

Die Beleuchtung von Arbeitsstätten mit Tageslicht

Basiswissen und Grundlagen für die Planung

Einleitung

Die **Arbeitsstättenverordnung** (ArbStättV) legt die allgemeinen Anforderungen an die Beleuchtung von Arbeitsstätten in Gebäuden fest. Die nachgeordneten **Arbeitsstättenrichtlinien** ASR 7/1 und ASR 7/3 enthalten Regeln, wie die Maßgaben der Verordnung erfüllt werden können. Auch berufsgenossenschaftliche Vorschriften und Regelwerke beschäftigen sich mit diesem Thema – bisher befassten sie sich fast ausschließlich mit der künstlichen Beleuchtung von Arbeitsstätten zur Erfüllung einer Sehaufgabe. Das Tageslicht und seine positiven Wirkungen blieben dabei meist unberücksichtigt.

Im Bereich Arbeitsschutz sind in Verbindung mit dem Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit (Arbeitsschutzgesetz) zwei Verordnungen mit Bezug auf die natürliche Beleuchtung durch Tageslicht zu nennen:

- die **Arbeitsstättenverordnung** (ArbStättV) und
- die **Bildschirmarbeitsverordnung** (BidscharbV).

Durch die neue Arbeitsstättenverordnung wurde im Jahre 2004 die Europäische Arbeitsstättenrichtlinie (89/654/EWG) in Deutschland in nationales Recht umgesetzt. Diese EU-Richtlinie regelt u. a. die Beleuchtung:

- Arbeitsstätten müssen möglichst ausreichend Tageslicht erhalten und
- mit Einrichtungen für eine der Sicherheit und dem Gesundheitsschutz der Arbeitnehmer angemessene künstliche Beleuchtung ausgestattet sein.

Zudem müssen Fenster, Oberlichter und Glaswände je nach Art der Arbeit und der Arbeitsstätte eine Abschirmung gegen übermäßige Sonneneinstrahlung ermöglichen.

Dieser grundsätzliche Vorrang des Tageslichts bei der Arbeitsstätten- bzw. Arbeitsplatzbeleuchtung wird nun durch die in 2006 veröffentlichte **Berufsgenossenschaftliche Regel 131** „Natürliche und künstliche Beleuchtung von Arbeitsstätten“ konkretisiert und durch die in 2007 noch zu veröffentlichende **Berufsgenossenschaftliche Information 7007** „Tageslicht am Arbeitsplatz“ mit Ausführungsbeispielen und Anwendungsbeschreibungen ergänzt. Dieser Beitrag beschreibt die der BGI 7007 zu Grunde liegenden Zusammenhänge zwischen dem Tageslicht und der Sehaufgabe bzw. seinen psychologischen und physiologischen Wirkungen auf den Menschen.

Um einen Schritt in Richtung Gesundheit bzw. Gesunderhaltung mit Blick auf die Beleuchtung von Arbeitsplätzen zu tun, wird es künftig für den Planer und den Betreiber einer Betriebsstätte auch wichtig sein, die verschiedenen Einflüsse des Tageslichtes auf den Organismus mit in die Betrachtung einzubeziehen. Die Qualität

und Menge des Lichtes allgemein sind u. a. von entscheidender Bedeutung für die sichere Arbeit und die Gesundheit des Menschen.

Über die gesundheitlichen Wirkungen des Lichtes hinaus ist bekannt, dass Licht und Beleuchtung einen Einfluss auf das Unfallgeschehen haben. Durch Untersuchungen konnte nachgewiesen werden, dass Licht im starken Maße auf die Verhaltensweise des arbeitenden Menschen, insbesondere auf die Konzentrationsfähigkeit und sein Reaktionsvermögen wirkt. Gutes Licht an allen Arbeitsplätzen liegt deshalb auch im Interesse des Unternehmers, weil durch gutes Licht die Arbeitssicherheit und auch die Leistungsbereitschaft positiv gefördert wird.

Die Wirkungen des Lichtes werden in den meisten Fällen nicht bewusst wahrgenommen. Durch die große Anpassungsfähigkeit des menschlichen Auges treten nämlich mögliche Folgeerscheinungen einer fehlerhaften Beleuchtung (z. B. Ermüdung, nachlassende Konzentration) meist nur langsam und verzögert ein und werden dann häufig zuerst auf andere Ursachen zurückgeführt. Dabei ist Licht mehr als nur ein Arbeitsmittel. Es lohnt sich, es bewusst wahrzunehmen und zu nutzen.

Was versteht man unter Tageslicht?

Zur Beleuchtung mit Tageslicht nutzt man den sichtbaren Teil der Strahlung der Sonne, der direkt bzw. indirekt nach mehrfacher Streuung, Reflexion, Brechung und Beugung in der Atmosphäre (Luft, Wasserdampf, Schwebstoffe) bzw. an natürlichen und künstlichen Objekten (z. B. Bäume, Gebäude) durch Öffnungen in Wänden (Fenster) oder Decken (Dachoberlichter) in Arbeitsstätten einfällt.

Tageslicht wird erheblich von der die Erde umgebenden Atmosphäre beeinflusst, weil die darin enthaltenen Stoffe Teile der Strahlung filtern oder verändern. Das im Raum nutzbare Tageslicht wird weiterhin verändert, wenn es Verglasungen und Sonnenschutzeinrichtungen passiert.

Da die Strahlung, abhängig von Ort, Himmelsrichtung oder Zeit, unterschiedlich ist, lässt sich das Tageslicht in seinen physikalischen Eigenschaften (Spektrum, Intensität, Lichtfarbe) nicht so generalisierend beschreiben wie künstlich erzeugtes Licht.

Für Planungszwecke sollte der Begriff Tageslicht möglichst in Verbindung mit den Begriffen „Sonnenlicht“ und „Himmelslicht“ benutzt werden, weil sich das gestreute Licht, das Himmelslicht, und das direkt einfallende Sonnenlicht in wichtigen Eigenschaften unterscheiden.

Licht und optische Strahlung

Der Begriff Licht umfasst in der Lichttechnik nur den sichtbaren Teil der Strahlung (380 bis 780 nm). Die Sonnenstrahlung umfasst einen wesentlich größeren Wellenlängenbereich. Der Bereich der Strahlung, der das Sehen bewirkt, zusammen mit den benachbarten Bereichen, die einerseits an die „Röntgenstrahlung“ und andererseits an die „Radiowellen“ grenzen, wird „optische Strahlung“ genannt (Bild 1).



Bild 1: Aufteilung der optischen Strahlung in Bereiche

Der in der Medizin oder anderen wissenschaftlichen Disziplinen im Sinne der optischen Strahlung verwendete Wellenlängenbereich ist umfangreicher. Die kurzwellige Strahlung (UV - ultraviolett), die sich unterschiedlich auf den Menschen auswirkt und zudem durch optische Medien wie Glas verschieden beeinflusst werden kann, wird in drei Bereiche aufgeteilt (UVA, UVB und UVC).

Der für das Tagessehen relevante Bereich der Strahlung (Licht) wurde unter Einbeziehung der Hellempfindlichkeitsfunktion des helladaptierten menschlichen Auges $V(\lambda)$ festgelegt (Bild 2).

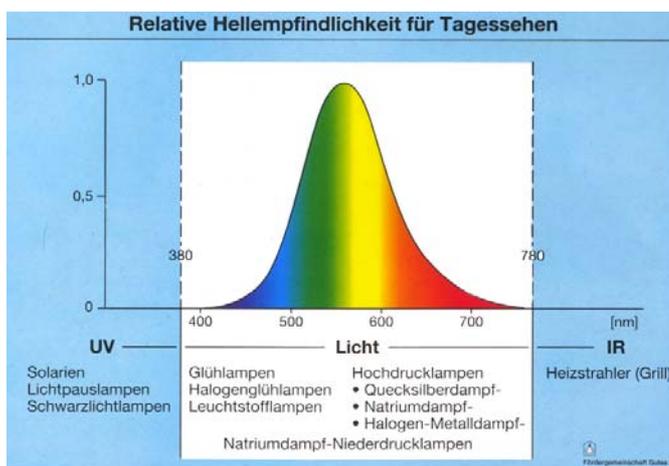


Bild 2: Die Empfindlichkeitsfunktion des Auges für das Tagessehen $V(\lambda)$

Das helladaptierte Auge ist im grün/gelben Bereich am empfindlichsten, für blau und rot am unempfindlichsten. Durch diese Festlegung wird es möglich, Licht zur Beschreibung von bestimmten Sehvorgängen zu benutzen.

Die Empfindlichkeitsfunktion des Auges für das nächtliche Sehen $V'(\lambda)$ ist der $V(\lambda)$ -Kurve sehr ähnlich, aber im Diagramm um ca. 50 nm nach links verschoben.

Strahlung aus anderen Bereichen, z. B. UV-Strahlung aus Solarien oder IR-Strahlung aus glühender Kohle, hat physiologische Wirkungen, ruft aber keine Sehempfindung hervor.

Für viele lebenswichtige Einflüsse, die dem Tageslicht zugeordnet werden, sind auch die nicht sichtbaren Strahlungsanteile wichtig bzw. ausschlaggebend. Aus diesem Grunde ist es sinnvoll, das „Tageslicht“ sowohl in seiner Gesamtheit als auch in den nur für das Sehen wichtigen Eigenschaften zu betrachten.

Wirkungen natürlicher Strahlung auf den Menschen

Tageslicht wirkt auf den Menschen:

- über das Auge und
- über die Haut.

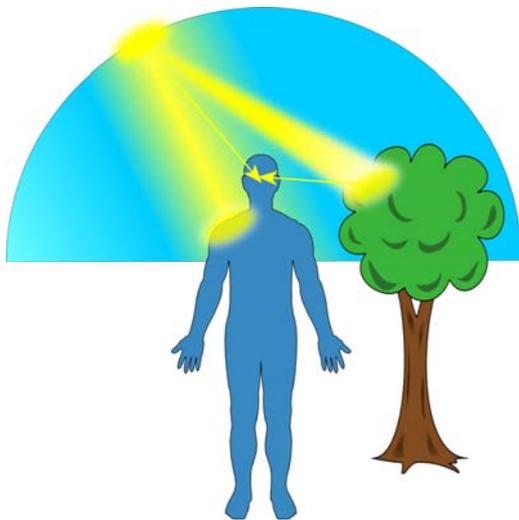


Bild 3: Einwirkungswege des Tageslichts auf den Menschen

Dabei kann es direkt auf Auge und Haut auftreffen oder als an Gegenständen der Umgebung reflektierte Strahlung.

