

Nicht-visuelle Beleuchtung: Reichen integrale Messgrößen aus?

Kai Broszio, Mathias Niedling, Martine Knoop, Stephan Völker
Technische Universität Berlin, Fachgebiet Lichttechnik
Einsteinufer 19, 10587 Berlin; kai.broszio@tu-berlin.de

Einführung:

Seit der Entdeckung der intrinsisch photosensitiven Ganglienzellen (ipRGC) gewinnen die nicht-visuellen Effekte von Licht in Forschung und Entwicklung zunehmend an Bedeutung. Licht wird beispielsweise dazu genutzt, die Wachsamkeit oder die Schlafqualität, die Desynchronisation des circadianen Rhythmus oder Winterdepressionen zu beeinflussen. Die überwiegende Mehrheit der bisherigen Forschung untersucht dabei Abhängigkeiten zwischen Dosis, spektraler Zusammensetzung, Länge und zeitlicher Verteilung der Lichtstimulation. Von Interesse, aber bisher nicht im Fokus der Forschung, scheint dabei auch die Abhängigkeit der Richtung und Position der Lichtquelle zu sein, da nur ein kleiner Teil (weniger als 1%) der ipRGCs photosensitiv sind und diese nicht gleichmäßig über die Netzhaut verteilt sind.

Nur wenige Publikationen zum Einfluss der räumlichen Lichtverteilung enthalten eine ausreichend detaillierte Beschreibung der Beleuchtungssituation des Versuchsaufbaus. Die Mehrheit dieser Studien wurde zwischen 1992 und 2005 durchgeführt. Dabei unterscheiden sich die in diesen Studien angebotenen Beleuchtungssituationen stark voneinander. Die vertikale Beleuchtungsstärke am Auge wurde durch polychromatische Lichtquellen, wie z.B. Leuchtstofflampen, Halogenlampen oder LED realisiert, und reichte von 5 bis 1000 lux mit unterschiedlichen Lichtfarbe von warmweiß bis kaltweiß. Die teilweise Ausleuchtung der Retina wurde durch Licht aus definierten Positionen im Gesichtsfeld oder durch modifizierte Brillen für Probanden, die in eine homogen ausgeleuchtete Halbkugel blicken, erreicht. Alle diese Studien fanden des Nachts zwischen 22:00 Uhr und 3:30 Uhr statt. Die Lichtbedingungen wurden für 60 bis 240 Minuten angeboten und die Melatoninsuppression wurde bestimmt, um die Auswirkungen der Lichtquellengröße und/oder -position zu untersuchen. Die Probandenanzahl umfasste pro Studie zwischen sechs bis 32 Personen in unterschiedlichem Alter.

Diese Studien legen nahe, dass große Lichtquellen effektiver sind als kleine Lichtquellen [4]. Die Gleichzeitige Beleuchtung der Retina beider Augen hat eine größere Melatoninsuppression zur Folge, als die Beleuchtung der Retina eines Auges [5]-[6]. Darüber hinaus zeigen diese Studien, dass die Beleuchtung der Netzhaut auf der Nasenseite effektiver ist als auf der Schläfenseite [7]-[8]. Die Beleuchtung der unteren Netzhauthälfte scheint eine größere Auswirkung zu haben, als die Ausleuchtung der oberen Netzhauthälfte. Piazena et al. bestätigten teilweise diese Ergebnisse [12]. Die Beleuchtung der oberen Retinahälfte mit warmweißem Licht (800 lx, 2666 K) resultierte in einer reduzierten und verzögerten Melatoninsuppression im Vergleich zur Beleuchtung der unteren Netzhauthälfte bei gleichen Beleuchtungsbedingungen am Auge. Indes bewirkte die gleiche Beleuchtung mit kaltweißem Licht (6060 K) eine vergleichbare Melatoninsuppression für beide, untere und obere, Netzhauthälften.

