

# **Vortrag**

## **Gütemerkmale von Beleuchtungen in der Architektur**

VfA-Treff Bezirksgruppe Rhein-Main am 14.Dezember 1999

Dipl.-Ing. (TU) / Dipl.-Wirtschaftsing.(FH)  
Oliver D. Bind  
Troppauer Straße 11  
61440 Oberursel (Taunus)

Tel. 06171/587097  
FAX 06171/587208  
Email : [O.Bind@ingenieurbuero-Bind.de](mailto:O.Bind@ingenieurbuero-Bind.de)  
<http://www.ingenieurbuero-bind.de>

Sachkundiger für Beleuchtung nach VBG ZH 1/190

**Inhaltsverzeichnis**

	2
<b>EINFÜHRUNG</b>	3
<b>BELEUCHTUNGSNIVEAU</b>	5
<b>BLENDUNG UND BLENDUNGSBEGRENZUNG</b>	9
<b>LICHTRICHTUNG UND SCHATTIGKEIT</b>	13
<b>HARMONISCHE HELLIGKEITSVERTEILUNG</b>	15
<b>LICHTFARBE UND FARBWIEDERGABE</b>	17
<b>WIRTSCHAFTLICHKEIT</b>	21
<b>10 GEBOTE FÜR RICHTIGES UND GUTES LICHT</b>	23
<b>BILDSCHIRMARBEITSVERORDNUNG</b>	25
<b>BELEUCHTUNGSKRITERIEN BEI DER BILDSCHIRMARBEITSVERORDNUNG</b>	29
<b>LITERATUR- UND QUELLENVERZEICHNIS</b>	35

### Einführung

Ein Ingenieur oder Physiker beschreibt Licht als eine elektromagnetische Strahlung bei einer Wellenlänge zwischen 380 - 780 nm (visueller Bereich). Ein Architekt hingegen beschreibt Licht als Sinneserfahrung, die im Erleben der Architektur erfahrbar wird. Licht kann als warm oder kalt, scharf oder weich, hell oder dunkel, direkt oder diffus, ehrlich oder unehrlich, blendend oder glitzernd gesehen werden. Die kurze Gegenüberstellung der unterschiedlichen Sichtweisen von Licht von Ingenieur und Architekt soll exemplarisch zeigen, wie kontrovers Licht gesehen werden kann und auch gesehen wird. Sie deutet aber auch die Vielschichtigkeit des Lichtbegriffes an. Beide Sichtweisen vernachlässigen jeweils einen Teil des Lichtes und sind somit nicht umfassend. Nur wenn die Wirkungsweise des Lichtes gesamtheitlich verstanden wird, kann Licht gezielt eingesetzt und geplant werden. Licht kann dann zur Raumqualität erheblich beitragen.

Hierzu zwei Beispiele:

- Tageslicht ist vielmehr als die spektrale Zusammensetzung des Sonnenlichtes. Es ist unser Bezug zur Umwelt. Es ist Lebensspender. Es gibt den Tagesrhythmus und Jahreszyklus vor. Es bestimmt in weiten Bereichen unser Leben. Die Frage nach einer guten Lichtplanung darf daher das Tageslicht nicht außer Acht lassen. Mit Tageslicht ist hierbei nicht nur das Licht bei Tage gemeint, sondern die Möglichkeit den Bezug zur Außenwelt herstellen zu können. Dies gilt auch für den Nachtfall. Untersuchungen aus den USA haben gezeigt, dass die Akzeptanz einer Bürobeleuchtung bei Vorhandensein von geringem Tageslicht (kein nennenswerter Beleuchtungsstärkeanteil) höher war, als ohne Tageslichtanteil. Dieses Beispiel zeigt die unterschiedliche Akzeptanz einer Kunstbeleuchtungsanlage bei gleichem lichttechnischen Beleuchtungsdaten durch den Einfluß von Tageslicht.
- Eine Empfangshalle eines Bürogebäudes wird mit hochwertig wirkenden Leuchten ausgestattet, ein Lagerraum hingegen mit preiswerten funktionalen Leuchten. Wohlgermerkt mögen die lichttechnischen Eigenschaften beider Beleuchtungslösungen identisch sein, ihre Akzeptanz dagegen sehr unterschiedlich ausfallen. Die unterschiedliche Akzeptanz ist dabei durch die differierende Erwartungshaltung dem Raumambiente und der Raumfunktion gegenüber erklärbar. Die verschiedenen Beleuchtungskörper sind nur Teil und Ausdruck des Ambientes, bzw. der Raumfunktion.

Die Beleuchtung ist im Kontext der Architektur zu sehen. Die Integration der Leuchte in die Architektur setzt einen gegenseitigen Austausch von Lichtplaner und Architekt im Planungsprozeß voraus. Als Ergebnis erhält man ein Gesamtgebilde, welches schließlich in seiner Gesamtheit mit allen Sinnen wahrgenommen wird. Auf diesem Wege wird eine Beleuchtung hoher Qualität erreicht, wodurch sich die bestmögliche Akzeptanz des Raumambientes beim Betrachter einstellt.

Die Güte und Qualität vom Beleuchtungsanlagen wird also neben technischen Faktoren auch von subjektiven Faktoren beeinflusst. Die Güte einer Beleuchtung wird in der Regel durch folgende Gütemerkmale bewertet:

- Beleuchtungsniveau
- Helligkeitsverteilung
- Blendungsbegrenzung
- Lichtrichtung und Schattigkeit

- Lichtfarbe und Farbwiedergabe
- Wirtschaftlichkeit

Diese Merkmale sind in Richtlinien für die Beleuchtungsplanung und in Normen und Empfehlungen festgelegt. Bei der Anwendung derartiger Empfehlungen sind zwei Grundsätze besonders zu beachten:

1. Viele der in Normen festgelegten Verfahren zur Bewertung einzelner Güteermale sind so angelegt, dass sie in der Praxis hinreichend leicht anwendbar sind. Sie berücksichtigen den Stand der Technik zum Zeitpunkt ihrer Entstehung und gelten daher im Grunde zunächst nur unter den dadurch gegebenen technischen Bedingungen. Der Fortschritt der Technik kann dazu führen, dass eine buchstabengetreue Anwendung von Empfehlungen nicht zu dem gewünschten Ergebnis führt. Aus diesem Grunde erfordert eine sachgerechte Anwendung, auch einfacher praxisgerechter Verfahren zur Bewertung der Güte der Beleuchtung, eine gründliche Kenntnis der Hintergründe für die Entstehung der Empfehlung.
2. Auch die Einhaltung von Normen und Empfehlungen garantiert noch nicht, dass die geplante Beleuchtungsanlage voll befriedigend ist. Gute Beleuchtungsanlagen müssen auch Kriterien erfüllen, die sich nicht in Regeln festlegen lassen.

Bei der Planung sollte man dabei von folgenden Gesichtspunkten ausgehen:

- Erzielen einer adäquaten Sehleistung
- Erzielen einer angenehmen Raumwirkung
- Beachtung der Wirtschaftlichkeit

Ausgangspunkt der Planung sind die lichttechnischen Anforderungen, der Raumzweck und räumliche Gegebenheiten. Sie beeinflussen die Entscheidung über Höhe des Beleuchtungsniveaus, die Auswahl und Anordnung der Leuchten sowie die Berücksichtigung von Aspekten der technischen Ausführung und Raumgestaltung.

### Beleuchtungsniveau

Die Leistungsfähigkeit des Auges hängt im wesentlichen von der Leuchtdichte (Helligkeitseindruck) im Gesichtsfeld und deren Verteilung ab. Wenn man annimmt, dass das Beleuchtungsniveau ein wesentlicher Faktor zum Erreichen einer für die Nutzung eines Raumes erforderlichen Sehleistung ist, so wäre es folgerichtig, das Beleuchtungsniveau durch die Leuchtdichte zu kennzeichnen. Nun kann man in der Lichttechnik nur Beleuchtungsstärken (Licht pro  $m^2$ , was von einer Lampe auf eine bekannte Fläche auftrifft) messen. Die Leuchtdichte kann aber nur mit Hilfe des Reflexionsgrades der beleuchteten Flächen bestimmt werden. Im allgemeinen gibt es in einem Raum sehr viele beleuchtete Flächen. Daher wird beim Beleuchtungsniveau in der Normung, die Beleuchtungsstärke als Kennzahl verwendet.

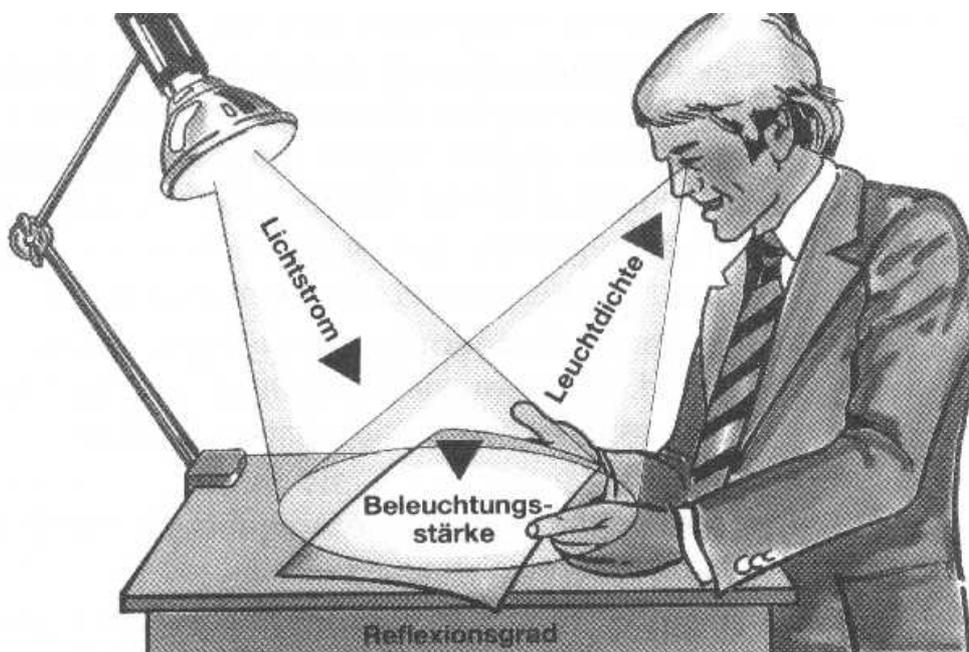
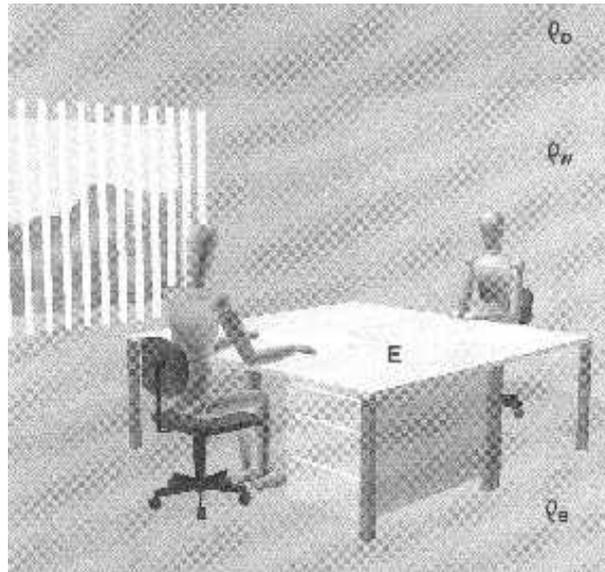


Abbildung 1 Quelle ZH 1/190

Das Beleuchtungsniveau, also die Leuchtdichte die wir sehen, wird durch die Beleuchtungsstärke  $E$  und die Reflexionseigenschaften  $\rho$  der beleuchteten Fläche bestimmt. Je geringer die Reflexionsgrade sind und je schwieriger die Sehaufgabe ist, desto höher muß die Beleuchtungsstärke sein.

