

Vortrag

Quantitative und Qualitative Gütemerkmale von Beleuchtungen in der Architektur

Licht + Kunst

Herbsttreffen VfA-Bezirksgruppe Region Darmstadt
am 24.November 2000



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
<http://www.ingenieurbuero-bind.de>

Sachkundiger für Beleuchtung nach VBG ZH 1/190
EU-SIGE-Koordinator

Inhaltsverzeichnis

EINE EINFÜHRUNG ZUM THEMA LICHT	3
SEHORIENTIERTE GÜTEMERKMALE	5
WAHRNEHMUNGSORIENTIERTE GESTALTERISCHE GÜTEMERKMALE	13
ARCHITEKTONISCH, GESTALTERISCHE GÜTEMERKMALE	21
WIRTSCHAFTLICHKEIT	22
ZUSAMMENFASSUNG	23
LITERATURVERZEICHNIS	24

Eine Einführung zum Thema Licht

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. Die einen sehen Licht quantitativ die anderen qualitativ. 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 (nach DIN 5035) 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:

Viele der in Normen festgelegten Verfahren zur Bewertung einzelner Gütemerkmale 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.

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 in diesen Regeln nicht festlegen lassen.

Lichtplanung ist die Planung der visuellen Umwelt des Menschen ihr Ziel ist die Schaffung von Seh- und Wahrnehmungsbedingungen die einerseits ein effektives Arbeiten andererseits aber Sicherheit und Wohlbefinden vermitteln. Sucht man nach Gütemerkmale für die Beleuchtung besonders von Innenräumen, so stößt man in der qualitativen Beleuchtungsplanung auf vier Hauptaspekte:¹

1. den sehorientierten funktionalen Aspekt des Beleuchtens,
2. den wahrnehmungsorientierten, gestalterischen Aspekt des Beleuchtens,
3. den architektonischen, gestalterischen Aspekt der Planung selbst und schließlich
4. die Wirtschaftlichkeit als den Aspekt des monetären Bereichs der Planung.

Der Schwerpunkt konventioneller, quantitativer Planung (auch : normtechnische Planung) liegt heute noch überwiegend auf der sehorientierten funktionalen Seite, diese Art der Planung orientiert sich an lichtphysikalischen Kriterien wie der räumlichen Verteilung von Beleuchtungsstärke und Leuchtdichte (Helligkeitseindruck, Beleuchtungsniveau) und bezieht ihre Bedeutung und Rechtfertigung aus Normen und Richtlinien. Sie wird meist von den reinen Elektroplanern als einzigen Ansatz angewandt.

Andere Aspekte der Architekturbeleuchtung können aber nur beachtet werden, wenn einerseits eine Erweiterung des Planungsansatzes auch, oder vor allem in Richtung wahrnehmungsorientierter und gestalterischer Planung erfolgt und eine quantitative Planung im Hinblick auf qualitative Kriterien oder Gütemerkmale erweitert wird, wie im folgenden näher erläutert wird. Der letztgenannte gestalterische Ansatz wird meist als einziger Ansatz von sogenannten „Lichtdesignern“ verfolgt, welche somit den medizinischen und sicherheitstechnischen Bereich der Beleuchtung ausblenden oder keine genügende Aufmerksamkeit schenken. Damit können dort ebenso „schlechte Planungen entstehen, wie bei Planungen von reinen Elektroplanern.

¹ H.Hofmann, Von der Quantität zur Qualität – Über neue Wege in der Architekturbeleuchtung, Tagungsband Licht 2000, Seite 752

Sehorientierte Gütemerkmale

Hier geht man davon aus, daß eine Beleuchtung Gütemerkmale aufweist, deren Erkennen von lichtphysikalischen Größen abhängt.

Solche Merkmale einer Seh Aufgabe können z.B. ihre relative Größe oder räumliche Lage sein, ebenso die Frage, die Seh Aufgabe ortsfest oder beweglich ist, ob kleine Details oder geringe Kontraste zu erfassen sind und inwieweit das Erkennen von Farben, Oberflächenstrukturen bzw. Geometrien die wesentlichen Merkmale der Sehtätigkeit sind.

Aus den typischen Merkmalen der Seh Aufgabe, z.B. dem Erkennen von Symbolen und Zeichen, dem Unterscheiden von Farben und dem Auffinden von Details lassen sich wiederum Beleuchtungsbedingungen ableiten unter denen sich die Seh Aufgabe lösen läßt.

Die Zusammenhänge zwischen dem Schwierigkeitsgrad der Seh Aufgabe und den dafür erforderlichen lichtphysikalischen Werten sind inzwischen ausreichend erforscht und dokumentiert; diese Zusammenhänge bilden die Basis für beleuchtungstechnische Regelwerke und somit der Norm und dem Stand der Technik. Normenvorgaben sind derzeit bei der Planung von Beleuchtungsanlagen von zentraler Bedeutung.

Beleuchtungsniveau

Der typische Vertreter der sehorientierten Gütemerkmale ist, wie schon gesagt, das 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.

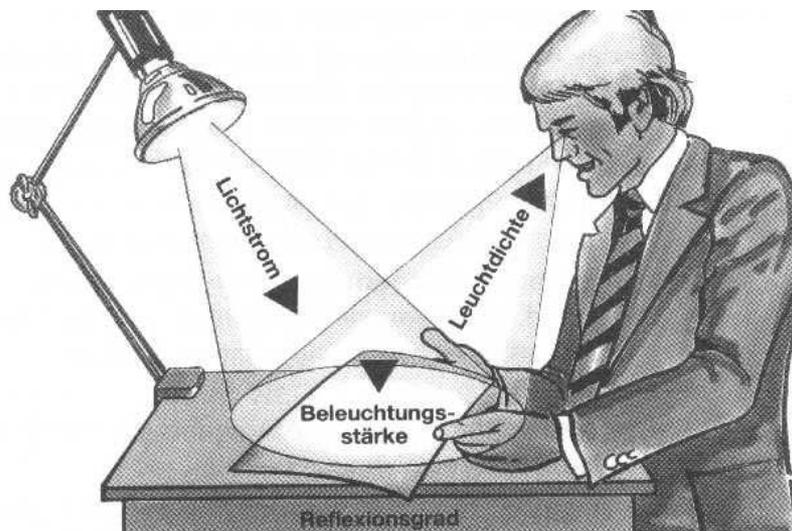


Abbildung 1 Quelle ZH 1/190

Das Beleuchtungsniveau, also die Leuchtdichte die wir sehen, wird durch die Beleuchtungsstärke E und die Reflexionseigenschaften ρ 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 z.B., weiße Wände 85 % oder helle Holzverkleidungen 50 %. Rote Ziegelsteine haben nur einen Reflexionsgrad von 25 %.

Dies führt dazu, daß ein Raum trotz des Erreichens der genormten mittleren Beleuchtungsstärke sehr dunkel oder unangenehm wirken kann. Das Wohlbefinden und die Sehleistung hängt also, rein quantitativ gesehen, ganz wesentlich neben den Leuchten, von der Farb- und Oberflächengestaltung des Raumes, also Reflexionsgraden ab.

Die genormte Beleuchtungsstärke, die in der DIN 5035 beschrieben ist (z.B. 500 lx in Büros), 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.

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 also erfordert individuelle Beleuchtungsverhältnisse.

Quantitative und Qualitative Gütemerkmale von Beleuchtungen in der Architektur

Beispiele für Beleuchtungsstärken sind:

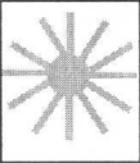
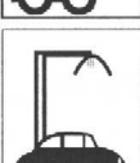
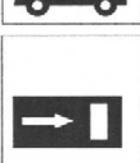
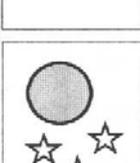
	● Sonniger Sommertag im Freien	ca: 100000lx
	● Bedeckter Himmel im Sommer	ca: 20000lx
	● Trüber Wintertag	ca: 3000lx
	● Sehr gute Arbeitsplatzbeleuchtung	ca: 1000lx
	● Normale Arbeitsplatzbeleuchtung	500lx
	● Lager, Durchgang, Parkhaus	100lx
	● Gute bis schwache Straßenbeleuchtung	30lx
	● Notbeleuchtung	1 lx
	● Vollmond	0,5 lx

Abbildung 2 Quelle DIAL 1998

Blendung und Blendungsbegrenzung

Eine weitere Vertreterin der sehorientierten, quantitative Gütemerkmale ist die Blendung bzw. deren Begrenzung. Als Blendung werden Sehstörungen bezeichnet, die durch eine ungünstige Leuchtdichteverteilung 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 vor allem auch ein Problem der Tageslichtbeleuchtung (Stichwort: Sonnenschutz). Man unterscheidet zwei Arten von Blendung nach ihrer Wirkung:

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.

Psychologische Blendung

Blendung, die allein unter dem Gesichtspunkt der Störempfindung 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 nach Söllner oder das neue UGR-Verfahren, berücksichtigen lediglich die psychologische Blendung, nicht aber die physiologische Blendung.