Natürliche Strahlung übt auf den Menschen komplexe physiologischen und psychologischen Wirkungen aus.

Physiologische Wirkungen

Die physiologischen Wirkungen natürlicher Strahlung sind so vielseitig, dass sie in diesem Beitrag nicht vollständig aufgezählt werden können. Die Wirkungen lassen sich aber in drei Gruppen aufteilen:

Primäre Wirkungen

Das sind durch Strahlungseinfluss unmittelbar entstehende Wirkungen, wozu insbesondere die Sehvorgänge zählen. Die darüber hinausgehenden primären Wirkungen (z. B. Hautpigmentierung) beschreibt die Photobiologie.

Bei den primären Wirkungen kann man eindeutige Ursache-Wirkung-Beziehungen finden und diese mit geeigneten technischen Einrichtungen messen. Aus diesem Grunde lassen sich Techniken und Maßnahmen entwickeln, die primäre Wirkungen

gezielt erzeugen, beispielsweise die gezielte Ausleuchtung von Arbeitsobjekten zum besseren Erkennen oder die Bestrahlung von Haut, um eine Bräunung zu erreichen.

Sekundäre Wirkungen

Diese Wirkungen werden mittelbar verursacht, so z. B. die Aktivierung des Körpers (Hormonausschüttung) infolge einer hellen Umgebung oder die Steigerung der Leistungsfähigkeit durch eine als angenehm empfundene Beleuchtung. Bei diesen Wirkungen lassen sich Ursache-Wirkung-Beziehungen nicht unmittelbar herstellen bzw. messen. Man weiß beispielsweise, dass eine Beleuchtung mit reduzierter Blendwirkung nicht nur durch ihre primäre Wirkung (bessere Sehleistung) die Belastung des Menschen mindert, sondern auch durch Minderung der subjektiven Ermüdung. Die letztere Wirkung entzieht sich aber in der Regel einer genauen Ermittlung. Zu den wichtigsten sekundären Wirkungen können Einflüsse auf die Hormonausschüttung gezählt werden, die vom Licht erzeugt werden.

Tertiäre Wirkungen

Diese Wirkungen werden durch Vorgänge beeinflusst bzw. ausgelöst, die mit den primären und sekundären Wirkungen der Strahlung zusammenhängen. Zu solchen Wirkungen gehören Einflüsse auf das Immunsystem. Eine Ermittlung von Ursache-Wirkung-Beziehungen ist bei diesen Einflüssen naturgemäß noch schwieriger als bei den sekundären Wirkungen.

Die bekannten physiologischen Wirkungen werden in der Regel nach den in Bild 1 abgebildeten Wellenlängenbereichen gesondert angegeben. In der Tabelle 1 sind einige Wirkungen dargestellt, für die der bedeutsame Wellenlängenbereich bekannt ist.

Wirkung	Wellenlängenbereich (nm)
Hautrötung (UV-Erythem)	200 - 400
Vitamin D-Bildung	255 - 320
Beeinflussung des Immunsystems	200 - 400
Beeinflussung des Schlaf-Wach-Rhythmus (circadianes System, Melatoninausschüttung)	420 - 480
Sehen	380 - 780

Tabelle 1 Einige physiologische Wirkungen der optischen Strahlung und die jeweils wirksamen Wellenlängen

Wie die Tabelle 1 zeigt, erfolgt die Beeinflussung des Melatoninspiegels im Blut durch die sichtbare Strahlung im blauen Bereich, während die stärkste Wirkung für Sehvorgänge durch Strahlung im grün-gelben Bereich hervorgerufen wird. Das bedeutet, dass sichtbare Strahlung mindestens eine für die Gesundheit wichtige Wirkung ausübt, und dass für diese Wirkung ein anderer Spektralbereich bedeutsamer ist als der für das Sehen.

Deshalb sollten zur Entfaltung der vorgenannten Wirkungen für Fenster möglichst farbneutrale Verglasungsmaterialien verwendet werden.

Psychische Wirkungen

Grundsätzlich kann jeder physiologisch bedeutsame Vorgang mit psychischen Wirkungen verbunden sein. So ist z. B. eine Blendung, durch die der Sehvorgang gestört wird, in der Regel mit einem Gefühl der Unannehmlichkeit verbunden.

Eine helle Umgebung mit optischen Reizen versetzt das Auge in einen helladaptierten Zustand, was in der Regel mit einem Gefühl des Wohlbefindens verbunden ist, bei nächtlicher Stimmung (Schlafbedürfnis) allerdings auch das Gegenteil bewirken kann.

Natürliche Strahlung kann beim Menschen u. a. folgende Wirkungen, die mit Methoden und Werkzeugen der Psychologie erfassbar sind, hervorrufen:

- Leistungsbereitschaft
- Behaglichkeitsgefühl
- thermische Unbehaglichkeit
- Blendung
- Aktivierung
- Ermüdung
- Asthenopische Beschwerden (z. B. Kopfschmerzen, Augenbrennen, Augenjucken)
- Winterdepression



Bild 4: Winterdepressionen, auch "Seasonal Affective Disorder" (SAD) genannt, entstehen infolge Lichtmangels. Betroffen sind zahlreiche Menschen in Mittel- und Nordeuropa.

Winterdepressionen lassen sich nachweislich einfach und sehr erfolgreich mit ausreichendem natürlichem Licht therapieren.

Für jede der in Tabelle 1 genannten Wirkungen können eine oder mehrere Eigenschaften der Strahlung verantwortlich sein. Zum Behaglichkeitsgefühl kann so neben Licht und Farbe auch die UV-Strahlung beitragen, da sie u. a. auch eine Normalisierung von Kreislauffunktionen (Pulsfrequenz, Blutdruck und Atmung) bewirken kann.

Einwirkung: Menge, Dauer, Zeitpunkt, Versorgungsdefizite

Die Wirkung von natürlicher Strahlung bzw. Licht entsteht nicht notwendigerweise durch das Eindringen von Energie über die Augen und die Haut, sondern auch durch das Fehlen von Strahlung, die der Körper zu einer bestimmten Zeit benötigt. Dies lässt sich am besten anhand von schädlichen Wirkungen zeigen, von denen ein Teil durch zu viel Strahlung bewirkt wird (z. B. Hautrötung), während ein anderer Teil durch einen Mangel an geeigneter Strahlung zu einem gegebenen Zeitpunkt verursacht wird (z. B. Winterdepression, Vitamin-D-Mangel). Durch diese Wirkungsweise unterscheidet sich Tageslicht von jenen Umgebungsfaktoren, die sich nur bei Vorhandensein auswirken.

Das Fehlen sichtbarer Strahlung zum richtigen Zeitpunkt (z. B. dunkle Umgebung während des Tages) bewirkt ebenso physiologische Veränderungen im Körper wie eine Einwirkung zur falschen Zeit (Helle in der Nacht).

Das Sehen und damit verbundene physiologische bzw. psychische Wirkungen werden ausschließlich durch das Licht beeinflusst, was durch die Pupille ins Auge eintritt. Die mit der Steuerung der circadianen Rhythmik direkt oder indirekt verbundenen Wirkungen werden auch durch Strahlung verursacht, die ins Auge eintritt. Diese wird aber, wie man seit kurzem weiß, durch andere Empfänger im Auge als die für das Sehen empfindlichen Stellen bewirkt.

Eine Reihe von Wirkungen wird durch die Bestrahlung der Haut hervorgerufen bzw. dadurch ausgelöst, so z. B. die meisten mit der UV-Strahlung verbundenen Wirkungen oder thermische Behaglichkeit. Die Wirkungen über die Haut sind im Sommer und Winter unterschiedlich.

Da in Arbeitsstätten die Haut in der Regel großflächig durch Kleidung bedeckt ist, erreicht die Strahlung dort den größten Teil der Haut nicht und bleibt daher unwirksam.

Eine für die Gesundheit wirksame Strahlung kann ihre Wirkung in Abhängigkeit von vier Faktoren entfalten:

- Intensität bzw. Stärke (z. B. Leuchtdichte bei sichtbarer Strahlung oder Strahl- bzw. Bestrahlungsstärke bei UV- oder IR-Strahlung) als momentane Werte,
- Dauer (Dosis),
- Zeitpunkt der Einwirkung,
- freies Auftreffen auf die Hautoberfläche.

Für das Sehen (Erkennen) sind, wenn man von plötzlichen Änderungen absieht, nur die Momentanwerte der jeweils bedeutsamen Größen von Bedeutung. Die Sehorgane besitzen nämlich kein nennenswertes Gedächtnis bzw. Speichervermögen. Die meisten anderen Wirkungen werden durch zurückliegende Ereignisse mit beeinflusst. Bei der Beeinflussung der Tagesrhythmik oder der Hautrötung handelt es sich hierbei um Stunden, bei der Jahresrhythmik der Hormone um Monate, bei der Krebsbildung eher um Jahre oder Jahrzehnte.

Die für die menschliche Gesundheit wichtigen Wirkungen sind nicht nur die in der Lichttechnik bzw. Physik bekannten Größen, wie Leuchtdichte und Spektrum, allein verantwortlich, sondern auch deren Veränderung über die Zeit. Auch der Zeitpunkt der Einwirkung im Rahmen der Tagesrhythmik ist von Bedeutung. Der Grund hierfür liegt in der Natur des Menschen (biologische Uhr), die sich seit Jahrtausenden unter dem Einfluss des Tageslichts entwickelt hat. Über die tageszeitlichen und jahreszeitlichen Veränderungen liefert die Tagesrhythmik wesentliche Steuerungsinformationen über wichtige Lebensvorgänge. Daher kann ein und dieselbe physikalische Größe unterschiedliche Wirkungen hervorrufen (z. B. Wirkung von hellem Licht auf den Wachzustand am Morgen oder bei Nacht).