Typische Beispiele für Reflexionsgrade sind:

- Weiße Wände 85 %
- Helle Holzverkleidungen 50 %
- Rote Ziegelsteine 25 %



**Abbildung 2 Quelle : Fachgemeinschaft Gutes Licht**

Dies führt dazu, dass ein Raum trotz des Erreichens der genormten mittleren Beleuchtungsstärke dunkel wirken kann. Das Wohlbefinden und die Schleistung hängt also ganz wesentlich neben den Leuchten, von der Farbgestaltung des Raumes, bzw. Reflexionsgestaltung ab.

Die genormte Nennbeleuchtungsstärke (z.B. 500 lx in Büros), die in der DIN 5035 beschrieben ist, ist der zeitliche und örtliche Mittelwert der Beleuchtungsstärke eines Raumes oder Raumzone. Allgemein wird die Beleuchtung horizontal in einer Höhe von 85 cm über dem Fußboden bestimmt.

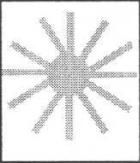
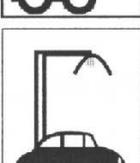
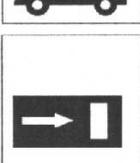
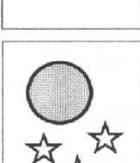
In der Außenbeleuchtung oder Straßenbeleuchtung wird aber mit der Leuchtdichte gearbeitet, da hier meist nur der gesehene Weg betrachtet wird. Die Reflexionseigenschaften von Fahrbahnen sind genormt. Daher kann hier leicht die Leuchtdichte ermittelt werden.

Ohne Meßgerät läßt sich bei Leuchtstofflampen anhand der Leistung pro Quadratmeter Grundfläche grob abschätzen, ob die geforderten Werte eingehalten werden: Bei 30 Watt Leistung in einer Höhe von 3 m sind näherungsweise 500 Lux eingehalten. Ältere Mitarbeiter benötigen eine höhere Beleuchtungsstärke. Das erfordert individuelle Beleuchtungsverhältnisse.

## Vortrag Güteerkmale von Beleuchtungen

---

Beispiel für Beleuchtungsstärken sind:

	<ul style="list-style-type: none"><li>● Sonniger Sommertag im Freien ca: 100000lx</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>● Bedeckter Himmel im Sommer ca: 20000lx</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>● Trüber Wintertag ca: 3000lx</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>● Sehr gute Arbeitsplatzbeleuchtung ca: 1000lx</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>● Normale Arbeitsplatzbeleuchtung 500lx</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>● Lager, Durchgang, Parkhaus 100lx</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>● Gute bis schwache Straßenbeleuchtung 30lx</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>● Notbeleuchtung 1 lx</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>● Vollmond 0,5 lx</li></ul>



### Blendung und Blendungsbegrenzung

Als Blendung werden Sehstörungen bezeichnet, die durch eine ungünstige Leuchtdichte-Verteilung und/oder zu hohe Leuchtdichtekontraste (Leuchtdichteunterschiede) im Gesichtsfeld entstehen. Diese können unterschiedlich vom Betrachter sein. Blendung ist nicht nur ein Problem der künstlichen Beleuchtung, sondern auch ein Problem der Tageslichtbeleuchtung. Man unterscheidet zwei Arten von Blendung nach ihrer Wirkung:

#### 1. Physiologische Blendung

Blendung, die zur Herabsetzung des Sehvermögens führt (z. B. Unterschiedsempfindlichkeit und Formenerkennung bei Blendung durch ein entgegenkommendes Auto bei Nacht). Bei einer ausgewogenen Leuchtdichteverteilung im Gesichtsfeld adaptiert das Auge auf dessen Mittelwert. Eine zusätzliche Blendquelle (z.B. ungeschirmte Lampe hoher Leuchtdichte) im Blickfeld erzeugt im Augeninneren durch Streulicht einen "Schleier", wodurch das Adaptationsniveau angehoben wird und kleine Leuchtdichteunterschiede des Sehdetails unsichtbar werden können. Je höher die Leuchtdichte der Blendlichtquelle und je näher sie der Blickrichtung liegt, desto mehr blendet sie.

#### 2. Psychologische Blendung

Blendung, die allein unter dem Gesichtspunkt der Störimpfindung bewertet wird. Das Sehvermögen wird nicht merklich herabgesetzt. Bei längerem Einwirken führt psychologische Blendung aber zu Ermüdung, Herabsetzung der Leistung und geringerem Wohlbefinden.

Alle Verfahren zur Begrenzung der Direktblendung, z.B. das Grenzkurvensystem berücksichtigen lediglich die psychologische Blendung, nicht aber die physiologische Blendung, da sie in Innenräumen praktisch nicht vorhanden ist.

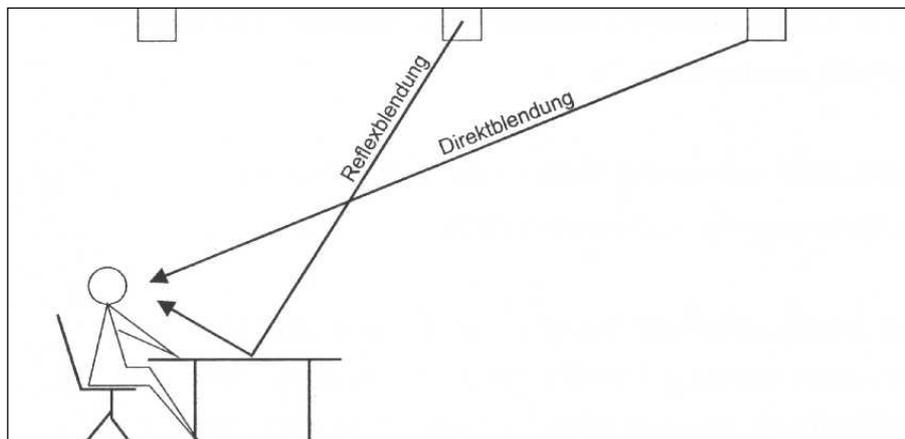
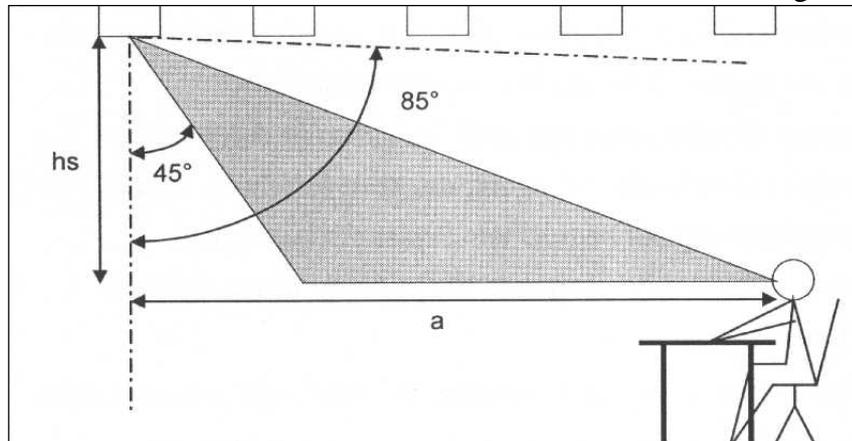


Abbildung 3 Quelle: DIAL-GmbH 1998

Blendung kann dabei auf zweierlei Art hervorgerufen werden:

- Direktblendung

Blendung (siehe Abbildung 3), die unmittelbar durch Lichtquellen hervorgerufen wird. Ihr Ausmaß hängt ab von der Leuchtdichte und Größe der gesehenen leuchtenden Flächen aller im Blickfeld befindlichen Leuchten sowie von der Leuchtdichte des Hintergrunds.

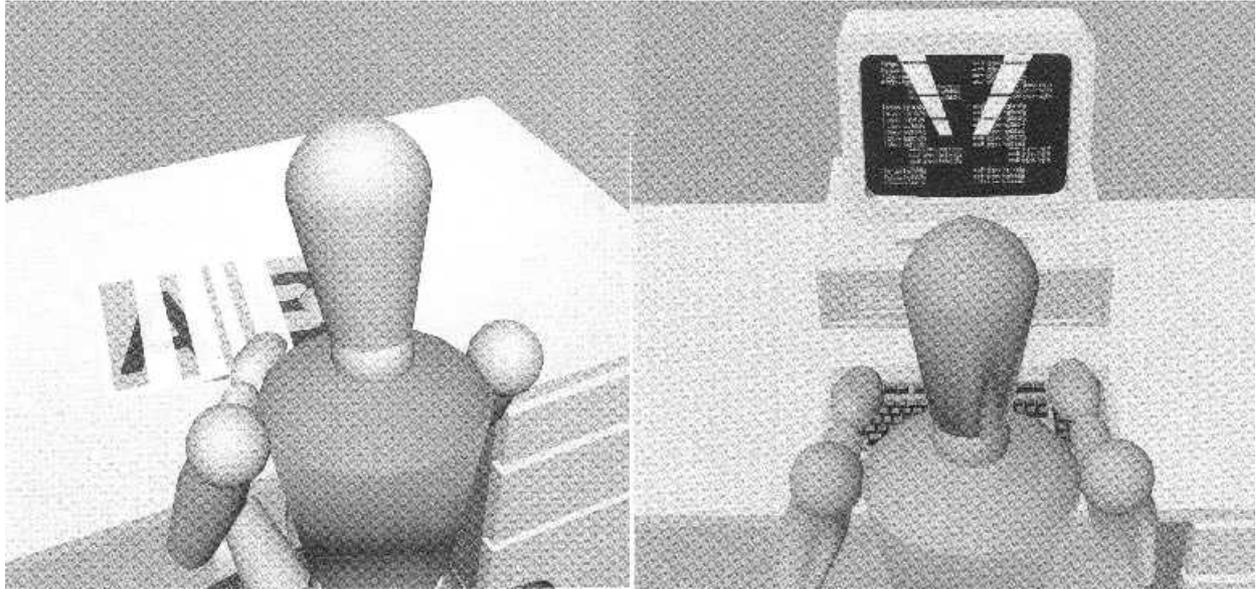


**Abbildung 4 Quelle: DIAL GmbH 1998**

Direktblendung gilt als ausreichend begrenzt, wenn die mittlere Leuchtdichte der Leuchten im, für die Blendung kritischen Winkelbereich von  $45^\circ$  bis  $85^\circ$ , die Werte der Leuchtdichtegrenzkurven nicht überschreitet (Abbildung 4). Dies sind etwa  $200 \text{ cd/m}^2$ , zum Vergleich, eine  $1,50 \text{ m}$  lange Leuchtstoffröhre hat als freistrahrende Lichtleiste eine Leuchtdichte von etwa  $10000 \text{ cd/m}^2$  in jeder Richtung. Zur Beurteilung der von einer Beleuchtungsanlage ausgehenden Gefahr von Direktblendung wurden in verschiedenen Ländern unterschiedliche Verfahren entwickelt. Die DIN stützt sich zur Zeit noch auf das Grenzkurvenverfahren nach Söllner, dessen Kennzahlen in den Leuchtenkatalogen abgedruckt sind. Durch die Auswahl geeigneter Leuchten, Leuchtschirmung oder bei der Tageslichtplanung durch Rollos oder anderen Sonnenschutz kann man die Direktblendung weitgehend vermeiden.

