



Abb.: Das Innenarchitektur-Atelier der Hochschule Luzern ist mit einer Tunable White-Testanlage (mit Farbtemperaturbereich von 2700 - 6500 Kelvin) ausgestattet. Diese wird genutzt, um Lichtszenarien und -verläufe vor Ort zu testen und mittels Befragung der Studierenden Rückmeldungen einzuholen. Projektpartner: MOOS licht ag und Tridonic Schweiz. Foto: Reto Häfliger

AUF- UND UMBRUCHSTIMMUNG IN DER NICHT-VISUELLEN LICHTFORSCHUNG

FORSCHUNGSPROJEKTE DER HOCHSCHULE LUZERN

Der Mensch benötigt Licht nicht nur zum Sehen, sondern es löst Emotionen aus und regelt unseren 24-Stunden-Rhythmus. Das Tageslicht und die Dunkelheit der Nacht sind hierfür die Zeitgeber. Da wir uns heutzutage aber größtenteils in Innenräumen aufhalten, wird mittels Kunstlicht, welches dem Tageslicht nachgebildet ist, versucht, diese sogenannten nicht-visuellen Wirkungen von Licht besser zu unterstützen. Oft wird dafür der Begriff »Human Centric Lighting« verwendet. Die Commission Internationale de l’Eclairage (CIE) bevorzugt allerdings den Ausdruck »Integrative Lighting« [1].

Verschiedene Forschungsprojekte der Hochschule Luzern liegen im Bereich der nicht-visuellen Wirkungen von Licht. Seit 2016 begleitet das Team von Licht@hslu eines der größten Logistikunternehmen der Schweiz bei dessen Pilot-Umrüstung der Beleuchtungsanlage eines seiner 24-Stunden-Verteilzentren. Dabei kommen in einigen Arbeitszonen Leuchten mit Tunable White zum Einsatz. Das Projekt hat zum Ziel, die verändernde Wirkung auf die 400 Mitarbeiter zu erfassen. In einem anderen Projekt wird ein kantonales Pflegezentrum begleitet, mit dem Ziel die Akzeptanz der dort installierten Tunable White-Anlage zu steigern. Bei diesen zwei Projekten und weiteren mussten die Autoren feststellen, dass es bei der Umsetzung von solchen Anlagen in der Praxis noch Optimierungsbedarf gibt. Neben der technischen Spezifikation und der Kommunikation mit den Nutzern, ist eine einheitliche Metrik sehr wichtig, wie im nächsten Abschnitt erläutert wird.

Die nicht-visuelle Lichtforschung hat durch die Entdeckung der melanopsinhalten Fotorezeptoren (intrinsisch photosensitive retinale Ganglienzellen oder kurz ipRGCs) unter anderem durch Brainard und Thapan [2, 3] vor knapp 20 Jahren einen starken Impuls erhalten, der zu einer Art Paradigmenwechsel geführt hat: Zur Hellempfindlichkeitskurve $V(\lambda)$ von 1924, welche für das photopische Sehen zuständig ist, kam neu eine für die nicht-visuelle Wirkungen von Licht spezifische Wirkungsfunktion hinzu. Neue Erkenntnisse haben jedoch zu einer mehrfachen Anpassung der relevanten Wirkungsfunktion geführt. Je nachdem wann eine Studie durchgeführt wurde, beriefen sich die Forscher auf die eine oder die andere Funktion. So verschob sich das Maximum der relevanten Wirkungsfunktion von 450 nm zu 480 nm oder 490 nm (siehe Abb. 1). Die Uneinigkeit in der zu verwendenden Metrik, zusammen mit unterschiedlichen Messpositionen (beispielsweise Kopf, Brust,

Handgelenk), und der teilweise nur dürftigen lichttechnischen Dokumentation haben dazu geführt, dass die Resultate vieler Lichtstudien nur schwer vergleichbar und experimentelle Bedingungen nur schwer reproduzierbar sind. Dies sollte sich nun bessern. Die Publikation der Norm »CIE S 026/E:2018 – CIE-System für die Metrologie optischer Strahlung für ipRGC-beeinflusste Antworten auf Licht« im Dezember 2018 [4] kann gewissermaßen als Startschuss für konsistente nicht-visuelle Lichtforschung betrachtet werden, sofern deren Empfehlungen gefolgt wird. Die Norm definiert unter anderem Funktionen, Mengen und Metriken für alle fünf Fotorezeptortypen, Zäpfchen (S-Typ, M-Typ und L-Typ), Stäbchen und ipRGCs. Dem liegt die Annahme zugrunde, dass alle fünf Fotorezeptortypen zu ipRGC-beeinflussten Reaktionen beitragen und gesamthaft betrachtet werden müssen. Abb. 2 zeigt die Wirkungsfunktionen der fünf Fotorezeptortypen gemäss CIE S 026/E:2018. Betreffend Metrik empfiehlt die Norm beispielsweise, dass für jeden Fotorezeptortyp tageslicht-äquivalente Maße berechnet werden sollen.

In Sachen »nicht-visuelle Wirkungen von Licht« sind noch viele Fragen zu beantworten. Allerdings herrscht eine gewisse Einigkeit darüber, dass die Menge und das Spektrum des Lichts zusammen mit dem Zeitpunkt und der Dauer der Lichtexposition zentrale Parameter der nicht-visuellen Wirkungen von Licht sind. Zusammengefasst entsprechen sie einem Abbild davon, wie der Mensch dem Licht ausgesetzt ist. Diese »Light History« beinhaltet nicht nur die Arbeitszeit tagsüber, sondern auch die Nachtstunden ohne Licht (siehe Abb. 3). Es sind die Daten über die 24 Stunden des Tages und einer definierten Anzahl an Tagen der Vergangenheit notwendig, um eine Aussage über den Einfluss von Licht auf den Menschen treffen zu können.

