



Belichtung, Besonnung, Beleuchtung – eine Einleitung

Der Weg des Lichts von der Sonne durch die Atmosphäre ins Gelände, durch Fenster auf die Innenoberflächen der Räume, auf die Netzhaut der Augen der BewohnerInnen, die sich daraus ein Bild von der Welt machen.

Die sichtbare Welt entsteht aus Licht, das in unsere Augen fällt. Das Licht stammt aus primären und sekundären Lichtquellen. Die wesentlichen primären Lichtquellen, die in Innenräumen eine Rolle spielen, sind die Sonne und sind technische Lichtquellen, zu denen nicht nur elektrische Lampen (Leuchtmittel), sondern auch ihre historischen Vorgänger wie Kerzen, Kaminfeuer usw. gezählt werden können. Sekundäre Lichtquellen sind alle Gegenstände und Medien, die von Licht durchdrungen (Transparenz) oder beleuchtet werden. Beleuchtet werden bedeutet, dass der Gegenstand oder das Medium Licht teilweise zurückwirft (Reflexion) und teilweise aufnimmt (Absorption). Eine besondere Erscheinung ist die Anregung von Gegenständen oder Medien durch empfangenes Licht und seine Umsetzung in verzögert abgestrahltes eigenes Licht anderer Qualität: Fluoreszenz. Das Zusammenspiel von Reflexion und Absorption erzeugt die Qualitäten des Glänzenden oder sogar Spiegelnden, die auf hohe, und des Matten, die auf niedrige Reflexion zurückzuführen sind. Selektive Absorption, Reflexion oder Transparenz erzeugen die Qualitäten der Helligkeit (von Weiß über Grautöne und Schwarz) sowie der Farben.

Das so konditionierte, nämlich nach selektiver Absorption reflektierte und somit farbige Licht lässt, wenn es das nächste Mal absorbiert und reflektiert wird, den beleuchteten Gegenstand in einem anderen Licht erscheinen, wie man auch sprichwörtlich sagt. Licht kann auch von vorneherein „selektiv“ sein, wenn es nämlich aus Gasentladungslampen oder Diodenlampen stammt und ein Linienspektrum zeigt. Damit sind die Themen Lichtfarbe und Farbwiedergabe angeschnitten. Licht breitet sich von einer Lichtquelle geradlinig und in alle Richtungen aus. Es erfüllt aber nicht wie Luft den Raum bis in jeden Winkel und bis in die kleinste Ritze. Es gibt also Schatten, wo immer es Licht gibt: unbeleuchtete oder schwächer beleuchtete Stellen. Die Unterschiede heißen Kontraste. Es gibt Helligkeitskontraste und Farbkontraste. Beide bedingen die Erkennbarkeit von Gegenständen. Wir leben eben nicht in einer Welt von Licht und Farbfecken. Die dreidimensionale

plastische Körperlichkeit von Gegenständen, die wir in unmittelbarer Nähe durch Tasten, Greifen, Hin- und Herbewegen eines Objekts und Herumgehen um ein Objekt erfassen können, erschließt sich auch in der Entfernung durch Licht und Schatten, durch Helligkeits- und Farbkontraste.

Bei der Belichtung und Beleuchtung von Innenräumen mit Tageslicht und Kunstlicht geht es also um die Erkennbarkeit der Umgebung, sowohl im Großen und Ganzen (Orientierung) als auch im kleinsten Detail (Schrift, Werkstücke).

Warum Fenster? Belichtung, Besonnung, Sichtbezug

Die Bürger von Schilda bauten ein neues Rathaus. Als das Haus fertig war, bemerkten sie, dass sie die Fenster vergessen hatten. Zum Glück hatten sie gleich eine gute Idee. Sie trugen das Licht in Eimern ins Gebäude, um es dort auszuleeren ...

Auch heute noch werden Räume ohne Tageslicht geplant und gebaut. Sei es um kontrollierte künstliche Beleuchtungsverhältnisse zu schaffen (Museen) oder um große – zu große – Traktiefen zu ermöglichen.

Für gute Beleuchtung gelten die Kriterien: ausreichende Beleuchtungsstärke, Leuchtdichteverteilung, Blendfreiheit, Lichtrichtung und Schattigkeit. Die Sonne als Lichtquelle und das Fenster als „Leuchte“ für diese „Lampe“ bieten einerseits unübertrefflich gute, andererseits auch recht problematische Voraussetzungen, um diese Kriterien zu erfüllen.