Sehen mit Tageslicht

In der Arbeitswelt kommt der Sehfunktion bei fast allen Arbeitsvorgängen eine zentrale Bedeutung zu. Die hoch ausgeprägte Fähigkeit des Menschen, Formen, Farben und zeitliche Abläufe zu erkennen und zu bewerten, zeichnet ihn z. B. gegenüber Maschinen besonders aus. Daher ist die Unterstützung der hierfür benötigten Funktionen von ausschlaggebender Bedeutung.

Der Sehapparat führt beim Sehen bei einem Arbeitsvorgang zwei unabhängige Funktionen aus:

- bewusstes Sehen und Erkennen des Arbeitsgutes und der Arbeitsaufgabe sowie
- bewusste und unbewusste Wahrnehmung des Arbeitsraums und der Arbeitsumwelt.

Bewusstes Sehen und Erkennen des Arbeitsgutes erfolgt im Zentrum der Netzhaut. Die Bewertungskurve für Licht ist nach der Empfindlichkeit der dort vorhandenen Empfänger (Zapfen) festgelegt worden.

Für die Wahrnehmung des übrigen Raums ist dagegen die gesamte Netzhaut zuständig. Die außerhalb des Sehentrums vorhandenen Empfänger (Stäbchen) weisen eine andere Empfindlichkeitskurve auf, die daneben auch für das Sehen mit Tageslicht noch wirksam sind.

Bewusstes Sehen des Arbeitsgutes

Für das bewusste Sehen des Arbeitsgutes gelten für eine Beleuchtung mit Tageslicht im Wesentlichen die gleichen Anforderungen wie für die künstliche Beleuchtung. Daher können die für die künstliche Beleuchtung formulierten „Gütemerkmale“ (Beleuchtungsstärke bzw. Beleuchtungsniveau, Leuchtdichteverteilung und Farbgestaltung des Raumes, Begrenzung der Blendung, Lichtrichtung und Schattigkeit, Lichtfarbe und Farbwiedergabe, Begrenzung der Lichtwelligkeit, Vermeidung störender Spiegelungen heller Flächen bzw. Schleier auf dem Bildschirm) auch in der Tageslichttechnik sinngemäß berücksichtigt werden.

Wegen der Veränderlichkeit aller Eigenschaften ist das Tageslicht aber für Sehaufgaben nicht geeignet, bei denen es auf eine ständig konstante Einhaltung einer ganz bestimmten Eigenschaft ankommt, z. B. bei genauem Bewerten von Farben (benötigt konstante Lichtfarbe und Farbwiedergabe), beim vergleichenden Bewerten von Oberflächenstrukturen (Einhaltung einer bestimmten bevorzugten Lichteinfallrichtung nötig) oder beim Erkennen sehr kleiner Details (Einhaltung eines

sehr hohen Beleuchtungsniveaus). Solche Sehaufgaben sind z. B. bei speziellen Arbeitsplätzen in der Qualitätskontrolle anzutreffen.

Bei Berücksichtigung von Güteigenschaften muss beachtet werden, dass die in der Literatur und auch die in den Normen niedergelegten Werte (z. B. für das Beleuchtungsniveau oder Vermeidung von störenden Spiegelungen) meist nach den Eigenschaften von künstlichen Lichtquellen festgelegt worden sind. Die Quellen natürlichen Lichts, die Arbeitsstätten mit Tageslicht versorgen, unterscheiden sich von künstlichen Lichtquellen erheblich (siehe: Qualitätsmerkmale für Tageslichtbeleuchtung).

Unterschiede zum Sehen unter künstlichem Licht

Anhand der für die künstlichen Beleuchtung formulierten Güteigenschaften sollen im Folgenden die Unterschiede zwischen dem Sehen unter Tageslicht und dem unter künstlicher Beleuchtung erläutert werden:

Beleuchtungsstärke

Die mit Tageslicht erreichbare Beleuchtungsstärke an einem Arbeitsplatz lässt sich nicht mit einem konstanten Wert planen. Vielmehr wird angegeben, welcher Anteil der Arbeitszeit ohne zusätzliche künstliche Beleuchtung genutzt werden kann. Diese Angabe kann naturgemäß in Abhängigkeit von der tageszeitlichen Lage der Arbeitszeit und der Tätigkeit erfolgen. Ein Beispiel hierfür ist in Bild 5 gegeben. Diesem Bild liegt als Maß der Tageslichtquotient zu Grunde. Die Berechnung gilt daher für das sogenannte Himmelslicht. Mit Tageslicht lassen sich verhältnismäßig hohe Beleuchtungsstärken in Innenräumen erreichen, ohne die Benutzer zu blenden.

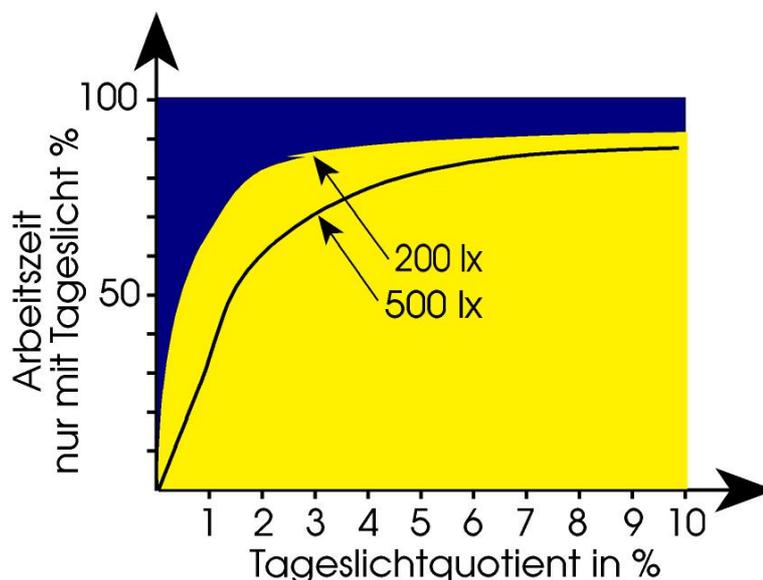


Bild 5: Jährliche mögliche Arbeitszeit bei Beleuchtung ausschließlich mit Tageslicht in Abhängigkeit vom Tageslichtquotienten für zwei Tätigkeiten, bei denen auf einer fiktiven Arbeitsflächenhöhe von 0,85 m über dem Fußboden gemessen eine Mindestbeleuchtungsstärke von 200 lx (horizontal) bzw. 500 lx eingehalten werden muss. (Ort: z. B. Berlin)

Leuchtdichteverteilung

Die **Leuchtdichteverteilung** hängt insbesondere von der Art der Tageslichtöffnungen ab, die seitlich (Fenster) oder im Deckenbereich (Dachoberlichter) angeordnet sein können. In beiden Fällen unterscheidet sich eine Tageslichtbeleuchtung von einer künstlichen durch die Großflächigkeit der Lichtquellen. Da sich die an einem bestimmten Punkt erreichte Beleuchtungsstärke aus dem Produkt der Fläche der Lichtquelle und deren Leuchtdichte errechnet, ist die erforderliche Leuchtdichte großflächiger Quellen für eine bestimmte Ausleuchtung viel geringer als bei Quellen geringer Ausdehnung. Aus diesem Grunde fehlen bei Tageslichtbeleuchtung hohe Spitzenleuchtdichten, die bei üblichen Lampen zwischen 8.000 cd/m^2 (ältere Leuchtstofflampen) und 40.000 cd/m^2 (moderne T5-Lampen) liegen können. Die Leuchtdichteverteilung ist bei Tageslicht u.a. wegen der größeren Leuchtfäche harmonisch.

Diese Aussage gilt allerdings nur für den diffusen Teil des Tageslichtes! Da bei direktem Sonnenlicht extreme Spitzenleuchtdichten vorhanden sein können, sind präventiv entsprechende geeignete Sonnenschutzmaßnahmen an den Fenstern vorzusehen.

Farbgestaltung

Die **Farbgestaltung** des Raums kommt unter Tageslichtbeleuchtung bei einer Vielzahl von Arbeitsplätzen besser zur Geltung, weil das Tageslicht die Farben natürlich wiedergibt.

Blendung

Bei der Blendung werden zwei Arten unterschieden, die psychologische und die physiologische Blendung.

Die psychologische Blendung entsteht durch direkte Einwirkung der Lichtquellen auf das Auge bzw. durch Reflexe auf anderen Objekten (Reflexblendung). Hinsichtlich Reflexblendung und Schleierreflexion können bei der Tageslichtbeleuchtung in der Regel bessere Bedingungen realisiert werden, weil die größerflächigen Lichtquellen (Fenster oder Dachoberlichter) mit einer geringeren Leuchtdichte in sehr viel geringerem Maße Reflexblendung erzeugen als dies bei den kleinerflächigen Lampen der Fall ist.

Die psychologische Blendung ist für künstliche Lichtquellen untersucht worden und die Ergebnisse sind in sogenannten Blendungsbewertungsverfahren (z. B. das Söllner-Verfahren oder UGR-Verfahren) eingeflossen. Die wichtigsten Einflussgrößen sind die Leuchtdichte der Blendquelle, ihre Ausdehnung und ihre Lage im Gesichtsfeld. Aus der Literatur sind keine Untersuchungen bekannt, die auf eine Übertragbarkeit der gewonnenen Erkenntnisse auf die Tageslichtbeleuchtung schließen lassen. Zur Bewertung der Tageslichtblendung wird international der DGR-Index (daylight glare rate) angewendet.