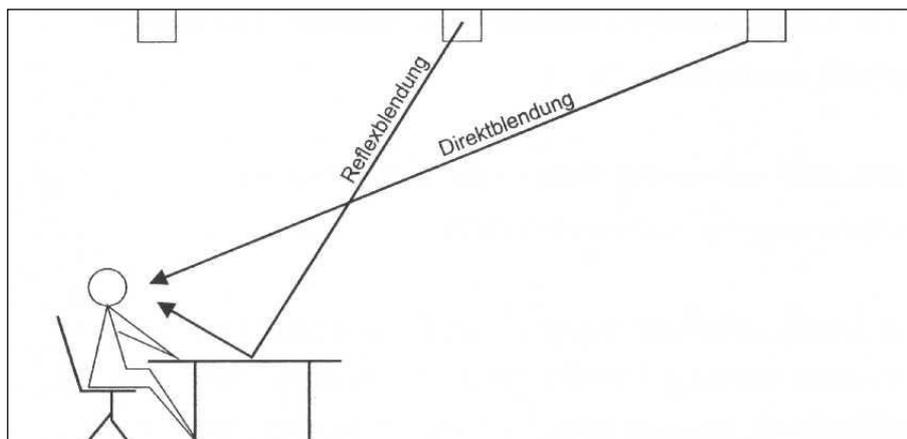


Abbildung 3 Quelle: DIAL-GmbH 1998

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.

Direktblendung gilt als ausreichend begrenzt, trotz einer möglichen Adaptation und ohne Berücksichtigung des Umfelds, wenn die mittlere Leuchtdichte der Leuchten im, für die Blendung kritischen Winkelbereich von 45° bis 85° , die Werte der Leuchtdichtegrenzkurven nicht überschreitet (Abbildung 4). Dies sind etwa 200 cd/m^2 , zum Vergleich: eine 1,50 m lange Leuchtstoffröhre hat als freistrahrende Lichtleiste eine Leuchtdichte von etwa 10000 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, Leuchten-schirmung oder bei der Tageslichtplanung durch Rollos oder anderen Sonnenschutz kann man die Direktblendung weitgehend vermeiden.

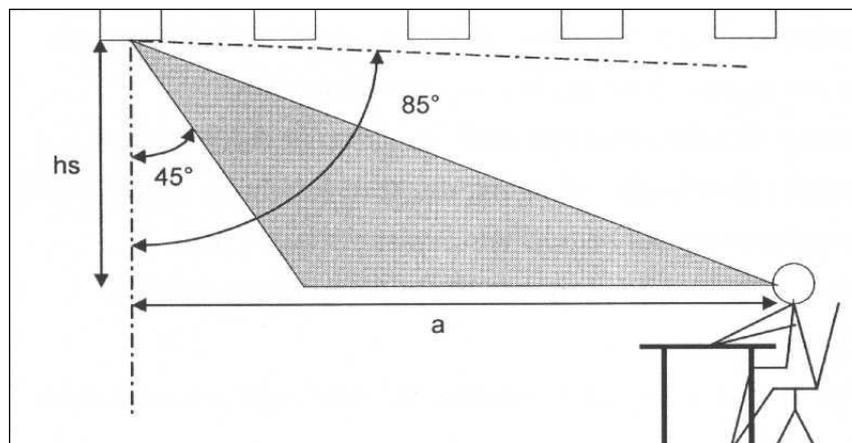


Abbildung 4 Quelle: DIAL GmbH 1998

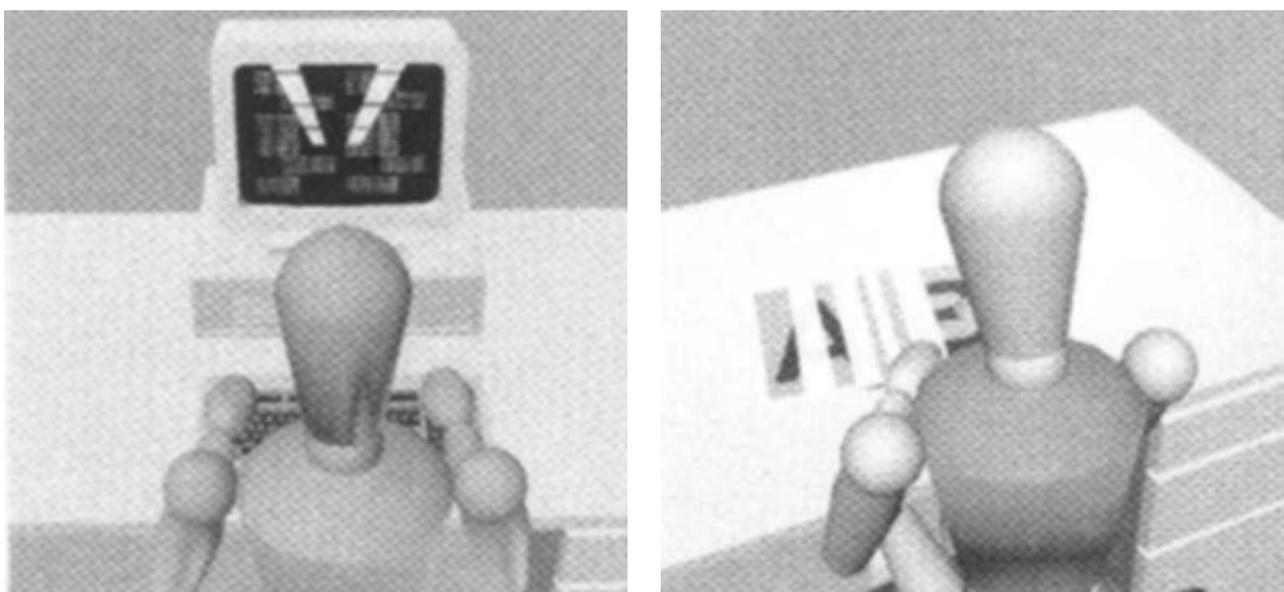


Abbildung 5 Quelle Fördergemeinschaft Gutes Licht

Reflexblendung

Blendung und Kontrastminderung, die durch spiegelnde Reflexion von leuchtenden Objekten, z.B. auf glänzendem Papier (siehe Abbildungen 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. Diese Art der Blendung wird meist zu sehr unterschätzt.

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.

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.

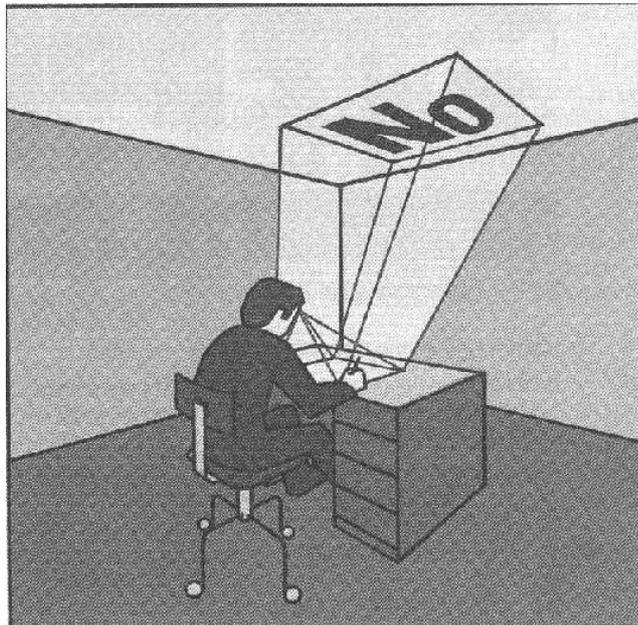


Abbildung 6 Quelle: ZH 1/190

Die Leuchtdichteverteilung 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, glänzender Flächen an glänzenden Oberflächen her. Da die Spiegelung winkelabhängig ist, hat die Anordnung von Arbeitsplätzen 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, speziell die sich im Bildschirm spiegeln, keine höheren mittleren Leuchtdichten als 200 cd/m^2 und keine höheren maximalen Leuchtdichten als 400 cd/m^2 aufweisen.

Lichtfarbe und Farbwiedergabe

Die für allgemeine Beleuchtungszwecke verwendeten Lichtquellen geben im allgemeinen „weißes“ Licht ab. Was für den Laien doch sehr verblüffend ist, 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, Objekte) bei künstlicher Beleuchtung dem Betrachter gegenüber dem Sonnenlicht erscheint. Sie ist ein wichtiges Gütekriterium. 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 mit Farbwiedergabestufen, dar. Es sind sechs Farbwiedergabestufen definiert, denen Bereiche des allgemeinen Farbwiedergabeindex nach folgender Tabelle zugeordnet sind:

Quantitative und Qualitative Gütemerkmale von Beleuchtungen in der Architektur

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 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 1B vollkommen ausreichend. In variablen, nutzbaren Räumen oder z.B. bei 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 Farbwiedergabe-eigenschaften aber eine warmweiße (rötliche) Lichtfarbe, während Leuchtstofflampen in verschiedenen Qualitätsstufen erhältlich sind. Hier eine Übersicht über Farbwiedergabeeigenschaften einzelner Lampenarten

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		

Neben diesen gängigen Lichtfarben und Farbwiedergaben gibt es natürlich noch Sonderformen. Lampen für Körperfarben, Pflanzen, Aquarien und Vollspektrumlampen. 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, daher sollten Vollspektrumlampen meist 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 Farben der Raumbegrenzungsflächen 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.

