei Lampen, deren Lichtstrom wenig Wärme enthält, kann sich die Leuchte und ihre unmittelbare Umgebung erwärmen. Das ist zum Beispiel in Vitrinen möglich. Damit diese sekundäre IR-Strahlung keine Schäden anrichtet, muss sie abgeleitet werden. Die Luftzirkulation kann gegebenenfalls mit Ventilatoren erhöht werden.
- Die IR-Strahlung des Tageslichts ist genauso schädlich wie die von Lampen. Direktes Sonnenlicht muss daher immer „ausgesperrt“ werden.

Licht-Pass

Exakte Aussagen über den Vorbelichtungsstatus eines Objekts sind nur möglich, wenn die Vorbelichtung in einem Licht-Pass dokumentiert ist. Zur Buchführung gehören Angaben über die Ausstellungsperioden sowie jeweils die Art der eingesetzten Lichtquelle, die Beleuchtungsstärke und die Bestrahlungsdauer.

Relative spektrale Empfindlichkeit

Gruppe	Materialproben	in %
empfindlich	Ölfarben auf Leinwand	100
sehr empfindlich	Textilproben	300
	Aquarellfarben auf Büttenpapier	485

Die relative spektrale Empfindlichkeit der hier aufgeführten Materialien bezieht sich auf die Schädigungswirkung bei Ölgemälden (Bezugswert: 100 Prozent). Aquarelle sind demnach mit 485 Prozent fast fünfmal stärker gefährdet als Ölgemälde. Die Beleuchtungsstärke auf dem Objekt beträgt 200 Lux – ein Kompromiss zwischen der für die Sehaufgabe notwendigen Helligkeit und den konservatorischen Anforderungen; sehr empfindliche Objekte sollten mit maximal 50 Lux beleuchtet werden.

Relatives Schädigungspotenzial von Lichtquellen

Lichtquelle	ohne	Kantenfilter			Fensterglas	
		Filterkante bei λ (nm)			einfach	doppelt
	380	400	420			
in Prozent						
Tageslicht	235	155	130	110	205	190
Allgebrauchs-Glühlampe	85	75	70	65	80	75
NV-Halogen-lampe	100	80	75	70	90	90
Halogen-Metaldampf-Hochdruck-lampe	220	175	145	110	210	210
Leuchtstoff-lampe neutralweiß	100	85	80	70	95	90
Leuchtstoff-lampe warmweiß	90	75	70	60	85	85
LED kaltweiß	80	80	80	75	80	80

Das relative Schädigungspotenzial des Tageslichts und der hier aufgeführten Lampen bezieht sich auf die Schädigungswirkung, die das ungefilterte Licht von Niedervolt-Halogenlampen hat (Bezugswert: 100 Prozent). Ein Objekt, das zum Beispiel 1.000 Stunden lang bei 200 Lux Beleuchtungsstärke dem Licht einer Halogen-Metaldampflampe mit einem Kantenfilter bei 380 nm (einfacher UV-Schutz) ausgesetzt ist, erfährt mit 180 Prozent eine fast doppelt so starke Schädigung wie durch eine ungefilterte Niedervolt-Halogenlampe.

Das bedeutet vice versa: Für denselben Grad der Schädigung kann das Objekt mit dem ungefilterten Licht einer Niedervolt-Halogenlampe fast doppelt so lange oder fast doppelt so stark beleuchtet werden wie mit dem gefilterten Licht der Halogen-Metaldampflampe.

Durch Alterung und Verschmutzung von Lampen, Leuchten und Raumoberflächen sinkt die Beleuchtungsstärke. Aus diesem Grund muss jede Beleuchtungsanlage regelmäßig gewartet werden. Die in den europäischen Beleuchtungsnormen wie DIN EN 12464-1 angegebenen Werte wie zum Beispiel die Höhe der Beleuchtungsstärke sind Wartungswerte. Das heißt, sie dürfen zu keiner Zeit unterschritten werden.

Höhere Neuwerte installieren

Um das angestrebte Beleuchtungsniveau über einen geeigneten Zeitraum sicherzustellen und die Beleuchtungsanlage länger ohne zusätzliche Wartungsarbeiten betreiben zu können, muss ein entsprechend höherer Neuwert installiert werden. Dieser wird mithilfe des Wartungsfaktors festgelegt.

Der Wartungsfaktor hängt ab von den Betriebsbedingungen sowie der Art der eingesetzten Lampen, Betriebsgeräte und Leuchten. Planer (und Betreiber) müssen den Wartungsfaktor dokumentieren und festlegen. Er ist Grundlage des Wartungsplans. Der Neuwert errechnet sich wie folgt: $\text{Neuwert} = \text{Wartungswert} / \text{Wartungsfaktor}$.

Mehr Wartung für Ausstellungsräume

Für Ausstellungsräume geben die Normen keinen definitiven Wartungsfaktor an. Dieser muss individuell ermittelt werden. Danach sollte der Wartungsplan erstellt werden. Insgesamt ist der Wartungsaufwand in Ausstellungsräumen etwas höher als in anderen Bereichen, weil er über die regelmäßige Reinigung hinausgeht:

- Die Anzahl verschiedener Leuchtentypen mit unterschiedlicher Bestückung, ihre Verstellbarkeit sowie die

Bild 83: Alle Beleuchtungsanlagen müssen regelmäßig gewartet werden, weil die Beleuchtungsstärke durch Alterung und Verschmutzung mit der Zeit sinkt.

Handhabung des Zubehörs wie Filter, Linsen usw. erhöhen den Wartungsaufwand per se.

- Bedienerfreundliche Leuchten, die unter anderem einfach fixierbar sind, und eine begrenzte Oberflächentemperatur haben, erleichtern die Wartung wiederum.

- Nach der Reinigung oder beim Wechsel einzelner Exponate ist darauf zu achten, die Leuchten wieder richtig auszurichten.

- Leuchten sollten möglichst nicht verbaut werden, auch nicht durch Aufbauten auf dem Boden. Denn schwere Erreichbarkeit erhöht den Wartungsaufwand erheblich.

- Muss eine Leuchte ersetzt werden, sollte die neue möglichst aus derselben Leuchtenfamilie stammen.

- Wenn einzelne Lampen ausgefallen sind, müssen diese sofort ersetzt werden. Dabei ist darauf zu achten, dass die neue Lampe dieselbe Lichtfarbe hat wie die anderen Lampen einer Leuchtengruppe. Von Zeit zu Zeit kann ein Gruppenwechsel der Lampen sinnvoll sein.

- Betriebsgeräte, die die Lebensdauer von Lampen erhöhen, wirken sich positiv auf den Wartungsaufwand aus. Für den Betrieb von Leuchtstoff- und Kompaktleuchtstofflampen sollten deshalb elektronische Vorschaltgeräte (EVG) eingesetzt werden.



83

Wirtschaftliches Licht

Die Beleuchtung selbst hat einen relativ geringen Anteil am gesamten Energieverbrauch. Trotzdem zählt jede Einsparung. Wer energie- und kostenbewusst beleuchten will, setzt

- auf langlebige Lampen mit hoher Lichtausbeute (Lumen/Watt-Wert),
- auf wirtschaftliche Betriebsgeräte wie elektronische Vorschaltgeräte (EVG) für Leuchtstofflampen,
- wirtschaftliche Leuchten mit guten optischen Eigenschaften und
- anwendungsgerechte Lichtstärkeverteilungen.

Außerdem sollte das Licht bedarfsgerecht sein. So wäre es zum Beispiel nicht richtig, auf gerichtetes Licht zu verzichten, nur weil die meisten dafür geeigneten Lampen eine geringere Lichtausbeute haben als Leuchtstofflampen. Über Einsparpotenziale informiert FGL-Heft 12 „Beleuchtungsqualität mit Elektronik“ (siehe Seite 45).

Notbeleuchtung

Für die meisten Räume im Museum ist eine netzunabhängige Notbeleuchtung vorgeschrieben. Beim Ausfall der Stromversorgung soll sie Besuchern und Personal das gefahrlose Verlassen des Gebäudes ermöglichen. Voraussetzung dafür ist die Sicherheitsbeleuchtung der Rettungswege und deren Kennzeichnung.

