Zeitschrift: bulletin.ch / Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse
Band: 101 (2010)
Heft: 6

Artikel: Überblick dynamische Beleuchtung
Autor: Münch, Mirjam
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-856085

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Überblick dynamische Beleuchtung

Chronobiologische Beurteilung der Beleuchtungssituation

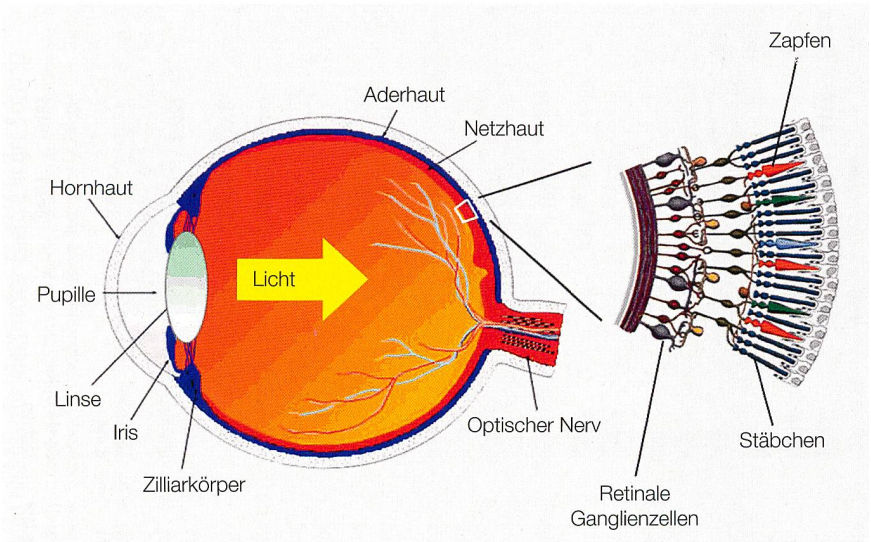
Es ist zwar bekannt, dass die Qualität einer Beleuchtungssituation von der Beleuchtungsstärke abhängt. Aber das Wissen, dass auch die spektrale Zusammensetzung des Lichts eine Rolle spielt, ist nicht so weitverbreitet. Das Lichtspektrum beeinflusst nebst den visuellen Funktionen wie Sicherheit und Kommunikation auch nicht visuelle Funktionen wie beispielsweise die kognitive Leistung und wirkt sich auf die Gesundheit aus. Ein Gebiet mit viel Potenzial und einigen offenen Fragen.

Mirjam Münch

Chronobiologie ist eine relativ junge Wissenschaft, sie befasst sich mit den biologischen Rhythmen von lebenden Organismen, welche beim Menschen durch die biologische Uhr im Gehirn gesteuert werden. Sie befindet sich in zwei Nervenkernen im Hypothalamus, den suprachiasmatischen nuclei (supra = lat. Oberhalb; chiasma = griech. Kreuzung; nucleus = lat. Kern), welche sich oberhalb der Kreuzung der Sehnerven befinden. Diese beiden Nervenkerne umfassen ungefähr 20 000 spezialisierte Zellen, welche für die Steuerung der biologischen Rhythmen verantwortlich sind. Die Periode dieser Rhythmen kann nur in Abwesenheit äusserer Einflussfaktoren genau gemessen werden, sie dauert bei den meisten Menschen ungefähr, aber nicht genau 24 h, d.h. im Durchschnitt 24,18 h ± 0,2 h [1]. Da der äussere Tag-Nacht-Rhythmus ziemlich genau 24 h beträgt, ist eine täglich wiederkehrende Synchronisation des inneren Rhythmus der biologischen Uhr mit dem äusseren 24-h-Tag notwendig. Die biologische Uhr des Menschen muss also jeden Tag im Schnitt leicht vorverschoben werden, um diese Bedingung zu erfüllen. Die Rhythmen sämtlicher Zellen in Geweben und Organen werden, ausgehend von den Signalen der biologischen Uhr, vergleichbar mit den Instrumenten eines Orchesters, sorgfältig aufeinander abgestimmt. Erst diese zeitliche Feinabstimmung ermöglicht einen reibungslosen und physiologischen Ablauf aller unserer körperlichen und psychischen Funktionen.