Vor diesem Hintergrund ist es fraglich, ob die bisher in Studien zu nicht-visuellen Effekten genutzten Messgrößen Beleuchtungsstärke oder melanopische Bestrahlungsstärke im Sinne der Vergleichbarkeit passend sind, da diese integrale Werte des gesamten Gesichtsfelds darstellen. Bei der tatsächlichen Beleuchtungsstärke auf der Netzhaut werden

Einschränkungen des Gesichtsfelds durch die menschliche Anatomie berücksichtigt [13]. Diese kann mit angepassten Beleuchtungsstärkesensoren gemessen werden (z.B. [14], [15]). Trotzdem könnte eine noch genauere Unterteilung innerhalb des menschlichen Gesichtsfelds benötigt werden. Da die Anzahl der Studien zu klein ist, um Bereiche mit unterschiedlicher Sensitivität der ipRGC zu bestimmen, gibt es einen Vorschlag für eine grobe Einteilung von Bereichen mit „keiner“, „geringer“ und „guter“ Wirksamkeit nicht-visuell wirksamen Lichts von FGL (Fördergemeinschaft Gutes Licht) (2014) (Abb. 1) [16].

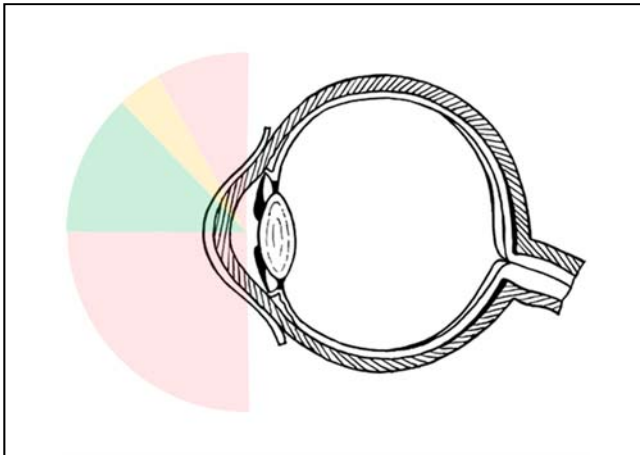


Abbildung 1 Annäherung der räumlichen Sensitivität durch die Dichte der ipRGC oder Sensitivität wie in einer kleinen Anzahl von Studien gefunden (basierend auf [16] mit Bereichen "kleiner" (gelb) und "guter" (grün) Auswirkungen auf nicht-visuelle Effekte)

Ziel dieser Studie ist es, den Bereich des räumlich aufgelösten, effektiven Strahlungsflusses zur Stimulierung der ipRGC bei unterschiedlichen Verteilungen des einfallenden Lichts unter konstanten (volles Gesichtsfeld) Beleuchtungsstärkeniveaus am Auge zu untersuchen.

Methodik

Die hier beschriebene Studie nutzt einen theoretischen Ansatz um die Auswirkungen der vermuteten höheren Sensitivität der ipRGCs im nasenseitigen und im unteren Halbraum der Netzhaut zu untersuchen. Es wurde eine Methodik entwickelt, die ein Verfahren zur Untersuchung der räumlich aufgelösten Leuchtdichte nutzt. Der Anteil bestimmter Bereiche des Gesichtsfelds zur vertikalen Beleuchtungsstärke am Auge kann somit bestimmt werden. Die Leuchtdichtebilder werden dazu in Matrizen konvertiert, die den Leuchtdichtewert für jedes Pixel enthält. Mittels zwei weiterer Matrizen, die den Öffnungswinkel ω_s und den Kippwinkel ϑ für jedes Pixel enthalten, ist es möglich, die Beleuchtungsstärke jedes einzelnen Pixels zu berechnen. Im Allgemeinen gilt folgende Gleichung:

$$E_p = \int L(\theta, \psi) \cos(\vartheta) d\omega_s$$

E_p Beleuchtungsstärkebeitrag eines Pixels

L Leuchtdichte des Pixels, dessen Position durch θ, ψ bestimmt ist

ω_s Raumwinkel

ϑ Kippwinkel

Die resultierende Matrix enthält die Beleuchtungsstärkebeiträge jedes einzelnen Pixels. Somit ist es möglich, unterschiedliche Regionen im Gesichtsfeld zu definieren und die Beleuchtungsstärke am Auge, hervorgerufen durch die jeweilige Region, zu berechnen.

