

BELEUCHTUNG

Licht zum Wohlfühlen

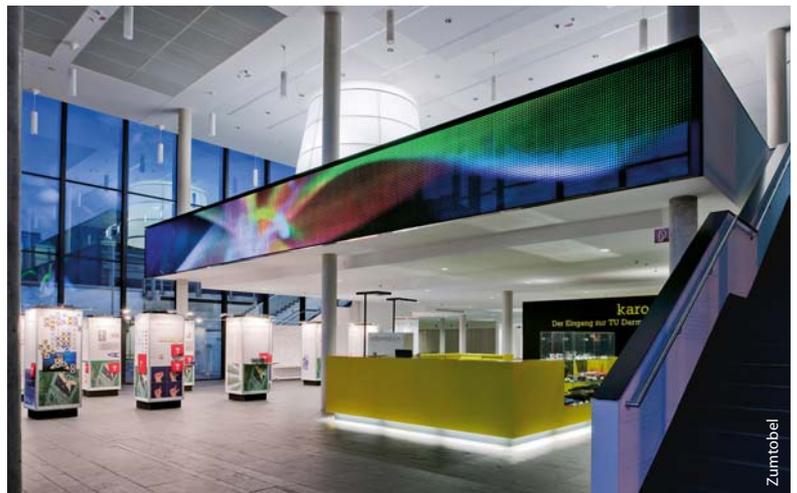
Licht – ob künstlich oder natürlich – hat für den Menschen große physiologische Bedeutung.

Klaus Vamberszky und Sabine Wick

Dunkelheit und trübes Wetter machen müde und schlechte Laune. Das bildet man sich nicht nur ein, sondern das hängt damit zusammen, dass Licht die Produktion eines Wachmacherhormons anregt. Umso wichtiger ist die richtige Beleuchtung in dunklen Wintermonaten und bei nächtlicher Arbeit. Moderne Beleuchtungskonzepte, z. B. mit Leuchtstofflampen oder LEDs, helfen hier, einen gesunden Tag-Nacht-Rhythmus aufrechtzuerhalten.

Licht ist keine absolute, physikalische Größe, sondern lässt sich immer nur relativ, auf den Menschen und sein Auge bezogen, beschreiben. Das menschliche Auge gleicht grob einer Kamera: Ein einlinsiges Objektiv, der Glaskörper, mit einer vorgesetzten Blende, der Iris, projiziert das Bild auf die gekrümmte Netzhaut (Abb. 1). Auf dieser befinden sich die lichtempfindlichen Stäbchen und Zapfen, wobei die Stäbchen das Nachtsehen bei niedriger Helligkeit gewährleisten, die Zapfen das Farbsehen bei größerer Helligkeit. Drei unterschiedliche Typen von Zapfen decken jeweils einen mehr als 200 nm breiten Empfindlichkeitsbereich ab. Das Auge kann farbiges Licht als gleichartig empfinden, auch wenn es sich spektral unterschiedlich zusammensetzt [1].

In der Ganglienzellschicht gibt es einen dritten Rezeptor, der überwiegend im blauen Bereich des Spektrums empfindlich ist und nur sehr langsam auf Helligkeitsveränderungen anspricht [2]. Er leitet Informationen über das Nervensystem an den supercharismatischen Nukleus im Hypothalamus, einem Teil des Zwischenhirns. Der Hypothalamus regelt die Produktion und Freisetzung von Hormonen. Dazu gehört auch Serotonin – Gewebshormon und Neurotransmitter, der durch seine stimmungsaufhellende Wirkung als „Glückshormon“ gilt. Mehr Licht führt zu mehr Serotoninumsatz. Der Abbau von Serotonin findet auf verschiedenen Wegen statt; u. a. wandelt es sich zum Hormon Melatonin um. Dieses „Schlafhormon“ bildet sich vor allem bei beginnender Dunkelheit und in der Nacht (Abb. 2). Ein Lichtreiz am Auge und das morgendliche Tageslicht unterdrücken seine Produktion. Die Melatoninsynthese steht daher in engem Zusammenhang mit dem Tag-Nacht-Rhythmus des Menschen und mit seiner „inneren Uhr“. In den lichtarmen Monaten ist der Mensch oft müde und antriebsarm, was sogar zu einer saisonalen Depression