- Reflexblendung

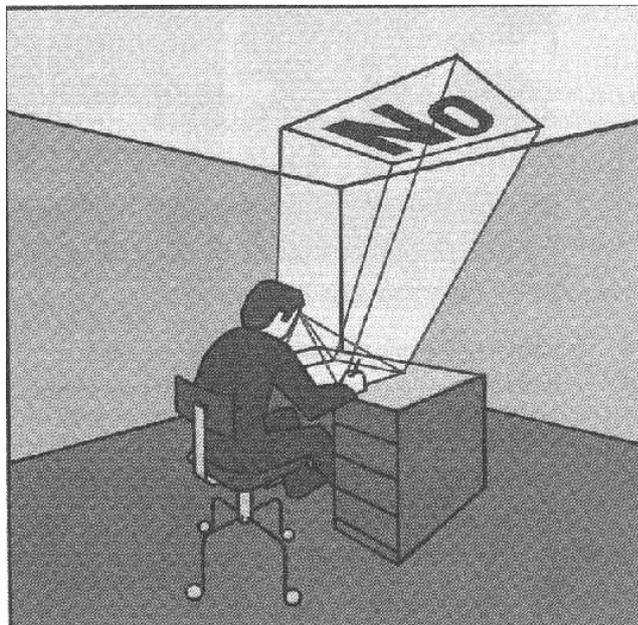
Blendung und Kontrastminderung, die durch spiegelnde Reflexion von leuchtenden Objekten (z. B. auf glänzendem Papier (siehe Abbildung Nr. 5) oder Bildschirmoberflächen) verursacht wird. Die Lichtreflexe führen im allgemeinen zu einer Beeinträchtigung des Kontrastsehens, so dass z. B. die Zeichenerkennung auf bedrucktem Papier erschwert wird.



**Abbildung 5 Quelle: Fachgemeinschaft Gutes Licht**

Reflexblendung kann durch folgende Maßnahmen vermieden oder verringert werden:

- sorgfältige Anordnung von Leuchten oder Fenster und Arbeitsplätzen zueinander,
- Leuchtdichtebegrenzung der Leuchten oder Fenstern zur Vermeidung von Lichtreflexen auf dem Sehobjekt,
- Verwendung von matten, diffus reflektierenden oder entspiegelten Oberflächen am Arbeitsplatz,
- diffuse Lichteinstrahlung durch Beleuchtungslösungen mit hohem Indirektanteil oder höheren Vertikalbeleuchtungsstärken.



**Abbildung 6 Quelle: ZH 1/190**

Allgemein kann man für Arbeitsplätze sagen, dass direkt über dem Arbeitsplatz sich keine Leuchte befinden sollte (NO Abbildung 6). Arbeitsplätze mit Computerbildschirmen stellen hinsichtlich der Beleuchtung besondere Anforderungen. Dies bezieht sich speziell auf die Leuchtdichteverteilung im Raum sowie auf die Begrenzung der Direkt- und der Reflexblendung.

Die Leuchtdichtevertelung ist u.a. abhängig von den Reflexionsgraden, Glanzeigenschaften und Farben der Flächen am Arbeitsplatz und im Raum. Sie sollen so gewählt werden, dass keine allzu hohen Leuchtdichteunterschiede (Kontraste) oder störende Spiegelungen heller Flächen auftreten können. Bezüglich der Direktblendung durch Leuchten ist zu beachten, dass bei der Bildschirmarbeit die Hauptblickrichtung üblicherweise nahezu horizontal ist, während bei anderer Büroarbeit der Blick oft stärker nach unten geneigt wird. DIN 5035 fordert aus diesem Grund die höchste Blendungsgüteklasse.

Reflexblendung rührt von der Spiegelung heller Flächen an glänzenden Oberflächen her, hier speziell am Bildschirm. Da die Spiegelung winkelabhängig ist, hat die Anordnung von Arbeitsplätzen, Bildschirmgeräten und Leuchten einen entscheidenden Einfluß. So können häufig Reflexe schon durch Neigen oder Drehen der Bildschirme vermieden werden.

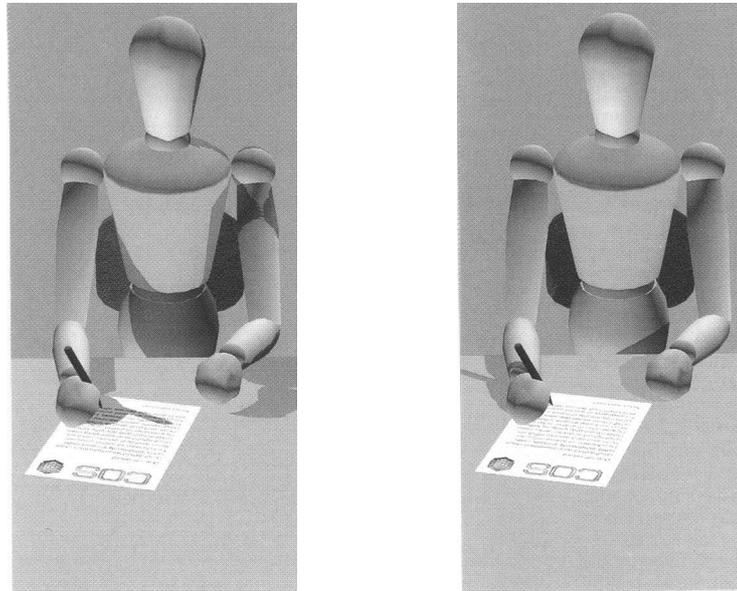
Nach DIN 5035, dürfen Flächen, auch Einrichtungsgegenstände und Fenster, die sich im Bildschirm spiegeln, keine höheren mittleren Leuchtdichten als  $200 \text{ cd/m}^2$  und keine höheren maximalen Leuchtdichten als  $400 \text{ cd/m}^2$  aufweisen. Für Leuchten, die sich im Bildschirm spiegeln, gilt nach DIN 5035: Oberhalb des Grenzausstrahlungswinkels, ab dem eine Leuchte im Bildschirm sichtbar werden kann, ist die mittlere Leuchtdichte der leuchtenden Flächen in den Ebenen C0-C180 und C90-C270 auf  $200 \text{ cd/m}^2$  zu begrenzen.

Der Einsatz spezieller Bildschirmarbeitsplatz-Leuchten, die ab einem Ausstrahlungswinkel von  $50^\circ$  leuchtdichtebegrenzt sind, ist allerdings nur in Großraumbüros sinnvoll. In kleinen Räumen ist der aufwendig entblendete Ausstrahlungsbereich im Bildschirm ohnehin nicht sichtbar. Bei bildschirmunterstützter Tätigkeit können auch  $60^\circ$ -entblendete Leuchten (Darklight-Raster) auf jeden Fall empfohlen werden. In der Praxis zeigt sich schon heute, dass moderne Bildschirme häufig stärker geneigt sind als jene  $20^\circ$ , auf denen die Norm basiert. Notebook- und andere Displays können sogar nahezu flach liegen und sind dann für Reflexe aus praktisch jeder Richtung empfindlich.

Auch bei Geräten mit Bildröhre ist die Entwicklung vorangeschritten: entspiegelt und mit dunkler Schrift auf hellem Grund (Positivkontrast) sind sie wesentlich unempfindlicher gegen störende Reflexe geworden. Die Norm läßt beim Einsatz solcher Geräte, die einem fortschrittlichen Stand der Technik entsprechen, höhere Leuchtdichtewerte als die genannten ausdrücklich zu, ohne jedoch eine genaue Festlegung zu treffen

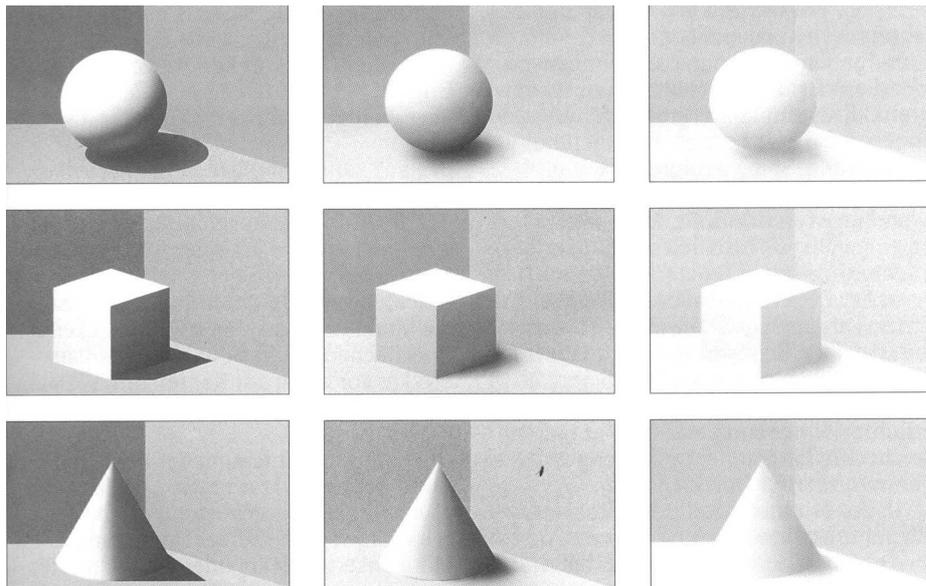
### Lichtrichtung und Schattigkeit

Gute Erkennbarkeit von körperlichen Gegenständen, von Strukturen und Oberflächen wird durch das Verhältnis Licht und Schatten (hell und dunkel) beeinflusst. Die Lichtverteilung der Leuchten und ihre Anordnung bestimmen die Lichtrichtung und Schattenbildung.



**Abbildung 4 Quelle: Fachgemeinschaft Gutes Licht**

Schatten tragen wesentlich dazu bei, räumliche Strukturen zu erkennen sowie das Tiefensehen und die Orientierung zu erleichtern. Richtige Schattenbildung entsteht durch eine zweckmäßige Mischung von diffusem (ungerichtetem) und gerichtetem Licht. Dadurch wird ein gleichmäßiger Übergang von dunkleren zu helleren Bereichen bewirkt. Das jeweilige Verhältnis hängt von der Seh- und Arbeitsaufgabe ab.



**Abbildung 5 Quelle: ERCO Handbuch der Lichtplanung**

Durch extrem schattenloses, diffuses Licht geht der plastische Eindruck verloren, es entsteht Einförmigkeit (Hochnebel). Auch zu harte Schatten schränken die Informationsbreite erheblich ein und beeinträchtigen wegen der hohen Leuchtdichteunterschiede die Sehfunktionen. Außerdem ist es möglich, dass wesentliche Teile des Gesichtsfeldes gar kein Licht erhalten, so dass auch ein Sicherheitsrisiko entstehen kann. Sind Farbe und Reflexionsgrad eines Körpers und seiner Umgebung gleich, ist seine Form nur dann zu erkennen, wenn sich das Licht nicht gleichmäßig auf ihm verteilt. Eine zu diffuse Beleuchtung läßt die Form eines Gegenstandes nicht eindeutig erkennbar werden und ergibt eine als unangenehm empfundene Schattenarmut und Monotonie.

Im Gegenteil dazu bilden punktförmige Lichtquellen mit extrem gerichtetem Licht (z.B. Niedervolt-Halogenstrahler) tiefe Schatten mit harten Schlagrändern. In diesen Schlagschatten ist fast nichts mehr zuerkennen und es können optische Täuschungen entstehen, die eine Gefahrenquelle darstellen, z.B. Treppenbeleuchtungen.

