

Das geht ins Auge

Licht und Beleuchtung in der Baubiologie

Einen Großteil unserer Informationen nehmen wir über unsere Augen auf. Doch nicht nur das Erkennen von Gegenständen oder von Farben ist Aufgabe dieses Sinnesorgans. Auch Gefühle und Empfindungen sowie unsere biologischen Rhythmen werden hierüber gesteuert.

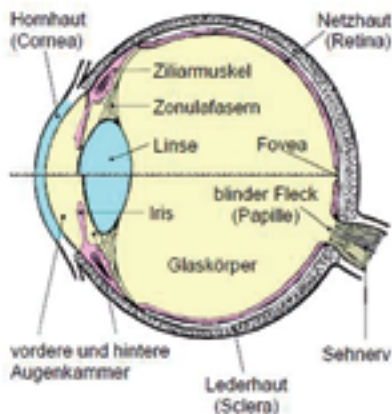


Abb. 1: Aufbau des Auges

Der Aufbau des Auges

Licht gelangt durch die Hornhaut, Pupille, Linse und den Glaskörper auf die Netzhaut. Ein Bereich in der Sehachse weist das schärfste Sehvermögen auf. Dieser wird Fovea genannt. Dort, wo gebündelte Sehnerven aus dem Auge geführt werden, befindet sich der blinde Fleck, an dem keine Sehzellen vorhanden sind. Die Linse kann durch Ansprechen einzelner Muskelstränge ihre Form und damit ihre Brechkraft verändern. Auf diese Weise können

wir sowohl nahe als auch weiter entfernte Objekte auf der Netzhaut scharf abbilden.

Auf der Netzhaut selbst sind mehrere Rezeptor-Systeme mit unterschiedlichen Funktionen vorhanden:

- Die Rezeptoren in Form von Stäbchen ermöglichen das Sehen bei geringer Helligkeit. Ihre Anzahl beträgt ca. 120 Mio. und sie sind farbenempfindlich. Ihre hohe Anzahl und Lichtsensibilität ermöglicht es, auch geringe Hell- und Dunkelunterschiede zu differenzieren.

- Die Rezeptoren in Form von Zapfen lassen uns bei Tageslicht die Farben erkennen. Ihre Anzahl ist deutlich geringer als die der Stäbchen und liegt bei ca. 7 Mio. Es gibt 3 Typen von Zapfen und zwar speziell für die Farben Rot, Grün und Blau, wobei die Grün-Zapfen am empfindlichsten sind. Ein gleichzeitiges Ansprechen mehrerer Zapfentypen entspricht der additive Farbmischung und erschließt uns die Vielfalt unserer Farbenwelt. Die Empfindlichkeit der jeweiligen Zapfentypen in Abhängigkeit der Wellenlänge verdeutlicht Abb. 2.

Neben den Stäbchen und Zapfen gibt es auf der Netzhaut noch melanopsininhaltige Ganglienzellen, die nichts mit dem Sehen zu tun haben. Dies sind Rezeptoren, die unsere innere Uhr mit der Außenwelt synchronisieren. Auf die visuelle Wahrnehmung haben diese keinen Einfluss, ein Grund, warum auch stark sehbehinderte Menschen einen Tag- und Nachtrhythmus besitzen.

Abb. 3 zeigt die normierte Empfindlichkeit der einzelnen Rezeptoren in Abhängigkeit von der Wellenlänge. Die Empfindlichkeitskurve für das Tagsehen (grüne Kurve) wird in der Regel $v(\lambda)$ genannt und ist in vielen Messsystemen integriert. Am empfindlichsten reagieren wir am Tag auf Licht mit der Wellenlänge 555 nm. Werden bei Dunkelheit die Stäbchen angesprochen, sind diese bei einer Wellenlänge von 507 nm am empfindlichsten, während die melanopsinhaltenen Ganglienzellen bei blauem Licht mit einer Wellenlänge von 450 nm am stärksten aktiviert werden.

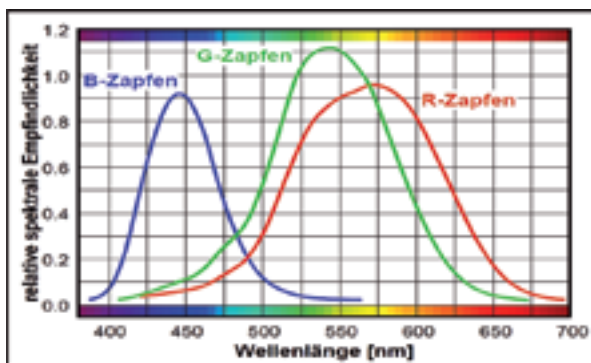


Abb. 2: Spektrale Empfindlichkeit der Zapfen nach J. J. Vos et al., 1990



Abb. 3: Empfindlichkeitsvergleich der Rezeptoren in Abhängigkeit der Wellenlänge in nm (nanoMeter)

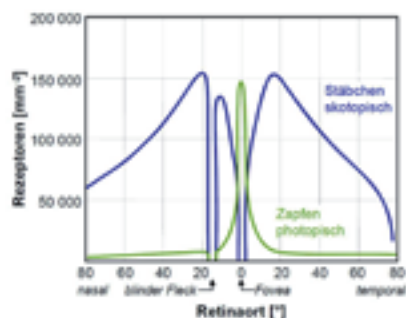


Abb. 4: Rezeptordichte der Netzhaut nach G. Osterberg, 1935

Die Anordnung der Rezeptoren

Die in Abb. 4 grün dargestellten Zapfen für das Tagsehen (photopisches Sehen) sind am dichtesten im Bereich der Fovea, also im Bereich des schärfsten Sehens angeordnet. Die blau dargestellten Stäbchen für das Nachtsehen (skotopisches Sehen) liegen außerhalb der Fovea und nehmen zur Seite ab. Die melanosinhaltenen Ganglienzellen liegen hauptsächlich in dem Bereich zwischen Fovea und Nase sowie unterhalb der Sehachse. Biologisch wirksames Licht ist demzufolge flächiges Licht, das im oberen Gesichtsfeld, also an der Decke angeordnet ist, weil hierdurch eine Vielzahl von Ganglienzellen angeregt wird.