Wahrnehmungsorientierte gestalterische Gütemerkmale

Die oben genannten quantitative, lichttechnische Gütemerkmale reichen aber grundsätzlich nicht aus, um den Bedarf an visueller Information bzw. die Güte halbwegs vollständig zu beschreiben. Über den, aus der jeweiligen Tätigkeit hergeleiteten quantitativen Lichtbedarf hinaus, gibt es noch einen weiteren Lichtbedarf der aus dem natürlichen Wunsch resultiert, ständig visuelle Informationen aus dem individuellen Umfeld aufzunehmen. Während also durch die Schaffung optimaler Beleuchtungsbedingungen z.B. im Sehfeld des Arbeitsplatzes zuverlässiges Arbeiten ermöglicht wird, hängt von der Befriedigung des visuellen Informationsbedarfs, also dem individuelle Wohlbefinden ab.

Im Bereich des funktionalen Sehfeldes können wir uns an fundierten Planungswerte der quantitativen Lichtplanung, also der Beleuchtungsstärke, Blendung usw. orientieren, diese fehlen im Bereich der Wahrnehmung weitestgehend. Es ist nämlich sinnlos, die komplexe Wahrnehmungswelt auf einzelne Sehaufgaben zu reduzieren, um daraus Schlüsse für die lichttechnische Dimensionierung des Wahrnehmungsfeldes herzuleiten.

Um die Rolle von Beleuchtung beim Wahrnehmungsprozess besser verstehen zu können gilt es Gesetzmäßigkeiten der Wahrnehmung aufzuspüren.²

Ein für den Laien verblüffender Wahrnehmungsmechanismus besteht darin, daß der Mensch aus wechselnden Helligkeitsverteilungen auf der Netzhaut zwischen konstanten Objekteigenschaften von Reflexionsgrad bzw. Farbe und veränderbaren Eigenschaften wie der Leuchtdichte- und Beleuchtungssituation unterscheiden kann. Diese spezielle Wahrnehmungsleistung wird in der Psychologie als Phänomen der Helligkeits- und Farbkonstanz bezeichnet. Hierzu gehört auch der sogenannte Helmholtz-Kohlrausch-Effekt, bei dem bunte Beleuchtung, bei gleicher Leuchtdichte, heller empfunden wird als unbunte (weiß-grauschwarz).

² ebenda, Seite 763

Für den Bereich der qualitativen Lichtplanung ist das Konstanzphänomen besonders bedeutend. Zeigt es doch, daß für die Wahrnehmung unserer Umwelt die lichtphysikalische Größen eine relativ geringe Rolle spielen, bzw. daß sie sich nicht unabhängig von den Wahrnehmungsinhalten betrachten lassen.

Die Fähigkeit auf Grund der Konstanzleistung die visuelle Umgebung bei unterschiedlichen Beleuchtungsverhältnissen und damit unabhängig von Leuchtdichten spontan zu erkennen, zeigt sich, wenn uns Räume sowohl bei Kerzenschein als auch bei Tageslicht als identisch erscheinen. Andere Beispiele zeigen, daß bei unterschiedlichen Lichtfarben das Erkennen einer Oberflächenfarbe auf Grund von Konstanzleistung möglich ist. Unter blauem Himmel, wie unter direktem Sonnenlicht sehen Körperfarben grundsätzlich gleich aus.

Daraus erkennt man, daß auf Grund des Konstanzphänomens Beleuchtungsverhältnisse beim Wahrnehmen unserer gegenständlichen Welt ausgeblendet werden und Licht zum Medium der Wahrnehmung, aber nicht zum quantifizierbaren Inhalt des Sehens wird.

Diese Tatsache zeigt wie fragwürdig es ist, allgemein gültige quantifizierbare Beleuchtungsregeln außerhalb des unmittelbaren Tätigkeitsfeldes am Arbeitsplatz zu definieren. Bereits eine allgemeine, situationsunabhängige Leuchtdichtedefinition für das Auftreten psychologischer Blendung (siehe oben) scheitert an der mangelnden Einbeziehung des Informationsgehalts der Blendquelle, nicht das Fenster mit Ausblick auf die besonnte Landschaft mit relativ hoher Leuchtdichte blendet, sondern - trotz geringerer Leuchtdichte - die Opalglasscheibe, falls sie den Ausblick verwehrt.

Es wäre falsch, aus diesen Sachverhalten auf eine geringe Bedeutung der Planung, einer wahrnehmungsorientierten Architekturbeleuchtung zu schließen. Wahrnehmungsorientierte Beleuchtung wird zwar weniger durch Beleuchtungsstärken und Leuchtdichten beschrieben als vielmehr durch gestalterische Parameter der Beleuchtung, die dafür verantwortlich sind, daß räumliche Strukturen erkannt, Raumzonen gegliedert, Räume erweitert werden, daß Blicke gelenkt die visuelle Aufmerksamkeit gerichtet und damit die Wahrnehmung gesteuert wird.

Welches sind nun die spezifischen Merkmale, die an die Güte einer wahrnehmungsorientierten Beleuchtung gestellt werden ?

Von den Beleuchtungsverhältnissen eines Raumes hängen Befindlichkeit der Nutzer und damit die Akzeptanz der Raumsituation ab. Besonders in weniger vertrauter Umgebung sucht man nach visueller Orientierung, dabei kann Beleuchtung helfen, die Informationsflut eines Raumes zu ordnen. Eine exakte Beschreibung dessen, was Beleuchtung, ist nicht möglich, dafür ist das Zusammenspiel von Licht, Raum und Wahrnehmung zu komplex. Zumindest versagt der herkömmliche sehorientierte Ansatz völlig. Die Zahl der Beleuchtungslösungen ist so vielfältig, wie die der architektonischen Gestaltungsvarianten. Trotzdem gibt es Gütekriterien, nach denen sich eine qualitative Beleuchtungsplanung orientieren sollte.

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 Sehaufgabe und ausgedehnten Flächen im entfernteren Umfeld sollte nicht mehr als 5:1 betragen (ältere Studien

sagen auch 1:10). 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.

Bezug zur Außenwelt

Diese wird durch Blickkontakt zur weiteren Umgebung einschließlich Außenwelt sichergestellt, um damit Informationen über Tageszeit, Jahreszeit und Wetter unmittelbar zu erhalten. Dazu empfiehlt es sich, Fensterflächen ausreichend zu dimensionieren und blickgerecht zu plazieren. Arbeitsplätze blickgünstig anzuordnen und dafür zu sorgen, daß weder Verglasung, Sonnenschutz oder Blendschutz oder Elemente einer Tageslichtsteuerung den Ausblick einschränken.

Orientierung im Raum

Wahrnehmungsorientierte Lichtplanung unterstützt in diesem Zusammenhang die Orientierung und verbessert die Informationsstruktur eines Raumes. Es werden mit Licht und Beleuchtung Wege markiert. Leuchtenanordnungen und Helligkeitsmuster weisen Wege, kennzeichnen Anlaufpunkte und definieren Raumzonen, vertikale Beleuchtungsstärken oder akzentuierende Beleuchtung auf den Raumbegrenzungen differenzieren Räume, heben Strukturen hervor und machen Materialeigenschaften wie Glanz, Transparenz und Textur sichtbar.

Charakterisierung der Architektur

Auch Raumfunktion und Nutzungsart lassen sich über eine qualitative Lichtplanung kommunizieren. Die Beleuchtung einer Produktionshalle wird sich – nicht nur quantitativ-deutlich von der eines Kirchenraumes unterscheiden und das Licht eines Supermarktes von dem einer Hotellobby. Hier spielen kulturelle Konventionen und Erwartungshaltungen ebenso eine Rolle wie formal architektonische Regeln.

Generell lassen sich Raumklima und Raumcharakter durch Leuchtentyp und architektonische Anordnung sowie durch Lichtqualität und Lichtführung verdeutlichen.

Wie kann man diese Gütemerkmale in die Planungspraxis umsetzen ?

Im Bereich der wahrnehmungsorientierten Planung spielt folglich die klassische sehorientierten Lichtgrößen nicht die dominierende Rolle. Es sind andere Kriterien, die hier in den Vordergrund der Planung treten. Die Entscheidung für einen bestimmten Lampentyp wird in der Regel von wirtschaftlichen Kriterien, aber auch durch die geplante Lichtwirkung bestimmt dies trifft auf Beleuchtungswirkungen, wie Brillanz und Modellierung, aber auch auf Lampeneigenschaften wie Farbwiedergabe und Lichtfarbe zu.