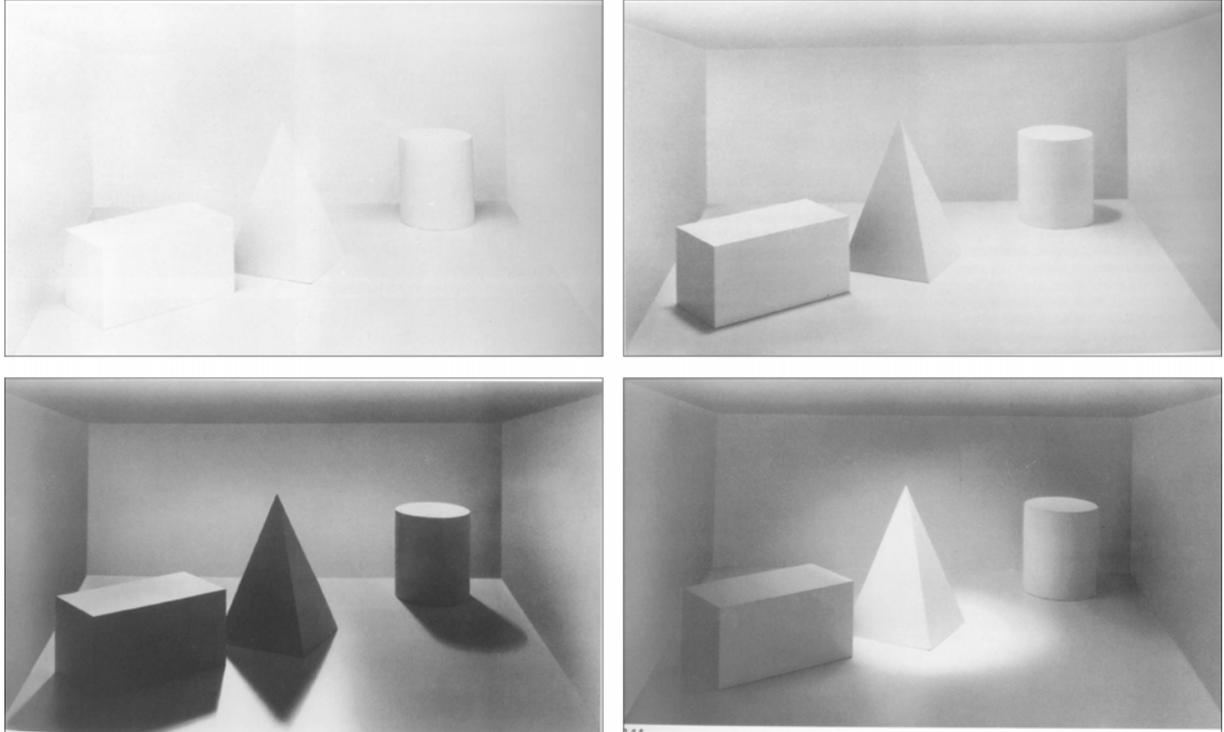


Bild 6: Erscheinungsbilder von räumlichen Objekten bei unterschiedlicher Schattigkeit. Wenig gerichtetes Licht (links, oben) bringt die Räumlichkeit und die Gegenstände nicht zur Geltung, bei optimaler Schattigkeit (rechts, oben) erkennt man die räumlichen Strukturen gut, während eine zu stark gerichtete Beleuchtung (links, unten) zu harte Schatten erzeugt. Bei gezielter Anstrahlung eines Objekts wird dieses besonders hervorgehoben (rechts, unten).

In der Regel tolerieren Menschen bei der Tageslichtbeleuchtung noch Lichtverhältnisse, die bei künstlicher Beleuchtung als inakzeptabel bezeichnet werden würden. Dies hängt mit Sicherheit damit zusammen, dass die Quellen der Blendung (Fenster und Oberlichter) zugleich bewusst und auch unbewusst wahrgenommene Informationen vermitteln.

Um der Blendung (z. B. bei tiefstehender Wintersonne) und der Räumerwärmung durch zu starke Sonneneinstrahlung (z. B. im Sommer) vorzubeugen, sollten Seitenfenster möglichst mit (verstellbaren) Sonnenschutzvorrichtungen (Verschattungssysteme) versehen sein.

Lichtrichtung und Körperwiedergabe:

Der Begriff Körperwiedergabe (auch Schattigkeit genannt) dient der Umschreibung derjenigen Eigenschaften einer Beleuchtung, die die Wiedergabe von räumlichen Objekten (z. B. Gesichtern) beeinflussen. In Innenräumen soll im Allgemeinen vermieden werden, dass das Licht zu stark gerichtet ist, da in diesem Fall nicht nur die Bildung von Schlagschatten gefördert wird, sondern auch das Entstehen von Reflexen auf nicht matten Oberflächen (Bild 6).

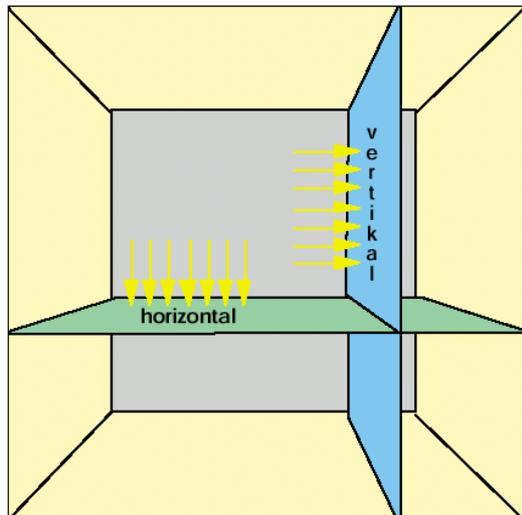


Bild 7: Horizontal gemessene Werte sind für Sehobjekte bedeutsam, die auf dem Tisch liegen, vertikal gemessene für Gesichter, Wände usw.

Für den Begriff **Körperwiedergabe** bzw. **Schattigkeit** verwendet man das Verhältnis vom Lichteinfall in der horizontalen zur vertikalen Ebene (siehe Bild 7). Die Messung nimmt man in Augenhöhe eines sitzenden Menschen vor, da die Wiedergabe von Gesichtszügen wichtigster Grund für eine optimale Körperwiedergabe ist. Zu vermeiden gilt eine zu diffuse und eine zu stark gerichtete Beleuchtung. Als zu stark gerichtet gilt eine Beleuchtung, wenn die horizontal gemessene Beleuchtungsstärke mehr als drei Mal so hoch ist wie die vertikale.

Bei einer Tageslichtbeleuchtung mit Oberlichtern ist mit guten Verhältnissen bezüglich der Schattigkeit zu rechnen. Bild 8 zeigt Werte aus einer Halle mit Oberlichtern und einem mit Fenstern bestückten Tor sowie drei lichtundurchlässigen Seitenwänden. Die Werte liegen an allen Messpunkten höher als bei der günstigsten künstlichen Beleuchtung (indirekte Beleuchtung von der Decke mit guter Verteilung von Leuchten) und viel höher als bei der üblichen Beleuchtung von Bildschirmarbeitsplätzen (mittlere Werte für Körperwiedergabe/ Schattigkeit).

Bei Räumen mit Fenstern auf zwei Seiten ist die Körperwiedergabe in der Regel günstig. Bei einseitigen Fenstern hängt sie dagegen stark von der Blickrichtung ab, da der Lichteinfall aus einer Richtung dominiert.

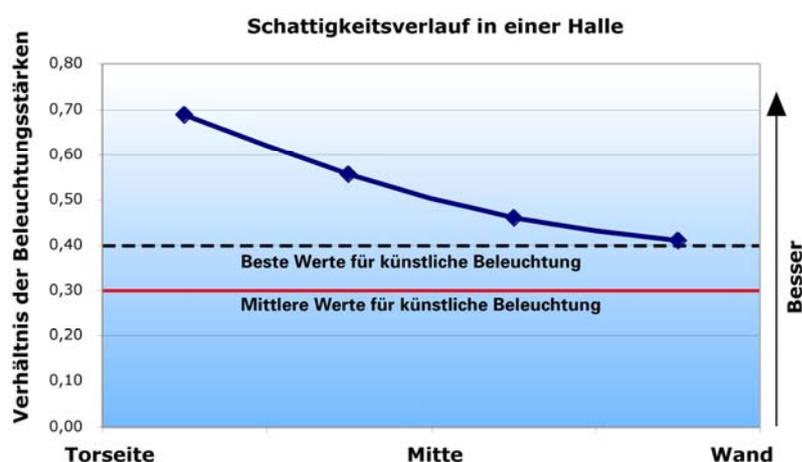


Bild 8: Messwerte für die Körperwiedergabe bzw. Schattigkeit (Verhältnis der „zylindrischen“ Beleuchtungsstärke zur Horizontalbeleuchtungsstärke) in einer Halle. Der durchgehende Strich (0,3) markiert den Mittelwert für Beleuchtung mit üblichen Leuchten an Bildschirmarbeitsplätzen, der gestrichelte (0,4) den für gut gestaltete Indirektbeleuchtungen.

Lichtfarbe und Farbwiedergabe

Die Lichtfarbe des Tageslichts ist veränderlich, zudem hat das Sonnenlicht eine andere spektrale Verteilung als das diffuse Himmelslicht. Diese Veränderlichkeit macht sich normaler Weise nicht störend bemerkbar, sondern wird eher als angenehm empfunden. Die Farbwiedergabe des Tageslichts ist sehr gut. Nur wenige künstliche Lichtquellen erreichen näherungsweise eine ähnlich gute Farbwiedergabe. Solche Lampen werden aber in der Beleuchtung von Arbeitsstätten aus verschiedenen Gründen meist nicht eingesetzt, z. B. wegen geringerer Lichtausbeute als bei Lampen mit schlechterer Farbwiedergabe.

Begrenzung der Lichtwelligkeit:

Tageslicht hat keine Welligkeit, d. h. es flackert und flimmert nicht. Daher ist es diesbezüglich künstlicher Beleuchtung mit Leuchtstofflampen überlegen, wenn diese mit konventionellen Vorschaltgeräten (KVG) statt mit elektronischen Vorschaltgeräten (EVG) betrieben werden.