Bei der Allgemeinbeleuchtung von Innenräumen sind ausgewogene Schatten mit weichen Rändern richtig. Schattenlosigkeit erschwert das plastische Sehen. In Räumen mit einer hohen Tageslichtbeleuchtung sollte die Lichtrichtung der Leuchten der Richtung des Tageslichtes entsprechen. In einem Büroraum z.B. mit einer nach dem Tageslicht ausgerichteten Doppelblockanordnung der Tische empfiehlt es sich, den Tageslichteinfall durch Jalousien zu kontrollieren und störende harte Schatten mit getrennt zu schaltenden Lichtbändern aus der Raumtiefe aufzuhellen.

Bei bestimmten Schaufgaben, z.B. bei der Beurteilung von Oberflächen, ist wiederum eine ausgeprägte Schattigkeit durch gerichtetes Licht notwendig.

Im übrigen können aber folgende allgemeine Hinweise gegeben werden:

- Reine indirekte Beleuchtung gibt im allgemeinen eine zu schattenarme Beleuchtung, die das körperliche Sehen erschwert,
- Leuchtstofflampen in Einzelleuchten oder Lichtbändern ergeben weiche Schatten, wie sie im allgemeinen in Arbeitsräumen erwünscht sind,
- Leuchtstofflampenbeleuchtung mit zusätzlicher Akzentbeleuchtung führt zu einem Grad der Schattigkeit, die für Geschäfts- und Ausstellungsräumen geeignet ist,
- Eine dramatisierende Effektbeleuchtung mit tiefen Schatten wird durch Einzelleuchten mit engem Lichtbündel (Strahler) erzeugt. Eine derartige Beleuchtung wird in zunehmendem Maße in Museen verwendet, um die Exponate für den Beschauer attraktiver erscheinen zu lassen. Es muß jedoch darauf hingewiesen werden, dass dadurch oft die Wahrnehmung von Details erschwert wird,
- Bei speziellen Schaufgaben in der Industrie kommt es darauf an, die Form der Oberflächenbeschaffenheit von Objekten durch harte Schatten besser sichtbar zu machen.

### Harmonische Helligkeitsverteilung

Große Leuchtdichteunterschiede (Helligkeitsunterschiede) im Gesichtsfeld beeinträchtigen die Sehleistung und das Wohlbefinden und müssen daher vermieden werden. Das gilt sowohl für Innenraumbeleuchtung als auch im Außenbereich. Die Leuchtdichte im nahen Arbeitsbereich, z.B. einer Schreibtisch-Arbeitsfläche sollte nicht kleiner als ein Drittel der Leuchtdichte eines auf der Fläche liegenden Dokumentes. Das Leuchtdichteverhältnis von Seh Aufgabe und ausgedehnten Flächen im entfernteren Umfeld sollte nicht mehr als 5:1 betragen (ältere Studien sagen auch 1:10).

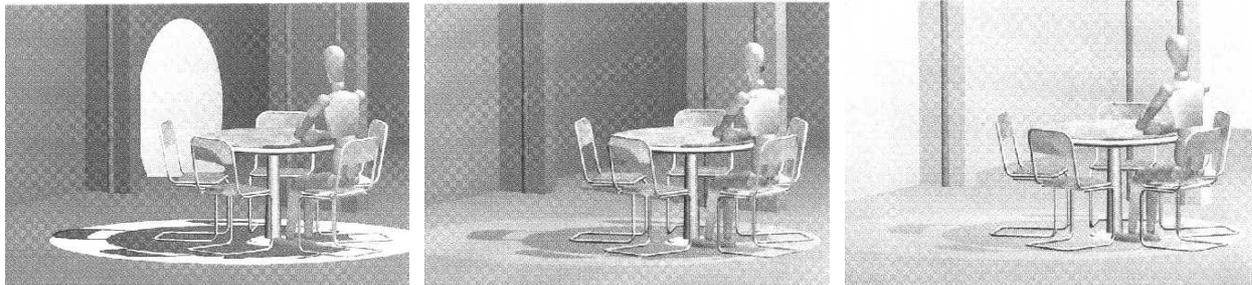


Abbildung 6 Quelle: Fachgemeinschaft Gutes Licht

Zu geringe Leuchtdichteunterschiede ergeben einen gleichförmig monotonen Raumeindruck, der ebenfalls als unangenehm empfunden wird. Im Sinne von Sicherheit durch rechtzeitiges Erkennen von Hindernissen, ist eine gute örtliche Gleichmäßigkeit der Leuchtdichte wichtig.

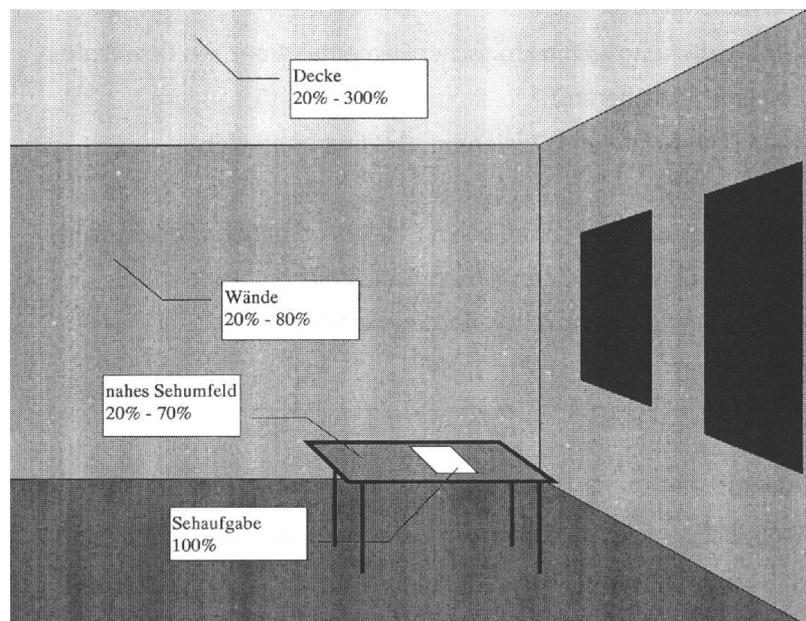
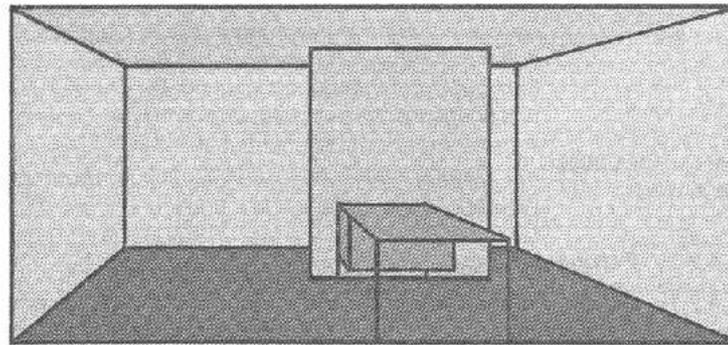
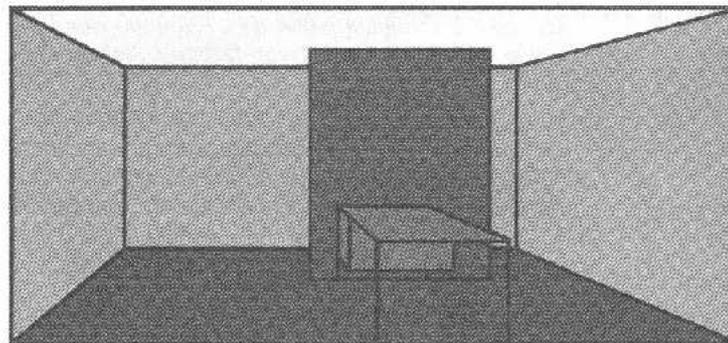


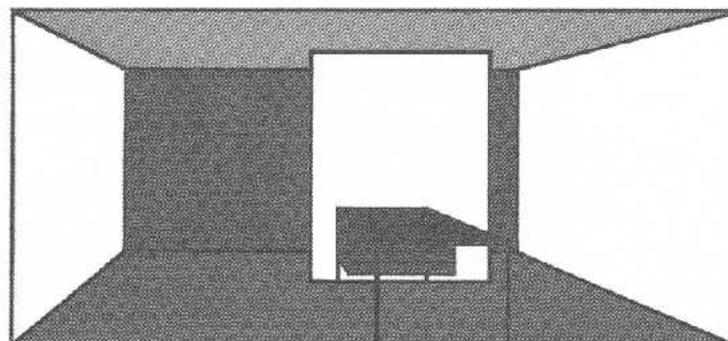
Abbildung 7 Quelle: DIAL-GmbH



Kontrast weich, unbefriedigend



Kontrast 1:3 bis 3:1, ausgewogen



Kontrast größer als 3:1, hart

### Abbildung 9 Quelle: Fachgemeinschaft Gutes Licht

Eine harmonische Helligkeitsverteilung in Räumen ist durch eine, auf die Farbgebung und Oberflächenbeschaffenheit der Raumausstattung abgestimmte Beleuchtung möglich. Zu einer ausgewogenen Leuchtdichteverteilung im Gesichtsfeld tragen bei:

- Eine Allgemeinbeleuchtung oder arbeitsplatzorientierte Allgemeinbeleuchtung, z.B. keine zu sehr akzentuierte Beleuchtung.
- Eine Verbesserung der Gleichmäßigkeit durch indirekte Anteile der Beleuchtung, z.B. durch anstrahlen von Decken und Wänden.
- Ein Verhältnis der minimalen zur mittleren Beleuchtungsstärke von mindestens 1:1,5, z.B. darauf achten, dass alle Teile des Raumes gleichmäßig beleuchtet werden.
- Nicht zu geringe Reflexionsgrade von der Wand-, Decken-, und Bodenflächen, z.B. kein tiefes Schwarz auf Böden und Möbeln mit weißen Wänden mischen.

### Lichtfarbe und Farbwiedergabe

Die für allgemeine Beleuchtungszwecke verwendeten Lichtquellen geben im allgemeinen „weißes“ Licht ab. Dennoch unterscheiden sich die Lichtfarben und Farbwiedergabe derartiger Lichtquellen für weißes Licht unter Umständen erheblich.

Als Lichtfarbe wird die Farbart eines Selbstleuchters, also einer Lichtquelle, bezeichnet (im Gegensatz zur Körperfarbe eines Objektes, die nur durch Bestrahlung entsteht). Die Lichtfarbe ergibt sich aus der spektralen Zusammensetzung (Spektrum) des ausgesandten Lichts. Die Farbart einer Lichtquelle wird mit der Farbe des sog. "Schwarzen" oder Planckschen Strahlers verglichen und ist beschrieben durch die ähnlichste Temperatur. Niedrige Farbtemperaturen sind roten Farbarten zuzuordnen. Mit steigender Temperatur wird die Farbart weiß und dann blau. Die Farbtemperatur wird in Kelvin (K) angegeben.

Nach DIN und CIE gibt es eine Einteilung der technischen Lichtquellen nach ihrer Lichtfarbe. Sie erscheinen alle dem menschlichen Auge als weiß - ein Unterschied wird erst im direkten Vergleich deutlich. Die Sehleistung wird durch diese verschiedenen Lichtfarben nicht direkt beeinflusst.

Bezeichnung nach DIN	Kürzel	Farbtemperatur	Farberscheinung
Warmweiß	Ww	< 3300K	Warm
Neutralweiß/Universalweiß	Nw	3300K-5000K	Mittel
Tageslichtweiß	Tw	> 5000K	Kalt

Soll die Beleuchtung nicht unbehaglich kalt wirken, so sollte man tageslichtweiße Lampen, wenn das Beleuchtungsniveau hoch ist. Im Prinzip gibt es jedoch keine sachliche Begründung für die Bevorzugung bestimmter weißer Lichtfarben. Sicher ist nur, dass eine weiße Fläche mit warmweißer Farbe rötlicher als mit tageslichtweißer Lichtfarbe wirkt.