Die Auswahl von Leuchten richtet sich einerseits nach der Auswahl des Lampentyps, die Vorentscheidung für einen Lampentyp engt also die Leuchtauswahl ein. Generell sind in einer qualitativ orientierten Planung Beleuchtungswirkung und Sehkomfort die wichtigsten Auswahlkriterien, denen formale Kriterien und Effizienzkriterien unterzuordnen sind: wenn es gilt eine Wandfläche gleich mäßig zu beleuchten, kann allein die Leuchtenfunktion und nicht der Wirkungsgrad ein Auswahlkriterium der Leuchte sein. In diesem Zusammenhang sind Leuchten Werkzeuge und für jede Beleuchtungsaufgabe gilt es das passende Werkzeug zu finden. Auch die Entscheidung für eine architektonisch integrierte Beleuchtung nimmt Einfluß auf die

Leuchtauswahl, ebenso die Entscheidung für den Montageort, sei es die Wand oder die Raumdecke.



Unterschiedliche Beleuchtungsarten schaffen unterschiedliche Eindrücke, dabei verändert sich auch der Charakter des Lichtes. Wird ausschließlich direktem Licht beleuchtet, entstehen harte Schatten, wie auf dem linken Bild zusehen ist, welche Objekte und deren Details schlechter erkennbar machen. Die verhältnismäßig dunkle Decke erscheint optisch sehr niedrig.

Die reine Indirektbeleuchtung, zusehen im Bild in der Mitte, dagegen erzeugt eine schattenarme Lichtatmosphäre, die häufig einen monotonen wirkt. Rein indirekte, diffuse Beleuchtung wie lässt die Konturen verschwimmen zu Lasten gut erkennbarer Formen.

Die Kombination aus direkter und indirekter Beleuchtung, so wie im Bild ganz rechts zusehen, bringt eine ausgewogene Schattigkeit mit. Dadurch sind Form und Oberflächenstrukturen der Architektur, der Menschen und der Gegenstände klar und deutlich erkennbar. Die Mischung aus direktem und indirektem Licht lässt durch die ausgewogene Schattenbildung Formen gut erkennen und schafft ein lebendiges, sympathisches Gesicht wie auf dem rechten Bild. Angenehm beleuchtete Wände und Arbeitsflächen vermitteln einen offenen, freundlichen und interessanten Raumeindruck. Daraus resultieren folgende Konzepte.

Beleuchtungskonzepte

Direkte Beleuchtung

Eine häufig benutzte Beleuchtungsform wird in vielen Fällen auch durch Einbauleuchten realisiert. Verwendung findet sie überall dort, wo keine genauen Angaben über Aufstellung der Möbel vorhanden ist, bzw. an wechselnde Einrichtungen gedacht ist. Die mittlere Beleuchtungsstärke wird auf den gesamten Raum, ohne Rücksicht für eine bestimmte Stelle erzeugt. Die Decke wird dunkler im Vergleich zu beleuchtenden Flächen empfunden. Ideal um hohe Räume niedriger zu machen und niedrige Räume noch niedriger (Hölleneffekt) wirken zu lassen.

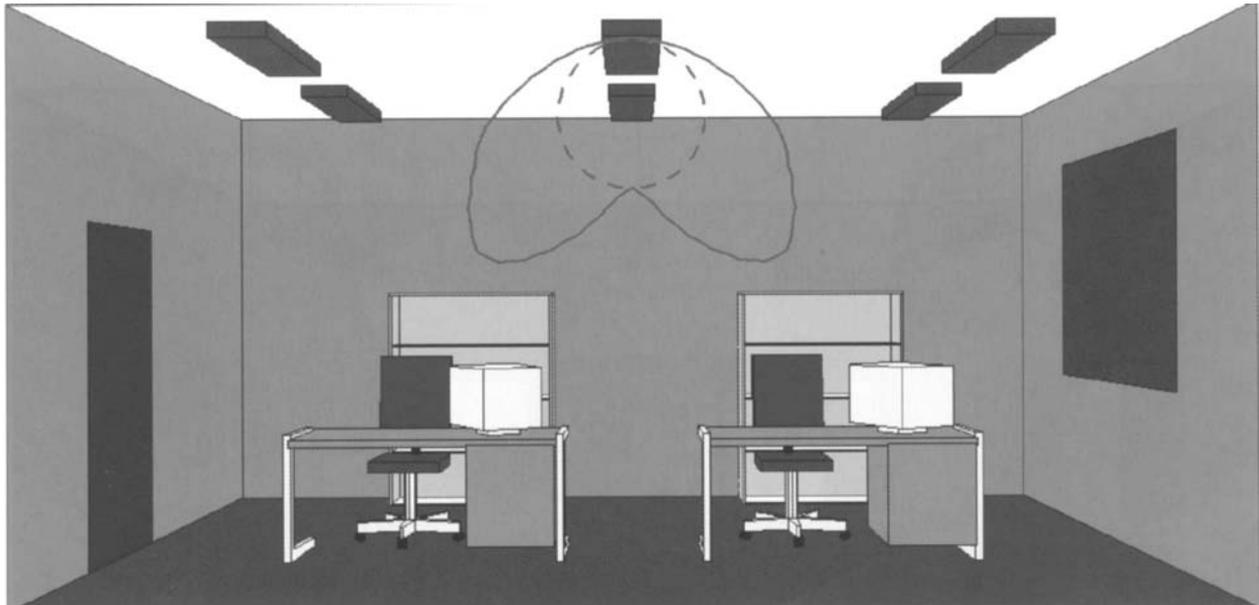


Abbildung 7 Quelle Handbuch für Beleuchtung ECOMED-Verlag

Für eine Beleuchtungsanlage ist dies die energiesparendste Variante. Die Ausrichtung der Leuchten sollte immer parallel zur Fensterfront erfolgen damit die Beleuchtungsreihen entsprechend dem Tageslichteinfall geschaltet oder gedimmt werden können.

Eine Entblendung erreicht man einfach durch den Einsatz von Bildschirmarbeitsplatzleuchten.

Direkt-Indirektbeleuchtung

Die erste Erweiterung ist der Einsatz eines zusätzlichen Indirektanteils. Die Verbesserung liegt vor allem in den gleichmäßigeren und höheren Leuchtdichten der Raumbegrenzungsflächen. Die Voraussetzungen sind diffuse, streuenden Materialien bzw. wenig glänzende Flächen in den Raumflächen. Die Möglichkeit der Blendung durch helle Leuchtflächen wird durch hellere Deckenflächen wesentlich reduziert (weniger Kontrast). Doch auch hier müssen die Raumbegrenzungsflächen für die Begrenzung der Direktblendung eingehalten werden.