Errichtung, Betrieb und Wartung der Notbeleuchtung sind unter anderem geregelt in DIN EN 1838 und DIN 4844 für die lichttechnischen Anforderungen sowie in DIN VDE 0108 für die elektrotechnischen Vorgaben. Ausführlich informiert FGL-Heft 10 „Notbeleuchtung, Sicherheitsbeleuchtung“ (siehe Seite 45).

Lampen

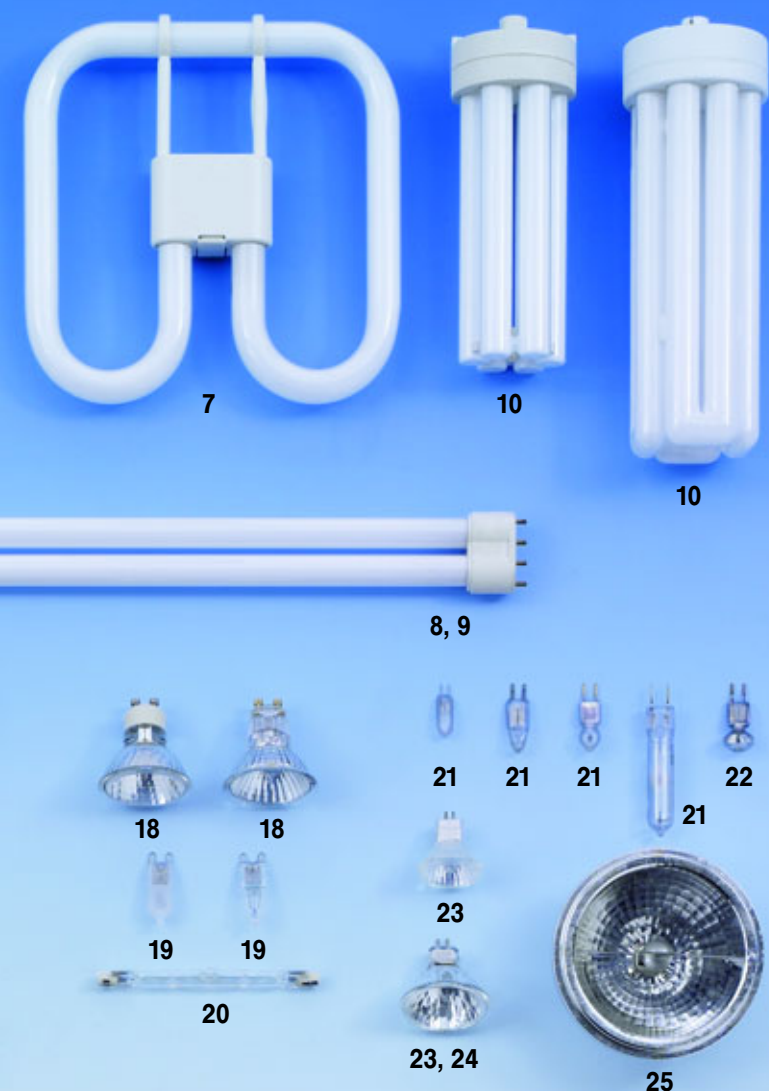


ww = Warmweiß
Farbtemperatur
unter 3.300 K

nw = Neutralweiß
Farbtemperatur
3.300 bis 5.300 K

tw = Tageslichtweiß
Farbtemperatur
über 5.300 K

Lampentyp		Dreibanden Ø 26 mm					"De Luxe" Ø 16 mm					1-, 2- oder 3-Rohrleuchte			4-Rohrleuchte und quadratische Bauform		Gestreckte Bauform		"De Luxe" gestreckte Bauform		3- oder 4-Rohrleuchte		Ringform	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12											
Merkmale	Lampentyp	Stabförmige Leuchtstofflampen					Kompaktleuchtstofflampen					Induktionslampen												
Lampenleistung (Watt)	von bis	18 58	18 58	14 35	24 80	24 54	5 70	16 38	18 80 ⁵⁾	18 55	60 120	70 150	55 ⁶⁾ 165 ⁶⁾											
Lichtstrom (Lumen) bzw. Lichtstärke (Candela)	von bis	1.350 5.200	870 4.600	1.100 3.300	1.650 6.150	1.300 3.550	250 5.200	1.050 2.800	1.200 6.000	750 3.650	4.000 9.000	6.500 12.000	3.650 12.000											
Lampen-Lichtausbeute (Lumen/Watt)	von bis	75 ¹⁾ 89 ¹⁾	61 ²⁾ 79 ²⁾	79 (93 ³⁾ 93 (104 ³⁾)	69 (84 ³⁾ 88 (99 ³⁾)	58 (67 ³⁾ 76 (79 ³⁾)	50 82	61 78	67 87	42 66	67 75	75 ⁶⁾ 79 ⁶⁾	66 ⁶⁾ 73 ⁶⁾											
Lichtfarbe	ww, nw, tw	ww, nw, tw	ww, nw, tw	ww, nw, tw	ww, nw, tw	ww, nw, tw	ww, nw, tw	ww, nw, tw	ww, nw, tw	ww, nw, tw	ww, nw, tw	ww, nw	ww, nw											
Farbwiedergabe-Index R _a (zum Teil als Bereich)		85	> 90	85	85	> 90	80-85	80-85	80-85	90	80-85	80-85	80-85											
Sockel		G13	G13	G5	G5	G5	G23, G24 2G7 GX24	2G10 GR8 GR10q	2G11	2G11	2G8-1	Spezial	Spezial											



Die Tabelle gibt eine Übersicht über die wichtigsten Lampentypen. Die Leistungsdaten sind als von/bis-Bereiche zusammengefasst. Genauere Werte für einzelne Lampen und weitere Daten, zum Beispiel zur Lampenlebensdauer, enthalten die Kataloge der Hersteller.

Die **elektrische Leistung** gibt an, wieviel Watt (W) von der Lampe aufgenommen wird. Für den Betrieb von Entladungslampen (Lampen 1 bis 15) sind Vorschaltgeräte erforderlich, die zusätzlich elektrische Energie verbrauchen. Diese Vorschaltgeräteverluste sind in der Tabelle nicht berücksichtigt (Ausnahmen: Lampen 11 und 12).

Der **Lichtstrom** in Lumen (lm) ist die in alle Richtungen abgestrahlte Lichtmenge einer Lampe. Für Reflektorlampen wird statt des Lichtstroms die **Lichtstärke** (siehe Seite 29) in Candela (cd) ausgewiesen. Wie wirtschaftlich eine Lampe (ohne Reflektor) Licht erzeugt, beschreibt ihre **Lichtausbeute** in Lumen/Watt. Je höher das Verhältnis lm/W, desto besser setzt eine Lampe die eingebrachte Energie in Licht um.

Lampen haben unterschiedliche **Lichtfarben**, entsprechend ihrer Farbtemperatur (in Kelvin, K): Warmweiß (ww), Neutralweiß (nw) oder Tageslichtweiß (tw). Zur Bewertung der Farbwiedergabeeigenschaften von Lampen dient der allgemeine **Farbwiedergabe-Index R_a** . Der Maximalwert beträgt $R_a = 100$. Je niedriger der Index, desto schlechter ist die Farbwiedergabe der Lampe.

Der **Sockel** stellt die mechanische Verbindung zur Leuchte her und dient der Stromversorgung der Lampe. Grundsätzlich zu unterscheiden sind Lampensockel zum Schrauben (alle E-Sockel) und zum Stecken.