Messung der inneren Uhr

Beim Menschen entzieht sich die biologische Uhr einer direkten Messung. Ein wichtiger indirekter Marker der biologischen Uhr ist das Hormon Melatonin, auch «Dunkelhormon» genannt. Es wird u.a. in der Zirbeldrüse des Gehirns produziert und nachts in fast sämtliche Körpersekrete (Urin, Speichel, Muttermilch) sowie die Blutbahn abgegeben. Dadurch kann die Phase, die Amplitude sowie die Periodenlänge der inneren Uhr unter konstanten Bedingungen berechnet werden. Seit ungefähr 30 Jahren ist bekannt, dass Lichtexposition die nächtliche Sekretion von Melatonin in Abhängigkeit von Dauer und Intensität des Lichts zu unterdrücken vermag. Die Lichtinformation wird als elektrisches Signal via Netzhaut der Augen in den Hypothalamus und die innere Uhr weitergeben. Eine zweifache Nervenverschaltung initiiert unmittelbar nach nächtlicher Lichtexposition eine Unterdrückung der Melatoninproduktion in der Zirbeldrüse. Diese Erkenntnis wurde wegweisend für die andauernde experimentelle Erforschung des Einflusses von Licht auf die Biologie des Menschen. Seither wurde dieses Wissen systematisch ausgebaut und um viele faszinierende neue Details erweitert.



Adaptiert von: https://webvision.med.utah.edu/retina/htm

Bild 1 Schematische Seitenansicht des Auges und vergrösserter Querschnitt der menschlichen Netzhaut.

Die Rolle der Fotorezeptoren in der Netzhaut des Auges

Vor acht Jahren ereignete sich eine kleine Sensation: Es wurde experimentell gezeigt, dass sich nebst den seit etwa 150 Jahren bekannten Fotorezeptoren, den Stäbchen und Zapfen, eine zusätzliche Klasse von lichtempfindlichen Zellen in unserer Netzhaut befindet (**Bild 1**). Diese Zellen, welche nur 1–2 % ihresgleichen ausmachen, heissen intrinsisch fotosensitive retinale Ganglienzellen (engl. Abkürzung: ipRGC) [2]. Sie enthalten ein während der Evolution stark konserviertes Fotopigment, das Melanopsin, welches gleichermassen bei der Fliege wie auch im Menschen zu finden ist und eine maximale Empfindlichkeit bei ~ 480 nm besitzt, d.h. im blauen Bereich des sichtbaren Lichts liegt. Die lichtempfindlichen Ganglienzellen der Netzhaut vermitteln

kein bildhaftes Sehen, sie sind einzig für die Wahrnehmung von Licht verantwortlich und besitzen Nervenverbindungen zur inneren Uhr und vielen anderen Hirngebieten. Ebenso findet auf zellulärer Ebene eine Interaktion der Stäbchen und Zapfen mit den retinalen Ganglienzellen statt.

Seit der Entdeckung der lichtempfindlichen Ganglienzellen konnte gezeigt werden, dass nicht nur die Beleuchtungsstärke, sondern auch die spektrale Zusammensetzung des Lichts eine wichtige Rolle bei der Steuerung der Tagesrhythmen spielt. Experimente mit monochromatischen Lichtquellen belegen, dass die physiologischen Effekte bei gleicher Photonendichte (= gleiche Anzahl von Lichtquanten), aber unterschiedlicher Energie mit blauem Licht, d. h. zwischen 460 und 480 nm, am stärksten ausgeprägt sind. Es wurde beispielsweise gezeigt, dass Licht bei 460 nm die nächtliche Melatoninproduktion am stärksten unterdrückt [3] sowie die abendliche Wachheit, Temperatur und Herzrate steigert [4] **(Bild 2)**. Auch auf die Genproduktion von sogenannten «Uhrengenen» hat blaues Licht einen stärkeren Einfluss als beispielsweise grünes Licht bei 555 nm, dem fotopischen Maximum (= maximale Empfindlichkeit der Rot-Grün-Blau-Zapfen). Interessanterweise wirkt sich monochromatisch blaues Licht auch auf den Schlaf [5] sowie die geistige Leistungsfähigkeit aus [6]. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die ipRGC direkt auf Licht reagieren und im Gegensatz zu den Zapfen und Stäbchen keine bildhafte Information der Umgebung vermitteln, sondern ausschliesslich der Lichtdetektion dienen. Sie sind somit die wichtigste Lichtinformationsquelle der inneren biologischen Uhr, welche für den gesamten Organismus eine zentrale Rolle spielt.