Zumtobel

führen kann. Mit gezielt eingesetztem Licht lassen sich diese Verstimmungen und Depressionen behandeln. Des Weiteren regt Licht die Ausschüttung von Hormonen (z. B. Cortisol) aus den Nebennieren an. Diese sind u. a. dafür verantwortlich, die Tagesrhythmik verschiedener Organe zu steuern, damit diese sich auf den Hell-Dunkel-Zyklus der Umwelt einstellen können.

Daher unterscheidet man die mit der Lichteinwirkung verbundene Sehfunktion und die hormonelle Funktion. Die Sehfunktion erfordert eine gleichmäßige Beleuchtung mit hoher Beleuchtungsstärke und einer guten Farbwiedergabe, die nicht blendet und klare Schatten hervorruft. Für die biologische Funktion sind hohe Leuchtdichten auf relativ großen Flächen, die sich über längere Zeit im Gesichtsfeld befinden, erforderlich. Dazu ist je nach Tages- und Jahreszeit die Beleuchtungsstärke anzupassen. Die Empfindlichkeit des dritten Rezeptors variiert je nach Tageszeit. In der Nacht und am frühen Morgen reicht ein geringer Lichtreiz aus, um einen biologischen Effekt zu erzie-

Der Eingangsbereich der TU Darmstadt präsentiert sich mit einem modernen Lichtkonzept, das zum Teil auf LEDs basiert.

KOMPAKT

- Licht regelt den Tag-Nacht-Rhythmus des Menschen. So kann künstliches Licht, z. B. bei der Nachtschicht, die Aufmerksamkeit und Konzentration erhöhen.
- Bei Büroarbeitsplätzen ist die Beleuchtungsstärke oft auf die recht dunklen Bildschirme angepasst. Damit die Angestellten nicht ermüden, ist es daher sinnvoll, die Lichtverhältnisse im Laufe des Tages zu verändern.
- Da die Sehleistung des Auges im Alter stark abnimmt, sind in Altersheimen höhere Lichtstärken erforderlich.

Klaus Vamberszky und Sabine Wick, Zumtobel Lighting GmbH, Schweizer Str. 30, 6850 Dornbirn, Österreich

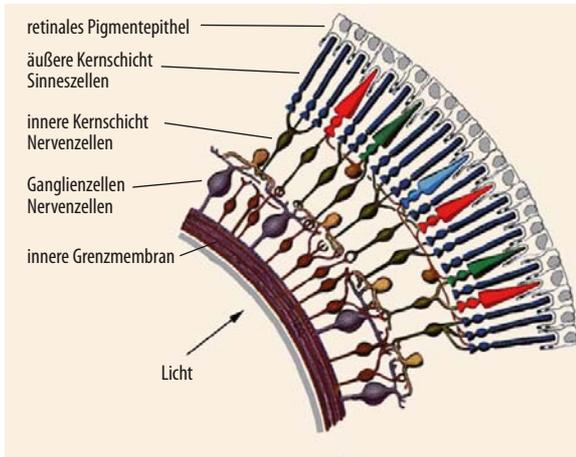


Abb. 1 In der äußeren Kernschicht der Netzhaut finden sich die lichtempfindlichen Stäbchen und Zapfen, die für das Hell-Dunkel-Sehen bzw. das Farbsehen zuständig sind.

len, während zur Mittagszeit die Intensitäten höher sein müssen. Auch ein in den blauen Spektralbereich verschobenes Spektrum verstärkt die Wirksamkeit.