Kolbenform		Einseitig gesockelt (Keramiktechnik)		Zweiseitig gesockelt (Keramiktechnik)		Stecksockel, stark farbverbessert		Mit Hüllkolben		Mit Alu-Reflektor		Mit Alu- oder Kaltlichtreflektor		Ohne Hüllkolben		Zweiseitig gesockelt		Stiftsockel ohne/mit IR-Beschichtung		Stiftsockel, mit Reflektor		Mit Alu- oder Kaltlichtreflektor		Mit Alu- oder Kaltlicht- reflektor, IP-Beschichtung		Mit Alurefektor, Ø 111 mm, ohne/mit IR-Beschichtung	
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25															
Halogen-Metall- dampflampen		Na-Hoch- druck	Halogenlampen (230 V)						Niedervolt-Halogenlampen (12 V)																		
20 250	70 250	35 100	25 230	40 100	20 75	25 75	60 2.000	5 100	10 50	10 50	20 50	35 100															
1.600 25.000	5.100 25.000	1.300 5.000	260 4.350	850 8.500	160 3.000	260 1.100	840 44.000	60 2.200	250 1.400	300 13.000	450 16.000	1.400 48.000															
80 100	73 100	39 52	10 19	—	—	10 15	14 22	12 27	—	—	—	—															
ww, nw	ww, nw	ww	ww	ww	ww	ww	ww	ww	ww	ww	ww	ww	ww														
80–85	75–95	80–85	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100															
G12, G22 GU6,5/G8,5 PGJ5	Fc2 RX7s	PG12-1	E14 E27	E14 E27	GU10 GZ10	G9	R7s	G4 GY6,35 G8,5	G4 GY6,35	G4 GU5,3	GU5,3	G53															

1) Bei Betrieb mit EVG steigt die Lichtausbeute auf 81 bis 100 lm/W.

2) Bei Betrieb mit EVG steigt die Lichtausbeute auf 66 bis 88 lm/W.

zu 1 + 2)
Die Leistungsaufnahme sinkt jeweils von 18 W auf 16 W, von 36 W auf 32 W und von 58 W auf 50 W.

3) Hoher Wert nur bei 35° C Umgebungstemperatur realisierbar.

4) Betrieb nur mit EVG

5) 40 W, 55 W und 80 W nur mit EVG

6) System / Lampe + EVG

1) Bei Betrieb mit EVG steigt die Lichtausbeute auf 81 bis 100 lm/W.

2) Bei Betrieb mit EVG steigt die Lichtausbeute auf 66 bis 88 lm/W.

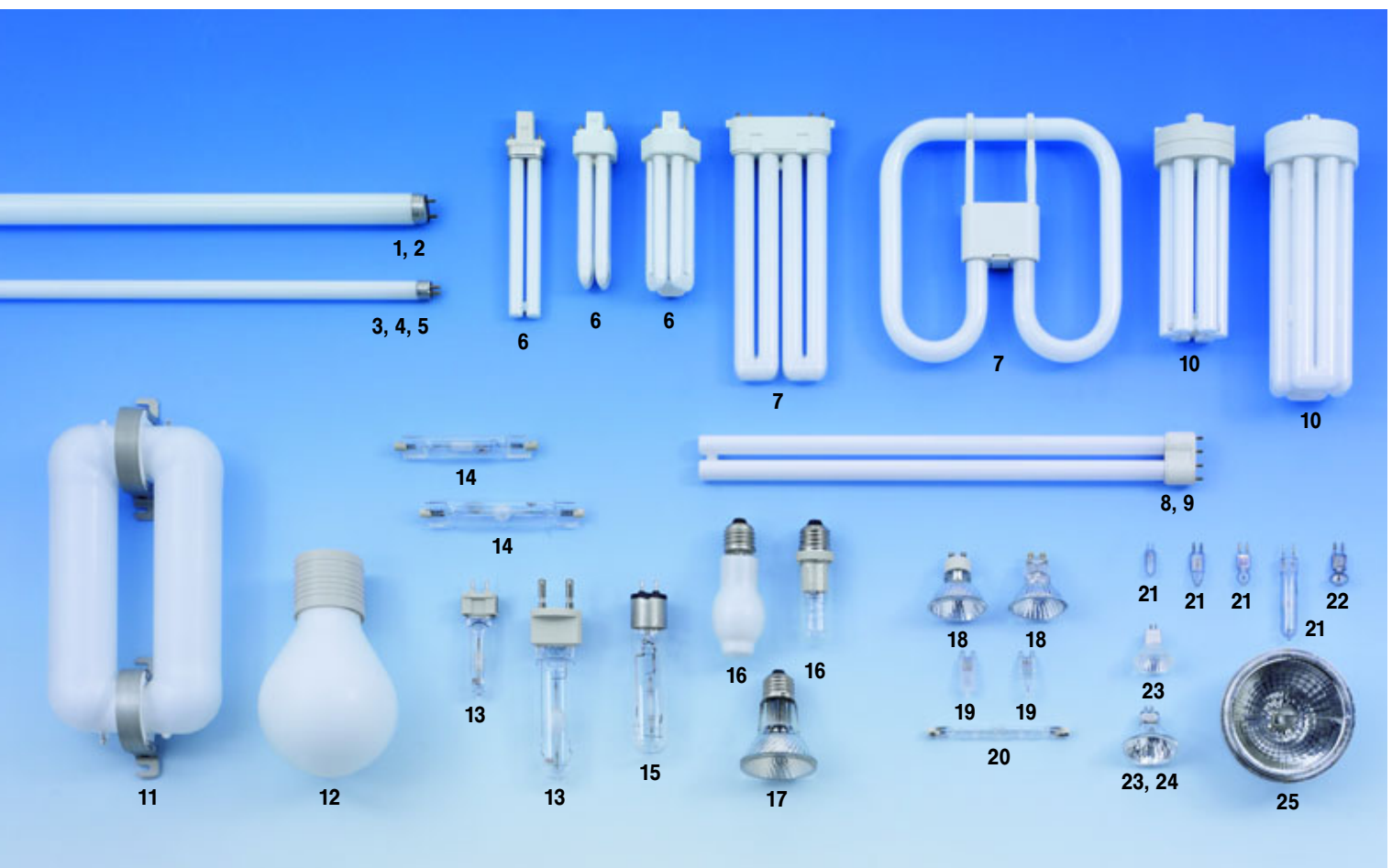
zu 1+2)
Die Leistungsaufnahme sinkt jeweils von 18 W auf 16 W, von 36 W auf 32 W und von 58 W auf 50 W.

3) Hoher Wert nur bei 35° C Umgebungstemperatur realisierbar

4) Betrieb nur mit EVG

5) 40 W, 55 W und 80 W nur mit EVG

6) System (Lampe + EVG)



84

Stabförmige **Dreibanden-Leuchtstofflampen** mit 26 mm **(1)** oder 16 mm **(3, 4)** Durchmesser sind sehr langlebig und haben generell eine hohe Lichtausbeute. Sie arbeiten noch energieeffizienter, wenn sie an elektronischen Vorschaltgeräten (EVG) betrieben werden; Ø 16 mm-Lampen setzen den EVG-Betrieb voraus. Warmstart-EVG erhöhen die Lebensdauer dieser Lampen.

Dreibanden-Leuchtstofflampen gibt es in allen Lichtfarben. Die Farbwiedergabe ist gut (R_a -Index 85): Lampen mit dem Namenszusatz „de Luxe“ **(2, 5)** haben sehr gute Farbwiedergabeeigenschaften (R_a -Index > 90), spezielle tageslichtweiße Ausführungen erreichen den R_a -Index 98. Die Lichtausbeute der „de Luxe“-Lampen ist jedoch etwas geringer. Wenn sie an entsprechende EVG

angeschlossen sind, können Leuchtstofflampen gedimmt werden.

Stabförmige Leuchtstofflampen bestimmen die langgestreckte Bauform der Leuchte, **Kompaktleuchtstofflampen** eignen sich auch für kleinere rechteckige und runde Leuchten. Zu den kleineren Bauformen **(6)** gesellen sich 4-Rohr-Lampen und quadratische Ausführungen **(7)**, Lampen gestreckter Bauform **(8, 9)** und als Neuentwicklung Lampen mit hohem Lichtstrom **(10)**.

Kompaktleuchtstofflampen haben dieselben positiven Eigenschaften wie die stabförmige Dreibanden-Leuchtstofflampe: (sehr) lange Lebensdauer, hohe Lichtausbeute, gute bis – bei „de Luxe“-Ausführungen – sehr gute Farbwiedergabeeigenschaften, Auswahl unter allen Lichtfarben.