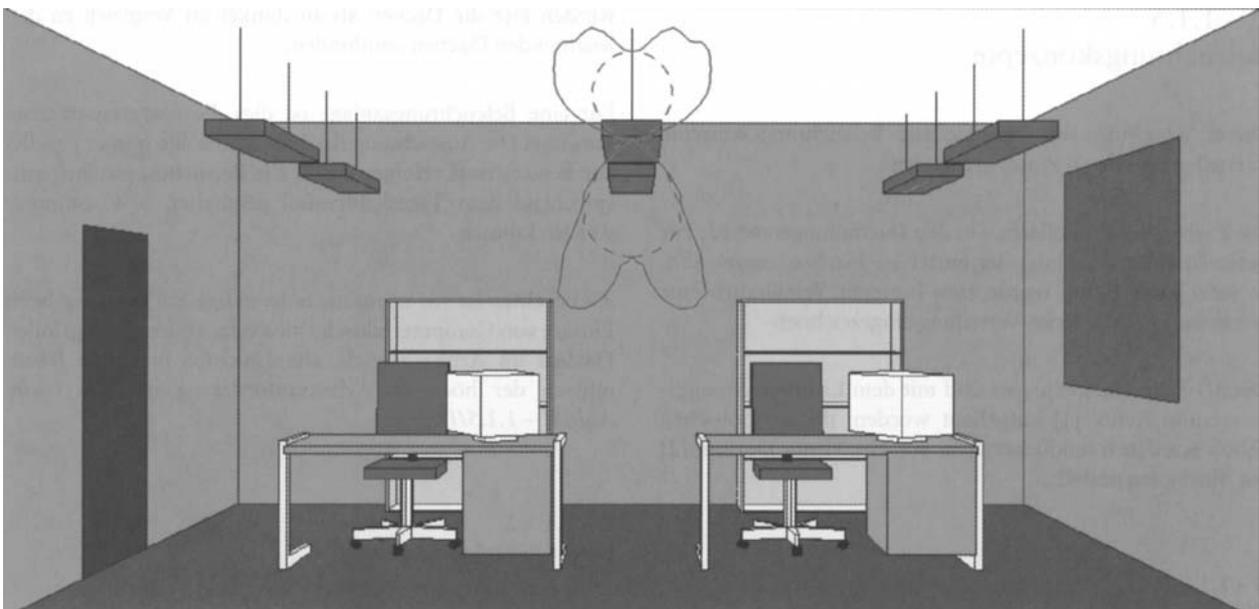


Abbildung 8 Quelle Handbuch für Beleuchtung ECOMED-Verlag

Indirekte Beleuchtung

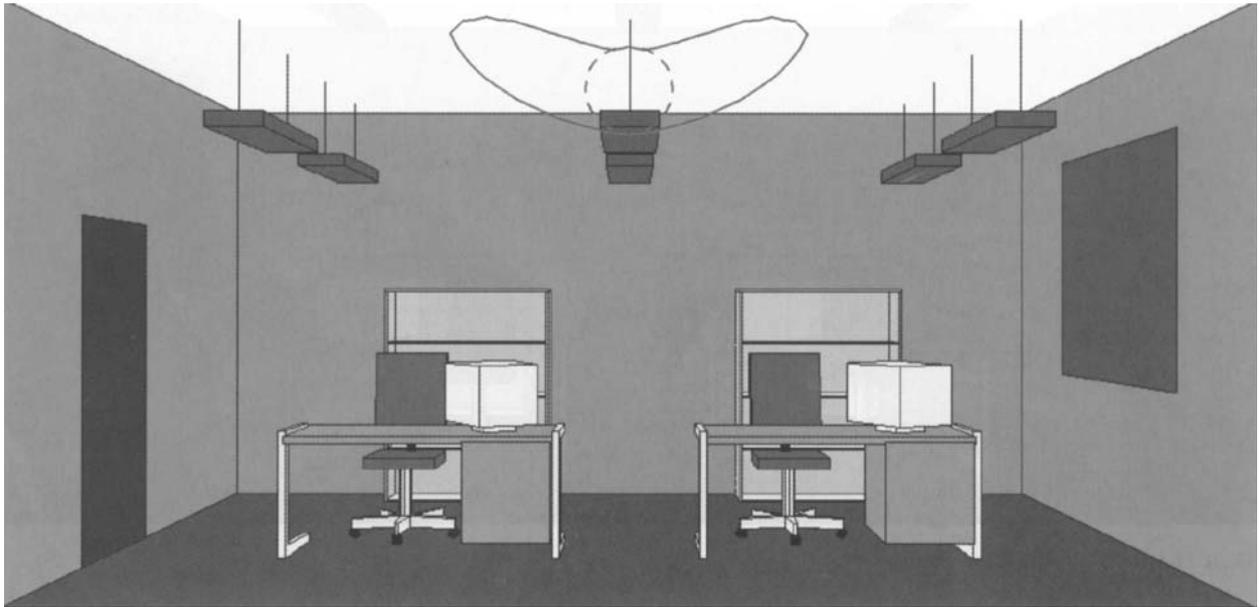


Abbildung 9 Quelle Handbuch für Beleuchtung ECOMED-Verlag

Vor allem für Eingangshallen und Foyers bietet sich eine indirekte Beleuchtung an; durch sie wirken Räume größer und höher. Das ist der gegenteilige Effekt wie bei der reinen Direktbeleuchtung. Ein weiterer Einsatzbereich sind Räume die gemütlich wirken sollen (z.B. Wohnzimmer), d.h. es werden geringere Beleuchtungsstärken mit gedämpftem Indirektlicht gewünscht.

Eine reine Indirektbeleuchtung wird aus Kosten- und Energiegründen bei Arbeitsplätzen sehr selten eingesetzt. Die Wirkung des Raums hängt stark von der Struktur und Farbe der Raumflächen ab; daher vom Reflexionsgrad der Raumflächen.

Direktbeleuchtung mit Platzbezug

Die Vorteile einer solchen Beleuchtung sind die Energieeinsparung durch die gezielte Nutzung bei Bedarf durch getrennt geschaltete Einzelleuchten und die Einsparung von Beleuchtung, wo wenig zu beleuchten ist, außer den Verkehrsflächen. Der große Nachteil, ist die unharmonische Lichtverteilung (Bildung von Lichtinseln) im Raum und die fehlende Flexibilität bei Möbellierungsänderungen.

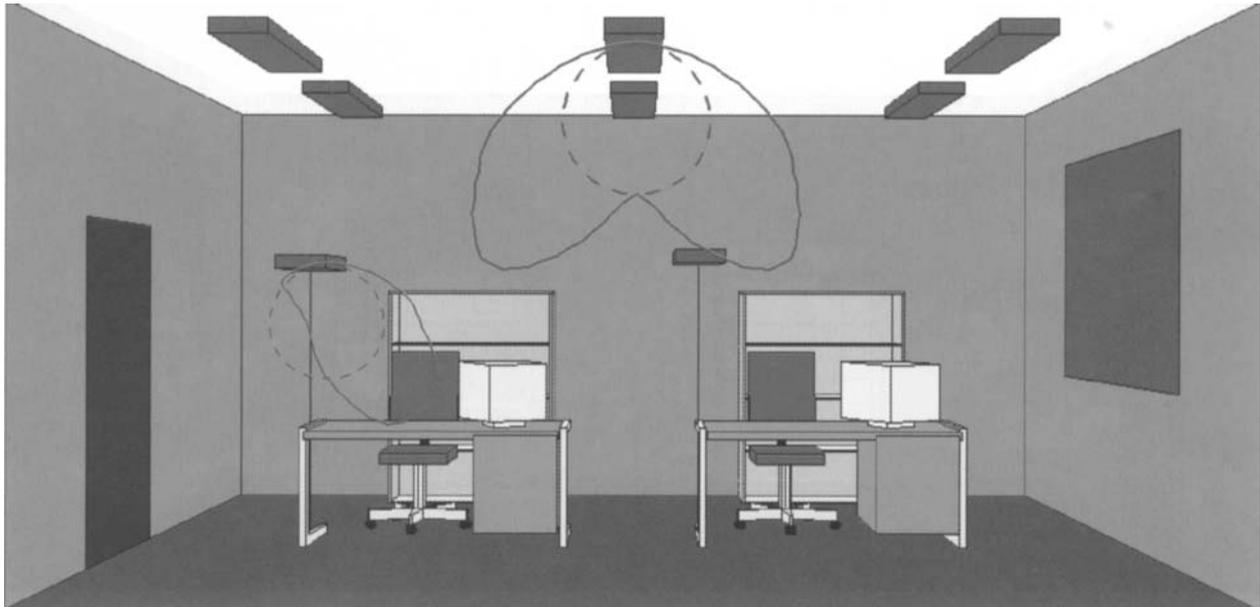


Abbildung 10 Quelle Handbuch für Beleuchtung ECOMED-Verlag

Indirekte Beleuchtung mit Platzbezug

Die Besonderheit dieser Beleuchtung liegt in der indirektstrahlenden Grundbeleuchtung, die einen sehr angenehmen Raumeindruck erzeugt. Die Indirektleuchten erzeugen eine blendfreie Grundbeleuchtung, deren Niveau ausreichend für die Orientierung und das Lesen von Dokumenten ausgelegt ist. Die direktstrahlenden Leuchten, geeignete Entblendung vorausgesetzt, erlauben eine hervorragende Ausleuchtung der Umgebung.

Bei Verwendung an Bildschirmarbeitsplätzen sollte man hierbei vor allem die verwendeten Bildschirmhintergründe beachten. Bei neuwertigen CAD-Anlagen wieder verstärkt dunkle Hintergründe verwendet um die vielfarbigen dünnen Linien mit einem hohen Kontrast wiederzugeben. Für diesen Fall werden auch bei Bildschirmarbeiten möglichst geringe Beleuchtungsstärken im Arbeitsbereich als angenehm empfunden, da Reflexionen von Raum- und Möblierung nur sehr geringe Leuchtdichten aufweisen können. Eine derartige Beleuchtung widerspricht jedoch den geltenden Normen und Arbeitsschutzrichtlinien und somit den quantitativen Gütemerkmale für Beleuchtung.

Ergänzend sei hier auch die Direkt-Indirektbeleuchtung mit Wandleuchten oder Standleuchten erwähnt. Die Anwendungsmöglichkeiten entsprechen der Anwendung der reinen indirekten Beleuchtung. Bei allen Indirektbeleuchtungssystemen sollte die Farbe der angestrahlten Decken- und Wandflächen möglichst farbneutral sein, um gute Farbwiedergabeeigenschaften zu erreichen.

Weitere Kombinationsmöglichkeiten

Die oben genannten Beleuchtungsarten stellen nur ein Grundmodell dar, jedes einzelne Konzept kann weiter variiert oder umgestaltet werden. Die Direktbeleuchtung über Deckensysteme kann zum Beispiel auch mit Deckeneinbauleuchten, Rasterleuchten mit Stableuchtstofflampen oder Downlights mit Kompaktleuchtstofflampen oder Hochdruckentladungslampen erfolgen.

Eine indirekte Beleuchtung kann ebenfalls mit Sekundärreflektorleuchten aufgebaut werden („mildes Licht“). Die Vorteile sind erst einmal eine große sichtbare Leuchtenfläche mit kleineren Leuchtdichten, d.h. weniger Blendung und die Decke oder die Wand kann in die Lichtlenkung mit einbezogen werden. Zum anderen ist die Gestaltung der Decke in Farbe und Struktur wesentlich unabhängiger.