Vermeidung störender Spiegelungen heller Flächen auf dem Bildschirm

Eine Tageslichtbeleuchtung durch Fenster in Wänden kann sich bei nicht sachgemäßer Aufstellung des Bildschirms auch störend bemerkbar machen. Hierbei stört im Allgemeinen direkt einfallendes Sonnenlicht wesentlich stärker als Himmelslicht. Direkt auf einen Bildschirm fallendes Sonnenlicht kann auch stärker stören als das Licht von Lampen bzw. Leuchten. Gestreutes Licht bewirkt dagegen auf matten Oberflächen eine Schleierreflexion.

Bezüglich der Erzeugung von störenden Reflexionen auf dem Bildschirm unterscheidet sich eine Tageslichtbeleuchtung mit Oberlichtern nicht grundsätzlich von einer künstlichen Beleuchtung mit Deckenleuchten bzw. mit einer Indirektbeleuchtung, bei der die Decke als Reflektor benutzt wird. Die vom

Himmelslicht herrührenden Spiegelungen wirken sich bei gleicher Position der Störquelle aber weit weniger negativ aus als bei der künstlichen Beleuchtung, weil die Leuchtdichte der Lichtquelle viel geringer und die Ausdehnung größer ist.

Bewusste und unbewusste Wahrnehmung von Arbeitsraum und -umwelt

Die bewusste Wahrnehmung des Arbeitsraums und der Arbeitsumwelt ist grundsätzlich so zu behandeln wie das bewusste Sehen von Arbeitsgütern. Der wesentliche Unterschied besteht allerdings in der erforderlichen Präzision. Während ein Mensch bei der Sehaufgabe möglichst alle Details zu erkennen versucht, die für die Erledigung der Aufgabe sinnvoll nutzbar sein könnten, ist dies für die Wahrnehmung der Umgebung meist weder erforderlich noch sinnvoll. Das Auge ist so aufgebaut, dass es nur in einem kleinen Bereich der Netzhaut (Fovea) scharf wahrnimmt, in dem restlichen Bereich nach außen hin zunehmend unschärfer (Bild 9).

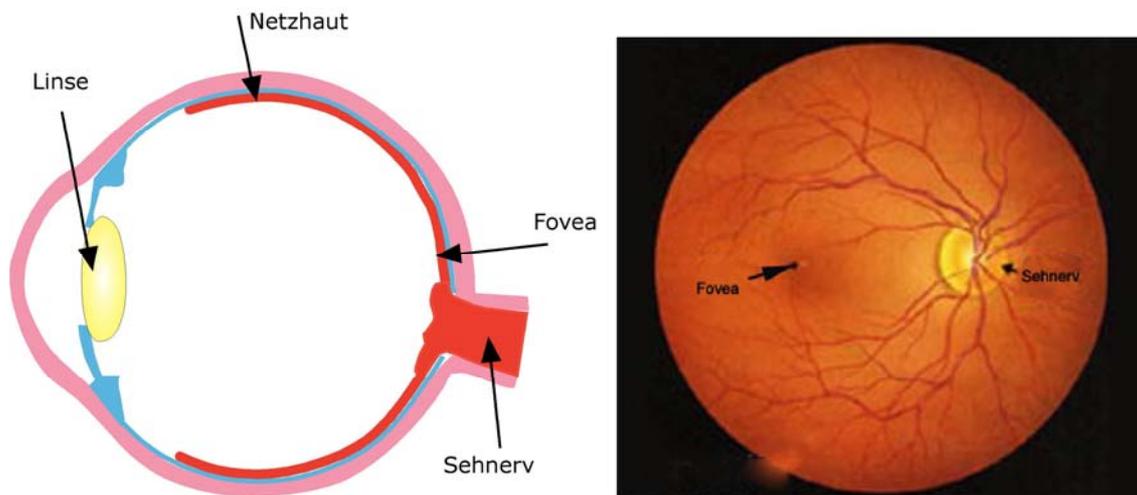


Bild 9: Der Aufbau des Auges: Die Netzhaut bedeckt einen großen Teil der Innenfläche des Auges und enthält im größten Bereich nur Zapfen. Die Fovea, in der das Auge am schärfsten sieht, nimmt dagegen nur eine winzige Fläche ein.

4.2.2 **Bewusste und unbewusste Wahrnehmung des Arbeitsraums und der Umwelt**

Die bewusste Wahrnehmung des Arbeitsraums und der Arbeitsumwelt ist grundsätzlich gleich zu behandeln wie das bewusste Sehen von Arbeitsgütern. Der wesentliche Unterschied besteht allerdings in der erforderlichen Präzision. Während ein Mensch beim Sehen möglichst alle Details zu erkennen versucht, die für die Aufgabenerledigung sinnvoll nutzbar sein könnten, ist dies für die Wahrnehmung der Umgebung weder erforderlich noch sinnvoll. Das menschliche Auge ist nämlich so aufgebaut, dass es nur in einem kleinen Bereich der Netzhaut (Bild 3), in dem restlichen Bereich zunehmend unschärfer]

Bild 10: Relative Größe des scharf gesehenen Bereichs auf einem Bildschirm (Diagonale 53 cm) bei einer Sehentfernung von 500 mm (heller Fleck). Der Rest des Bildschirms wird vom jeweils fixierten Punkt ausgehend unschärfer gesehen, der dahinter liegende Raum ganz unscharf.

Dieses Verhalten hilft der Filterung von absichtlich gesehener Information und weiteren Informationen aus der Umgebung des fixierten Bereichs, die mehr der Orientierung dienen. Es handelt sich hierbei also um eine besondere Fähigkeit des Gesichtssinnes und nicht etwa um eine Unvollkommenheit.

Während das scharfe Sehen nur innerhalb eines Kegels mit einer Öffnung von 2° stattfindet, erfolgt die unscharfe, aber bewusste Wahrnehmung der Umgebung bis etwa 45° .

Für die Wahrnehmung des Raums ist neben dem bewussten Sehen auch die unbewusste Wahrnehmung wichtig. Diese findet während der gesamten Wachzeit des Menschen statt und dient seiner Orientierung in Raum und Zeit. Die hierfür benötigte Information bezieht das Auge aus den Veränderungen der visuellen Umgebung wie z. B. Veränderung der Lichtfarbe, der Beleuchtungsstärke u. ä. Das unbewusste Sehen erfolgt im Bereich zwischen 45° und 90° . Es ist für die Orientierung im Raum, die rechtzeitige Gefahrenerkennung und die Reaktion des reflektorische Abwehrsystems unverzichtbar. So werden Trittstufenkanten, Türschwellen und Türstürzen für Menschen, deren Gesichtsfeld z. B. durch Brillengestelle eingeengt ist, leicht zur Stolperfalle oder sich bewegende Gegenstände wie Fahrzeuge später erkannt oder leichter übersehen. Bei nachlassendem Tageslichtangebot sollte die Kunstlichtanlage deshalb solche Gefahrenbereiche besonders beleuchten, um so Personen speziell auf diese Bereiche aufmerksam zu machen.

Die für die Wahrnehmung der Umgebung verantwortlichen Stäbchen–Empfänger sind im blauen Wellenlängenbereich empfindlicher als die Zapfen. Das Spektrum des Tageslichtes unterstützt ihre Aktivität besser als die Lichtquellen, die für das Spektrum der Zapfen optimiert sind.

Eine Tageslichtbeleuchtung ermöglicht daher nicht nur eine bessere Orientierung in der helleren Tageszeit durch ihre Dynamik, sondern auch durch ihr Spektrum.

Qualitätsmerkmale für Tageslichtbeleuchtung

In der Beleuchtungstechnik wurden seit der ersten Norm zur Beleuchtung sogenannte „Gütemerkmale“ festgelegt. An diesen Merkmalen kann man eine Beleuchtung messen, d. h. ihre Beschaffenheit bestimmen. Ob diese für einen bestimmten Anwendungsfall den Anforderungen genügt, hängt vom einzelnen Anwendungsfall ab. So können beispielsweise kleine konzentrierte Lichtquellen auf glänzenden Objekten Reflexe (Glanz) erzeugen. In Festräumen ist der Glanz zwar manchmal erwünscht, in den meisten Arbeitsräumen hingegen soll er möglichst vermieden werden. Die Beschaffenheit der Lichtquelle, klein und konzentriert, stellt in dem einen Fall eine Qualitätsverbesserung dar, in dem anderen Fall das Gegenteil.

Die Normung hat diesem Umstand durch folgende Bestimmung Rechnung getragen: „Je nach Art und Schwierigkeit der Sehaufgabe bzw. je nach der Raumart kann dem einen oder anderen Gütekriterium mehr Priorität zugebilligt werden.“

Für die Arbeitsstättenbeleuchtung stehen Eigenschaften der visuellen Umgebung im Vordergrund, die die Gesundheit und Sicherheit während der Arbeit beeinflussen.

Diese können zum Teil dieselben Eigenschaften sein, die für das Sehen bedeutsam sind, sie können aber auch darüber hinausgehen.

Aus der Sicht von Gesundheit und Sicherheit sind folgende Merkmale des Tageslichts von besonderer Bedeutung:

- Informationsgehalt,
- Vertikalbeleuchtungsstärke am Auge,
- Gerichtetheit der Beleuchtung,
- unverfälschte spektrale Zusammensetzung des Tageslichtes im Raum,
- Dynamik, wie Änderung der Lichtfarbe, der relativen spektralen Zusammensetzung, des Beleuchtungsniveaus, der Leuchtdichtemuster, der Lichtrichtung, der Blendung und der Farbwiedergabe.

Im Folgenden wird erläutert, welche Bedeutung die einzelnen Kriterien für Gesundheit, Sicherheit und Erfüllung der Sehaufgabe haben.

Informationsgehalt

Das Tageslicht sorgt für bestimmte Informationen, die der Körper für seine Regulation benötigt, z. B. für die Anpassung an den 24-Stunden-Rhythmus des Tages. Ohne äußeren Einfluss weicht der natürliche Rhythmus der Körperfunktionen wie Pulsfrequenz, Blutdruck, Körperkerntemperatur (hier sind die wissenschaftlichen Forschungen noch nicht abgeschlossen) oder Schlaf-Wach-Zeiten von der Länge des Sonnentages ab, daher die Bezeichnung „circadian“ für den Körperrhythmus. Weiterhin empfängt der Mensch mit Hilfe des Tageslichtes Informationen über die Außenwelt wie Wetter, Jahreszeit oder farbliches Erscheinungsbild.