Versuchsraum

Ein komplett mit LEDs hinterleuchteter Versuchsraum mit typischen Dimensionen eines Büros (Breite 5 m, Länge 4 m, Höhe 2,8 m) am Fachgebiet Lichttechnik der Technischen Universität Berlin wurde für diese Versuche genutzt. Die Wände dieses Versuchsraums bestehen aus einer transluzenten Folie (Spanndecke), die mit 1470 individuell ansteuerbaren LED-Kacheln mit einer Größe von 18 cm x 18 cm hinterleuchtet ist. Jede Kachel enthält 36 LEDs mittlerer Leistung, entweder in kaltweiß oder warmweiß. Die ähnlichste Farbtemperatur (CCT) der LED-Kacheln zusammen mit der Spanndecke wurde mittels eines „specbos 1201“ Spektrometer von JETI Technische Instrumente GmbH bestimmt. Die gemessene Farbtemperatur am Beobachtungspunkt innerhalb des Versuchsraums unter Verwendung der kaltweißen Kacheln ist ungefähr 5900 K, bei Verwendung der warmweißen LED-Kacheln liegt sie bei ungefähr 2800 K und im Fall der Mischung wurden ähnlichste Farbtemperaturen zwischen 4400 K und 4500 K (je nach eingestellter Szene) gemessen. Die kalt- und warmweißen Kacheln sind schachbrettartig angebracht, um eine gute Homogenität der Ausleuchtung und Farbtemperaturmischung im Falle der gemeinsamen wie auch separaten Nutzung zu gewährleisten. Mit diesem Versuchsaufbau ist es möglich, spezifische Leuchtdichteverteilungen in einzelnen Bereichen der Wände und der Decke jeweils mit unterschiedlichen ähnlichsten Farbtemperaturen einzustellen. Zusätzlich ist der Versuchsraum mit 12 Leuchten in der Mitte der Decke ausgestattet, die speziell für nicht-visuelle Wirkungen optimiert sind und einen ähnlichsten Farbtemperaturbereich zwischen 2000 K und 20000 K bieten.

Lichtszenen

Acht verschiedene Leuchtdichteverteilungen, einige sehr ähnlich zu typischen künstlichen Beleuchtungslösungen, andere sehr verschieden, wurden auf eine konstante vertikale Beleuchtungsstärke von 500 lx (+/- 2,5%) am Auge eingestellt. Die Beleuchtungsstärke wurde in 1,20 m Höhe über dem Fußboden mit einem kosinuskorrigiertem Mini-Lux Luxmeter von MX-ELEKTRONIK mit $V(\lambda)$ -angepasstem Siliziumphotosensor gemessen. Zusätzlich wurde die horizontale Beleuchtungsstärke auf einer Höhe von 85 cm über dem Fußboden auf dem Tisch mit einem kosinuskorrigiertem Luxmeter Pocket-Lux 2 von LMT gemessen. Die genutzten Lichtszenen haben eine ähnlichste Farbtemperatur zwischen 3900 K und 4900 K.