Leider hat das Auge nur zwischen dem 15. und 20. Lebensjahr seine optimale Sehleistung (Abb. 3). Altersbedingt verfärbt sich z. B. die Augenlinse, der Transmissionsgrad der Augenmedien reduziert sich, und die Funktionsfähigkeit der Netzhaut nimmt ab [3]. Das hat zur Folge, dass immer mehr Licht und ein angepasstes Farbspektrum nötig sind, um dieselbe Sehleistung oder biologische Lichtwirkung zu erfüllen.

Beleuchtung im Alltag

Arbeitsplätze in der Industrie erfordern eine Balance zwischen Produktivität und Wohlbefinden. Verbessertes Sehen erhöht die Produktivität, geringere Blendung die Konzentration [4]. Das Beleuchtungsniveau hängt dabei primär von der Sehaufgabe ab: Geht es z. B. darum, sehr kleine Teile wie eine mechanische Uhr zu montieren, so wird sehr hell (bis zu 3000 Lux)¹⁾ und gleichmäßig beleuchtet, damit sich das Auge nicht permanent an die Leuchtdichte im Blickfeld anpassen muss und dabei ermüdet.

1) Für die Definition der Kenngrößen vgl. das Glossar auf S. 22.

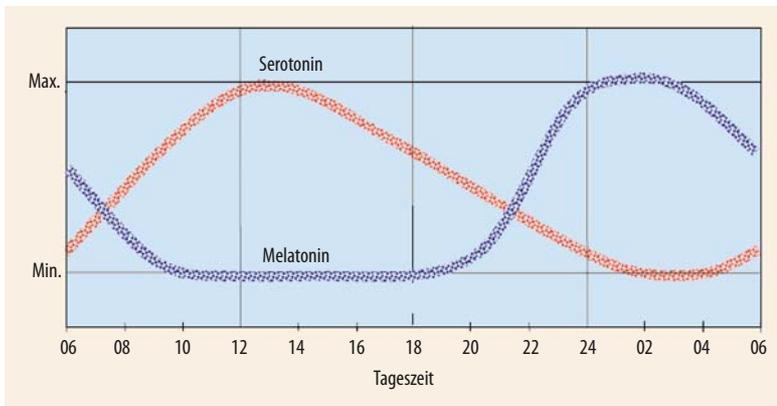


Abb. 2 Licht regt die Produktion von wachmachendem Serotonin an. Ist es dagegen zu dunkel, bildet sich das Schlafhormon Melatonin. Wenn uns

morgens der erste Lichtstrahl trifft, unterdrückt dieser die Produktion von Melatonin.

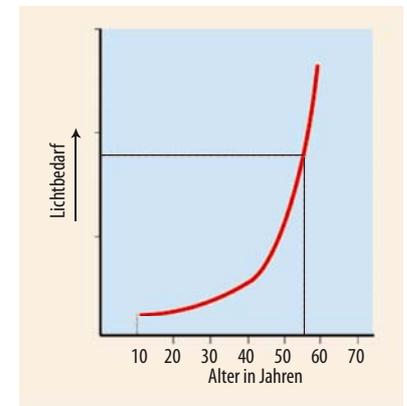


Abb. 3 Zwischen dem 15. und 20. Lebensjahr hat das Auge seine optimale Sehleistung, daher steigt der Lichtbedarf mit zunehmendem Alter.

Besonders anspruchsvoll hinsichtlich der Beleuchtung sind Schichtarbeitsplätze. Aufgrund des hohen Melatoninspiegels sind Stoffwechsel, Aufmerksamkeit und Leistungsfähigkeit nachts gering [5]. Mit einer Beleuchtungsstärke von 1000 Lux als Umgebungslicht lässt sich dem entgegen wirken. Wichtig sind große, helle Flächen, damit ausreichend Leuchtdichte erzeugt und wahrgenommen wird. Mehrere Studien haben nachgewiesen, dass helles Licht bei Nacharbeit die Gehirntätigkeit verbessert sowie die kognitive Leistung und die subjektive Wachsamkeit erhöht. Doch gerät aufgrund der dabei gebremsten Melatoninproduktion das natürliche hormonelle Gleichgewicht des Menschen durcheinander. Dadurch steigt u. a. die Keimdrüsenproduktion, die mit einem erhöhten Krebsrisiko verbunden ist [6]. Daher ist neben guter Beleuchtung ein Schichtplan zu empfehlen, der zwischen den einzelnen Schichten in größeren Abständen wechselt. So hat der Körper Zeit, sich auf die Nacharbeit einzustellen.