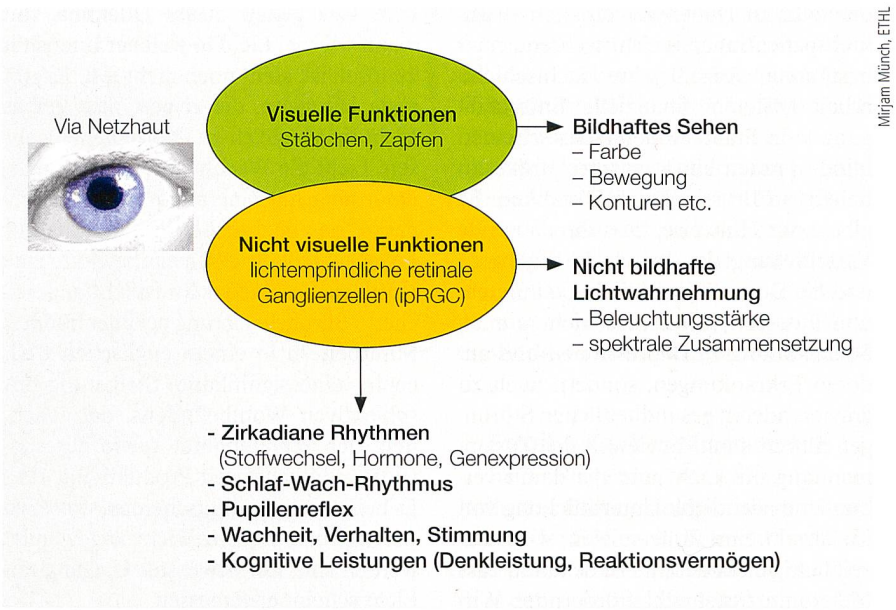


Bild 2 Schematische Darstellung der visuellen und nicht visuellen Funktionen beim Menschen.

Bedeutende Einflussfaktoren

Es gibt diverse Faktoren, die die nicht visuellen Reaktionen des Körpers auf Licht beeinflussen. Als die wichtigsten Faktoren gelten saisonale Tageslängenschwankungen, Umgebungseinflüsse und Phänomene wie Jetlag oder Schichtarbeit.

Tageslänge und Jahreszeit

Die meisten Tiere und Pflanzen unterliegen dem Wechsel von Jahreszeiten, welcher sich in unterschiedlicher Tages- und Nachtlänge, sich ändernden Temperaturverhältnissen und dementsprechender Variabilität von Nahrungsressourcen äussert. Beim Menschen ist die Abhängigkeit von saisonalen Einflüssen dank künstlicher Elektrizität und der Nutzung sekundärer Energieressourcen in den Hintergrund gerückt. Trotzdem finden saisonale Anpassungen, z. B. an die unterschiedliche Tages- und Nachtlänge, statt. So verlängert sich die physiologische Melatoninausschüttung in den Wintermonaten mit langen Nächten und verkürzt sich während der Sommernächte [7]. Für die saisonal abhängige Depression (SAD), welche vor allem in den Wintermonaten gehäuft auftritt, werden unter anderem die kürzeren Tage mit weniger Licht verantwortlich gemacht. In einer 2002 publizierten Studie konnte gezeigt werden, dass die Konzentration des Neurotransmitters Serotonin im Gehirn, welche in direktem Zusammenhang mit der Regulation von menschlicher Stimmung und Verhalten steht, in den Wintermonaten reduziert ist und im Frühling wieder ansteigt [8].

Umgebung

Aber nicht nur die natürliche Tageslänge beeinflusst unsere Lichtqualität, sondern auch unser Verhalten sowie unsere Umgebung. Es gibt erste Hinweise darauf, dass es so etwas wie eine Langzeitanpassung der Fotorezeptoren an unterschiedliche Lichtbedingungen gibt. Die Stärke der Lichtreaktion der nicht visuellen Funktionen hängt auch von der spektralen Zusammensetzung des Lichts und der Beleuchtungsstärke ab. Die Tageszeit spielt ebenfalls eine wichtige Rolle, weil die innere Uhr am Abend, nachts und am frühen Morgen am empfindlichsten auf Licht reagiert und mit einer Vor- oder Nachverschiebung der zirkadianen Phase antwortet. Andere Faktoren spielen ebenfalls eine Rolle, wie stark sich die Lichtqualität auf die nicht visuellen Funktionen auswirkt **(Bilder 2 und 5)**.