Die Farbwiedergabe soll darüber Aufschluß geben, wie "richtig" eine Körperfarbe (Wände, Decken, Möbel, Arbeitsobjekte) bei künstlicher Beleuchtung dem Betrachter erscheint. Sie ist ein wichtiges Gütekriterium. Es wird dabei davon ausgegangen, dass eine Körperfarbe dann als richtig erscheint, wenn sie von einem Temperaturstrahler oder von Tageslicht (hoher Farbtemperatur) beleuchtet wird. Sie hat erst einmal nichts mit der Lichtfarbe selbst zutun. Obwohl die Farbwiedergabe von weiß natürlich von der Lichtfarbe abhängt. Lampen, speziell Leuchtstofflampen, können bei gleicher Lichtfarbe verschiedene Farbwiedergabeeigenschaften haben.

Im allgemeinen Farbwiedergabeindex (Ra) werden die Abweichungen zusammengefaßt, beim Vergleich von diversen Testfarben unter der zu kennzeichnenden Lichtart und einer Bezugsbeleuchtung. Eine Vereinfachung stellt die Kennzeichnung der Farbwiedergabeeigenschaften von Lichtquellen nach DIN 5035 mit Farbwiedergabestufen, dar.

Es sind sechs Farbwiedergabestufen definiert, denen Bereiche des allgemeinen Farbwiedergabeindex nach folgender Tabelle zugeordnet sind:

Bezeichnung	Farbwiedergabestufe	Farbwiedergabeindex Ra
sehr gut	1A	Ra > 90
	1B	Ra 80 - 90
Gut	2A	Ra 70 - 80
	2B	Ra 60 - 70
Weniger gut	3	Ra 40 - 60
	4	Ra < 20 - 40

Je nach Art des Raumes und der Tätigkeit **sind** in Normen (z. B. DIN 5035) Stufen der Farbwiedergabe gefordert. Generell bedeutet die Farbwiedergabestufe 1A höchste Farbwiedergabequalität, wie sie bei der Farbprüfung/Farbkontrolle, aber z. B. auch in Sanitätsräumen erforderlich ist. In allgemeinen ist die Stufe 2A vollkommen ausreichend. In variablen, nutzbaren Büroräumen oder z.B. Grafikern sollte man die Stufe 1A wählen.

Entscheidend für die Qualität der Farbwiedergabe in einer Beleuchtungsanlage ist die Wahl der Lampen. Temperaturstrahler wie Glühlampen haben sehr gute Farbwiedergabeeigenschaften aber eine warmweiße (rötliche) Lichtfarbe, während Leuchtstofflampen in verschiedenen Qualitätsstufen erhältlich sind.

Farbwiedergabestufe	sehr gut		gut		Weniger gut	
	1A	1B	2A	2B	3	4
Farbwiedergabeindex Ra	Ra >90	Ra 80 - 90	Ra 70 - 80	Ra 60 - 70	Ra 40 - 60	Ra <20 - 40
Glühlampen	X	X				
Kompakt-Leuchtstofflampen	X	X				
Leuchtstofflampen	X	X	X	X	X	
Quecksilberdampf-Hochdrucklampen				X	X	X
Halogen-Metaldampflampen	X	X	X	X		

### Tabelle Übersicht über Farbwiedergabeeigenschaften einzelner Lampenarten

Neben diesen Lichtfarben und Farbwiedergaben gibt es natürlich noch Sonderformen. Lampen für Körperfarben, Pflanzen, Aquarien und Vollspektrumlampen (z.B. OSRAM Biolux). Bei einer herkömmlichen Lampe kommt nur ein eingeschränktes Lichtspektrum zum Einsatz. Sie erzeugt primär Helligkeit. Vollspektrumlicht dagegen gibt das mittägliche Tageslicht in etwa wieder. Es berücksichtigt sowohl UV- wie auch Infrarotanteile. Vollspektrumlampen sollen als Indirektbeleuchtung angewendet werden. Ein blendfreier und gleichmäßig ausgeleuchteter Raum entspannt die Augen und verhindert Ermüdungserscheinungen. Bekanntlich beeinflussen Farben das Wohlbefinden. Vollspektrumlampen lassen Farben natürlich und klar erscheinen, so wie Tageslicht. Ihr Einsatz wird vor allem in Räumlichkeiten, die wenig oder kein Tageslicht haben empfohlen.

Neben Lichtfarbe Farbwiedergabe, Stärke und Verteilung des beleuchtenden Lichtes ist die Farbgebung im Raum für seine Gesamtwirkung d.h. für die stimmungsmäßige Beeinflussung des Menschen, maßgebend. Bei der Mannigfaltigkeit der möglichen Farben und Vielzahl der vorhandenen **Einflußgrößen** ist es nicht möglich, feste Richtlinien für die farbige Raumgestaltung anzugeben. Trotzdem sind im Folgenden eine Reihe von Aussagen möglich:

- Unter Lichtquellen mit warmer Lichtfarbe und guten Farbwiedergabe-Eigenschaften werden auch die warmen Körperfarbe günstig beurteilt. Der geringe Anteil an kurzwelliger blauer Strahlung in diesen Lichtquellen führt jedoch dazu, dass kalte Farben mehr oder weniger „getötet“ werden, z.B. blaugrün, blau, purpur,
- Bei neutralweißen Lichtquellen werden alle Farben gleichwertig beurteilt. Lampen dieser Gruppe können deshalb als solche mit sicheren Lichtfarben bezeichnet werden,
- Als Hintergrundfarben, d.h. Farben der Wände und Decken, werden Weiß oder helle Farben von sehr geringer Sättigung bevorzugt, sogenannte Pastellfarben. Hier kann man deshalb von sicheren Wandfarben sprechen. Auch werden sehr dunkle Hintergrundfarben akzeptiert, dagegen werden Farben mittlerer Sättigung und Helligkeit am wenigsten vom Betrachter geschätzt,
- Während für den Hintergrund Farben von sehr geringer Sättigung bevorzugt werden, sind für Objekte stärker gesättigte Farben vorrangig,
- Farben von Lebensmitteln werden allgemein unter warmen Licht günstiger beurteilt als unter kälterem Licht,
- Trotzdem wird eine farbige Umwelt im Raum nur dann wirklich befriedigt, wenn sie lebendig und abwechslungsreich gestaltet wird. Jedoch führt in benachbarten Räumen das Wiederholen der gleichen farbigen Gestaltung, auch wenn sie sich einmal als gut, gefällig und zweckmäßig erwiesen hat, leicht zur Eintönigkeit oder Überdruß.



### Wirtschaftlichkeit

Als Wirtschaftlichkeit wird heute hauptsächlich die Minimierung der Kosten der Beleuchtungsanlage betrachtet. Zur Ermittlung dieser Kosten existiert eine Norm (DIN 5035 Teil 1). Hierzu werden die Anschaffungskosten, Energiekosten, Lampenkosten und Instandhaltungskosten inklusive Reinigungskosten ermittelt. Es wird aber zunehmend schwieriger diese Kosten über die gesamte Lebensdauer zu ermitteln (z.B. ist es schwer die Energiekosten in den nächsten 5 Jahren zu schätzen).

Daher möchte ich hier nur auf einige Faktoren eingehen, wie man die Wirtschaftlichkeit und daher die Kosten senken kann.

### Lampen

Neue Lampenentwicklungen schaffen immer höhere Lichtausbeuten, bei gleichzeitiger Verbesserung des visuellen Komforts. Hier sind besonders die farbverbesserten Natriumdampf-Hochdrucklampen und die immer kleiner werdenden Kompakt-Leuchtstofflampen mit Stift- und Schraubsockel zu nennen (Energiesparlampen). Daneben haben sich bereits die Halogen-Metaldampflampen durchgesetzt, die brillantes Licht bei ebenfalls sehr hoher Effizienz bieten, z.B. hohe Lichtausbeute. Schalthäufigkeiten und verfügbare Lichtfarben, erlauben dabei meist den problemlosen Ersatz der herkömmlichen Lampen. Die höheren Erstinstallationskosten rechnen sich durch eine längere Lebensdauer (z. B. 8-fach bei der Kompakt-Leuchtstofflampe) und dem deutlich geringeren Stromverbrauch bei gleichem oder sogar höherem Lichtstrom.

### Vorschaltgeräte

Elektronische Vorschaltgeräte bieten Energieersparnis und eine höhere Wirtschaftlichkeit. Die Vorteile sind vielfältig, besonders im Bereich der Leuchtstoff- und Kompakt-Leuchtstofflampen:

- geringerer Eigenverbrauch (nur noch ca. 10% der Lampenleistung, d. h. ca. 30% weniger Energieverluste gegenüber konventionellen Vorschaltgeräten),
- besserer Wirkungsgrad der Lampe (ca. 10% Energieeinsparung gegenüber konventionellen Vorschaltgeräten),
- längere Lampenlebensdauer (durch flackerfreien Warmstart (ca. 30 - 50% länger),
- geringerer Lichtstromrückgang über die Lebensdauer,
- erhöhte Schalthäufigkeit (Faktor 3),
- niedrigere Lampenersatz- und Wartungskosten,
- geringere Heizlast; dadurch Entlastung der Klimaanlage,
- Abschaltautomatik zur Vermeidung des energieaufwendigen Flackerns am Lebensdauerende
- dimmen und steuern gegenüber konventionellen Vorschaltgeräten möglich.

Ein sparsamer und bewußter Umgang mit Energie wird beim Einsatz eines Lichtsteuersystems deutlich. Ein intelligentes Lichtsteuerungssystem ermöglicht die Einsparung von bis zu 80% der Stromkosten für Beleuchtung. Nicht allein ein automatisches Ein- und Ausschalten, sondern ein stufenloses, individuelles, tageslichtabhängiges Steuern jeder einzelnen Leuchte im Gebäude wird durch modernste Elektronik ermöglicht.

### Tageslichtnutzung

Jede visuelle Aufgabe erfordert eine gewisse Grundhelligkeit, um fehlerfrei und gefahrlos erfüllt werden zu können. Wo das Tageslicht nicht ausreicht, muß in der Regel Kunstlicht zur Ergänzung eingesetzt werden. Häufig steht jedoch das Kunstlicht zu sehr im Mittelpunkt, so dass es den ganzen Tag über eingeschaltet bleibt, obwohl die Aufgabe es gar nicht erfordert oder das Tageslicht wird ungenutzt "ausgesperrt" durch Rollos und Jalousien. Ein Weg zurück zum Tageslicht erhöht nicht nur den visuellen Komfort durch erhöhte Akzeptanz und Leistungsbereitschaft, sondern hilft effektiv Stromkosten einzusparen. Hier bietet ein Lichtmanagementsystem durch seinen Tageslichtrechner ideale Möglichkeiten der stufenlosen Kombination beider Lichtquellen, des Kunst- und des Tageslichts. Diverse Tageslichtlenksysteme an den Fenstern bieten häufig kombinierte Elemente zur Sonnenabschattung einerseits und Lichtlenkung in die Raumtiefe andererseits. Eine daran angepaßte künstliche Beleuchtung kann viel Energie sparen und schafft gleichzeitig eine natürlichere Lichtumgebung.