Bei Büroarbeitsplätzen beeinflusst Licht den Sehkomfort, das individuelle Wohlbefinden und die Konzentrations- und Leistungsfähigkeit stark. Wie hell der direkte Arbeitsbereich zu beleuchten ist, hängt von der Sehaufgabe ab: Da die Leuchtdichte eines Bildschirms auf einige 100 cd/m² beschränkt ist, bietet es sich an, die Leuchtdichte der Umgebung an die des Bildschirms anzupassen. Daher ist es in Räumen mit wichtiger Bildschirmtätigkeit, wie z. B. Kontrollzentren oder bei der Flugraumüberwachung, oft relativ dunkel. Allerdings ist in diesem Fall der allgemeine Helligkeitseindruck zu gering, um eine Aktivierung durch Licht zu erzeugen. Man wird müde, träge und unkonzentriert. Aus ergonomischer Sicht empfiehlt es sich daher, im Laufe des Tages das Licht im Büro sinnvoll zu verändern [7]. Forschungsergebnisse zeigen, dass eine Aktivierung durch Licht am Tag von der Lichtwellenlänge abhängt; der dritte Rezeptor reagiert auf kurzwelliges Licht bei 460 nm bis zu fünfmal empfindlicher als auf längere Wellenlängen bei etwa 550 nm [8]. Auch der Anteil von diffusem und gerichtetem Licht sollte tagsüber variieren; dies geschieht am leichtesten mit Leuchten, die von der Decke hängen und Licht sowohl direkt auf die Arbeitsfläche als auch indirekt gegen

die Decke abstrahlen. Das Verhältnis von tageslichtweißem Indirektanteil und warmweißem Direktanteil sollte dabei ausgeglichen sein. Helligkeit auf vertikalen Flächen erhöht das Wohlbefinden, denn in kleineren Büroräumen haben die Angestellten primär vertikale Flächen im Blick.

In der Geschäfts- und Museumsbeleuchtung kommt es vor allem auf eine sehr gute Farbwiedergabe an (Abb. 4). Im Museum sind zudem konservatorische Gesichtspunkte zu berücksichtigen. Meist darf die Beleuchtungsstärke nur sehr gering sein, um die Strahlenbelastung der Exponate zu begrenzen.

Auch Altenheime erfordern eine sehr spezifische Beleuchtung. Durch die altersbedingte Veränderung der Augen kommt es bei Senioren zu einer reduzierten Lichtaufnahme und folglich zu einer verminderten Sehleistung und biologischen Lichtwirkung. Daher erzeugen erst höhere Beleuchtungsstärken an der Retina einen visuellen Reiz [9]. Leider liegt das allgemeine Lichtniveau in den Alten- und Pflegeheimen bei nur 100 bis 300 Lux [10]. So wird der wichtigste innere Zeitgeber geschwächt oder geht gänzlich verloren: das Licht!

Helles Licht am Tag hat eine antidepressive Wirkung, macht wach und verbessert den nächtlichen Tiefschlaf. Die ideale Beleuchtungsstärke für Senioren ist individuell unterschiedlich; Studien sprechen von einer Beleuchtungsstärke von 3000 Lux vertikal am Auge, z. B. durch sog. Lichtdecken. Diese hohen Beleuchtungsstärken sind aber nicht den ganzen Tag erforderlich. Somit ist eine dynamische Beleuchtung, insbesondere in den Aufenthaltsräumen, zu empfehlen, bei der sich die Lichtfarben und -intensitäten über den Tag gezielt variieren lassen.