Die Sonne geht im Osten auf, ändert den ganzen Tag über (den es ohne sie nicht gäbe) ihren Azimut (Himmelsrichtung) und ihren Höhenwinkel über dem Horizont und, morgens und abends, auch ihre Lichtfarbe. Auch im Jahreslauf (den es ohne die Sonne nicht gäbe) ändert sie sowohl die Höhe ihrer Bahn über dem Horizont, die Azimutpositionen des Sonnenauf- und -untergangs als auch die Bahnlänge über dem Horizont (Tagesdauer) beträchtlich.

Die Sonne kann am unbewölkten Himmel erscheinen oder hinter einer Wolkendecke ihre auch dann noch ungeheure Wirkung entfalten. Die horizon-

Informationen

Dr. Tobias Waltjen
IBO – Österreichisches Institut
für Baubiologie und -ökologie
A-1090 Wien, Alserbachstraße 5
fon: +43-1-3192005-23, fax: DW -50
email: tobias.waltjen@ibo.at
www.ibo.at



tale Beleuchtungsstärke unterscheidet sich in den Fällen des bedeckten und klaren Himmels (CIE-Normhimmel) um den Faktor 4–5. Bildet die Bewölkung keine geschlossene Decke, sondern besteht sie aus Einzelwolken, die dazu vielleicht noch vom Wind angetrieben werden, so ändert sich die Beleuchtungsstärke im Freien alle paar Minuten um einen Faktor 4–5. In Innenräumen können sich direkt besonnene von angrenzenden schattigen Flächen leicht durch Beleuchtungsstärken von 40.000 zu 500 lx unterscheiden, ein Faktor 80! Trotzdem ist die Lebendigkeit des Tagesgangs und der atmosphärischen Erscheinungen als großer Vorteil der natürlichen Belichtung hervorzuheben und gilt neben dem gleichfalls notwendigen Sichtbezug als Grund, warum Innenräume in aller Regel Fenster brauchen.

Ostfenster erhalten direkte Besonnung nur vormittags, Südfenster von vormittags bis nachmittags, Westfenster nachmittags, Nordfenster im Winter gar nicht und im Sommer nur wenige Minuten täglich. Ebenso kann die direkte Besonnung durch Geländeformationen (Nordhang), Vegetation oder benachbarte Gebäude eingeschränkt sein. Manche Fenster gehen nur auf Innenhöfe.

Wo die direkte Besonnung fehlt, bleibt die Belichtung durch die erhellte Himmelskuppel. Ihre Helligkeit (Beleuchtungsdichte) hängt vom Bewölkungsgrad ab und ist im Zenit 3 Mal höher als in Horizontnähe, wohin die üblichen Fenster aber vorwiegend ausgerichtet sind. Dachfenster und Shedfenster sind daher bei gleicher Fläche 5,5fach effizienter als vertikale Fenster. Allerdings können sie nur oberste Geschoße und Hallen belichten.

Die direkte Besonnung von Innenräumen, so erwünscht sie besonders im Wohnbereich ist, bringt auch zwei Probleme mit sich:

- Blendungswirkungen, besonders im Winterhalbjahr, wenn die Sonne niedriger steht, und besonders störend bei Arbeitsplätzen, deren Position ja nicht verändert werden kann.
- Wärmeeintrag, der im Winterhalbjahr evt. sogar willkommen sein kann, im Sommerhalbjahr aber zu Überwärmung führt.

Licht und Sehen

Im Auge finden sich zwei verschiedene Arten von lichtempfindlichen Zellen. Sie unterscheiden sich voneinander durch

- Bau und Funktion
- Lichtempfindlichkeit
- Lage des spektralen Empfindlichkeitsmaximums

Die Zäpfchenzellen sind für das Farbsehen (photopisches Sehen) verantwortlich. Drei Farbrezeptoren nehmen schwerpunktmäßig blau, grün und rot wahr. Sie benötigen Leuchtdichten oberhalb 3,4 cd/m²: Farbsehen funktioniert deshalb am