Die Messung einer Licht-Dosis, die Licht-Dosimetrie, ist zurzeit noch kein Alltagsthema in der Lichtbranche. Neben der Kontroverse um die »korrekten« Metriken, dürfte ein weiterer Grund dafür sein, dass es an geeigneten Messgeräten mangelt. Das Licht@hslu-Team der Hochschule Luzern arbeitet seit 2018 an der Weiterentwicklung eines Licht-Dosimeters, welches die Daten sammelt und gemäß der neuen CIE-Norm auswertet. Damit möchte das interdisziplinäre Team (Produktdesigner, Elektrotechniker, Lichttechniker und Chronobiologen) einen Beitrag leisten, die nicht-visuelle Lichtforschung voranzutreiben. Durch Bereitstellung eines geeigneten Messgeräts soll der Forschungsgemeinschaft ermöglicht werden, die Zusammenhänge und den Einfluss von Licht auf den Menschen und letztendlich auf unsere Gesundheit besser zu verstehen. Dann werden auch wissenschaftlich fundierte Empfehlungen zum »richtigen Licht zur richtigen Zeit« möglich sein. ■

REFERENZEN

[1] ILV: *International Lighting Vocabulary (2nd Edition)*, CIE DIS 017/E:2016, 2016.
 [2] G. C. Brainard et al., »Action Spectrum for Melatonin Regulation in Humans: Evidence for a Novel Circadian Photoreceptor«, *The Journal of Neuroscience*, vol. 21, no. 16, pp. 6405–6412, 2001.
 [3] K. Thapan, J. Arendt, and D. J. Skene, »Rapid Report: An action spectrum for melatonin suppression: evidence for a novel non-rod, non-cone photoreceptor system in humans«, *Journal of Physiology*, no. 535.1, pp. 261–267, 2001.
 [4] *CIE System for Metrology of Optical Radiation for ipRGC-Influenced Responses to Light*, CIE S 026/E:2018, 2018.

Weitere Informationen:

Autoren: Janine Stampfli, Prof. Björn Schrader, Reto Häfliger
 Licht@hslu, Hochschule Luzern – Technik & Architektur, Schweiz

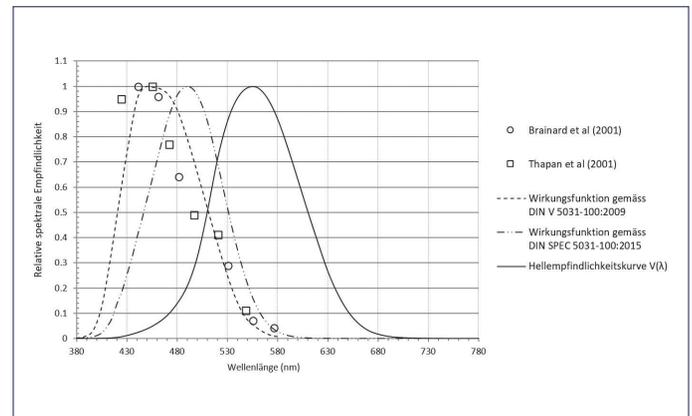


Abb. 1: Vergleich unterschiedlicher Wirkungsfunktionen für nicht-visuelle Lichtwirkungen und für die Hellempfindlichkeit (eigene Darstellung)

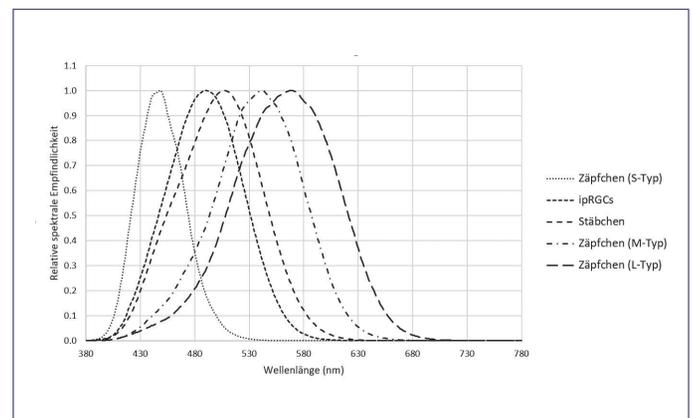


Abb. 2: Die Wirkungsfunktionen der fünf Fotorezeptortypen gemäß CIE S 026/E:2018 (eigene Darstellung)

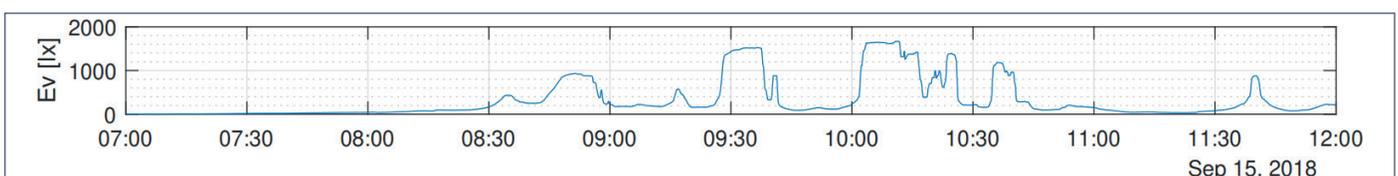


Abb. 3: Light History – Ausschnitt aus einer Lichtexpositionsaufzeichnung beispielhaft als vertikale Beleuchtungsstärke dargestellt (Licht@hslu)