Lampen für den energieeffizienten Betrieb an EVG haben 4-Stift-Sockel, fast alle können an dimmbaren EVG betrieben werden.

Weil sie keine verschleißenden Komponenten wie Glühwendeln oder Elektroden haben, sind **Induktionslampen (11, 12)** mit bis zu 60.000 Betriebsstunden äußerst langlebig. Sie müssen deshalb selten gewechselt werden, eignen sich daher besonders gut für hohe Räume und schwer zugängliche Decken, zum Beispiel über Rolltreppen. Ihr Licht erzeugen diese Lampen durch die elektromagnetische Induktion einer Gasentladung.

Halogen-Metall dampflampen (13, 14) sind lichtstarke und wirtschaftliche Lichtquellen. Sie vereinen eine sehr kompakte Bauform, die optimale Licht-

Bild 84: Dies sind die wichtigsten Lampentypen für die Beleuchtung von Museen, Galerien und Ausstellungen. Ihre Leistungsdaten fasst die Tabelle auf den Seiten 34/35 direkt vor dieser Doppelseite zusammen.

lenkung ermöglicht, mit hoher Lichtausbeute, (sehr) guter Farbwiedergabe und langer Lebensdauer. Die ein- oder zweiseitig gesockelten Lampen gibt es mit den Lichtfarben Warmweiß und Neutralweiß, fast alle haben UV-absorbierende Kolben.

Natriumdampf-Hochdrucklampen (15) zeichnen sich generell durch besonders warmweißes Licht ohne UV-Anteil und eine sehr hohe Lichtausbeute aus. Für die Innenraumbeleuchtung eignet sich ausschließlich die Ausführung „stark farbverbessert“ mit dem Farbwiedergabe-Index

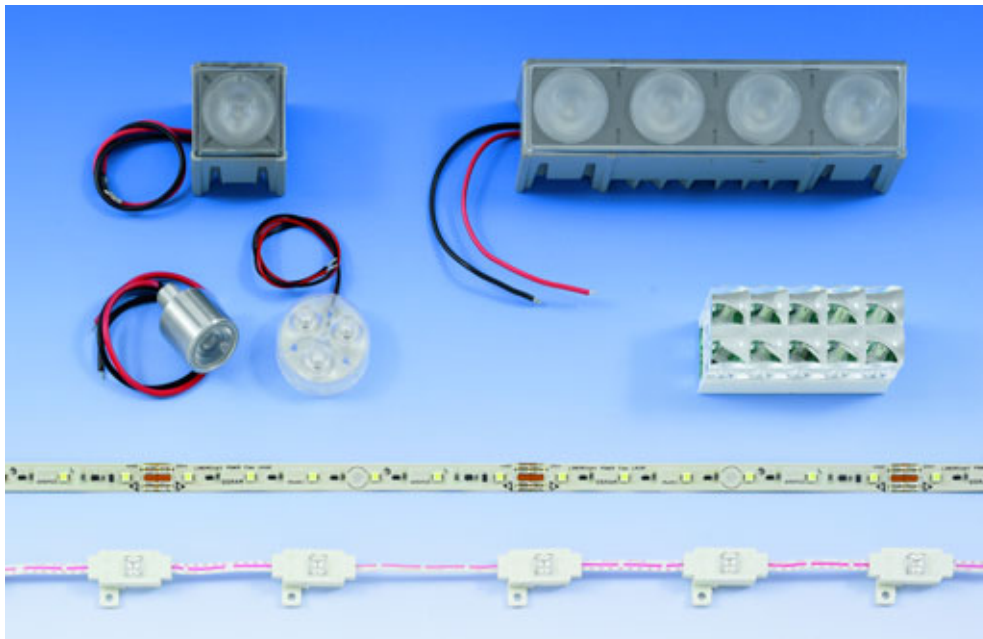


Bild 85: Bei den Leuchtdioden (LEDs) findet die Lichterzeugung in einem Halbleiter statt, der elektrisch zum Leuchten angeregt wird (Elektrolumineszenz). Zum Schutz vor Umwelteinflüssen wird der Halbleiter in ein Gehäuse eingebracht. Es gibt Einzel-LEDs und – wie hier im Bild – LED-Module. Basis der Module ist eine Leiterplatte, die außer den Halbleiterkristallen oder Einzel-LEDs auch alle anderen Komponenten – unter anderem zur Ansteuerung der LEDs – trägt.

85

R_a 80–85, die jedoch eine geringere Lichtausbeute hat als andere Natriumdampf-Hochdrucklampen.

Angenehm frisches, warmweißes und außergewöhnlich brillantes Licht kennzeichnet **Halogenlampen (16–25)**. Sie haben eine höhere Lichtausbeute als Allgebrauchsglühlampen und eine längere Lebensdauer. Dabei bleibt über die gesamte Zeit der Lichtstrom konstant – ein Ergebnis des Halogen-Kreisprozesses: Die Halogene im Füllgas der Lampe transportieren von der Glühwendel verdampfte Wolframteilchen wieder zurück an die heiße Wendel, Wolfram und Halogene stehen erneut für den Kreisprozess zu Verfügung. So bleibt der Glaskolben frei von Schwärzungen durch Niederschlag von Wolfram, der Lichtstrom wird nicht reduziert.

Es gibt die ein- oder zweiseitig gesockelten Halogenlampen in zahlreichen Bauformen und Leistungsstufen. Grundsätzlich zu unterscheiden sind Lampen für Netzspannung 230 Volt **(16–20)** – sie werden auch als Hochvolt-Halogenlampen bezeichnet – und Niedervolt-Halogenlampen

(21–25) – überwiegend 12 Volt, auch 6 oder 24 Volt –, die mit vorgeschaltetem konventionellen oder elektronischen Transformator betrieben werden müssen. 230 Volt-Lampen sind uneingeschränkt dimmbar. Das Dimmen von Niedervolt-Lampen erfordert entsprechende Dimmer/Trafo-Kombinationen.

Eine spezielle IR-Beschichtung des Lampenkolbens kann den Energieverbrauch der Halogenlampen bei gleichem Lichtstrom um bis zu 45 Prozent senken. Die Beschichtung – sie wird eingesetzt in zweiseitig gesockelten 230-Volt-Lampen **(20)** und in Niedervolt-Lampen **(21, 24, 25)** – reflektiert die von der Glühwendel abgegebene Wärmestrahlung zum großen Teil wieder auf die Wendel.

Bei 230-Volt- und bei Niedervolt-Lampen gibt es Ausführungen mit Kaltlichtreflektor. Sie haben einen facettierten Reflektor, der als Kaltlichtspiegel ausgeführt ist: Dieser verringert die Wärmeabstrahlung im Lichtbündel um zwei Drittel. Die „ausgefilterte“ Wärme wird durch den Reflektor nach hinten abgeleitet.

Licht emittierende Dioden (LEDs), wie sie Bild 85 zeigt, sind als Lichtquellen für Beleuchtungszwecke noch nicht lange im Einsatz. Als sehr kleine Lichtquellen erzeugen sie das Licht sehr effizient. Außerdem haben sie eine äußerst lange Lebensdauer (bis zu 50.000 Betriebsstunden). Bei den Leuchtdioden findet die Lichterzeugung in einem Halbleiter statt, der elektrisch zum Leuchten angeregt wird (Elektrolumineszenz). Zum Schutz vor Umwelteinflüssen wird der Halbleiter in ein Gehäuse eingebracht. Es gibt Einzel-LEDs und LED-Module.

LEDs erzeugen im Gegensatz zu herkömmlichen Leuchtmitteln monochrome Farben. Weißes Licht wird mittels Lumineszenzkonversion erzeugt: Das Licht einer monochrom blauen LED wird durch einen Konverterstoff wie zum Beispiel Phosphor geleitet.