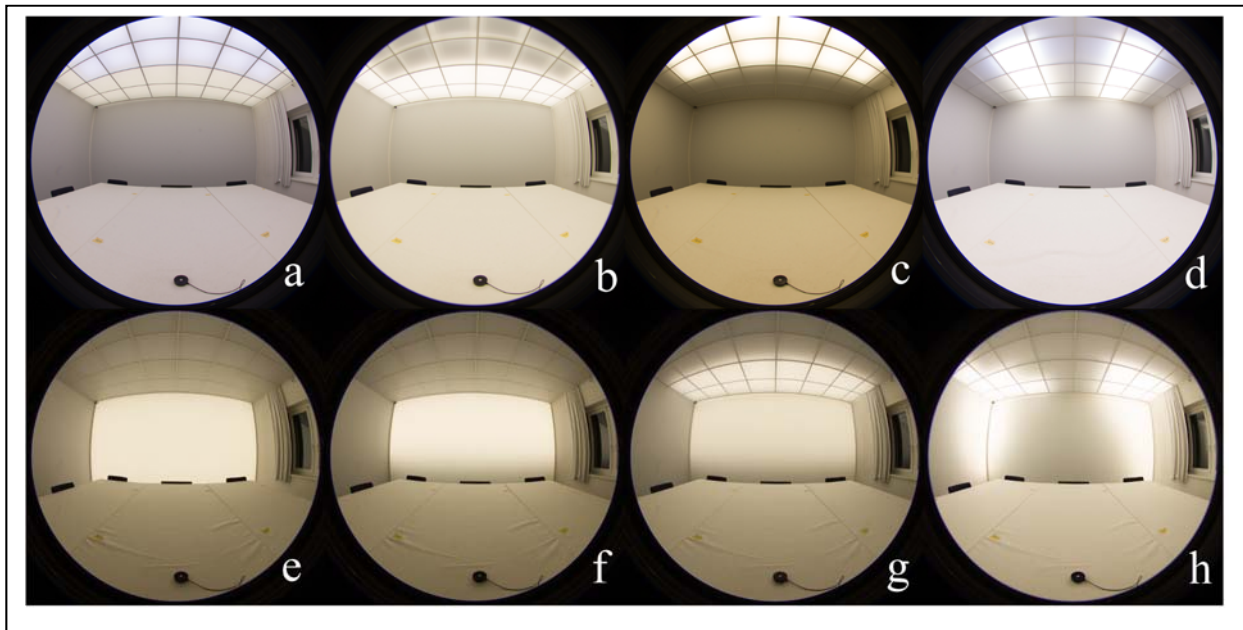


Abbildung 2 Lichtszenen (a-d typische Bürobeleuchtungsszenen; e-f untypische Bürobeleuchtung)

Messung und Verarbeitung

Die Variable in dieser Studie, die Leuchtdichteverteilung von acht ausgewählten Lichtszenen, wurde mit einer Leuchtdichtekamera LMK mobile advanced (basierend auf einer CANON EOS 550D digitalen Spiegelreflexkamera) von TechnoTeam Bildverarbeitung GmbH aufgenommen. Die Kamera ist mit einem 4,5 mm Objektiv ausgestattet, das ein Sichtfeld von ca. 140° ermöglicht. Bei jeder Lichtszene wurden HDR (High Dynamic Range) Leuchtdichtebilder aufgenommen, um bei diesen Szenen den Kontrast zwischen hellen und dunklen Bereichen optimal aufnehmen zu können.

Basierend auf der von FGL (Fördergemeinschaft Gutes Licht) (Abb. 1) vorgeschlagenen räumlichen Sensitivität und anatomischen Einschränkungen (wie z.B. Verschattung durch die Nase) wurden folgende Bereiche ausgewählt, um das Potential und die Auswirkungen der Berücksichtigung der räumlichen Unterscheidung zu demonstrieren (Abb. 3 und Abb. 4):

- $\vartheta = 0^\circ$ bis 45° und 45° bis 60°
- $\varphi = 0^\circ$ bis 55° und 0° bis -55° (zu beiden Seiten der Blickrichtung)

Licht aus Region 1 (Abb. 4) beleuchtet nur die Nasenseite der Retina des rechten Auges. Licht in der Region 2 bewirkt eine Beleuchtung des unteren Teils der Retina beider Augen. Licht aus der Region 3 beleuchtet den nasenseitigen Teil des linken Auges. Von diesen Regionen wird eine gute Wirksamkeit auf nicht-visuelle Effekte erwartet, während Winkel zwischen $\vartheta = 45^\circ$ und 60° lediglich eine schwache und noch größere Winkel vermutlich keine Wirkung haben. Zudem ist Region 2 von besonderem Interesse, da für die Beleuchtung der Retina beider Augen eine stärkere Melatoninsuppression nachgewiesen werden konnte [5]-[6].