Jetlag und Schichtarbeit

Unsere modernen Lebensbedingungen und die unbeschränkte Verfügbarkeit von künstlichem Licht einerseits sowie eine gewisse Flexibilität der inneren Uhr andererseits ermöglichen es uns, praktisch unabhängig vom äusseren Tag-Nacht-Zyklus zu leben. Dadurch sind wir imstande, uns nach Reisen über mehrere Zeitzonen am neuen Ort an die dort herrschende Tageszeit zu adaptieren, wenngleich auch mit einer zeitlichen Verzögerung, welche allgemein als Jetlag bekannt ist. In den allermeisten Fällen führt diese kurzzeitige Desynchronisation zu keinen bleibenden Störungen, sondern verschwindet nach ein paar Tagen, in Abhängigkeit der Richtung der Zeitverschiebung sowie der Anzahl der überquerten Zeitzonen. Anders sieht es aus, wenn diese Desynchronisation zum Dauerzustand wird, wie es z. B. bei Schichtarbeitern mit wechselnden Schichten der Fall ist. Es häufen sich die Hinweise, dass chronische Desychronisation über Jahre und Jahrzehnte zu gesundheitlichen Störungen führen kann. Im Jahr 2007 erklärte die WHO beispielsweise, dass dauernde Nachtschichtarbeit ein potenziell krebsauslösender Faktor

darstelle. In Dänemark erhalten Brustkrebspatientinnen, welche während einer bestimmten Anzahl Jahre Nachtschichtarbeit leisteten, finanzielle Entschädigung vom Staat. Andererseits scheinen blinde Frauen ein geringeres Risiko zu haben, an Brustkrebs zu erkranken. Es gibt somit Hinweise, dass die dauernde Verschiebung des Tag-Nacht-Rhythmus und die Desynchronisation von innerem und äusserem Rhythmus nicht nur zu Schlafstörungen, Depressionen und anderen Erkrankungen, sondern auch zu gravierenderen gesundheitlichen Störungen führen kann. Inwieweit der Zusammenhang mit Licht und die damit verbundene nächtliche Unterdrückung von Melatonin eine Rolle spielen, wird derzeit heftig diskutiert. Es ist bekannt, dass Melatonin nebst schlaffördernder Wirkung die Entstehung von toxischen Stoffwechselradikalen im Körper bekämpft. Bei ständiger Unterdrückung des nächtlichen Melatonins durch Licht könnte dieser Regenerationsmechanismus nicht genügend zum Einsatz kommen. Diese Zusammenhänge sind aber zurzeit noch zu wenig erforscht, um definitive Schlüsse daraus zu ziehen.

Wie können wir Lichtqualität optimieren?

Eine höhere Beleuchtungsstärke an industriellen Arbeitsplätzen konnte die Unfallhäufigkeit reduzieren [9]. Inwieweit diese Verbesserung der Arbeitsleistung und Reduktion der Unfallhäufigkeit nicht nur auf die verbesserte Sehleistung, sondern auch auf die Einflüsse des zirkadianen Systems und die innere Uhr zurückgeführt werden können, ist nicht bekannt, kann aber aus guten Gründen vermutet werden. Eine höhere Beleuchtungsstärke besitzt einen akut wachheitssteigernden Effekt, erhöht die Aufmerksamkeit und verkürzt die Reaktionszeit via Effekt der zirkadianen Fotorezeptoren auf die menschliche Physiologie [4, 6].

Natürlich kann dies auch negative Effekte zur Folge haben, dann nämlich, wenn beispielsweise bei Nachtschichtarbeitern eine hohe Beleuchtungsintensität (auch auf dem Nachhauseweg!) dazu führt, dass die folgende Schlafphase beeinträchtigt ist und die Tiefschlafphase reduziert wird. Dies zusammen mit unregelmässigen Schichten kann zu einem chronischen Schlafdefizit führen, mit gravierenden Folgen nicht nur für die unmittelbare Arbeitsleistung, sondern auch für die geistige und körperliche Gesundheit. Wie genau dieses Dilemma von wann wie viel Licht in welcher Intensität zu lösen ist, steht noch nicht fest. Es gibt erste Hinweise, die zeigen, dass gelbes Licht im Vergleich zu «normalem» weissem Licht die Wachheit nicht verändert, dafür aber nur eine minimale Unterdrückung des nächtlichen Melatonins zur Folge hat [10]. Andererseits bewirkte eine tagsüber mit blauem Kunstlicht angereicherte Bürobeleuchtung bei über hundert Mitarbeitern in einem englischen Callcenter eine signifikante Steigerung des subjektiven Wohlbefindens, der Wachheit, der Schlafqualität sowie der subjektiv eingeschätzten Produktivität [11]. Es heisst also zu unterscheiden, wann wo wie viel und welches Licht angewendet werden soll. Ein bewusster Umgang mit Licht scheint angemessen.