Das Licht von LEDs enthält keine ultraviolette (UV) und infrarote (IR) Strahlung. Sie können deshalb gut für die Beleuchtung licht- und wärmeempfindlicher Ausstellungsstücke eingesetzt werden.

Die Lichtquelle LED begann ihre Karriere als Status- und Signalanzeige in elektrischen Geräten und im Auto. Mit der Entwicklung neuer farbiger LEDs eroberten die Leuchtdioden schnell Effekt- und Displaybeleuchtung, hatten bald auch einen festen Platz in der Orientierungsbeleuchtung. In ersten Schreibtisch- und Stehleuchten stellen weiße LEDs bereits „Licht zum Sehen“ zur Verfügung.

Die Helligkeit von LED-Licht kann verändert werden: Wenn der Betriebsstrom variiert, verändert sich der abgegebene Lichtstrom proportional. Diese Funktion entspricht im Ergebnis dem Dimmen; sie wird vor allem für Effekte genutzt.

Weitergehende Informationen gibt FGL-Heft 17 „LED – Licht aus der Leuchtdiode“, siehe Seite 45.

Leuchten

Der gesamte Beleuchtungskörper inklusive aller für Befestigung, Betrieb und Schutz der Lampe notwendigen Komponenten ist die „Leuchte“. Sie schützt die Lampe, verteilt und lenkt deren Licht, verhindert, dass es blendet.

Die schematisierten, nicht maßstabsgerechten Darstellungen dieser Doppelseite zeigen eine Auswahl typischer Innen- (Abb. 17 bis 40) und Außenleuchten (Abb. 41 und 44). Auf der folgenden Doppelseite wird eine Strahler-Typologie gezeigt und Zubehör vorgestellt.

Auswahlkriterien

Lichttechnische Qualität, Wirtschaftlichkeit, Sicherheit sowie Montage- und Bedienerfreundlichkeit sind wichtige Aspekte der Leuchtenkonstruktion. Das Design technischer Qualitätsleuchten – also Gehäuseform, Oberflächengestalt und Farbgebung – steht ihrer Funktionalität in nichts nach.

Betriebssicherheit und Normenkonformität von Leuchten dokumentieren das VDE-Zeichen und das gleichwertige europäische Prüfzeichen ENEC. Beide vergibt das Offenbacher Institut des Verbandes der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (früher: Verband Deutscher Elektrotechniker), das ENEC-Zeichen mit dem Identifikationszusatz „10“.

Die Leuchtauswahl ist auch abhängig von der Wahl der Lampen. Die Entscheidung wird außerdem wesentlich bestimmt von der Architektur des Raumes, seiner Einrichtung und der gestalterischen Konzeption.



Abb. 21 + 22

Einbau-Wandfluter mit asymmetrischer Lichtverteilung, der rechte mit einem „Kickspiegel“ zur Lichtlenkung auch auf die Deckenkante



Abb. 23 + 24

Lichtdecke

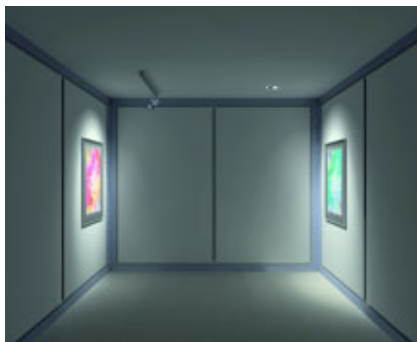


Abb. 17 + 18

Strahler für Stromschienen (links) und schwenkbares Einbau-Downlight mit Strahlercharakteristik (rechts); Stromschienen eignen sich auch für den Deckeneinbau.



Abb. 25 + 26

Voutenleuchte, deren Leuchtenkörper die Voute bildet (links), und Licht aus bauseitiger Voute (rechts)

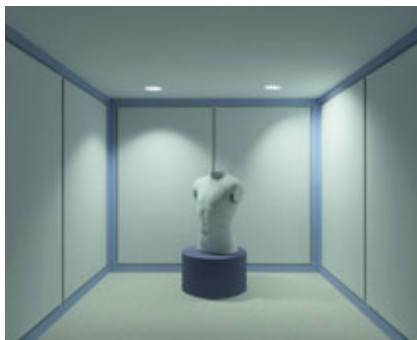


Abb. 19 + 20

Downlights mit symmetrischer Lichtverteilung (links) und mit asymmetrischer Lichtverteilung (rechts)



Abb. 27 + 28

Lichtkanäle mit klarer (links) und opaler (rechts) Abdeckung



Abb. 29 + 30

Indirektleuchte mit Leuchtstofflampen für Stromschienen, betrieben in der deckenseitigen Führung an einer Stromschienenphase

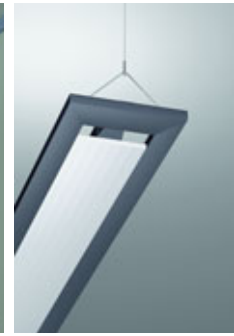


Abb. 37 + 38

Licht zum Arbeiten: Pendelleuchte für stabförmige Leuchtstofflampen mit direkt/indirekter Lichtverteilung

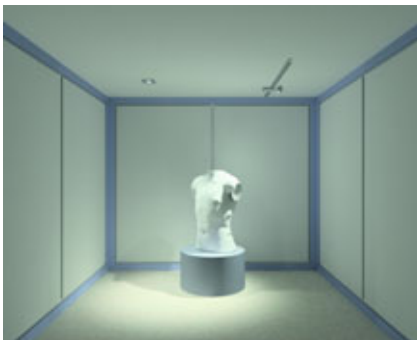


Abb. 31 + 32

Kardanisch verstellbare Strahler als Einbau-Downlight mit Strahlercharakteristik (links) und als Stromschienenstrahler (rechts); Stromschienen eignen sich auch für den Deckeneinbau



Abb. 39 + 40

Rettungszeichenleuchte

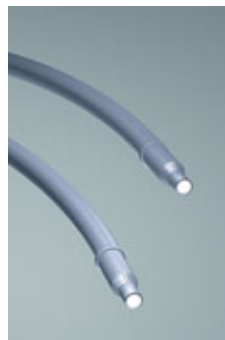
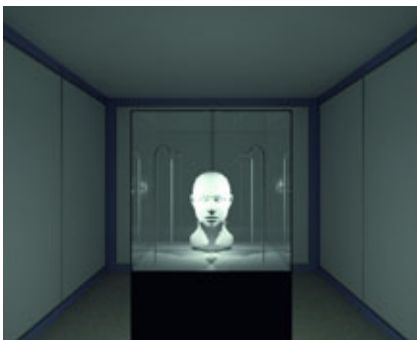


Abb. 33 + 34

Faseroptisches Beleuchtungssystem für Vitrinen: Die Lichtleiter sind durch gebogene Rohre geführt. Ein optisches Anschlussstück am Faser- bzw. Rohrende verteilt das Licht.

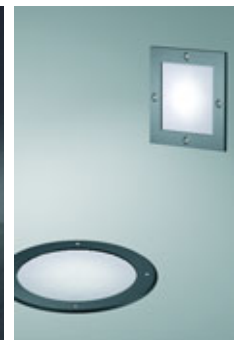
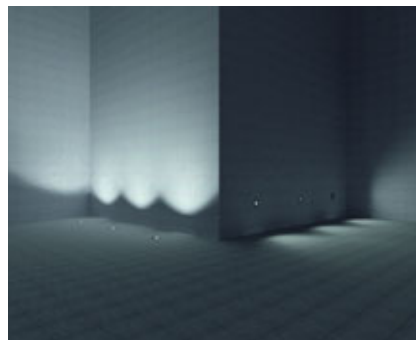


Abb. 41 + 42

Erdeinbauscheinwerfer (links) für Anstrahlungen und akzentuiertes Licht sowie Orientierungsleuchten zum Wandeinbau (rechts)