Ergonomie der Beleuchtung am Beispiel einer Küchenbeleuchtung

In der Beleuchtung kommt es häufig vor, daß Beleuchtungen multifunktional, ergonomisch und für eine gute Lichtatmosphäre sorgen soll. Zwar erreicht man häufig eine akzeptable Beleuchtung an einigen Stellen, aber meist werden nicht alle Bedürfnisse an die Beleuchtung ergonomisch befriedigt. Als eines der Besten Beispiel für eine ergonomische Beleuchtung mit vielen Bedürfnissen ist die heimische Küche.

An die Beleuchtung einer moderne Küchen werden wegen der vielfältige Anforderungen gestellt sind in der Regel mit Leuchten ausgestattet für gutes Licht direkt über der Arbeitsfläche (Arbeitsplatte, Dunstabzugshaube). Sie leisten einen wichtigen Beitrag für gute und sichere Beleuchtung in der Küche. Doch es kommt außerdem auf eine gute Allgemeinbeleuchtung an. Da sie keine konkrete Beleuchtungsaufgabe erfüllen muß, darf ihr Licht eher mild ausfallen. Das hat zugleich den Vorteil, daß auf der Arbeitsplatte keine Schlagschatten entstehen.

In vielen Fällen einer Küchenbeleuchtung „funzelt“ noch immer eine einzelne Leuchte an der Deckenmitte. Die Hausfrau steht selbst im Licht, wenn sie kocht oder an der Spülmaschine arbeitet (siehe Abbildung 11 A). Eine gute Lösung für die Allgemeinbeleuchtung sind großflächige Leuchten. Hier wird aber teilweise die Arbeitsfläche von den Hängeschränken abgeschattet, außerdem sind die oberen Fächer der Hängeschränke unzureichend beleuchtet (siehe Abbildung 11 B).

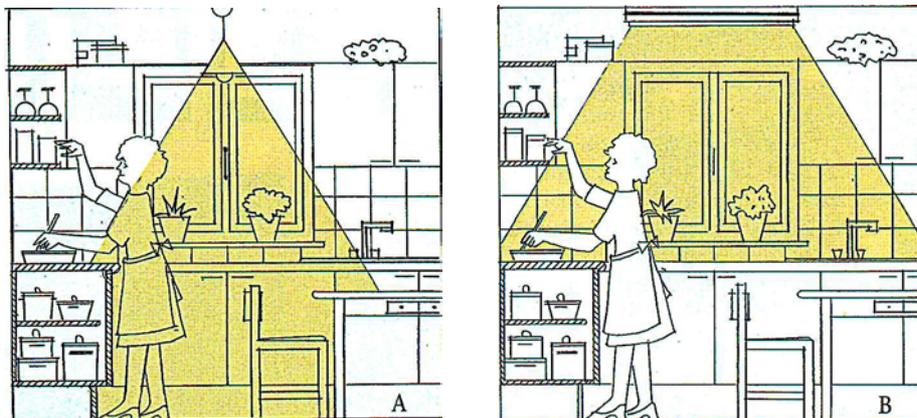


Abbildung 11 Quelle FGL Lichtforum 34

Bessere Lösungen sind, neben der Allgemeinbeleuchtung zusätzliches Licht für die für die einzelnen Arbeitsflächen. Zum Beispiel : T-förmige Stromschielen oder Seilsysteme mittig im Raum angeordnet. Sie nehmen breitstrahlende ortsveränderliche Strahler und Leuchten auf, die individuelle Lichtaufgaben lösen. In kleineren Küchen genügen oft auch zwei Deckenstrahler. Wichtig ist : das Licht muß seitlich von oben kommen. Nicht von hinten. Bei Rechtshändern grundsätzlich von links (siehe Abbildung 12 C).

Befinden sich Hängeschränke oder Oberschränke in der Küche, so können spezielle Anbauleuchten als Lichtbändern unter die Schränke montiert werden. Sie sollte aber mit einer

Blende nach von abgeschirmt werden. Die Allgemeinbeleuchtung erreicht man dann, indem man die gleiche Beleuchtung auf den Schrank montiert. Über dem Eßtisch sollte immer eine höhenverstellbare Pendelleuchte angebracht werden (siehe Abbildung 12 E).

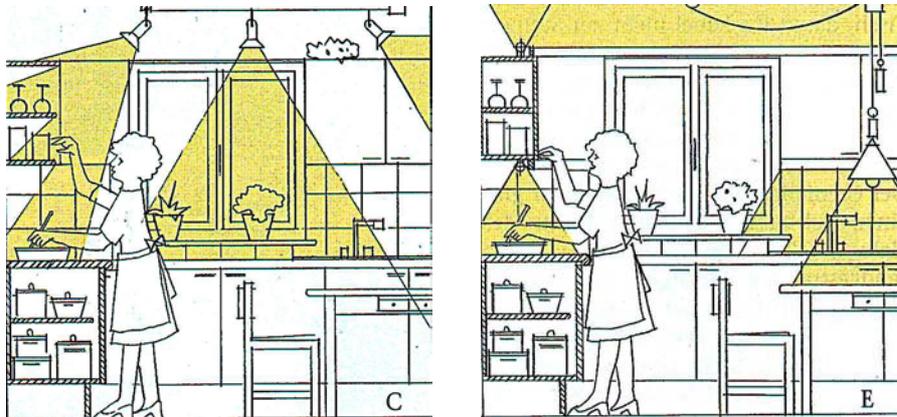


Abbildung 12 Quelle FGL Lichtforum 34

So kann man auch ohne große Umbauten eine ergonomisch sinnvolle Beleuchtung auf kleinsten raum erreichen.

Beeinflußbarkeit der Beleuchtung

Auf dem Markt gibt es eine Reihe von Lichtsteuerungs- und Lichtmanagementssysteme. Die meisten System versuchen hauptsächlich die Beleuchtung über die ganze Nutzungszeit konstant zu halten. Neuere Untersuchungen haben aber gezeigt, daß der Nutzer eine sich veränderte Beleuchtung, ähnlich der Sonne über den Tag, wünscht. Sein Lichtbedürfnis ist nicht nur altersabhängig, es ist auch generell individuell und tageszeitlich verschieden. Ein starres Licht ein und Licht aus speziell am Arbeitsplatz führt häufig zu Unwohlsein und erhöht die Krankenzuständen. Zu einer guten Beleuchtung gehört, daß jeder sein individuelles Lichtbedürfnis befriedigt, indem der je nach Stimmung, Tages-/Jahreszeit oder Arbeitsart sein Licht selbst dosiert.

Architektonisch, gestalterische Gütemerkmale

Zusätzlich zu einem wahrnehmungsorientierten Lichtkonzept stellt sich bei der Architekturbeleuchtung die Forderung, Strukturen und charakteristische Merkmale einer Architektur durch die gestalterische Wirkung von Beleuchtungswirkung und Leuchten zu verdeutlichen. Gesucht werden dabei Konzepte, welche die Formensprache eines Gebäudes, seine Gestaltungsmerkmale und Raumgliederungen formal aufnehmen verstärken.

Beleuchtungsanlagen sind als Teil des architektonischen Gesamtentwurfs zu sehen, die auch über Form und Anordnung Einfluß auf die Akzeptanz einer Raumsituation nehmen. Beleuchtung definiert sich dabei formal als gestalterisches Element durch Leuchten- und Anordnungsgeometrie. Es liegt in der planerischen Verantwortung des Architekten, unter Berücksichtigung von wahrnehmungspsychologischen „Gestaltgesetzen“ Leuchtenformen, Leuchtenanordnung und deren Lichtwirkung so aufeinander abzustimmen, daß Architektur nicht nur betont, sondern möglichst auch an Aussagekraft gewinnt. Hierzu kann der Planer nur eine Hilfestellung geben. Letztendlich bleibt es dem Architekten überlassen, wie sein Entwurf architektonisch in Szene gesetzt werden soll.

Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeit läßt sich nicht ohne weiteres in eines der oben beschriebenen Aspekte einordnen. Wirtschaftlichkeit trägt nur entfernt etwas zur Sehorientierung und Wahrnehmungsorientierung bei. Zur Architektonische, gestalterischen Aspekt sowieso nicht.

Als Wirtschaftlichkeit wird heute hauptsächlich die Minimierung der Kosten der Beleuchtungsanlage betrachtet. Zur Ermittlung dieser Kosten existiert eine Norm (DIN 5035) 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). Somit läßt sich Wirtschaftlichkeit auch nicht eindeutig quantifizieren. Einige Merkmale sind auch qualitativ zu sehen.

Daher wird hier nur auf einige Faktoren eingegangen, wie man die Wirtschaftlichkeit und daher die Kosten senken kann bzw. den Nutzen bei weniger Einsatz maximieren 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-Metallampfen durchgesetzt, die brillantes Licht bei ebenfalls sehr hoher Effizienz bieten, z.B. hohe Lichtausbeute. Schaltheufigkeiten 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 Schaltheufigkeit (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.