### Beleuchtungserneuerung

Bei der Erneuerung von bestehenden, veralteten Beleuchtungsanlagen können die aufgeführten Aspekte je nach den Möglichkeiten genutzt werden. Es bietet sich die Chance einer deutlichen Verbesserung der Wirtschaftlichkeit, welche überschaubare Amortisationszeiten zulassen. Je älter die Anlage ist, desto größer ist der erzielbare ökologische und wirtschaftliche Vorteil. Der Komfortgewinn durch eine angenehmere Beleuchtungssituation ist dabei noch gar nicht eingerechnet.

### 10 Gebote für richtiges und gutes Licht

Gutes Licht wird benötigt, um optimale Sehbedingungen in Räumen zu erreichen. So sind bei der Planung von Beleuchtungsanlagen eine Reihe von Einflußfaktoren zu beachten, die in einem komplexen Zusammenspiel die Qualität der Beleuchtung bestimmen. Einflußfaktoren guter Beleuchtung sind hier als „10 Gebote für richtiges Licht“ zusammengestellt. Sie sollen wichtige Hinweise geben für die Gestaltung von Beleuchtungslösungen, die den Bedürfnissen des Menschen bestmöglich angepaßt sind und die besonders günstige Arbeitsbedingungen schaffen.

#### 1. **Ausreichend hohes Beleuchtungsniveau**

Die Leistungsfähigkeit des Auges hängt entscheidend vom Beleuchtungsniveau im Sehfeld ab: Mit zunehmender Beleuchtungsstärke nimmt auch die allgemeine Leistungsfähigkeit zu, die Motivation steigt und die Fehlerhäufigkeit sinkt.

#### 2. **Harmonische Helligkeitsverteilung**

Eine ausgewogene Verteilung der Leuchtdichten auf den verschiedenen Flächen macht einen Raum interessant. Zu niedriger aber auch zu hoher Kontrast wirkt dagegen anstrengend und ermüdend.

#### 3. **Angepaßte Blendungsbegrenzung**

Blendung in Innenräumen ist selten so stark, dass sie die Sehleistung erheblich herabsetzt, aber sie kann stören und zu erhöhter Anstrengung der Augen führen.

#### 4. **Gute Kontrastwiedergabe**

Wir nehmen Objekte in unserer Umwelt durch ihren Kontrast zum jeweiligen Hintergrund wahr. Eine Beleuchtungsanlage besitzt gute Kontrastwiedergabeeigenschaften, wenn auch auf glänzenden Unterlagen keine störenden Reflexe auftreten können. Dann bleibt z. B. Schrift auch auf glänzendem Papier gut lesbar.

#### 5. **Richtige Lichteinfallrichtung**

Die Lichteinfallrichtung beeinflusst zum einen die Kontrastwiedergabe, denn sie bestimmt, in welcher Richtung gegebenenfalls Reflexe auftreten. Andererseits hat sie Einfluß auf die Schattenbildung, die uns das räumliche Sehen ermöglicht, aber auch durch Schlagschatten Störungen und Gefahren auslösen kann.

#### 6. **Angenehme Schattigkeit**

Schatten verstärken das räumliche Sehen und erleichtern die Orientierung. Richtige Schattenbildung entsteht durch eine zweckmäßige Mischung von diffusem und von gerichtetem Licht.

#### 7. **Angemessene Lichtfarbe**

Im Verlauf eines Tages variiert die Lichtfarbe der Tageslichts. Auch künstliches Licht kann in verschiedenen Farbtönen erzeugt werden und so unterschiedliche Beleuchtungszwecke und Stimmungen unterstützen.

#### 8. **Natürliche Farbwiedergabe**

Nur Spektralfarben, die im Licht enthalten sind, können von Gegenständen ins Auge reflektiert werden. Mit der Farbwiedergabe wird beschrieben, wie gut unter Kunstlicht die natürlichen Farben eines Gegenstands wiedergegeben werden.

### **9. Wirkungsvolle Lichtatmosphäre**

Licht wirkt auf die Stimmung und das Wohlbefinden des Menschen. So entsteht der subjektive, eher unbewußte Eindruck eines Raumes und seines Lichts. Die Bedeutung einer angenehmen Lichtatmosphäre auch im Arbeitsraum wird in neuerer Zeit zunehmend erkannt. Neben der Beachtung aller in den übrigen Geboten aufgezählten, zum großen Teil meß- und bewertbaren Größen, ist bei der Beleuchtungsplanung in diesem Punkt Erfahrung im Zusammenspiel aller Faktoren und viel Gefühl für gutes Licht von entscheidender Bedeutung.

### **10. Günstiger Energieverbrauch**

Eine unbedingte Forderung bei der Planung einer modernen Beleuchtungsanlage ist, mit Energie sparsam und bewußt umzugehen. Die diversen Möglichkeiten hierzu ergeben sich jedoch nicht nur bei der Errichtung einer neuen Beleuchtungsanlage, sondern auch bei der Sanierung einer alten Anlage.

### Bildschirmarbeitsverordnung

- Sie ist gültig für alle Bildschirmarbeitsplätze und die überwiegende Anzahl der Beschäftigten.
- Die Arbeitsplätze müssen nach Mindestanforderungen gestaltet werden.
- Altarbeitsplätze sind bis zum 31.12.1999 anzupassen.
- Die Arbeitsbedingungen müssen bis zum 21.8.1997 beurteilt werden.
- Dabei müssen körperliche und psychische Belastungen einbezogen werden.
- Der Arbeitsablauf soll durch Tätigkeitswechsel oder Pausen gestaltet werden.
- Der Arbeitgeber muß regelmäßige Vorsorgeuntersuchungen der Augen anbieten.
- Ergonomische Standards gibt es auch für Bildschirmstrahlung und Software.

In der Bundesrepublik Deutschland gibt es bereits 10 Millionen Bildschirmarbeitsplätze. Sie sind in Büros und Verwaltungen mittlerweile Normalität und auch in Produktions- und Dienstleistungsbereichen nicht mehr wegzudenken. Auch für Bildschirmarbeitsplätze ist Gesundheitsschutz notwendig. Mit ergonomisch guter, das heißt mit einer den menschlichen Bedingungen angepaßten Gestaltung von Bildschirmarbeit läßt sich die Gesundheit auch langfristig schützen. Beschwerden im Rücken oder der Augen, für viele bereits alltäglich, müssen nicht sein.

Seit Ende 1996 ist die Bildschirmarbeitsverordnung in Kraft und regelt erstmalig gesetzlich den Gesundheitsschutz bei der Bildschirmarbeit. Sie konkretisiert die Bestimmungen des Arbeitsschutzgesetzes. Mit ihrer Hilfe läßt sich im Betrieb Prävention von Beschwerden und arbeitsbedingten Erkrankungen ausreichend verwirklichen. Mögliche Gefahren für Gesundheit und Sicherheit werden umfassend betrachtet, nicht nur körperliche sondern auch psychische Belastungen sind miteinbezogen.

Bildschirmarbeit erhöht die Konzentration bei der Informationsverarbeitung, bedeutet für die Augen eine starke Beanspruchung und ist häufig verbunden mit langem Sitzen ohne Bewegung. Die Bildschirmarbeitsverordnung enthält Regelungen für optimale Sehbedingungen sowie zur Vermeidung von Zwangshaltungen und erhöhtem Streß.

#### Geltungsbereich

Alle Arbeitsplätze müssen gemäß den Bestimmungen der Verordnung eingerichtet und überprüft werden, **außer**

- Bedienerarbeitsplätze von Maschinen/Fahrzeugen, Bildschirmgeräte in Verkehrsmitteln
- EDV-Geräte, die für die Benutzung durch die Öffentlichkeit bestimmt sind
- nicht regelmäßig am Arbeitsplatz eingesetzte ortsveränderliche Bildschirmgeräte
- Rechenmaschinen, Displayschreibmaschinen, Kassen mit kleiner Datenanzeige
- Bildschirme für Videoüberwachung

Die Verordnung beinhaltet Vorschriften zur Vorsorge, zum Arbeitsablauf und zu Pausen. Diese gelten für alle Beschäftigte, "die gewöhnlich bei einem nicht unwesentlichen Teil ihrer normalen Arbeit ein Bildschirmgerät benutzen" (§ 2).

Als Faustformel kann das heißen: Vollzeitbeschäftigte, die 1- 2 Stunden arbeitstäglich am Bildschirmgerät arbeiten. Die Berufsgenossenschaft definiert hier: Arbeit, die ohne Bildschirmunterstützung nicht zu erledigen ist. Es wird der künftigen Rechtsprechung überlassen bleiben, diese unbestimmte Definition zum Geltungsbereich auszulegen.

### Mindestanforderungen für Gestaltung

Die Gestaltung der Bildschirmarbeitsplätze und der Bildschirmarbeit soll sich an den Gestaltungsregeln der Verordnung und ihres Anhangs ausrichten. Hier sind Mindestanforderungen genannt zu:

- Arbeitsmitteln: Bildschirmgerät und Tastatur, Arbeitstisch und Arbeitsstuhl
- Arbeitsumgebung: Bewegungsraum, Beleuchtung, Lärm, Klima, Strahlung
- Zusammenwirken Mensch - Arbeitsmittel: Software und Arbeitsaufgaben

Für Altarbeitsplätze, die vor dem 20.12.1996 eingerichtet worden sind, gilt eine Übergangsfrist bis zum 31.12.1999, es sei denn die Arbeitsplätze werden wesentlich geändert oder die Beurteilung der Arbeitsbedingungen ergibt eine Gefährdung der Gesundheit durch Gestaltungsmängel. Von den Gestaltungsanforderungen der Bildschirmarbeitsplätze darf abgewichen werden, wenn es die spezifischen Erfordernisse des Arbeitsplatzes oder der Tätigkeit dem entgegenstehen und bei Behindertenarbeitsplätzen, wenn dabei die Gesundheit und Sicherheit auf andere Weise gewährleistet wird. Details finden sich in Unfallverhütungsvorschriften, Normen und den Sicherheitsregeln für Büro- und Bildschirmarbeitsplätze, die die Berufsgenossenschaften bereits seit 1980 herausgeben. Die gesicherten arbeitswissenschaftlichen Erkenntnisse und der Stand der Technik sind bei der Gestaltung ebenfalls zu beachten.

Große Bedeutung für den vorbeugenden Gesundheitsschutz hat die Anforderung, den täglichen Arbeitsablauf durch Tätigkeitswechsel oder regelmäßige Pausen zu gestalten. Bildschirmbezogene und andere Tätigkeiten sollten sich abwechseln, um die Augen zu entlasten und die Bewegung zu fördern. Kann dies nicht verwirklicht werden, sollten regelmäßig kurze Unterbrechungen der Bildschirmarbeit (Kurzpausen, Bildschirmpausen) stattfinden.

### Gefährdungsanalyse

Die Beurteilung der Arbeitsbedingungen ist eine grundlegende Pflicht des Arbeitgebers. Sie ist im Arbeitsschutzgesetz geregelt und wird in der Bildschirmarbeitsverordnung bezüglich einer möglichen Gefährdung des Sehvermögens, körperlicher Probleme und psychischer Belastungen konkretisiert. Es steht den für Arbeits- und Gesundheitsschutz im Betrieb Verantwortlichen frei, welche Methoden sie zur Gefährdungsanalyse verwenden. Die Ergebnisse der Analyse und die Verbesserungsmaßnahmen mußten bereits bis zum 21.8.1997 dokumentiert werden.

### Vorsorge

Die Vorsorgeuntersuchung der Augen ist jetzt gesetzlich geregelt. Sie hat eine erhebliche Bedeutung für die Prävention, denn schlecht korrigierte Augen müssen am Bildschirm Vielfaches leisten und ermüden sehr viel schneller. Die Kosten der Untersuchung und der Sehhilfe, also Brille, die speziell für die Bildschirmarbeit notwendig wird, müssen vom Arbeitgeber getragen werden.