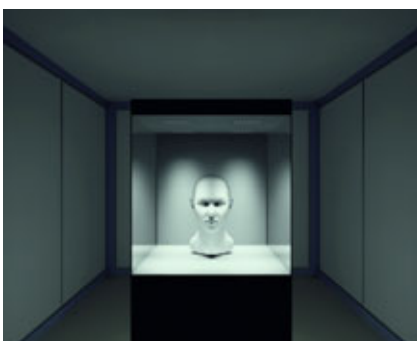


Abb. 35 + 36

LED-Miniaturleuchte, hier eingesetzt zur Vitrinenbeleuchtung und dafür installiert im oberen Vitrinenabschluss

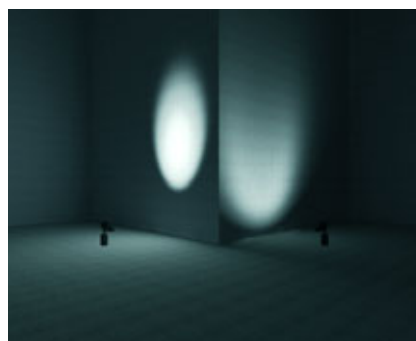


Abb. 43 + 44

Scheinwerfer für Anstrahlungen mit Reflektoren für die Lichtverteilungen Spot (links) und Flood (rechts)

Für die Objektbeleuchtung in Museen, Galerien und Ausstellungen sind Strahler und Leuchten mit Strahlercharakteristik von zentraler Bedeutung. Die technisch einfachste Form eines Strahlers kommt ohne Reflektor aus, weil dieser in der Lampe integriert ist. In allen anderen Fällen steuert ein Reflektor im Strahlergehäuse den Hauptstrahl. Die lichttechnische Qualität eines Strahlers oder einer Leuchte mit Strahlercharakteristik hängt unmittelbar zusammen mit der Minimierung des Streulichtanteils, da dieser in größeren Entfernungen unerwünschte Aufhellungen oder sogar Blendung verursachen kann.

Typografie der Strahler

Die Abbildungen 45, 47, 49 und 51 zeigen die fünf wichtigsten Strahlertypen und ihre Ausstrahlungscharakteristik, die Abbildungen 46, 48, 50 und 52 die entsprechenden Lichtstärkeverteilungskurven. Die Grenzen zwischen diesen generischen Gruppen sind jedoch fließend, weil sich in Abhängigkeit von den unterschiedlichen Reflektoren und den eingesetzten Lampen Überschneidungen ergeben.

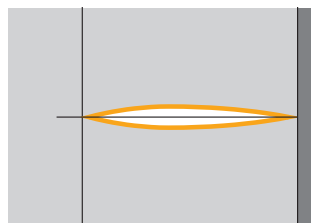
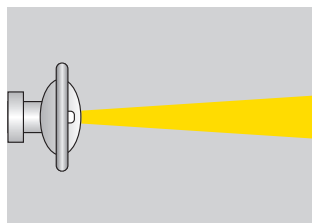


Abb. 45 + 46

Punktstrahler 8° mit Glühfadenblende, die verhindert, dass der Glühfaden außerhalb des Öffnungswinkels sichtbar ist: symmetrischer, extrem engstrahlender Spot bis maximal 8° mit sehr hoher Lichtstärke; Bestückung: Niedervolt-Halogenlampe Ø 111 mm

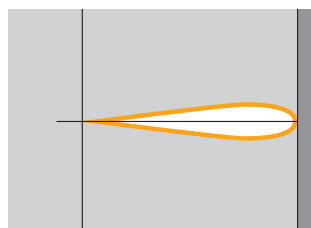
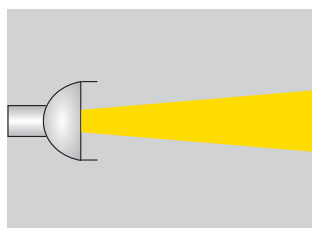


Abb. 47 + 48

Punktstrahler 12° bis 24° mit Lampenblende, die Streulicht und Blendung außerhalb des Öffnungswinkels verhindert: symmetrischer, engstrahlender Spot, in Relation zu dem 8°-Punktstrahler mit halbiertem Lichtstärke; Bestückung: Niedervolt-Halogenlampe Ø 111 mm oder andere Niedervoltlampen, auch mit Kaltlichtreflektor

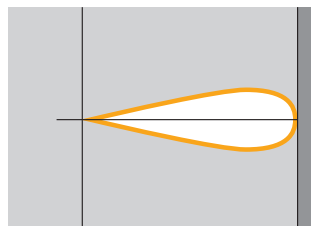
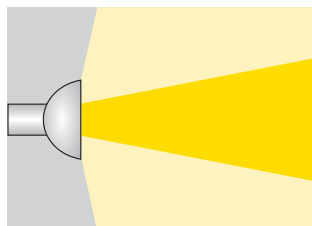


Abb. 49 + 50

Akzentstrahler 24° bis 38°: symmetrischer Strahler, im Vergleich zu den Spot-Strahlern mit weniger klar definierter Lichtwirkung, mit zunehmend weichen Konturen aufgrund des Nebenlichtanteils, Lichtstrahl selbst mit dennoch tendenziell hartem Zentrum; Bestückung: diverse Niedervolt-Halogenlampen

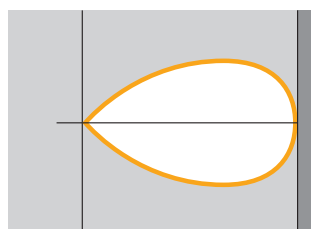
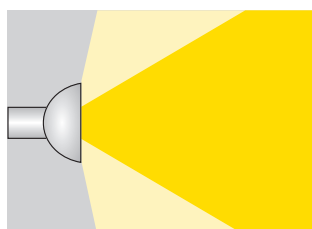


Abb. 51 + 52

Breitstrahler 60°: symmetrischer, sehr breiter Lichtstrahl mit sehr weichen Konturen und einem weichen Zentrum, schon fast flutendes Licht; Bestückung: diverse Niedervolt-Halogenlampen

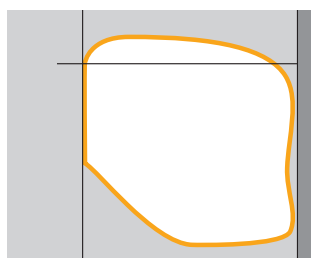
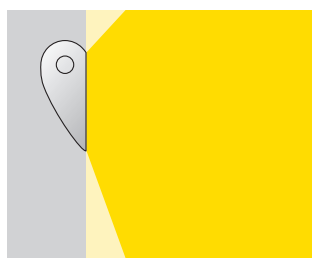


Abb. 53 + 54

Fluter mit breiter, rechteckiger Ausstrahlung: rechteckiges Gehäuse mit schaufelförmigen Reflektoren für stabförmige Lampen, sehr breit strahlend für gleichmäßige vertikale Ausleuchtungen; Bestückung: stabförmige Leuchtstofflampen

Zubehör für Strahler

Für Strahler gibt es zahlreiches Zubehör. Vorsätze, Linsen und Filter sind vielfach aus der Welt des Theaters entlehnt, ihre wichtigsten Einsatzgebiete sind außer Ausstellungsräumen Schaufenster und Verkaufsräume. Das Zubehör wird mithilfe entsprechender Installationsvorrichtungen direkt am Strahler vor der Lichtaustrittsöffnung angebracht.

Vorsätze

Die wichtigsten Vorsätze sind solche für den Blendschutz. Sie verhindern Streulicht und blenden den Lichtaustritt ab: Abblendzylinder oder Barn Doors. Auch Wabenraster dienen dem Blendschutz. Weitere Vorsätze sind Kreuzraster, Konturenschieber, Globohalter und andere Projektionsvorsätze. Auch Vorsatzringe – zum Beispiel mit Filtern –, die aufgeschraubt oder -gesteckt werden – gehören in diese Gruppe.

Linsen

Zu den gebräuchlichsten Linsen zählen Streuscheiben sowie Flood- und Skulpturenlinen. Sie verändern die Ausstrahlungscharakteristik des Lichts. Fresnellinsen (Stufenlinsen) gestatten verstellbare Ausstrahlungswinkel; für die Ausrichtung zur Lampe gibt es Fokussiereinrichtungen.