Eine Sichtverbindung nach außen dient aber auch durch den Blick ins „optisch Unendliche“ dem Erholungseffekt, weil dadurch die muskuläre Belastung des Sehapparates am geringsten ist.

Die Notwendigkeit einer optischen Verbindung zur Außenwelt ist schon lange anerkannt, so dass die „Sichtverbindung nach außen“ die Gestaltung von Arbeitsstätten in erheblichem Maße beeinflusst hat. Selbst wenn auch die heute gültige Arbeitsstättenverordnung die „Sichtverbindung nach außen“ nicht mehr explizit fordert, so ist sie dennoch unverzichtbar.

Vertikalbeleuchtungsstärke am Auge

Für bestimmte gesundheitliche Wirkungen des Lichts ist auch der Strahlungseinfluss ins Auge maßgeblich. Dieser wird in der Lichttechnik als Vertikalbeleuchtungsstärke bezeichnet und gemessen.

Da die Steuerung des Melatoninausschüttung im Blut durch Empfänger erfolgt, die eine andere Empfindlichkeitskurve aufweisen als die Stäbchen, entspricht die Vertikalbeleuchtungsstärke nicht der eigentlichen Wirkgröße. Je nach Lichtquelle kann die Wirkung bis zu einem Faktor von 3 überschätzt werden. Eine direkte Messmethode hierfür existiert jedoch (noch) nicht.

Die Vertikalbeleuchtungsstärken, die allein durch künstliche Beleuchtung erzeugt werden, sind geringer im Verhältnis zu denen, die im Freien herrschen. Sie sollen gemäß Norm etwa ein Drittel der jeweiligen Horizontalbeleuchtungsstärke betragen, für die eine Licht-Anlage geplant wird. So würde man bei einer normgerecht Anlage in einem Büroraum (500 lx) nur ca. 170 lx am Auge messen.

Für die gesundheitliche Wirkung spielt neben der Beleuchtungsstärke auch die Dauer der Lichteinwirkung eine Rolle. In der Praxis liegt sie oft weit unter den

Werten, die in der Literatur empfohlen werden. Im Tagesmittel sollte man mit ca. 100 lx am Auge rechnen.

Bei Tageslicht hingegen treten zeitweilig ungleich höhere Beleuchtungsstärken auf. In welcher Größenordnung diese liegen, geht aus Bild 11 hervor. Aus diesem Bild kann auch abgeleitet werden, dass die Vertikalbeleuchtungsstärke am Auge über einen großen Teil des Tages fast eine Größenordnung (Faktor 10) höher liegen kann als bei künstlicher Beleuchtung, wenn in Fensternähe gearbeitet wird. Die Vertikalbeleuchtungsstärken aus Bild 11 sind wegen der Lichteinfallsrichtung etwa um den Faktor 2 höher.

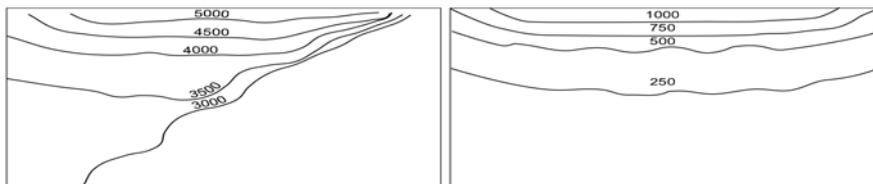


Bild 11: Unterschiede in Horizontalbeleuchtungsstärken in einem östlich (links) und nördlich (rechts) ausgerichteten Raum (beispielhaft für den 21. Januar, morgens um 09:00 Uhr, nördliche Breite 40°).

Unverfälschte spektrale Zusammensetzung des Tageslichtes

Da ein erheblicher Teil der Information aus der Umwelt im Raum durch Tageslichtöffnungen sichtbar wird, sollte die spektrale Zusammensetzung des einfallenden Tageslichtes durch permanente Einrichtungen (z. B. gefärbte Gläser in Fenstern) möglichst wenig verändert werden. Denn auch die unverfälschte Wiedergabe der Außenwelt stellt ein Gütemerkmal dar.

Bei der Gestaltung von Arbeitsstätten werden bestimmte Teile des Spektrums der natürlichen Strahlung absichtlich bzw. unbeabsichtigt abgeschnitten. So filtert schon das übliche Fensterglas bereits erhebliche Teile der UV-Strahlung aus. Bei den heutzutage üblichen, meist ausschließlich aus Energieeinsparüberlegungen heraus verwendeten beschichteten Gläsern mit niedrigen U-Werten ist die Filterung noch deutlicher.

Den Menschen, die sich tagsüber ausschließlich in Räumen hinter diesen Verglasungen oder in Räumen ohne Tageslicht aufhalten, fehlen somit die entsprechenden Teile der Strahlung, die für die Gesundheit unverzichtbar sind.

Daneben gibt es Verglasungsmaterialien, bei denen ein Teil des Spektrums bevorzugt herausgefiltert wird, um z. B. möglichst viel Tageslicht ins Gebäude holen zu können, aber gleichzeitig möglichst wenig Wärmestrahlung einzulassen (Sonnenschutzgläser). Die hierzu verwendeten Gläser schneiden aber auch einen Teil des Lichts im blauen Bereich ab. Dieser Teil scheint gering, weil das Auge in diesem Bereich recht unempfindlich ist. Für die Empfänger im Auge, die für die circadiane Rhythmik verantwortlich sind, ist dieser Bereich aber sehr bedeutsam. Andere Verglasungen filtern Teile der sichtbaren Strahlung aus, um Blendung zu reduzieren. Solche Gläser verfälschen aber sowohl das Erscheinungsbild der Gegenstände im Innenraum als auch das Erscheinungsbild der Außenwelt.

Um alle Vorteile des Tageslichts nutzen zu können, sollten möglichst farbneutrale Verglasungsmaterialien mit hohen Transmissionsgraden eingesetzt werden!

Dynamik

Die für den Menschen wichtigen Informationen werden insbesondere durch Veränderungen von Merkmalen wie Lichtfarbe, Farbwiedergabe, Lichteinfallrichtung (Veränderung der Leuchtdichtemuster im Raum) oder Intensität (Beleuchtungsstärke) gegeben. Die Dynamik der visuellen Umgebung stellt daher ein wesentliches Gütemerkmal für die Tageslichtbeleuchtung dar.

Eine möglichst gute Anpassung der Verhältnisse im Innenraum an den zeitlichen Verlauf des Tageslichts dient der Gesundheit.

Die Wirkungsweise der Dynamik ist noch nicht abschließend erforscht. Dies liegt wohl auch daran, dass man in der Beleuchtungstechnik bis vor wenigen Jahren die Konstanzhaltung aller Merkmale einer Beleuchtung als besonders wichtig erachtet hat. Die vorhersehbaren (z. B. Tag/Nacht), aber auch die teilweise unberechenbaren Veränderungen der Tageslichtversorgung von Arbeitsstätten (z. B. durch das Wetter) wurden früher eher als Nachteil denn als Vorteil angesehen. Dies führte u. a. dazu, dass auch der Gesetzgeber unter dem Begriff Beleuchtung bisher meist nur die konstante und gleichmäßige Versorgung mit künstlichem (elektrischem) Licht behandelt hat.

Weitere Informationen zur Dynamik des künstlichen Lichtes finden Sie in der noch zu veröffentlichenden Berufsgenossenschaftlichen Information BGI 5132 „Lichtmanagement und dynamisches Licht“.

Zusammenfassung

Der in der Europäischen Arbeitsstättenrichtlinie sowie in der neuen Arbeitsstättenverordnung festgelegte grundsätzliche Vorrang des Tageslichts bei der Arbeitsplatzbeleuchtung wird durch die in 2006 veröffentlichte Berufsgenossenschaftliche Regel 131 „Natürliche und künstliche Beleuchtung von Arbeitsstätten“ (BGR 131) konkretisiert.

Die besonderen Merkmale des Tageslichtes, u.a. Dynamik, Informationsgehalt, unverfälschte spektrale Zusammensetzung, gute Körperwiedergabe und Schattigkeit und hohe Intensität bei geringer Blendwirkung, sind nicht nur für die Sehaufgabe wichtig, sondern wirken auch psychologisch und physiologisch positiv auf den Menschen.

Die Grundlagen und Zusammenhänge der Wirkung des Tageslichtes auf den Menschen sind in diesem Beitrag beschrieben und die wesentlichen Ergebnisse mit denen der künstlichen Beleuchtung abgeglichen.

In einer noch in 2007 zu veröffentlichenden Berufsgenossenschaftlichen Information BGI 7007 „Tageslicht am Arbeitsplatz – Handlungshilfe für die betriebliche Praxis“ aus der Reihe „Gesund und fit im Kleinbetrieb“ werden unter Bezugnahme auf die in diesem Beitrag zusammengestellten Grundlagen zahlreiche Praxisbeispiele und Anwendungen beschrieben, mit denen dann ein Planer, aber auch ein Betreiber einer Arbeitsstätte die Umsetzung oder Bewertung einer Arbeitsplatzbeleuchtung mit Tageslicht durchführen kann.

Gesetzliche Anforderungen

Relevante gesetzliche Regelwerke

- Baugesetzbuch - BauGB vom 8.12.1986 (BGBl.I, S. 2253), zuletzt geändert am 23. November 1994 (BGBl.I S. 3486)
- Musterbauordnung – MBO (Fassung November 2002)
- Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit (Arbeitsschutzgesetz - ArbSchG) vom 7.8.1996, zuletzt geändert am 19.12.1998, BGBl I S. 2843
- Richtlinie 89/654/EWG des Rates vom 30. November 1989 über Mindestvorschriften für Sicherheit und Gesundheitsschutz in Arbeitsstätten (Erste Einzelrichtlinie im Sinne des Artikels 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG)
- Verordnung über Arbeitsstätten (Arbeitsstättenverordnung – ArbStättV) (Stand vom 12.8.2004)
- Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit an Bildschirmgeräten (Bildschirmarbeitsverordnung - BildscharbV) vom 04.12.1996, zuletzt geändert am 25.11.2003, BGBl S. 2304

Baurecht

Im Baurecht ist besonders das Baugesetzbuch (BauGB) anzuführen:

- Nach § 136 Abs. 3 sind bei der Beurteilung, ob städtebauliche Missstände vorliegen, insbesondere die Wohn- und Arbeitsverhältnisse oder die Sicherheit der wohnenden oder arbeitenden Menschen in bezug auf die Beleuchtung, Besonnung und Belüftung der Wohnungen und Arbeitsstätten zu berücksichtigen.