Neue Beleuchtungskonzepte zur Unterstützung der inneren Uhr

Verschiedene neue Beleuchtungskonzepte wurden in letzter Zeit diskutiert. Dies geschieht in starkem Zusammenhang mit den sich europaweit ändernden staatlichen Verordnungen über den Gebrauch von Leuchtmitteln und Glühbirnen. Neu und begrüssenswert dabei ist auch, dass die Erkenntnisse der Chronobiologie und der zirkadianen Rhythmen zunehmend Gehör in der Öffentlichkeit finden und die Suche nach Beleuchtungskonzepten, welche die innere Uhr unterstützen, verstärkt wird. Im Hinblick darauf, chronobiologische Fragestellungen zu optimieren, sind bereits verschiedene wissenschaftliche Studien durchgeführt worden. So wird vor allem der zusätzliche Blauanteil von Leuchtstoffmitteln diskutiert. Verschiedene Fluoreszenzröhren mit einem hohen Blaulichtanteil, aber neuerdings auch der Gebrauch von blauen LEDs (mit einem Maximum bei ungefähr 470 nm), konnten subjektive Variablen wie Schlafqualität und Produktivität beeinflussen. Eine der neuesten Entwicklungen im Feld des angewandten Lichtdesigns ist sicherlich die dynamische Beleuchtung, wie sie zurzeit von verschiedenen kommerziellen Lampen- und Leuchtmittelherstellern angeboten wird **(Bild 3)**.

Zum Vorbild für die dynamische Beleuchtung wird das Tageslicht mit seiner sich ändernden Intensität und spektralen Zusammensetzung genommen. So besitzt das natürliche Licht am Morgen und am Abend weniger Blauanteile als beispielsweise am Mittag, wenn die Sonne am höchsten steht und auch die Lichtenergie am grössten ist. Natürlich ändert sich dies sowohl quantitativ wie auch qualitativ, und die totale «Lichtmenge» (von Tages- und Kunstlicht), welcher wir im Laufe eines Jahres ausgesetzt sind, ändert sich ebenfalls im Rhythmus der Jahreszeiten. Die dynamische Beleuchtung möchte aber noch mehr: Sie möchte den natürlich auftretenden «Tiefs», wie beispielsweise der Müdigkeit am Morgen und am frühen Nachmittag, entgegenwirken. Der Vorteil der dynamischen Beleuchtung gegenüber einem statischen Design wird einerseits in der variabel einstellbaren Beleuchtungsstärke und andererseits der variablen Farbtemperatur (z.B. 2700–6500 K) angepriesen. Mithilfe von mehreren Vorschaltgeräten können Leuchtmittelröhren gedimmt werden sowie einzelne zu- oder abgeschaltet werden. Eine in Hamburg durchgeführte Studie bei Schülern attestierte denjenigen Schülern, welche während eines Jahres dem dynamischen Licht ausgesetzt wa-