Filter

Die wichtigsten Filter für Ausstellungen sind Lichtschutz-Filter („Lichtschutz“, siehe Seite 30) wie UV-Sperrfilter, IR-Absorber oder Kombinationen daraus. Außerdem gibt es Farbfilter; in Ausstellungen werden – wenn überhaupt – Filter zur dezenten Farbveränderung eingesetzt. Filtermagazine oder -kassetten stellen mehrere Filter bereit.



Abblendzylinder

86



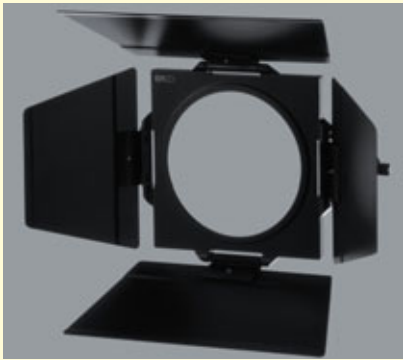
Gobohalter

90



UV-IR-Filter

94



Barn Doors (Entblendungsklappen)

87



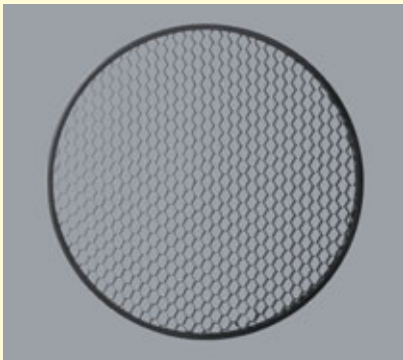
Projektionsvorsatz

91



Daylight-Konversionsfilter

95



Wabenraster

88



Floodlinse

92



Skintone-Filter

96



Kreuzraster

89



Skulpturenlinse

93



Filterkassette

97

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

DIN EN 1838 Angewandte Lichttechnik – Notbeleuchtung

DIN 4844 Graphische Symbole – Sicherheitsfarben und Sicherheitszeichen, Teile 1–3

DIN VDE 0108-100 Sicherheitsbeleuchtungsanlagen

Handbuch der Lichtplanung, Rüdiger Ganslandt und Harald Hofmann, Lüdenscheid und Braunschweig/Wiesbaden 1992 (Download auf www.erco.de)

Museumsbeleuchtung: Strahlung und ihr Schädigungspotenzial – Konservatorische Maßnahmen, Grundlagen zur Berechnung, Sonderveröffentlichung der Fördergemeinschaft Gutes Licht (FGL), Frankfurt am Main 2006 (Download auf www.licht.de)

Control of damage to museum objects by optical radiation, CIE-Publikation 157, Wien 2004 (www.cie.co.at/cie)

Sammlungsgut in Sicherheit, Günter S. Hilbert (Hrsg.), Berlin 2002 (3. Auflage)

Zur Beleuchtung musealer Exponate, Günter S. Hilbert, Sirri Aydinli und Jürgen Krochmann, Fachzeitschrift für Kunsttechniken, Restaurierung und Museumsfragen „Restauro“, München 1991 (5), Seiten 313–321



98



99



100

Bilder 98 bis 100: In Deutschland gibt es über 6.000 Museen. Mit Ausstellungen aus den Bereichen Kunst, Wissenschaft, Technik, Geschichte, Kulturgeschichte und Persönlichkeiten der Geschichte erreichen sie jedes Jahr über 100 Millionen Menschen. Sie alle zeigen unterschiedliche Ausstellungsstücke, unterscheiden sich entsprechend in der Art der Ausstellung. Allen gemeinsam jedoch ist der Wunsch nach publikumswirksamer Präsentation. Dabei spielt das Licht eine wichtige Rolle: Es schafft visuelle Erlebnisse, es wirkt als modulierender und akzentuierender Erlebnissfaktor, es trägt wesentlich zum Erfolg jeder Ausstellung bei.

Bildnachweis

Bilder

Titel, 1 bis 79, 83, 86 bis 109 – alle zur Verfügung gestellt von Mitgliedsunternehmen der Fördergemeinschaft Gutes Licht (FGL)

Zusatzinformationen zu den Bildern
26 Chris Korner, Marbach
38 Jürgen Tauchert, Wuppertal
44 JARO Medien, Mönchengladbach
80, 81 Andreas Kelm, Darmstadt
82 Fachgebiet Lichttechnik an der TU Berlin
84, 85 Blitzwerk, Mühlthal

Abbildungen

Abb. 1 Designergruppe Schloss+Hof, Ute Marquardt, Wiesbaden
Abb. 2 bis 5, 8 bis 15, 45 bis 54 Kugelstadt MedienDesign, Darmstadt
Abb. 6, 7 FGL-Mitgliedsunternehmen
Abb. 16 bis 44 JARO Medien, Mönchengladbach

Bildnummern Rücktitel:

101	102	103
104	105	106
107	108	109

Bestellung

Bitte liefern Sie ohne weitere Nebenkosten die bezeichneten Hefte (E = available in English as pdf-file, download free of charge at www.all-about-light.org):			Stück
Hefte-Nr./Titel			
1 Die Beleuchtung mit künstlichem Licht (7/04)	E		€ 9,-
2 Gutes Licht für Schulen und Bildungsstätten (7/03)	E		€ 9,-
3 Gutes Licht für Sicherheit auf Straßen, Wegen, Plätzen (Neuaufgabe 4/07)	E		€ 9,-
4 Gutes Licht für Büros und Verwaltungsgebäude (1/03)	E		€ 9,-
5 Gutes Licht für Handwerk und Industrie (4/99)			€ 9,-
6 Gutes Licht für Verkauf und Präsentation (2/02)	E		€ 9,-
7 Gutes Licht im Gesundheitswesen (4/04)	E		€ 9,-
8 Gutes Licht für Sport und Freizeit (9/01)	E		€ 9,-
9 Repräsentative Lichtgestaltung (8/97)			€ 9,-
10 Notbeleuchtung, Sicherheitsbeleuchtung (4/00)			€ 9,-
11 Gutes Licht für Hotellerie und Gastronomie (1/05)	E		€ 9,-
12 Beleuchtungsqualität mit Elektronik (5/03)	E		€ 9,-
14 Ideen für Gutes Licht zum Wohnen (4/00)			€ 9,-
16 Stadtmarketing mit Licht (4/02)	E		€ 9,-
17 LED – Licht aus der Leuchtdiode (10/05)	E		€ 9,-
18 Gutes Licht für Museen, Galerien, Ausstellungen (12/06)	E		€ 9,-
Lichtforum			kostenlos
			Hefte 13 und 15 sind vergiffen

Ort

Datum

Stempel/Unterschrift

Bitte den Absender auf der Rückseite der Postkarte nicht vergessen.

Absender

Name, Firma, Amt

Abteilung

z. Hd.

Straße, Postfach

PLZ Ort

Postkarte

Bitte freimachen

Fördergemeinschaft
Gutes Licht
Postfach 701261

60591 Frankfurt am Main

12/06/20/18

Impressum

18

Dieses Heft ist die Nummer 18 der Schriftenreihe **Informationen zur Lichtanwendung**, mit der die Fördergemeinschaft Gutes Licht (FGL) über gute Beleuchtung mit künstlichem Licht informiert.

Sie können die Hefte mit den abtrennbaren Postkarten dieser Seite, per E-Mail (fgl@zvei.org) oder im Internet (www.licht.de) bestellen. Sie werden Ihnen mit Rechnung geliefert. Kostenlos sind die PDF-Dateien der Hefte, die zum Download auf www.licht.de zur Verfügung stehen.