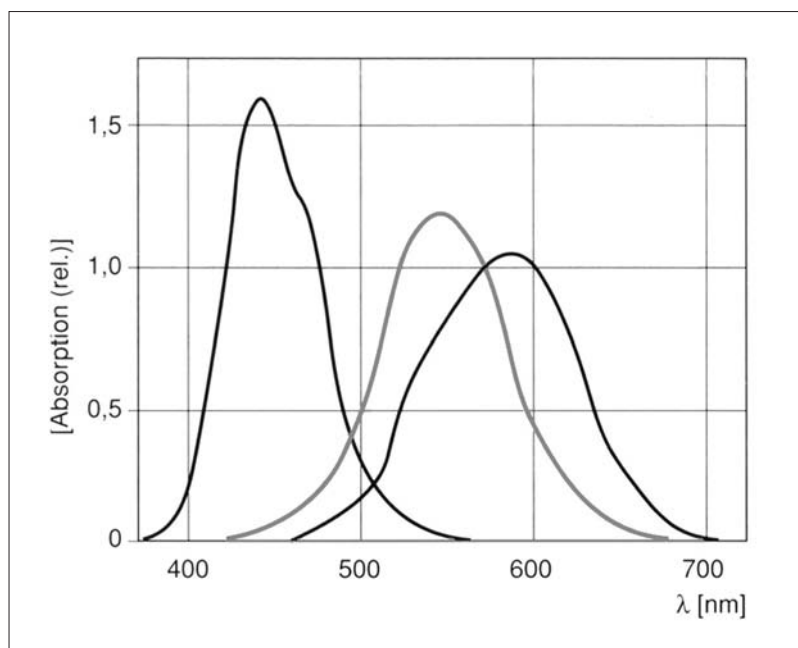


Abb. 1: Darstellung der spektralen Absorption der drei Farbrezeptoren des Menschen. Der Rezeptor mit dem Spektralschwerpunkt 535 nm reagiert sowohl auf Licht der Wellenlänge 450 nm als auch auf solches der Wellenlänge 600 nm. Man kann daher nicht unterscheiden, aus welchem Wellenlängenbereich zwischen 450 und 600 nm das Licht stammt, das zu seiner Erregung führt. Nur die Intensität wird unterschiedlich bewertet. Quelle: Lange, Handbuch für Beleuchtung 12/99

Tag am besten, in der Dämmerung verschwinden die Farben, „bei Nacht sind alle Katzen grau“. Die Zäpfchenzellen haben ihr gemeinsames spektrales Empfindlichkeitsmaximum bei $\lambda = 555$ nm (grün)

Die Stäbchenzellen sind für das Hell-Dunkel-Sehen (skotopisches Sehen) verantwortlich. Sie funktionieren auch bei Leuchtdichten unter 3,4 cd/m² in der Dämmerung und in der Nacht. Die Stäbchenzellen haben ihr spektrales Empfindlichkeitsmaximum bei $\lambda = 505$ nm.

Photopisches und skotopisches Sehen hängen von der Intensität der ins Auge fallenden Strahlung ab, die als Leuchtdichte gemessen wird.

Anders bei der Wirksamkeit des Lichts als Zeitgeber des circadianen Systems, wofür eine dritte Rezeptorart diskutiert wird: Hier ist die Dosis (Intensität mal Einwirkungsdauer) ausschlaggebend. Licht, im kürzerwelligen Bereich zwischen 450 und 500 nm wirkt unterdrückend auf die Melatoninproduktion, die den Tag-Nacht-Rhythmus als Teil des circadianen Systems steuert.

Ist die Tageslichtexposition zu niedrig, führt dies zu einem gestörten Melatoninhaushalt und dadurch zur Desynchronisation unserer „inneren Uhr“. Schlafstörungen, allgemeines Unwohlsein und permanente Müdigkeit bis hin zur saisonal abhängigen Depression können die Folgen sein. Am ein-