Vorbild Natur

Wie diese Beispiele zeigen, erfordern viele Anwendungen weißes Licht mit guter Farbwiedergabe, zudem sollte neben der Beleuchtungsstärke die Farbtemperatur veränderbar sein. Weiße LEDs, die sich auf verschiedenen Wegen realisieren lassen, erfüllen diese Anforderungen häufig (vgl. den Artikel von A. Laubsch et al.). Will man die Farbtemperatur verschieben, darf sich der Farbpunkt nicht zu weit von der Planckschen Kurve entfernen, da sich sonst die Farbwiedergabe verschlechtert. Wird das Licht einer blauen LED teilweise in andere Wellenlängen umgewandelt, zeigt sich im Spektrum dieser weißen LED ein Effizienzpeak in der Nähe von 450 nm. Dieser wirkt sich dank des dritten Rezeptors sehr positiv auf die biologische Aktivierung aus.

Die meisten Studien zu Lichtenwendungen wurden bislang jedoch mit Leuchtstofflampen gemacht; ob sich ihre Ergebnisse auf LEDs übertragen lassen, müssen derzeit laufende Studien zeigen.

Allen Anwendungen ist eins gemeinsam: Das künstliche Licht soll den Raum ähnlich beleuchten wie das natürliche Licht der Sonne, denn auch heute noch ist die Natur Vorbild und Messlatte!



Abb. 4 Im Lichtkonzept des Wiener Stadionscenters haben die Beleuchtungsdesigner u. a. auf energiesparende Leuchtdioden gesetzt.

Literatur

- [1] H. Lange (Hrsg.), Handbuch für Beleuchtung, Hüthig Jehle Rehm, Landsberg (2007)
- [2] G. C. Brainard et al., J. of Neuroscience **21**, 16 (2001)
- [3] C. Schierz, Licht für die ältere Bevölkerung – Physiologische Grundlagen und ihre Konsequenzen, Tagung Licht, Ilmenau (2008), S. 32
- [4] H. Juslén, Proc. of the 15th Int. Symp. Lighting Eng. S. 53 (2006)
- [5] C. Cajochen, Schweiz. Rundschau für Medizin Praxis **94**, 1479 (2005)
- [6] S. A. Jasser, D. E. Blask und G. C. Brainard, Cancer Causes Control **14**, 515 (2006)
- [7] S. E. Fleischer, Die psychologische Wirkung veränderlicher Kunstlichtsituationen auf den Menschen, Dissertation, ETH Zürich, 14033 (2001)
- [8] S. W. Lockley, G. C. Brainard und D. Aeschbach, J. of Clinical Endocrinology & Metabolism **88** (9), 4502, (2003)
- [9] J. Van Putten, T. Begemann und N. Westerlaken, Licht und Senioren, Tagung Licht, Dortmund (2004), S. 51
- [10] K. Bieske und O. Dierbach, Evaluation des Einsatzes von tageslichtähnlichem Kunstlicht in der gerontopsychiatrischen Pflege und Betreuung Hochbetagter, Symposium „Licht und Gesundheit“, Berlin (2006), S. 108; M. Brach, W. Ehrenstein und O. Dierbach, Lichtmanagement in der Altenpflege, Tagungsband Licht, (2004), S. 40

DIE AUTOREN

Klaus Vamberszky studierte Maschinenbau und Verfahreningenieurwesen an der TU Wien. Seitdem ist er in unterschiedlichen Funktionen in der Beleuchtungsindustrie tätig. Heute leitet er den Bereich Forschung und Entwicklung bei der österreichischen Zumtobel-Gruppe.



Sabine Wick, Dipl. Innenarchitektin FH und Lichtplanerin SLG, spezialisierte sich bei Aufenthalten in Los Angeles, Stockholm und St. Gallen auf Licht und seine Anwendung. Bei Zumtobel geht sie der Frage nach, welche gesundheitlichen Auswirkungen Licht auf den Menschen hat. Ihre Projekte finden Anwendung in Altenpflege, Büro und Industrie.