Herausgeber:

Fördergemeinschaft
Gutes Licht (FGL)
Stresemannallee 19
60596 Frankfurt am Main
Telefon 069 6302-0
Telefax 069 6302-317
E-Mail fgl@zvei.org

Lichttechnische Beratung:

Deutsche Lichttechnische Gesellschaft (LiTG) e.V. und Fördergemeinschaft Gutes Licht

Redaktion und Realisation:

r.f.w. redaktion für
wirtschaftskommunikation
Darmstadt

Gestaltung:

Kugelstadt MedienDesign
Darmstadt

Lithobearbeitung:

Layout Service Darmstadt

Druck:

Druckhaus Haberbeck
Lage/Lippe

Quellennachweis:

In den Heften dieser Schriftenreihe wurden die jeweils gültigen DIN-Normen und VDE-Vorschriften berücksichtigt. DIN-Normen: Beuth-Verlag GmbH 10787 Berlin
DIN-VDE-Normen: VDE-Verlag 10625 Berlin

ISBN:

3-926 193-35-2

Nachdruck:

Mit Genehmigung des Herausgebers gestattet.
12/06/20/18

Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Papier.

Bestellung

Bitte liefern Sie ohne weitere Nebenkosten die bezeichneten Hefte **E** = available in English as pdf-file, download free of charge at www.all-about-light.org!

Heft-Nr./Titel		Stück
1 Die Beleuchtung mit künstlichem Licht (7/04)	E	€ 9,-
2 Gutes Licht für Schulen und Bildungsstätten (7/03)	E	€ 9,-
3 Gutes Licht für Sicherheit auf Straßen, Wegen, Plätzen (Neuauflage 4/07)	E	€ 9,-
4 Gutes Licht für Büros und Verwaltungsgebäude (1/03)	E	€ 9,-
5 Gutes Licht für Handwerk und Industrie (4/99)	E	€ 9,-
6 Gutes Licht für Verkauf und Präsentation (2/02)	E	€ 9,-
7 Gutes Licht im Gesundheitswesen (4/04)	E	€ 9,-
8 Gutes Licht für Sport und Freizeit (9/01)	E	€ 9,-
9 Repräsentative Lichtgestaltung (8/97)	E	€ 9,-
10 Notbeleuchtung, Sicherheitsbeleuchtung (4/00)	E	€ 9,-
11 Gutes Licht für Hotellerie und Gastronomie (1/05)	E	€ 9,-
12 Beleuchtungsqualität mit Elektronik (6/03)	E	€ 9,-
14 Ideen für Gutes Licht zum Wohnen (4/00)	E	€ 9,-
16 Stadtmalerei mit Licht (4/02)	E	€ 9,-
17 LED – Licht aus der Leuchtdiode (1/0/05)	E	€ 9,-
18 Gutes Licht für Museen, Galerien, Ausstellungen (12/06)	E	€ 9,-
Lichtforum		kostenlos

Hefte 13 und 15 sind vergiffen

Ort _____ Datum _____ Stempel/Unterschrift _____
Bitte den Absender auf der Rückseite der Postkarte nicht vergessen.

Absender

Name, Firma, Amt	
Abteilung	
z. Hd.	
Straße, Postfach	
PLZ	Ort

12/06/20/18

Postkarte

Fördergemeinschaft
Gutes Licht
Postfach 70 1261

60591 Frankfurt am Main

Bitte
freinachen

Informationen von der Fördergemeinschaft Gutes Licht

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

Informationen zur Lichtanwendung

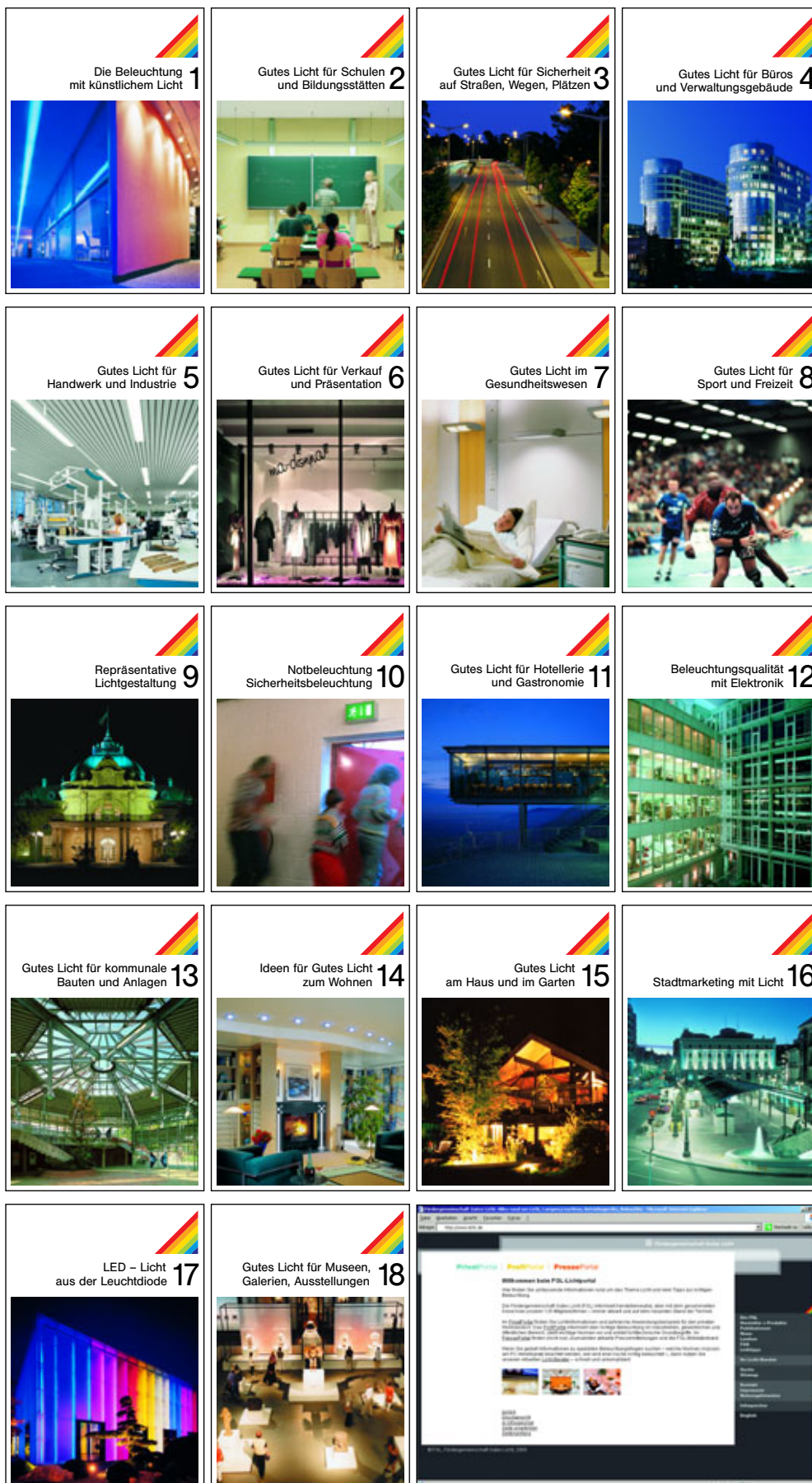
Die Hefte 1 bis 18 dieser Schriftenreihe helfen allen, die auf dem Gebiet der Beleuchtung planen, Entscheidungen treffen und investieren, Grundkenntnisse zu erwerben. Damit wird die Zusammenarbeit mit Fachleuten der Licht- und Elektrotechnik erleichtert. Alle lichttechnischen Aussagen sind grundsätzlicher Art.

Lichtforum

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

www.licht.de

Im Internet ist die FGL unter der Adresse www.licht.de präsent. Tipps zur richtigen Beleuchtung geben „Lichtanwendungen“ in PrivatPortal und ProfiPortal mit zahlreichen Beispielen für Privatanwendungen und gewerbliche Beleuchtung. Erläuterungen lichttechnischer Begriffe bieten die Menüpunkte „Über Licht“ und „Beleuchtungstechnik“. Datenbanken mit umfangreichen Produktübersichten, Liefermatrix sowie Adressdaten der FGL-Mitgliedsunternehmen weisen den direkten Weg zum Hersteller und seinen Produkten. Das Angebot der gedruckten „Publikationen“ im Online-Shop und „Linktipps“ ergänzen das vielseitige Lichtportal der FGL.



Hefte 13 und 15 sind vergriffen.



Fördergemeinschaft Gutes Licht