Bei allen Schritten zur Umsetzung der Bildschirmarbeitsverordnung hat die betriebliche Interessenvertretung Informations- und Mitbestimmungsrechte. Betriebsräten und Personalräten kommt damit eine wichtige Rolle bei der betrieblichen Ausgestaltung der Bildschirmarbeit zu.

Das Arbeitsschutzgesetz enthält Bestimmungen, die in der Bildschirmarbeitsverordnung nicht weiter konkretisiert werden, aber eine wichtige Bedeutung für ihre Umsetzung haben: Das sind die Unterrichts- und Unterweisungspflicht im Arbeitsschutzgesetz § 12 und § 14 und die Dokumentationspflicht für die Gefährdungsanalyse § 6.

Die Zusammenfassung der wichtigsten Bestimmungen

- Definitionen zur Gültigkeit
- Pflicht zur Gefährdungsanalyse
- Gestaltungsregeln und Fristen
- Anforderungen an den Arbeitsablauf
- Anforderungen an die Vorsorge
- Strafen bei Nichtanbieten der Vorsorgeuntersuchung

Rechtsquellen

- Bildschirmarbeitsverordnung
- Arbeitsschutzgesetz
- DIN EN ISO 9241 "Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten"
- Sicherheitsregeln für Bildschirm-Arbeitsplätze, Verwaltungs-Berufsgenossenschaft ZH 1/618
- Betriebsverfassungsgesetz: § 80, § 89 Überwachungs- und Informationsrechte
- § 87 (1) Nr.7 , § 90, § 91 Mitbestimmungs- und Beratungsrechte
- § 81 Unterrichtungspflicht des Arbeitgebers gegenüber den Arbeitnehmern
- Personalvertretungsgesetze (PersVG):
- Hessisches PersVG: § 74 (1) Nr.6,16, § 81 Mitbestimmungsrechte
- Bundes-PersVG: § 75 (3) Nr. 11, 16, § 81 Mitbestimmungsrechte



### Beleuchtungskriterien bei der Bildschirmarbeitsverordnung

- Die Helligkeit soll nicht zu stark und anpassbar an die Nutzer und Aufgaben sein.
- Der Raum soll gleichmäßig ausgeleuchtet sein.
- Im Blickfeld müssen zu hohe Kontraste vermieden werden.
- Eine Sichtverbindung nach außen und Tageslicht ist wichtig.
- An den Fenstern müssen verstellbare Lichtschutzvorrichtungen sein.
- Deckenleuchten müssen blendfrei und möglichst indirekt strahlen.
- Optimal ist eine Kombination aus indirekter gleichmäßiger Raumausleuchtung plus individueller Arbeitsplatzleuchten.

Die Beleuchtung am Bildschirmarbeitsplatz beeinflusst erheblich das Sehvermögen und damit das schnelle und fehlerfreie Erkennen der Bildschirmanzeige. Eine ergonomisch richtige Beleuchtung verhindert Kopfschmerzen, Augenbeschwerden, Nervosität und Ermüdungserscheinungen. Neuerdings werden schlechte Beleuchtungsverhältnisse, nämlich zu helles Licht, zu hohe Kontraste, Blendungen oder Spiegelungen für eine der wesentlichen Ursachen des Sick- Building-Syndroms gehalten. Wenn die Beleuchtung nicht stimmt, begünstigt das Zwangs- und Fehlhaltungen, weil man unbewußt Reflexblendungen ausweichen will. Dies kann Beschwerden im Schulter-Nacken-Arm-Bereich auslösen.

### Anforderungen an eine gute Beleuchtung

#### Beleuchtungsniveau

Eine zu starke oder grelle Beleuchtung erschwert die visuelle Wahrnehmung am Bildschirm. Die Sehschärfe nimmt ab, wenn es nicht hell genug ist. Die Beleuchtungsstärke, gemessen in Lux, soll ausreichend groß sein, ohne den Raum und die Bildschirmumgebung zu stark auszuleuchten. Am Bildschirmarbeitsplatz reicht eine Beleuchtung in Arbeitstischhöhe von etwa 500 Lux.

Angepaßte Beleuchtungsstärken Es gelten folgende Richtwerte für die Beleuchtungsstärke:

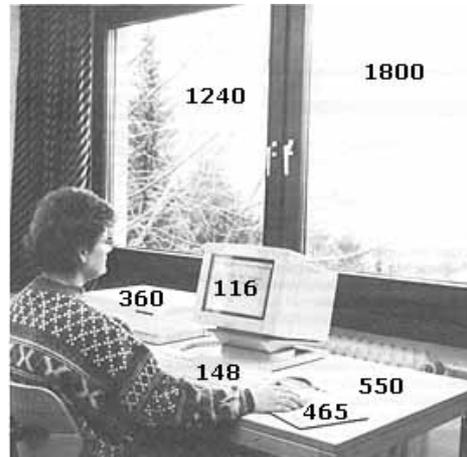
- 300 Lux für Arbeitsplätze in Fensternähe,
- 500 Lux für Arbeitsplätze in Büroräumen und an Bildschirmarbeitsplätzen,
- mehr als 500 Lux für besondere Aufgaben, wie z.B. bei CAD
- 750 bis 1000 Lux in Großraumbüros .

Ohne Meßgerät läßt sich bei Leuchtstofflampen, anhand der Leistung pro Quadratmeter Grundfläche grob abschätzen, ob die geforderten Werte eingehalten werden: Bei 30 Watt Leistung in einer Höhe von 3 m sind näherungsweise 500 Lux eingehalten.

Ältere Mitarbeiter benötigen eine höhere Beleuchtungsstärke am Arbeitsplatz als jüngere. Auch die Blendempfindlichkeit nimmt mit dem Alter zu. Das erfordert individuelle Beleuchtungsverhältnisse. Die Bildschirmarbeitsverordnung verlangt, dass die Beleuchtung dem individuellen Sehvermögen anzupassen ist. Dies kann durch getrennt schaltbare Leuchtbänder, durch Dimmer oder eine zusätzliche Arbeitsplatzleuchte möglich gemacht werden.

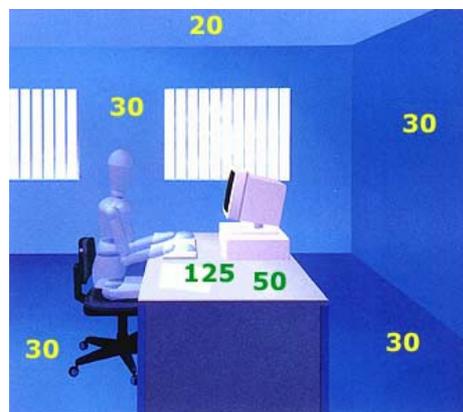
Der Raum sollte möglichst gleichmäßig hell sein, um die Adaptionsfähigkeit des Auges nicht übermäßig zu beanspruchen. Zu hohe Kontraste können ebenso vorzeitig ermüden, wie ein kontrastloser, monotoner Raumeindruck.

Deckenleuchten für Bildschirmarbeitsplätze sollten das Licht diffus streuen. Hierzu werden Spiegelmuster oder indirekt strahlende Leuchten benutzt.



**Abbildung 11 Helligkeitsunterschiede Quelle: TBS Oberhausen, Ergonomieprüfer**

Die Leuchtdichte sollte ausgewogen sein. Zwischen der hellsten und dunkelsten Fläche in der näheren Arbeitsumgebung, also zwischen Bildschirm, Wand und Arbeitstischen ist ein Verhältnis 3:1 anzustreben. Zwischen Arbeitsfläche und weiterer Umgebung höchstes 10:1.



**Abbildung 12 Leuchtdichtewerte in cd/m2 Quelle: Fördergemeinschaft Gutes Licht**

### Lichtfarbe

Die Farbgestaltung in einem Raum hat Einfluß auf das Wohlbefinden. Für die Bildschirmarbeit sind neutralweiße Lichtfarben geeignet.

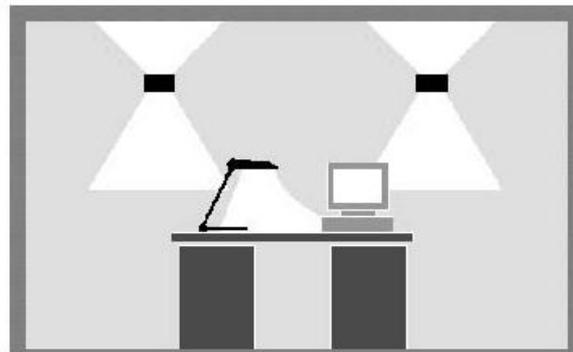
### Tageslicht

Der Raum muß eine Sichtverbindung nach draußen haben. Die Fenster sind mit verstellbaren Lichtschutzvorrichtungen zu versehen. Künstliches Licht kann Tageslicht nicht ersetzen. Gesundheitsstörungen nehmen mit der Entfernung des Arbeitsplatzes vom Fenster zu.

### Direktbeleuchtung

Die an Bildschirmarbeitsplätzen weit verbreitete Direktbeleuchtung mit Spiegelrasterleuchten galt bislang als das ergonomische Optimum. Dabei strahlen mehr oder weniger blendfrei konstruierte Deckenleuchten den Arbeitsplatz von beiden Seiten tief an. Sind allerdings Bildschirm und Deckenleuchten nicht exakt nach Norm positioniert und andere Gegenstände im Zimmer nicht durchweg mit matten Oberflächen ausgestattet, entstehen Blendungen. Auch schmal geschnittene Räumlichkeiten verhindern die richtige Anordnung der Bildschirme zwischen zwei parallel zur Fensterfront verlaufenden Lichtbändern.

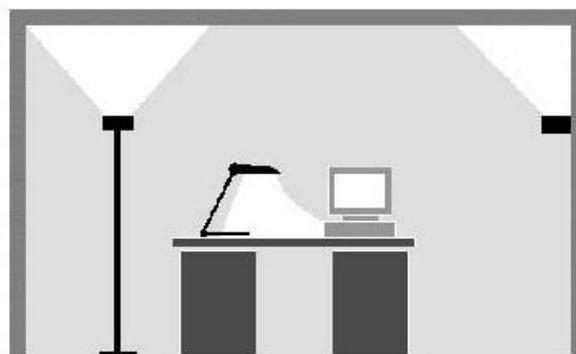
Abbildung 13 zeigt eine Direktbeleuchtung durch Spiegelrasterleuchten mit Tiefenstrahlcharakteristik. Der gesamte Lichtstrom ist auf die Arbeitsebene gerichtet. Dies ist nur zu empfehlen bei Räumen mit einer lichten Höhe über 3 Metern und bei Arbeitsmitteln mit matter Oberfläche



**Abbildung 13 Quelle: Computer Fachwissen, ergonomic- Institut Berlin**

### Indirekte Beleuchtung mit zusätzlicher Arbeitsplatzleuchte

Neue Erkenntnisse verweisen auf ergonomisch günstigere Lösungen. Empfohlen wird eine Kombination aus indirekter gleichmäßiger Raumausleuchtung und geeigneten Arbeitsplatzleuchten für die individuelle Lichtgestaltung. Das kann auch aus ökologischen und Kostengründen günstiger sein. Energiesparlampen sind zu empfehlen.