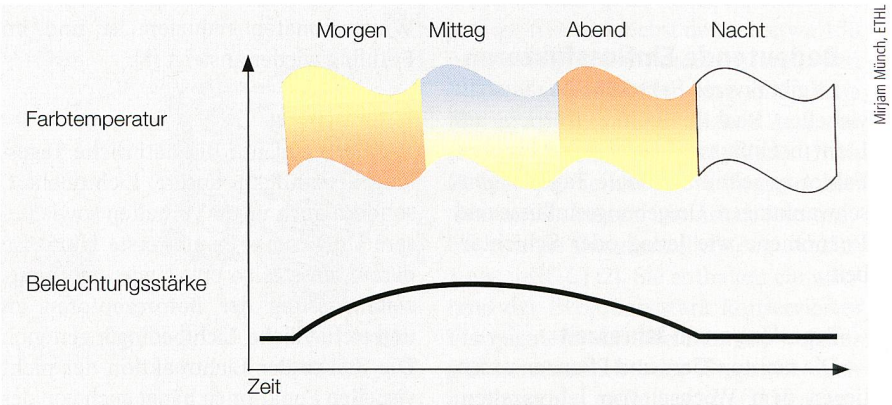
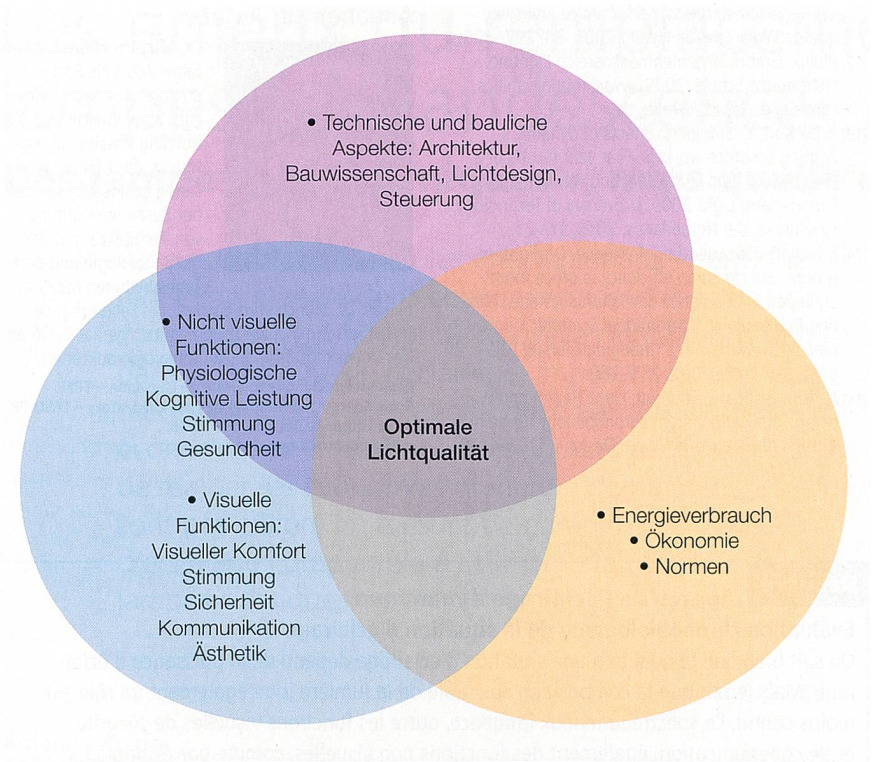
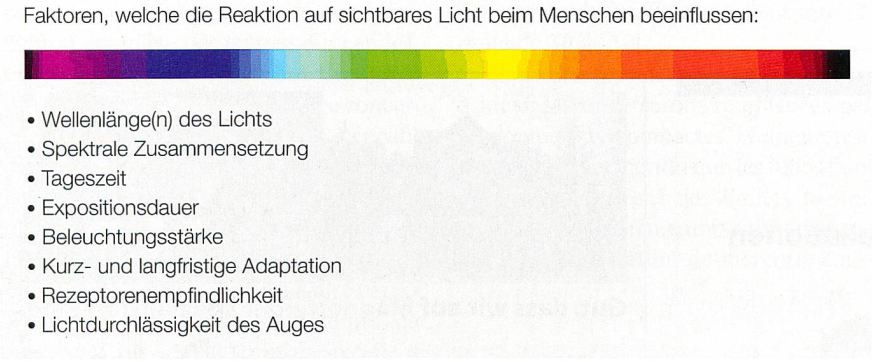


Bild 3 Beispiel eines (hypothetischen) dynamischen Beleuchtungsszenarios (bei ausschliesslicher oder komplementärer Kunstlichtbeleuchtung) mit wechselnder Farbtemperatur und Beleuchtungsstärken im Tagesverlauf (ohne Licht während der Nacht). Am Morgen und am Abend könnte eine schrittweise Sonnenaufgangs- bzw. -untergangs-Beleuchtung erfolgen.



Basiert auf: Veitch, 1998

Bild 4 Schematische Zusammenfassung von beeinflussenden Faktoren für eine optimale Lichtqualität.



Mirjam Münch, ETHL

Bild 5 Die wichtigsten beeinflussenden Faktoren der nicht visuellen Funktionen beim Menschen.

ren, eine signifikant schnellere Lesegeschwindigkeit sowie eine höhere Konzentration und Aufmerksamkeit, mit weniger Unruhe, als denjenigen Schülern, welche den Unterricht unter normalen Lichtbedingungen absolvierten [12]. Eine andere Studie (ebenfalls von der Firma Philips) in einem Testbüro in Eindhoven durchgeführt, konnte nach einem Jahr dynamischer Beleuchtung bislang keine eindeutig positiveren Resultate bei den Testvariablen finden als mit herkömmlicher Beleuchtung. Einzig die subjektive Zufriedenheit war grösser mit dem dynamischen als mit dem statischen Lichtdesign [13]. Somit bleibt weiterhin zu klären, ob das dynamische Beleuchtungsdesign dem statischen tatsächlich und auch in objektiver Hinsicht überlegen ist.