Daneben ist auch die Musterbauordnung (MBO) zu nennen:

- Im § 3 der MBO:2002 wird als grundlegendes Schutzziel gefordert, dass Anlagen so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten sind, dass die öffentliche Sicherheit und Ordnung, insbesondere Leben, Gesundheit und die natürlichen Lebensgrundlagen, nicht gefährdet werden.
- Im § 47 der MBO:2002 wird gefordert, dass Aufenthaltsräume „ausreichend“ mit „Tageslicht belichtet werden können“. So müssen dort Fenster mit einem Rohbaumaß der Fensteröffnungen von mindestens 1/8 der Netto-Grundfläche des Raumes einschließlich der Netto-Grundfläche verglaster Vorbauten und Loggien vorhanden sein.
- Einfluss auf die mögliche Tageslichtnutzung haben auch die Regelungen der Abstandsflächen und Abstände im § 6 der MBO:2002. Zudem können nach § 86 (1) Abs. 6 der MBO:2002 Gemeinden abweichende Maße der Abstandsflächentiefe erlassen, wenn eine ausreichende Belichtung gewährleistet ist.

Arbeitsschutz

Die Europäische Arbeitsstättenrichtlinie ist mit ihrem Punkt 8. „Natürliche und künstliche Beleuchtung der Räume“ durch die Überarbeitung der Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) in nationales Recht umgesetzt worden:

- Nach Punkt 8.1. (bzw. Punkt 3.4 des Anhangs 1 zur ArbStättV) müssen die Arbeitsstätten möglichst ausreichend Tageslicht erhalten und mit Einrichtungen für

eine der Sicherheit und dem Gesundheitsschutz der Arbeitnehmer angemessene künstliche Beleuchtung ausgestattet sein.
Zudem müssen Fenster, Oberlichter und Glaswände je nach Art der Arbeit und der Arbeitsstätte eine Abschirmung der Arbeitsstätten gegen übermäßige Sonneneinstrahlung ermöglichen (Punkt 3.5 des Anhangs 1 zur ArbStättV).

Die Bildschirmarbeitsverordnung fordert im Hinblick auf die Beleuchtung - und damit auch im Hinblick auf Beleuchtung durch Tageslicht -, dass

- an Bildschirmarbeitsplätzen ein angemessener Kontrast zwischen Bildschirm und Arbeitsumgebung zu gewährleisten ist und durch die Gestaltung des Bildschirmarbeitsplatzes sowie Auslegung und Anordnung der Beleuchtung störende Blendwirkungen, Reflexionen oder Spiegelungen auf dem Bildschirm und den sonstigen Arbeitsmitteln zu vermeiden sind,
- Bildschirmarbeitsplätze so einzurichten sind, dass leuchtende oder beleuchtete Flächen keine Blendung verursachen und Reflexionen auf dem Bildschirm soweit wie möglich vermieden werden,
- die Fenster mit einer geeigneten verstellbaren Lichtschutzvorrichtung ausgestattet sein müssen, durch die sich die Stärke des Tageslichteinfalls auf den Bildschirmarbeitsplatz vermindern lässt.

Wesentliche Berufsgenossenschaftliche Regelwerke

- BGR 131 Natürliche und künstliche Beleuchtung von Arbeitsstätten
- BGI 827 Sonnenschutz im Büro
- BGI 856 Beleuchtung im Büro
- BGI 5132 Lichtmanagement und dynamisches Licht
- BGI 7007 Tageslicht am Arbeitsplatz

Wesentliche normative Regelwerke

Festlegungen grundlegender Art und Festlegungen zur Planung, Ausführung und Messung sowie zu Produkten der Tageslichttechnik finden sich in internationalen, europäischen und nationalen Normen. Diese Normen sind je nach Sachlage bei der Erfüllung der Anforderungen von den Architekten, Planern und Nutzern anzuwenden.

Normen zur Begriffsfestlegung und Darstellung

- DIN 18073: Rollabschlüsse, Sonnenschutz- und Verdunkelungsanlagen im Bauwesen; Begriffe, Anforderungen
- DIN EN 12216: Abschlüsse - Terminologie, Benennungen und Definitionen; Dreisprachige Fassung EN 12216:2002
- DIN EN 12665 Licht und Beleuchtung - Grundlegende Begriffe und Kriterien für die Festlegung von Anforderungen an die Beleuchtung; Deutsche Fassung EN 12665:2002
- DIN EN 61725: Analytische Darstellung für solare Tagesstrahlungsprofile (IEC 61725:1997); Deutsche Fassung EN 61725:1997
- DIN EN ISO 9488: Sonnenenergie - Vokabular (ISO 9488:1999); Dreisprachige Fassung EN ISO 9488:1999

Normen zur Planung von Beleuchtung mit Tageslicht

- DIN 5034-1: Tageslicht in Innenräumen - Teil 1: Allgemeine Anforderungen
- DIN 5034-2: Tageslicht in Innenräumen – Grundlagen
- DIN 5034-3: Tageslicht in Innenräumen - Teil 3: Berechnung
- DIN 5034-6: Tageslicht in Innenräumen - Teil 6: Vereinfachte Bestimmung zweckmäßiger Abmessungen von Oberlichtöffnungen in Dachflächen
- DIN EN 12464-1: Licht und Beleuchtung - Beleuchtung von Arbeitsstätten - Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen; Deutsche Fassung EN 12464-1:2002
- DIN EN ISO 9241-6: Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten - Teil 6: Leitsätze für die Arbeitsumgebung (ISO 9241-6:1999); Deutsche Fassung EN ISO 9241-6:1999
- ISO 8995:1989: Principles of visual ergonomics - The lighting of indoor work systems (überschrieben von der jetzigen ISO 8995)
- ISO 8995:2002 Beleuchtung von Arbeitsplätzen in Innenräumen (weitgehend identisch mit DIN EN 12464-1)
- DIN 67526-3: Sportstättenbeleuchtung; Richtlinien für die Beleuchtung mit Tageslicht
- DIN EN 12193: Licht und Beleuchtung - Sportstättenbeleuchtung; Deutsche Fassung EN 12193:1999
- DIN V 18599-4: 2005-07 Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung - Teil 4: Nutz- und Endenergiebedarf für Beleuchtung
- DIN EN 15251 (Normentwurf): 2005-05 Bewertungskriterien für den Innenraum einschließlich Temperatur, Raumluftqualität, Licht und Lärm; Deutsche Fassung prEN 15251:2005
- VDI 6011 Blatt 1: Optimierung von Tageslichtnutzung und künstlicher Beleuchtung – Grundlagen
- VDI 6011 Blatt 2: Optimierung von Tageslichtnutzung und künstlicher Beleuchtung – Dachoberlichter

Normen zur Messung von Tageslicht/Sonnenstrahlung

- DIN 5035-5: Tageslicht in Innenräumen – Messung
- DIN ISO 9022-9: Optik und optische Instrumente - Umweltprüfverfahren - Teil 9: Sonnenstrahlung (ISO 9022-9:1994)

Normen zur Tageslichttechnik

- DIN EN 13363-1: Sonnenschutzeinrichtungen in Kombination mit Verglasungen - Berechnung der Solarstrahlung und des Lichttransmissionsgrades - Teil 1: Vereinfachtes Verfahren; Deutsche Fassung EN 13363-1:2003
- DIN EN 13363-2: Sonnenschutzeinrichtungen in Kombination mit Verglasungen - Berechnung der Solarstrahlung und des Lichttransmissionsgrades - Teil 2: Referenzverfahren; Deutsche Fassung EN 13363-2:2005
- DIN EN 13659 (Entwurf): Abschlüsse - Anforderungen und Klassifizierung; Deutsche Fassung prEN 13659:1999
- DIN EN 13561 (Entwurf): Markisen - Anforderungen und Klassifizierungen; Deutsche Fassung prEN 13561:1999
- DIN EN 14500 (Entwurf): Abschlüsse - Thermisches und visuelles Verhalten – Prüf- und Berechnungsverfahren; Deutsche Fassung prEN 14500:2006

- DIN EN 14501 (Entwurf): Abschlüsse - Thermisches und visuelles Verhalten – Leistungsanforderungen und Klassifizierung; Deutsche Fassung prEN 14501:2006

Weiterführende Literatur:

Grundlagen der Lichttechnik

Kompendium

Dieter Gall,

Hrsg.: Richard Pflaum Verlag GmbH & Co. KG, München, 2005

ISBN: 3-7905-0923-X

Licht und Gesundheit für arbeitende Menschen

Empfehlung der NSVV-Kommission Licht und Gesundheit

1. Auflage November 2003

© NSVV

Hrsg.: Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde

GVO grafisch bedrijf bv, Veenendaal, 2003

ISBN: 90-76549-20-6

Oberlichter - Beleuchtung als Geschenk des Himmels

Grundlagen der Tageslichttechnik unter besonderer

Berücksichtigung von Dachoberlichtern

Udo Fischer,

1. Auflage

Hrsg.: F.H. Kleffmann Verlag GmbH, Bochum, 2003

ISBN: 3-87414-093-8

Licht und Beleuchtung

Grundlagen und Anwendungen der Lichttechnik

5. Auflage

Hrsg.: Hans-Jürgen Hentschel

Hüthig GmbH & Co KG, Heidelberg, 2002

ISBN: 3-7785-2817-3

Licht Gesundheit Arbeitsschutz

Beleuchtung, Farbgestaltung, Sicherheitsleitsysteme

Rüschenschmidt, Reidt

4. Auflage

© 2001 Verlag Technik & Information e.K.