Zusammenfassung

Lichtplanung im umfassenden Sinn hat einen großen Einfluß auf die Akzeptanz einer architektonischen Umgebung. Sie unterstreicht die Idee des Architekten, sie fördert das menschliche Wohlbefinden des Nutzers und sie unterstützt und ermöglicht das funktionale Sehen durch die Bemessung der lichtphysikalischer Größen, zur Durchführung spezifischer Sehaufgaben. Nur wenn dies alles erreicht ist kann man von einer guten Beleuchtung sprechen. Dies zu zeigen war das Ziel dieses Vortrags.

Neben konkreten Nutzungsfunktion der Beleuchtung muß sich eine qualitativ, wahrnehmungsorientierte Beleuchtungsplanung mit visuellen Informationsbedürfnissen und Erwartungshaltungen befassen. Diese lassen sich pauschal in keine Norm fassen. Ein reines Abarbeiten der Normung und der in der Norm geforderten Gütemerkmale garantiert keine gute Beleuchtung. Man darf aber auch nicht den Fehler machen, die funktionalen Gütemerkmale weniger zu beachten. Dies gilt natürlich auch für rein gestalterische, architektonische Merkmale.

Planungsziel muß es deshalb auch immer sein, das gesamte Wahrnehmungsumfeld adäquat zu beleuchten, die charakteristischen Eigenschaften von Raum und Raumobjekten angemessen zu inszenieren und zielgerichtet Wahrnehmungshierarchien aufzubauen.

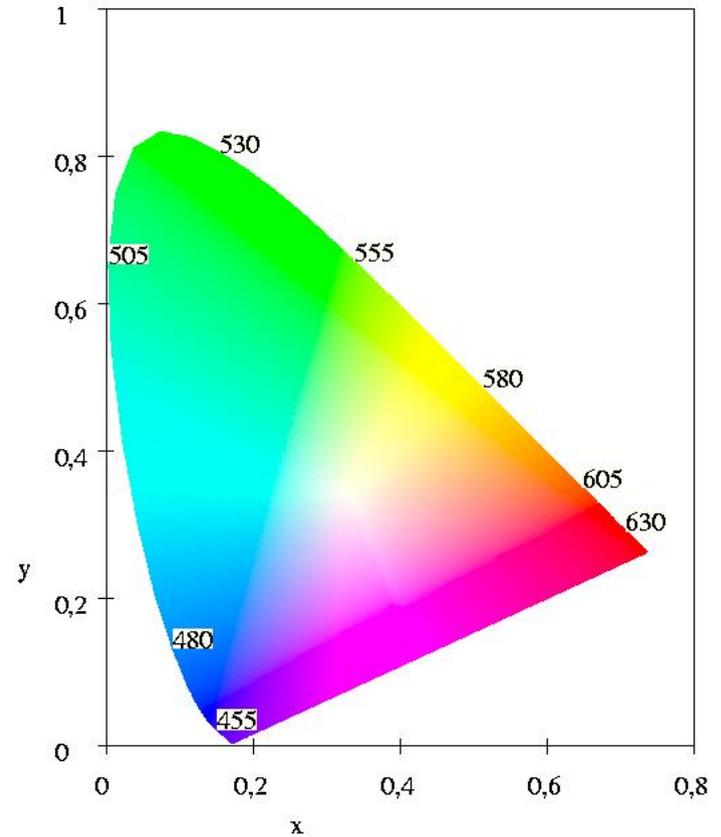
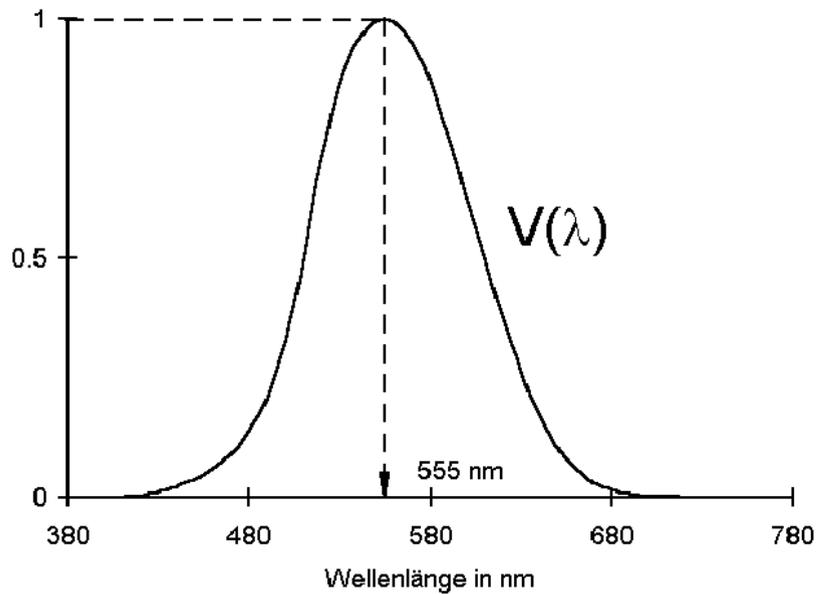
Beleuchtung definiert sich schließlich als ein formalgestalterisches Element, so wohl durch die Geometrie der Leuchten, als auch durch deren Anordnung. Die Beleuchtungsanlage selbst wird zum Architekturdetail und trägt zum Gesamtbild einer Architektur bei.

Literaturverzeichnis

- Handbuch der Beleuchtung, SLG, LTAG, LiTG, NSW Verlag Ecomed
sehr umfangreich, Standardwerk der Licht- und Beleuchtungstechnik
- ERCO-Handbuch der Lichtplanung, R. Ganslandt/ Hofmann Vieweg-Verlag
Handbuch der Architekturbeleuchtung
- Beleuchtungsplanung Lichttechnik Elektrotechnik, TRILUX-Lenze GmbH
Anwenderbuch, kostenfrei bei Trilux bestellbar (<http://www.trilux.de>)
- Tagungsband Licht 2000 in Goslar
- Alle Publikationen der Fördergemeinschaft Gutes Licht (<http://www.fgl.de>)
- Zeitschrift LICHT Pflaume-Verlag
- Zeitschrift HIGHLIGHT
- DIN 5035 Beleuchtung mit künstlichem Licht
- Deutsche Lichttechnische Gesellschaft (LiTG), Berlin, <http://www.litg.de>
- Deutsche Institut für angewandte Lichttechnik, Lüdemscheid, <http://www.dial.de>
- Alles zum Thema Bildschirmarbeit: <http://www.sozialnetz-hessen.de>
- Alles rund um Lampen und Leuchten, ein Verzeichnis alle Lampen- und Leuchtenhersteller,
sowie ein Ansprechpartner bei allen Fragen zum Thema Licht findet man bei
<http://www.on-light.de>

Sehen und Farbe

Die $V(\lambda)$ -Funktion



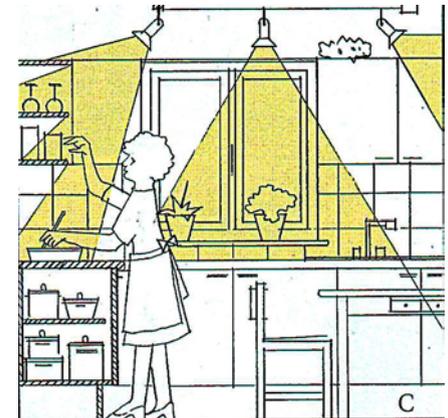
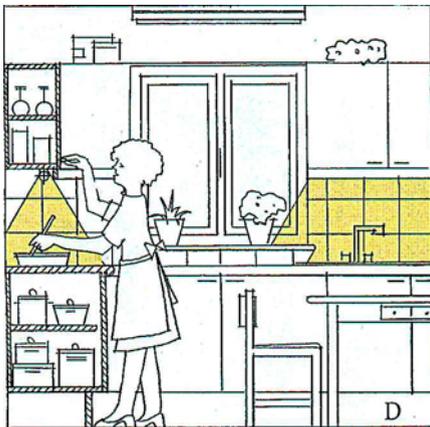
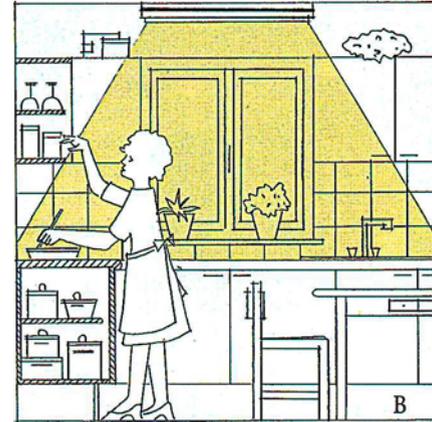
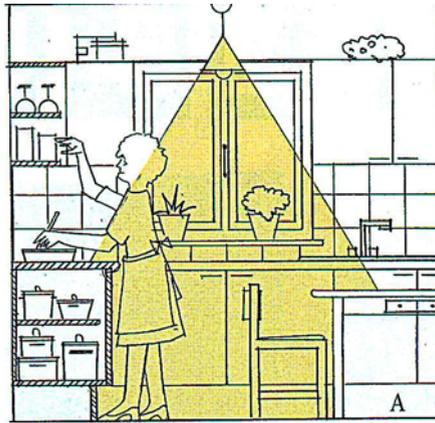
Beleuchtungsarten