Natürliche Abbildungsfehler

Strahlen am Rand einer Linse werden stärker gebrochen als im Zentrum. Dies führt zu einer Unschärfe von Abbildungen außerhalb der Fovea. Dieser Effekt wird sphärische Aberration genannt. Zusätzlich wird kurzwelliges z.B. blaues Licht stärker gebrochen als langwelligeres rotes Licht. Dieser Effekt heißt chromatische Aberration. Wird ein rotes Objekt vom Auge fokussiert, erscheinen dann blaue Linien unscharf und umgekehrt. Dies ist der Grund, warum ein schärferes Sehen möglich wird, wenn der Blau-Anteil bei Bildschirmen verringert oder durch farbige Brillen herausgefiltert wird.

Alterserscheinungen

Mit zunehmendem Alter wird die Pupille kleiner. Hierdurch verbessert sich zwar die Sehschärfe, andererseits gelangt weniger Licht ins Auge. Zusätzlich wird die Linse im Laufe der Zeit gelblich, was ebenfalls zu einer verminderten Transmission führt. Trübt die Linse ein, spricht man vom grauen Star. Im Gegensatz hierzu wird ein Verlust von Nervenfasern, oftmals als Folge eines erhöhten Augeninnendrucks, als grüner Star bezeichnet. Diese Alterseffekte führen zu einem erhöhten Bedarf an Lichtintensität, um gut sehen zu können.

Abgestorbene Partikel oder auch kleine bewegliche Fäden in der Linse oder im Glaskörper des Auges verursachen eine Kontrastminderung auf der Netzhaut und damit eine erhöhte Blendungserscheinung. Diese größere Blendempfindlichkeit ist bei Lichteinfall von vorne am höchsten und liegt im Alter von 80 Jahren etwa dreifach so hoch wie bei 20-Jährigen.

Sehen und wahrnehmen

Die Dinge, die wir sehen, werden nicht alleine nur in Form von Farbe, Größe, Helligkeit, Kontrast usw. registriert. Sie werden automatisch gleichzeitig auch bewertet. Die Wahrnehmung unserer Umwelt kann somit von Mensch zu Mensch sehr unterschiedlich sein. Sie hängt von seinen individuellen und kulturellen Erfahrungen ab und führt zu entspr. Verhalten oder Körperreaktionen. Farben beeinflussen unsere Stimmungslage. Blaues Licht wird als kalt, rotes Licht wird als warm empfunden. Ein blauer Himmel auf einem gemalten Bild erzeugt ein Gefühl der Weite und verleiht ihm eine Tiefenwirkung. Wir haben gelernt, dass weit entfernte Gegenstände kleiner als nahe Objekte erscheinen und verwirklichen dies im perspekti-

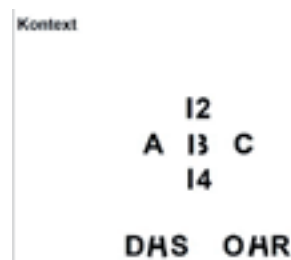


Abb. 5: Bildverarbeitung aus dem Kontext

vischen Malen. Der Schatten eines Objekts auf einem Foto führt automatisch zu einer räumlichen Wahrnehmung. Wir gruppieren Gegenstände ohne uns dessen bewusst zu werden, und manches erfassen wir sofort aus dem Kontext wie die Abb. 5 eindrucksvoll zeigt.

Unsere Sinneswahrnehmung „Sehen“ ist ähnlich wie das „Hören“ ein überaus komplexer Vorgang, bei dem nicht allein die Informationen unserer äußeren Umwelt einzuzueinander in unserem Kopf dargestellt werden. Das ins Auge einfallende Licht steuert u.a. unsere innere Uhr, unsere Hormonproduktion, unseren Stoffwechsel und wirkt auf unsere Psyche. Deswegen sollte auch das Kunstlicht, dem wir immer mehr ausgesetzt sind, in seinen Eigenschaften dem natürlichen Sonnenlicht entsprechen. Mithilfe moderner Messtechnik ist es inzwischen auch durchaus möglich, künstliche Lichtquellen genau zu analysieren und sie mit dem „Maßstab Natur“ zu vergleichen. Wünschenswert ist, dass der für das Leben auf der Erde so enorm wichtige Faktor Licht in der Baubiologie auch mehr Beachtung findet.

*Dipl. Ing. Joachim Gertenbach
Baubiologie und Umweltanalytik
42349 Wuppertal
www.Gertenbach-Baubiologie.de*

Bildnachweis: TU Ilmenau, Fachgebiet Lichttechnik, CH.Schierz Lichtwirkungen

Der Verband Baubiologie (www.verband-baubiologie.de) hat einen Arbeitskreis Lichttechnik gegründet, der zur Mitarbeit einlädt.