Nutzung von Tageslicht

Als ein wichtiges Ziel sollte unter anderem die Nutzung und Optimierung von vorhandenem Tageslicht angestrebt werden, welches sozusagen «frei Haus» ein dynamisches Design liefert. Kontinuierliche Messungen, welche in einem Büroraum mit integrierten Tageslichtsystemen in unserem Labor (www.leso-pb.ch) über mehrere Wochen im Frühling durchgeführt wurden, zeigten, dass sich die vertikale Beleuchtungsstärke im Verlaufe des Tages ändert und am Morgen, am späten Nachmittag sowie bei bewölktem Himmel nicht über die Beleuchtungsstärke von blau-angereichertem Kunstlicht hinausgeht. Zu allen anderen Zeiten sowie bei klarem und leicht bewölktem Himmel ist die natürliche Tageslichtbeleuchtung des Büros deutlich höher, ohne den visuellen Komfort durch Blendung zu beeinträchtigen [14]. Es bleibt zu zeigen, inwieweit diese höheren Beleuchtungsstärken und die spektrale Zusammensetzung des Tageslichts am Arbeitsplatz auch positiv mit objektiven Funktionen des zirkadianen Systems korreliert sind.

Es gibt noch einiges zu tun

Im vorliegenden Artikel wurde die Rolle der Chronobiologie bei der Beurteilung der Güte einer Beleuchtungssituation beschrieben, insbesondere der Einfluss der nicht visuellen Funktionen. Die verschiedenen Einflüsse hin zu einer optimalen Lichtqualität sind in **Bild 4** schematisiert wiedergegeben. Dabei sind aber noch sehr viele Fragen offen. Hier sei nur eine kleine Auswahl vorgestellt:

- Wie können die Effekte des nicht visuellen Systems in einem Beleuchtungsszenario quantifiziert werden, und was heisst dies für die Planung und Ausarbeitung von neuen Technologien?
- Wie können herkömmliche, für das visuelle System ausreichende Beleuchtungssituationen unter chronobiologischen Gesichtspunkten verbessert werden?
- Was heisst dies für andere Variablen, welche die Lichtqualität beeinflussen?
- Wie kann die Anwendung von Tageslicht optimiert werden?
- Welche der neuen Technologien genügen auch nachhaltiger Energienutzung und Bauweise?
- Wie können optimierte Lichtbedingungen an Personengruppen und Standorte angepasst werden?

Die Dringlichkeit, diese Fragen zu beantworten, scheint von Wissenschaft, Designern, Architekten, Lampenherstellern und Behörden zunehmend erkannt zu werden [15]. Nun gilt es, konstruktive Antworten auf diese Fragen zu finden und diese mit intelligenten Lösungsstrategien, nachhaltigen Technologien und der damit erforderlichen wissenschaftlichen Forschung umzusetzen.

Referenzen

[1] C.A. Czeisler et al.: Stability, precision, and near-24-hour period of the human circadian pacemaker. Science 1999, 284, 2177–2181.

[2] D.M. Berson, F.A. Dunn, M. Takao: Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock. Science 2002, 295, 1070–1073.
[3] G.C. Brainard et al.: Action spectrum for melatonin regulation in humans: evidence for a novel circadian photoreceptor. J Neuroscience 2001, 21, 6405–6412.
[4] C. Cajochen, M. Münch et al.: High sensitivity of human melatonin, alertness, thermoregulation and heart rate to short wavelength light. J Clin Endocrinol Metab 2005, 90, 1311–1316.
[5] M. Münch et al.: Wavelength-dependent effects of evening light exposure on sleep architecture and sleep EEG power density in men. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol 2006, 290, 1421–1428.
[6] G. Vandewalle et al. Brain responses to violet, blue, and green monochromatic light exposures in humans: prominent role of blue light and the brainstem. PLoS ONE 2007, 2, e1247.
[7] T.A. Wehr: Effect of seasonal changes in daylength on human neuroendocrine function. Horm Res 1998, 49, 118–124.
[8] G.W. Lambert, C. Reid, D.M. Kaye, G.L. Jennings, M.D. Esler: Effect of sunlight and season on serotonin turnover in the brain. Lancet 2002, 360, 1840–1842.
[9] W. Van Bommel: Non-visual biological effect of lighting and the practical meaning for lighting for work. Applied Ergonomics 2006, 37, 461–466.
[10] M. Van de Werken et al.: Simulated night shift work under white, yellow and dim light. Meeting Abstract at the XI. Congress of the European Biological Rhythm Society, Strasbourg (France), 2009, P II 16.
[11] A.U. Viola, L. James, L.J. Schlangen, D.J. Djik: Blue-enriched white light in the workplace improves self-reported alertness, performance and sleep quality. Work Environ Health 2008, 34, 297–306.
[12] Philips GmbH, Unternehmensbereich Lighting: Licht macht Schule. 2009. www.lighting.philips.com/de_de/trends/schule_de.
[13] Y. De Kort, K. Smolders: Effects of dynamic lighting on office workers: First year results of a longitudinal field study. Meeting Proceedings: Experiencing Light 2009, University of Technology, Eindhoven, the Netherlands, 2009, 26–27.
[14] F. Linhart, J. Scartezzini, M. Münch: Daylight exposure and circadian efficiency in office rooms equipped with anidolic daylighting systems. Meeting Proceedings: International Scientific Conference Renewables in a Changing Climate (CISBAT), Lausanne, 2009, 255–260.
[15] A. Wirz-Justice, C. Fournier: Light Health and Well-being: Implications from chronobiology for architectural design. World Health Design 2010, 44–49.