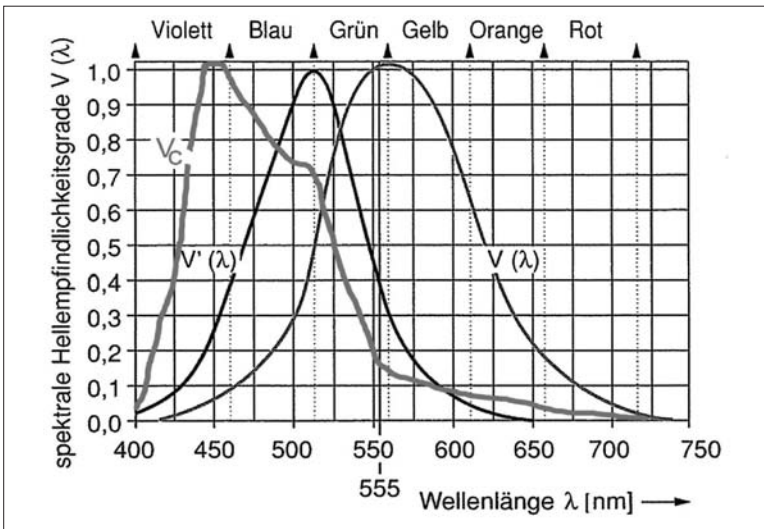


Abb. 2: Spektrale Empfindlichkeitskurve des Auges für Tagessehen $V(\lambda)$ und Nachtsehen $V'(\lambda)$ und empirisch ermitteltes Wirkungsspektrum für die Melatoninsuppression V_c
Quelle: Lange, Handbuch für Beleuchtung 8/98 erweitert nach Rea 2002

fachsten kann der Tageslichtbedarf des Menschen durch Aufenthalt im Freien gedeckt werden. Therapeutisch werden auch Bestrahlungen des Auges mit tageslichtähnlichem Kunstlicht mit Beleuchtungsstärken von 10 000 lx angewendet (Lichttherapie).

Die weitere Verarbeitung der Lichtsignale, schon in der Netzhaut und dann im Gehirn, ermöglicht, Licht- und Farbkontraste zu Konturen, Gestalten, und zum Erschließen plastischer Dreidimensionalität weiterzuverarbeiten. Dabei kann es zu interessanten Sinnestäuschungen kommen (Gestaltpsychologie). Bekannt geworden sind beispielsweise die zeichnerischen Darstellungen dreidimensional wirkender aber im Raum unmöglicher Konfigurationen von M.C. Escher.

Das Auge kann sich an sehr verschiedene Helligkeitsniveaus „gewöhnen“. Die Helladaptation verläuft zweistufig über den sehr raschen Pupillenreflex und die etwas langsamere Adaption der Netzhaut an höhere Leuchtdichten ($> 3,4 \text{ cd/m}^2$). Die Dunkeladaptation verläuft langsamer (20–45 min) und erschließt Leuchtdichtenbereiche $< 0,034 \text{ cd/m}^2$. Das Auge verfügt auch über einen „Weißabgleich“, der chromatische Adaptation genannt wird. Ändert sich die Lichtfarbe der Beleuchtung, ändert sich auch die spektrale Empfindlichkeit der Zäpfchen, sodass der Farbeindruck konstant bleibt.

Tobias Waltjen
IBO



Seminar

> Lichtgestaltung

Die Module vermitteln aktuelles Grund- und Spezialwissen der Lichtgestaltung und -technik. Zentraler Bestandteil der Ausbildung ist die Arbeit im Lichtlabor der Donau-Universität Krems, das als einzigartiges Werkzeug für die thermische und visuelle Gebäudeanalyse zur Verfügung steht. Im Rahmen der Seminare erarbeiten Sie konkrete Lichtlösungen durch Simulation am Modell im künstlichen Himmel sowie durch EDV-gestützte Rechnung und Messung.

Modul Lichttechnik und Lichtplanung 10.-15. November 2008

- > Wie kann der Tageslichtverlauf simuliert werden?
- > Wofür wird Kunstlicht auch am Tag gebraucht?
- > Wann können Leuchtdioden sinnvoll verwendet werden?

Modul Lichtgestaltung 19.-24. Jänner 2009

- > Was sagt der Tageslichtquotient über die Sonne?
- > Welches Licht ist ergonomisch?
- > Wie kommt das Licht ins Gebäude?

Kontakt und Anmeldung
 Department für Bauen und Umwelt
 > Marcus Nitschke (Seminarleitung)
 > Martina Placht (Assistenz)
 martina.placht@donau-uni.ac.at
 www.donau-uni.ac.at/bau

Universität für Weiterbildung