Sinterstr. 9

44795 Bochum

Tel.: +49/(0)234/94349-0

Fax: +49/(0)234/94349-21

ISBN: 3-934966-12-8

Tageslicht nutzen

Bedeutung von Dachlichtöffnungen für Ergonomie, Architektur und Technik

Eine interdisziplinäre Studie

Ahmet Çakir, Gisela Çakir

Martin Kischkoweit-Lopin
Volkher Schultz
Hrsg.: F.H. Kleffmann Verlag GmbH, Bochum, 2001
ISBN: 3-87414-037-7

Arbeitsbedingte Gesundheitsgefahren - Licht und Farbe
Heinz R. Schmid
BG-Prävention Aktuell, 3/2001
Hrsg.:
HVBG, Sankt Augustin

Licht und Gesundheit
Das Leben mit optischer Strahlung
Joachim Fisch
Hrsg.: Maschinenbau- und Metall-Berufsgenossenschaft
Kreuzstraße 45
40210 Düsseldorf
Tel.: +49/(0)211/8224-0
Fax: +49/(0)211/8224-555

Daylight in Buildings
A Source Book on Daylighting Systems and Components
A Report of IEA SHC Task 21 / ECBCS Annex 29, July 2000
LBNL - 47493
Hrsg.: Lawrence Berkeley National Laboratory
1 Cyclotron Road, Mailstop 90-3111
Berkeley, CA 94720, USA

Handbuch für Beleuchtung
Hrsg.: Schweizerische Lichttechnische Gesellschaft (SLG) unter Mitwirkung der
Fachgesellschaften Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e.V. (LiTG),
Österreichische Lichttechnische Arbeitsgemeinschaft (LTAG) und Nederlandse
Stichting voor Verlichtingskunde (NSVV)
© 1992 verlag moderne industrie AG & Co. KG
Justus-von-Liebig-Str. 1
86899 Landsberg
Tel.: +49/(0)8191/125-0
Fax: +49/(0)8191/125-475
ISBN: 3-609-75390-0

Glossar

Benennung	Definition
Adaption	Vorgang der Anpassung an die Leuchtdichte im Gesichtsfeld
Beleuchtungsstärke	Quotient aus dem auf eine Fläche auftreffenden Lichtstrom Φ und der beleuchteten Fläche (Formelzeichen E , Einheit Lux = lx)
Beleuchtungsstärke, horizontale	In der horizontalen Ebene gemessene Beleuchtungsstärke (Formelzeichen E_h)
Beleuchtungsstärke, mittlere	Arithmetischer Mittelwert der Beleuchtungsstärken in einem Raum oder in einer bestimmten Tätigkeit dienenden Raumzone
Beleuchtungsstärke, vertikale	In der vertikalen Ebene gemessene Beleuchtungsstärke (Formelzeichen E_v , Einheit lx)
Beleuchtungsstärke, Wertungswert	Wert, den die Beleuchtungsstärke nicht unterschreiten darf. (s. auch Nennbeleuchtungsstärke)
Beleuchtungsstärke, zylindrische	Auf der Oberfläche eines senkrecht stehenden fiktiven Zylinders als Bezugsfläche gemessene Beleuchtungsstärke (Formelzeichen E_z)
Blendung	Herabsetzung des Sehvermögens (physiologische Blendung) und/oder Störgefühl (psychologische Blendung), hervorgerufen durch unterschiedliche Leuchtdichteverteilungen im Gesichtsfeld oder sehr hohe Leuchtdichten im Gesamtgesichtsfeld
Blendung, Absolutblendung	Zustand, bei dem unter der Einwirkung sehr hoher Leuchtdichte in großen Teilen des Gesichtsfeldes ein Sehen durch Einsetzen von Schutzreflexen, wie unwillkürlichem Zukneifen der Lider, Augen- und Kopfbewegung, Tränenfluss, nicht mehr möglich ist.
Blendung, Direktblendung	Blendung, die unmittelbar durch Leuchten oder leuchtende Decken hervorgerufen wird.
Blendung, Kontrastblendung	Blendung, die durch zu hohe Kontraste ausgedehnter Objekte im Gesichtsfeld verursacht wird, z. B. durch dunkle Bildschirme vor hellen Fenstern.

Benennung	Definition
Blendung, Reflexblendung	Blendung und Kontrastminderung, die durch Spiegelung hoher Leuchtdichte auf glänzenden Oberflächen verursacht werden. <i>Anm.: Die durch Reflexblendung hervorgerufenen Störungen sind im wesentlichen Kontrastminderung, Fusions- und Akkomodationsschwierigkeiten.</i>
Blendung, Umfeldblendung	Blendung durch ausgedehnte Flächen relativ hoher Leuchtdichte im peripheren Gesichtsfeld
Blendungsbewertung, physiologische	Bewertung der Herabsetzung des Sehvermögens, gemessen an der Beeinträchtigung von Sehfunktionen.
Blendungsbewertung, psychologische	Bewertung der Blendung allein unter dem Gesichtspunkt der Störimpfindung, bedeutsam auch dann, wenn keine physiologische Blendung vorkommt.
Flimmern	Wahrnehmung einer raschen periodischen Schwankung der Leuchtdichte im Frequenzbereich von einigen Hz bis zur Verschmelzungsfrequenz, ohne dass die einzelnen Phasen noch erkennbar sind.
Gesichtsfeld	Gesamtheit der Punkte im Außenraum, die bei ruhendem Kopf und ruhendem Auge gleichzeitig wahrgenommen werden können. (Gleichbedeutend: Sehfeld)
Glanz	Empfindung, die bei Betrachtung von Körperoberflächen bei zumindest teilweise gerichteter Beleuchtung unter bestimmten Winkeln durch Maxima der Reflexion entsteht (Spiegelungseffekt).
Helligkeit	Stärke der Lichtempfindung; die Helligkeit eines Sehobjektes ist je nach den Sehbedingungen das empfindungsgemäße Korrelat zur photometrischen Größe der „Leuchtdichte“.
Kontrast, photometrischer	Relativer Leuchtdichteunterschied zwischen benachbarten Feldern mit unterschiedlichen Leuchtdichten
Körperwiedergabe	siehe Schattigkeit

Benennung	Definition
Leuchtdichte	<p>Lichttechnische Größe, die für die Empfindlichkeit der Helligkeit maßgeblich ist. Sie gibt das Verhältnis der Lichtstärke eines Flächenelements zur scheinbaren Flächengröße an. (Formelzeichen L, Einheit cd / m²)</p>
Nennbeleuchtungsstärke	<p>Nennwert der mittleren Beleuchtungsstärke im eingerichteten Raum oder in der einer bestimmten Tätigkeit dienenden eingerichteten Raumzone, für die Beleuchtungsanlage auszulegen ist. Die Nennbeleuchtungsstärke bezieht sich im allgemeinen auf die horizontale Arbeitsfläche in 0,85 m Höhe über dem Fußboden , wenn nicht eine andere Bezugsebene vorgegeben ist, in der sich die wesentlichen Sehobjekte befinden. Sie bezieht sich auf den mittleren Alterungszustand der Anlage. <i>Anm.: Die N. stellt einen fiktiven Planungsbegriff dar. Wegen der geringen Anschaulichkeit wurde sie durch den Wartungswert der Beleuchtungsstärke ersetzt.</i></p>
Netzhaut	<p>Lichtempfindliches Gewebe, das die Augenhaut innen auskleidet und anatomisch wie funktionell einen vorgeschobenen Teil des Gehirns darstellt.</p>
Schattigkeit bzw. Körperwiedergabe	<p>Durch die Lichteinfallrichtung auf einem Objekt verursachte Schattenwirkung. Die Schattigkeit bzw. Körperwiedergabe wird als Maß für die Modellierung, d.h. für die Wiedergabe der räumlichen Struktur eines Körpers benutzt. Zur Kennzeichnung der Schattigkeit wird bei der Innenraumbeleuchtung das Verhältnis von zylindrischer zur horizontalen Beleuchtungsstärke (E_z/E_h) in 1,20 m (Augenhöhe bei sitzender Haltung) herangezogen.</p>
Sehaufgabe	<p>Die sehrelevanten Elemente der auszuführenden Arbeit <i>Anm.: Der Begriff bezieht sich auf die funktionell bedeutsamen Elemente der Arbeit. Er umfasst diese global und differenziert nicht zwischen verschiedenen Sehaufgaben am selben Arbeitsplatz.</i></p>

Benennung	Definition
Sehvermögen, Sehleistung	Gesamtheit der Sehfunktionen des Auges
Umfeld	Derjenige Teil des Gesichtsfeldes, der das Feld der Sehaufgabe umgibt. (entspricht dem Umgebungsbereich)
Umgebungsbereich	Der räumliche Bereich, der sich direkt an einen oder mehrere Arbeitsbereiche anschließt.
Verschmelzungsfrequenz	Gesamtfrequenz einer Folge von Lichtreizen, bei der das Flimmern in eine gleichbleibende Gesichtsempfindung übergeht oder umgekehrt. Die Verschmelzungsfrequenz nimmt i.a. mit zunehmendem Alter ab. Sie nimmt mit körperlicher Aktivierung zu, mit Ermüdung ab.

Die Autoren

Dr.-Ing. Ahmet Çakir, Berlin

Wissenschaftlicher Leiter
ERGONOMIC Institut

Dipl.-Ing. Wolfgang Cornelius, Löhne

Obmann DIN NA 058-00-06 und -20

Dipl.-Ing. Thomas Hegger, Detmold

Geschäftsführer Fachverband
Tageslicht und Rauchschutz e.V.

Dipl.-Ing. Markus Henrichen, Neuwied

Berufsgenossenschaft der
keramischen und Glas-Industrie

Dipl.-Ing. Wolfgang Mathys, Rostock

Norddeutsche Metall-
Berufsgenossenschaft

Dipl.-Ing. Matthias Strutz, Wolfsburg

Volkswagen AG