Angaben zur Autorin

Dr. **Mirjam Münch** ist im Jahre 2009 als Postdoctoral Research Fellow zum Solar Energy and Building Physics Laboratory an der ETH in Lausanne gestossen, um bei der Zusammenführung von Architektur mit der Chronobiologie und den Tagesrhythmen mitzuarbeiten. Dr. Münch wird durch einen Fellowship der Velux Stiftung (Schweiz) unterstützt. Sie hat 2006 an der Universität Basel in Neurobiologie doktoriert.

Ecole polytechnique fédérale de Lausanne – EPFL
Solar Energy and Building Physics Laboratory – LESO-PB
1015 Lausanne, Tel. 021 693 55 56,
mirjam.munch@epfl.ch

Résumé

Aperçu de l'éclairage dynamique

Evaluation chronobiologique de la situation d'éclairage

On sait bien que la qualité d'une situation d'éclairage dépend de la puissance d'éclairage. Mais le fait que la composition spectrale de la lumière joue également un rôle est moins connu. Le spectre lumineux influence, outre les fonctions visuelles de sécurité et de communication, également des fonctions non visuelles, comme par exemple la performance cognitive, et il exerce une influence sur la santé. C'est un domaine avec un vaste potentiel, au sujet duquel quelques questions n'ont pas encore trouvé de réponses.

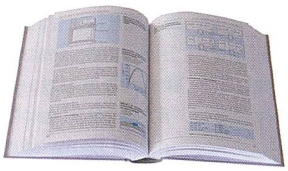
No

Anzeige

Fachbuch

Hans Rudolf Ris:

Elektrische Installationen und Apparate

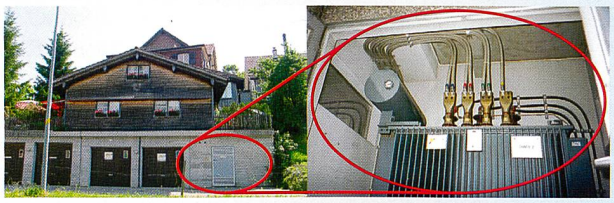


Die elektrische Installationstechnik und die zugehörigen Schalt- und Kommunikationsanlagen sind das Grundgerüst der modernen technischen Gebäudeinstallation. Elektrische Installationen und Apparate vermitteln in diesem Umfeld die Fachkompetenz und das theoretische Rüstzeug für die Planung, die Installation und den Betrieb. Geeignet ist das Buch für alle Stufen der beruflichen Aus- und Weiterbildung.

ISBN 3-905214-59-8, 559 Seiten, Listenpreis: CHF 105.–, Mitglieder Electrosuisse: CHF 79.–.

Bestellung:
Electrosuisse, Normenverkauf
Tel. 044 956 11 65, Fax 044 956 14 01
normenverkauf@electrosuisse.ch

electrosuisse



Gut, dass wir auf Magnetfelder spezialisiert sind.

- **Messung**
- **Berechnung**
- **Planung / Ausführung von Abschirmungen**

Messung

Berechnung

Flächenabschirmung

Kompaktabschirmung

Egal, ob Sie gesetzliche Grenzwerte, oder – im Sinne der Vorsorge – tiefstmögliche Werte für niederfrequente Magnetfelder einhalten müssen, bei uns erhalten Sie Lösungen aus einer Hand.

Wir bieten neben Beratung und Planung von Massnahmen auch die fachgerechte Montage von Abschirmungen.

Zudem führen wir normenkonforme Messungen und Berechnungen von Anlagen durch.

Ihr kompetenter Partner rund um Magnetfelder.

systron
Magnetfeld-Abschirmtechnik

Systron EMV GmbH
Bubikonerstr. 45a · 8635 Dürnten
Tel. 055 250 53 20 · Fax 055 250 53 21
www.systron.ch