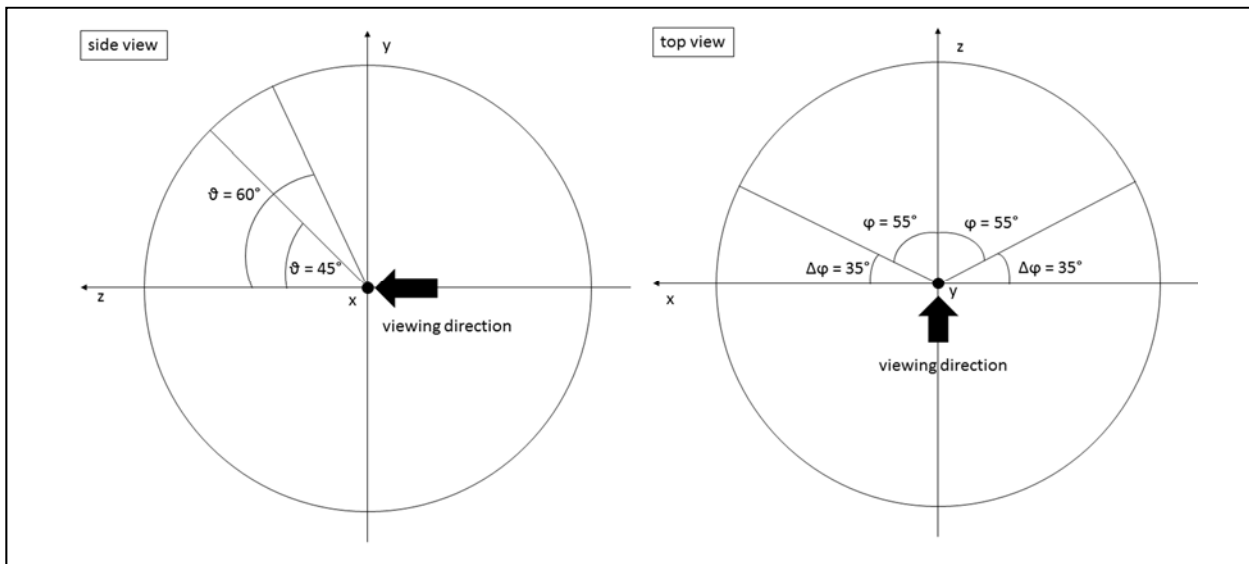


Abbildung 3 Schematische Darstellung der Winkel im Gesichtsfeld (basierend auf [13] und [16])

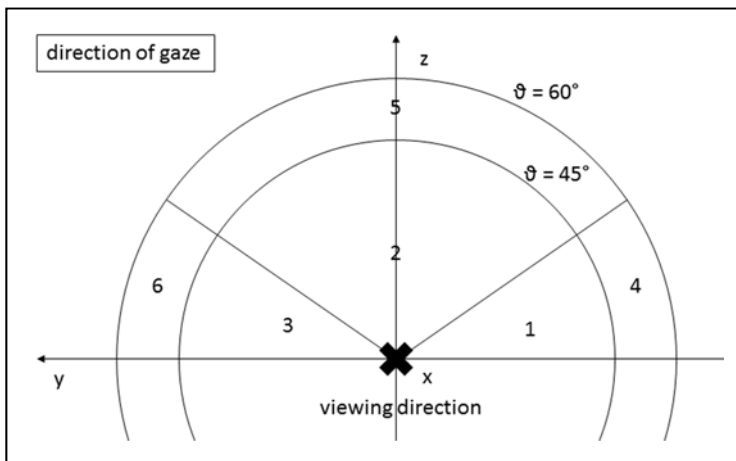
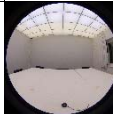



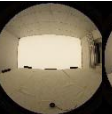
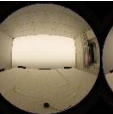
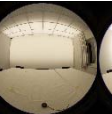








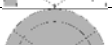


Abbildung 4 Überblick über die Regionen im Gesichtsfeld

Ergebnisse

Die Methodik wurde auf die acht Lichtszenen aus Abb. 2 angewendet. Für jede Region wurde der Beleuchtungsstärkebeitrag berechnet. In Tabelle 1 wird dieser Wert als Prozentsatz der gemessenen vertikalen Beleuchtungsstärke dargestellt. Die Lichtszenen a - d mit Licht überwiegend von der Decke kommend zeigen im Allgemeinen geringe Werte. Der Winkelbereich $\vartheta=0^\circ$ bis 45° hat lediglich einen Anteil von 10 % bis 26 % am integralen Beleuchtungsstärkewert. Wird der Winkelbereich auf $\vartheta=0^\circ$ bis 60° erweitert, steigert sich dieser Anteil auf bis zu 44 %. Andererseits zeigen die Lichtszenen e - h, mit Licht größtenteils von der gegenüberliegenden Wand kommend, relativ hohe Werte. Der Winkelbereich $\vartheta=0^\circ$ bis 45° trägt mit 35 % – 51 % zum integralen Beleuchtungsstärkewert bei, wenn erweitert auf $\vartheta=0^\circ$ bis 60° bis zu 58 %.