Beispiel Küchenbeleuchtung





Quantitative und Qualitative Gütemerkmale von Beleuchtungen in der Architektur

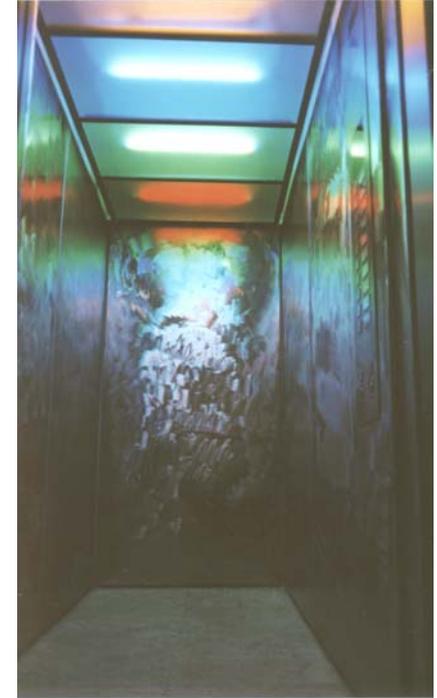




Quantitative und qualitative Gütemerkmale von Architekturbeleuchtungen





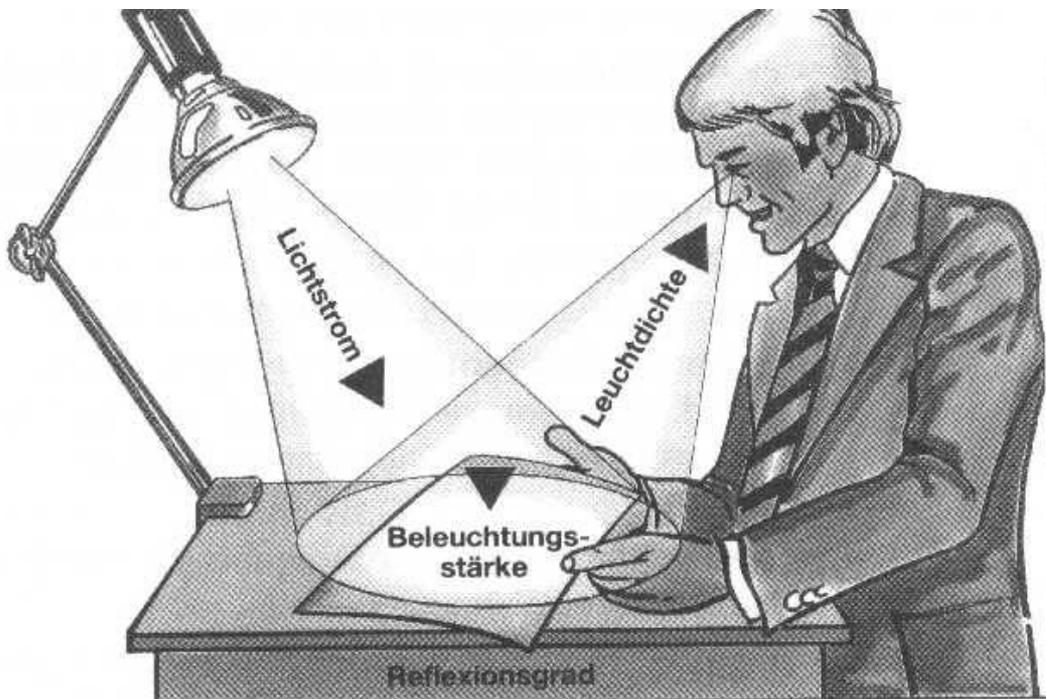


Arten von Gütemerkmalen

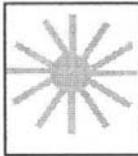
- Sehorientierte funktionale Gütemerkmale
- Wahrnehmungsorientierte gestalterische Gütemerkmale
- Architektonische gestalterische Gütemerkmale
- Wirtschaftlichkeit

Beleuchtungsniveau

Was ist Leuchtdichte/Helligkeit ?



Typische Beleuchtungsstärken:



- Sonniger Sommertag im Freien ca: 100000lx



- Bedeckter Himmel im Sommer ca: 20000lx



- Trüber Wintertag ca: 3000lx



- Sehr gute Arbeitsplatzbeleuchtung ca: 1000lx



- Normale Arbeitsplatzbeleuchtung 500lx



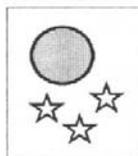
- Lager, Durchgang, Parkhaus 100lx



- Gute bis schwache Straßenbeleuchtung 30lx

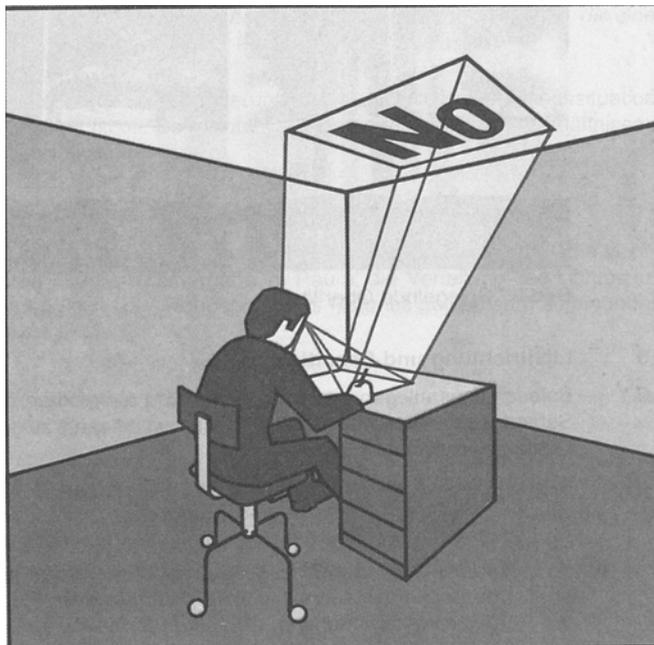
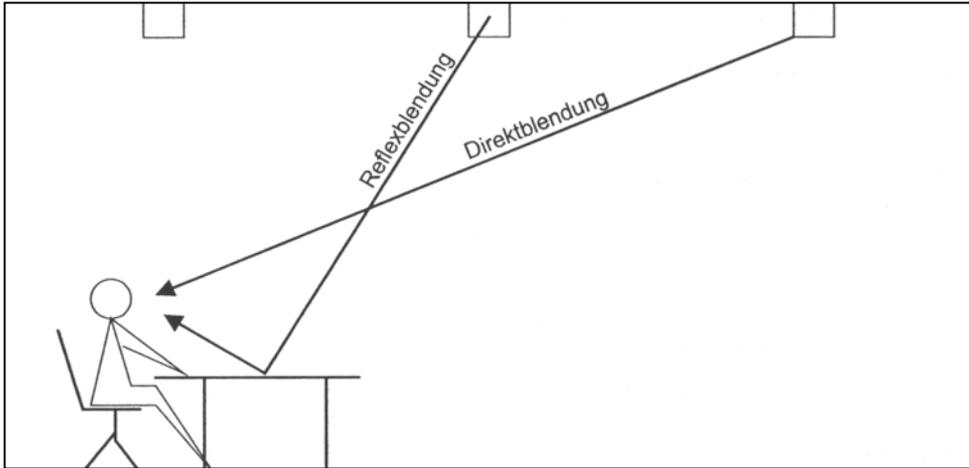


- Notbeleuchtung 1 lx



- Vollmond 0,5 lx

Blendung und Blendungsbegrenzung



Lichtfarbe und Farbwiedergabe

Bezeichnung nach DIN	Kürzel	Farbtemperatur	Farberscheinung
Warmweiß	ww	< 3300K	Warm
Neutralweiß/Universalweiß	nw	3300K-5000K	Mittel
Tageslichtweiß	tw	> 5000K	Kalt

Farbwiedergabestufe	sehr gut		gut		weniger gut	
	1A	1B	2A	2B	3	4
Farbwiedergabeindex Ra	Ra >90	80 Ra < 90	70 Ra < 80	60 Ra < 70	40 Ra < 60	20 Ra < 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		

Wirtschaftlichkeit

- Lampen mit hoher Lichtausbeute verwenden
- Leuchten mit hohem Betriebswirkungsgrad verwenden
- Räume mit hohen Reflexionsgraden gestalten
- Elektronische Vorschaltgeräte verwenden
- Steuerbare Beleuchtung verwenden
- mit Tageslicht beleuchten

Wahrnehmungorientierte Gütemerkmale

- Bezug zur Außenwelt
- Harmonische Helligkeitsverteilung und Lichtrichtung
- Orientierung im Raum
- Charakterisierung der Architektur
- Ergonomie der Beleuchtung
- Beeinflußbarkeit der Beleuchtung
- Die “richtige” Beleuchtung für die Situation

Quantitative und Qualitative Gütemerkmale von Beleuchtungen in der Architektur