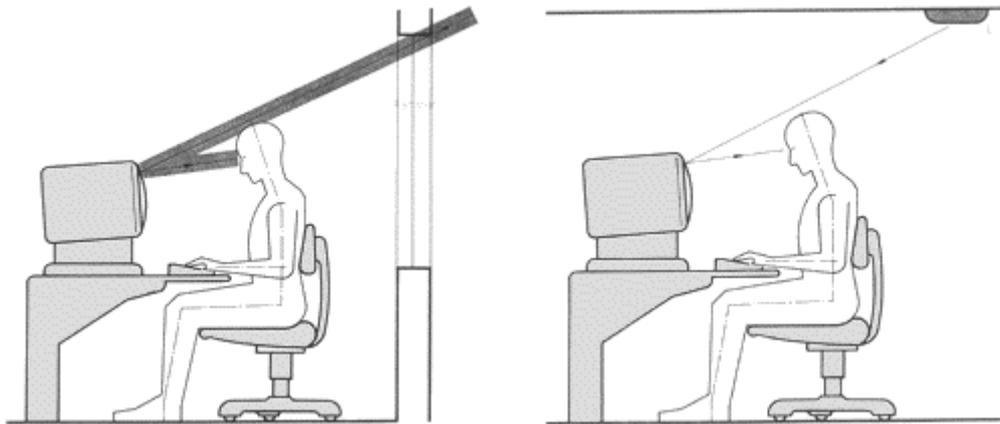


**Abbildung 14 Quelle: Computer Fachwissen, ergonomic- Institut Berlin**

Reflexe auf dem Bildschirm und andere Blendungen lassen sich leicht vermeiden, wenn einige Gestaltungshinweise berücksichtigt werden. Das Beispiel hier (Abbildung 13) zeigt Indirekt-Beleuchtung plus Arbeitsplatzleuchte. Dies ist ein optimales Beleuchtungssystem, flexibel und individuell steuerbar.

### Direktblendung und Reflexblendung

Blendungen entstehen entweder durch eine im Blickfeld liegende Lichtquelle oder durch Reflexe einer Lichtquelle auf einer glänzenden oder hellen Oberfläche. Reflexe auf dem Monitor erzeugt bspw. ein hinter dem Mitarbeiter oder der Mitarbeiterin liegendes Fenster, das sich auf der Bildschirmfläche spiegelt. Auch sehr helle Wände und Möbeloberflächen können störende Spiegelungen hervorrufen.



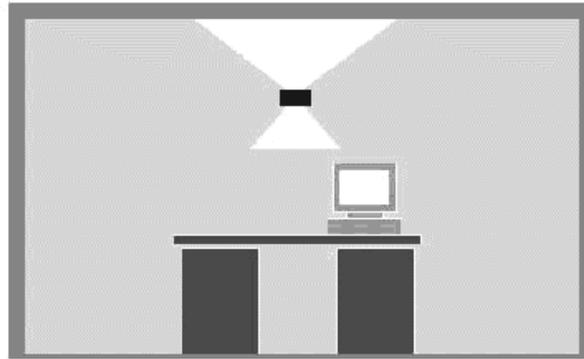
**Abbildung 15 Spiegelung im Rücken Quelle: Berufsgenossenschaft Druck- und Papierverarbeitung**

Die Bildschirmarbeitsverordnung legt fest, dass durch die Gestaltung des Computerarbeitsplatzes und durch seine Beleuchtung Blendeffekte auf dem Monitor und sonstigen Arbeitsmitteln zu vermeiden sind. Bei der Einrichtung der Arbeitsplätze ist zu beachten, dass leuchtende oder beleuchtete Flächen keine Blendung verursachen und Reflexionen auf dem Bildschirm, soweit wie möglich, vermieden werden.

Blendungen lassen sich verhindern, wenn folgendes berücksichtigt wird:

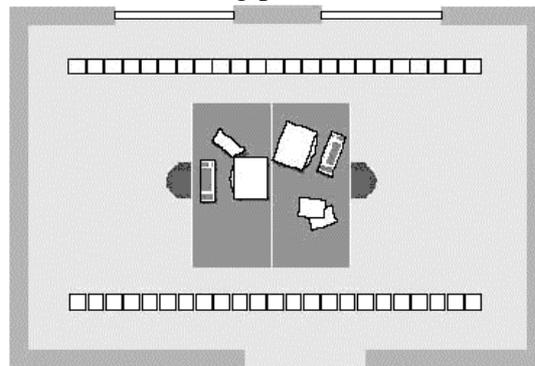
- Leuchten parallel zum Fenster und zur Blickrichtung anordnen,
- entspiegelte Prismenleuchten oder Spiegelrasterleuchten mit nicht spiegelnden Rastern verwenden,
- Leuchtdichte im kritischen Bereich des Ausstrahlungswinkels nach DIN 5035 begrenzen.
- 

Am besten eignet sich ein Mix aus indirekter Beleuchtung und Arbeitsplatzleuchten.



**Abbildung 16 Mix indirekte Beleuchtung und Arbeitsplatzbeleuchtung Quelle: Computer Fachwissen, ergonomic-Institut Berlin**

Damit keine Blendwirkungen entstehen, dürfen Bildschirme nicht direkt am Fenster (Mindestabstand 60 cm) und nicht davor oder vor sehr hellen Flächen aufgestellt werden. Am günstigsten stehen sie, wenn die Blickrichtung parallel zur Fensterfront verläuft.



**Abbildung 17 Quelle : Computer Fachwissen**

Mobilar- und Wand-Reflexionen und Spiegelungen auf Arbeitsflächen lassen sich durch matte bis seidenmatte Oberflächen vermeiden. Auch für die Möbel in der Umgebung des Arbeitsplatzes empfiehlt sich ein mittlerer Reflexionsgrad von 20 bis 50 % (zum Beispiel beige).

Auf dem Bildschirm haben auch kleinste Reflexe große Bedeutung, weil man unbewußt die Körperhaltung einnimmt, durch die man ihnen am besten ausweichen kann. Aus einer dadurch bedingten Fehl- und Zwangshaltung können Muskelverspannungen im Schulter-Nacken-Arm-Bereich sowie Kopfschmerzen und Rückenprobleme resultieren. Blendungen ermüden und belasten die Augen.

### Rechtsquellen und Normen

- Arbeitsschutzgesetz, § 4
- Arbeitsstättenverordnung, § 7
- Bildschirmarbeitsverordnung, Anhang Nr. 15
- Sicherheitsregeln für Bildschirmarbeitsplätze (ZH 1/618)
- Sicherheitsregeln für die künstliche Beleuchtung von Arbeitsplätzen (ZH 1/190), 1994  
Normen:
- DIN 5034 Tageslicht in Innenräumen, Teil 1 und Teil 2

- DIN 66234 Bildschirmarbeitsplätze, Teil 7 Ergonomische Gestaltung des Arbeitsraums. Beleuchtung und Anordnung, 1985
- DIN 5035 Beleuchtung mit künstlichem Licht, Teile 1, 2, 6 und Teil 7 Innenraumbeleuchtung mit künstlichem Licht. Beleuchtung von Räumen mit Bildschirmarbeitsplätzen und Arbeitsplätzen mit Bildschirmunterstützung, 1988
- DIN EN ISO 9241 Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten, Teil 6 Anforderungen an die Arbeitsumgebung

### Literatur- und Quellenverzeichnis

Handbuch der Beleuchtung, SLG, LTAG, LiTG, NSW Verlag Ecomed  
sehr umfangreich, Standardwerk der Licht- und Beleuchtungstechnik

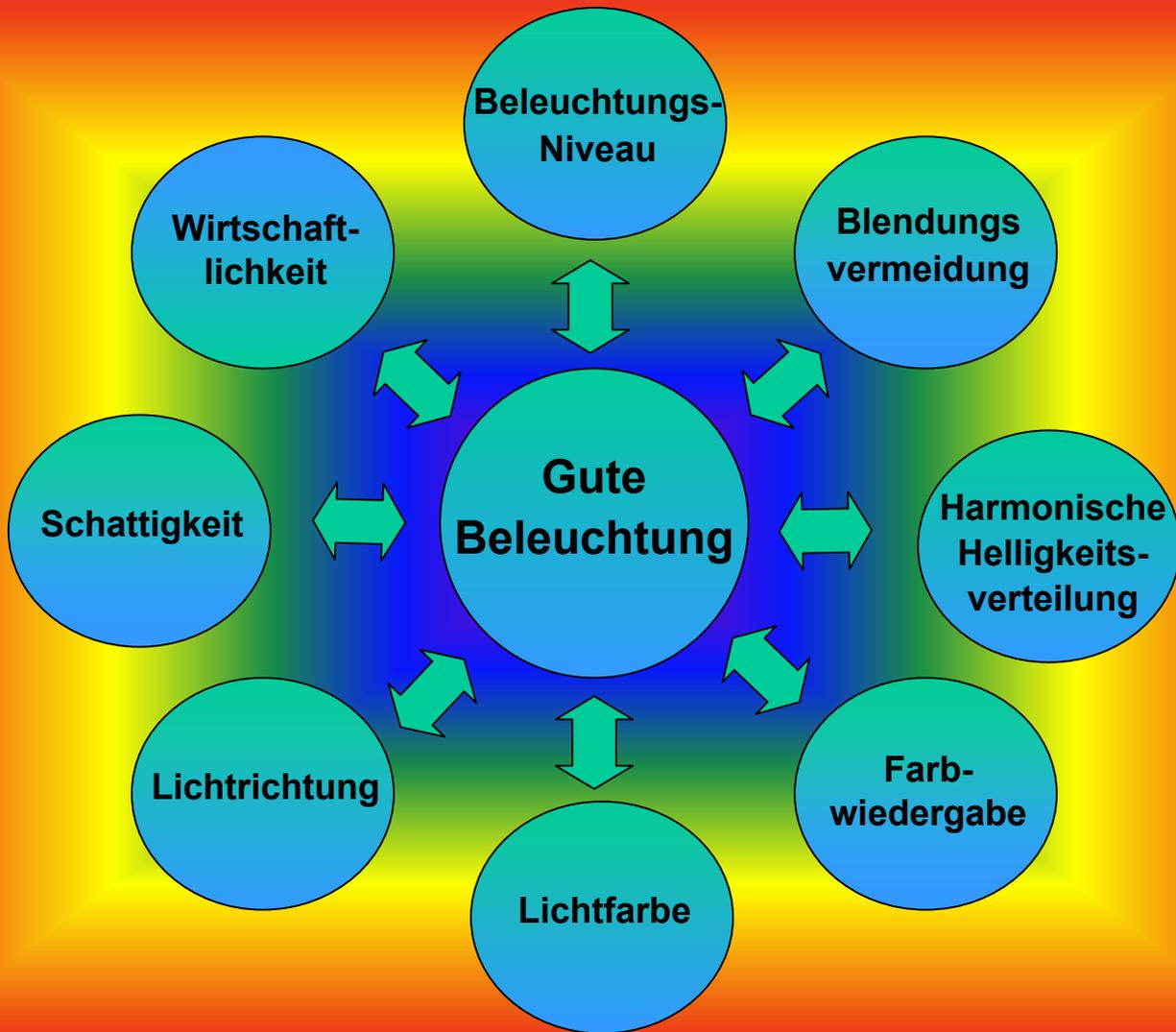
ERCO-Handbuch der Lichtplanung, R. Ganslandt/H. Hofmann Vieweg-Verlag  
Handbuch der Architekturbeleuchtung

Beleuchtungsplanung Lichttechnik Elektrotechnik, TRILUX-Lenze GmbH  
Anwenderbuch, kostenfrei bei Trilux bestellbar

Publikationen der Fördergemeinschaft Gutes Licht ([www.fgl.de](http://www.fgl.de))

DIN 5035 Beleuchtung mit künstlichem Licht

Bildschirmarbeitsverordnung : <http://www.sozialnetz-hessen.de>



# Sehen und Farbe

Die  $V(\lambda)$ -Funktion