Tabelle 1 Beleuchtungsstärkewerte je Region (in Prozent des integralen Messwerts)

regions		Lighting scenes							
									
		a	b	c	d	e	f	g	h
Illuminance	E_v [lx]	506	511	504	500	497	500	507	496
	E_h [lx] ^a	657	694	619	640	263	276	329	338
	E_v [%] ^b	2.8	3.2	2.0	2.8	9.5	10.6	7.5	8.5
	E_v [%] ^b	15.1	19.2	5.6	17.3	24.3	29.2	28.6	19.1
	E_v [%] ^b	2.8	3.1	1.9	2.6	9.9	11.1	7.7	7.3
	E_v [%] ^b	20.7	25.5	9.5	22.6	43.7	50.8	43.8	34.9
	E_v [%] ^b	1.5	1.7	1.0	1.3	1.2	1.3	1.5	2.1
	E_v [%] ^b	14.0	11.0	18.6	18.4	4.2	4.2	9.0	10.5
	E_v [%] ^b	1.5	1.7	0.8	1.2	1.6	1.6	1.8	5.4
	E_v [%] ^b	37.7	39.9	30.0	43.6	50.7	58.0	56.1	52.9

a. horizontale Beleuchtungsstärke auf 0,85 m Höhe

b. vertikale Beleuchtungsstärke in Prozent des mit dem Luxmeter gemessenen Werts

Fazit und Diskussion

Es wurde eine Auswertungsmethode basierend auf einer Leuchtdichtekamera zur Bestimmung der räumlich aufgelösten Beleuchtungsstärkeanteile entwickelt. Dabei wurden Regionen definiert, die den nasenseitigen Teil der Netzhaut des rechten und des linken Auges und die untere Hälften der Netzhaut beider Augen gleichzeitig beleuchten. Typische und untypische Bürobeleuchtungsszenen wurden für die Untersuchung genutzt. Die Werte zeigen, dass eine typische Bürobeleuchtung eine geringe Beleuchtung der untersuchten Regionen hervorruft. Die Beleuchtung der gegenüberliegenden Wand führt zu viel höheren Beleuchtungsstärkeanteilen in diesen Regionen. Unter vergleichbaren Bedingungen, wie z. B. spektrale Zusammensetzung und vertikale Beleuchtungsstärke, haben typische Kunstlichtbeleuchtungslösungen für Büros geringere Beleuchtungsstärkeanteile im für nicht-visuelle Wirkungen wichtigen Bereich, als Lichtszenen mit untypischen Bürobeleuchtungssituationen, mit höheren vertikalen Beleuchtungsstärken aus dem zentralen Teil des Gesichtsfelds, wie z.B. Tageslicht-beleuchtete Räume oder Beleuchtungslösungen mit Wandflutern.

Hervorgehoben werden muss, dass es lediglich eine geringe Anzahl von Studien gibt, die Unterschiede in der Melatoninsuppression bei Beleuchtung der unteren und oberen Netzhauthälfte und eine nochmal geringere Anzahl von Studien, die einen Unterschied in den Auswirkungen bei Beleuchtung der nasenseitigen und schläfenseitigen Teile der Netzhaut, finden. Somit ist zum jetzigen Zeitpunkt keine exakte Bestimmung der Regionen und deren Gewichtung bezüglich der Sensitivität möglich. Darüber hinaus wurden diese Untersuchungen, welche die Melatoninsuppression untersuchten, während der Nacht durchgeführt. Bei lediglich teilweiser beleuchteter Retina führt die Unterdrückung von

Melatonin nicht per se zu reduzierter Schläfrigkeit, wie Rüger et al. bereits zeigten [17]. Allerdings sind diese Ergebnisse nicht direkt auf die nicht-visuellen Wirkungen unter Tagesbedingungen anwendbar. Auch ist der Funktionsmechanismus der nicht-visuellen Wirkungen während des Tages noch nicht vollständig entschlüsselt. Es wird angenommen, dass Zapfen, die hauptsächlich im Zentrum des Gesichtsfelds auftreten, die nicht-visuellen Effekte ebenso beeinflussen [18]. Daher ist es möglich, dass zumindest unter Tagesbedingungen, die räumliche Verteilung und die spektrale Empfindlichkeit von mehr als einem Rezeptortypen berücksichtigt werden muss.

Vor diesem Hintergrund ist die entwickelte Methode rein theoretisch. Nichtsdestotrotz ist es ein wichtiges Forschungsgebiet, da es dazu beitragen könnte, zu erklären, warum einige Studien, selbst bei ähnlichen Spektren und vertikalen Beleuchtungsstärken, nicht-visuelle Wirkungen finden und andere nicht. Die Lichtrichtung und deren Beschreibung (bspw. Lichteinfallstärke) ist wichtig für den Vergleich bisheriger Studienergebnisse und die Anpassung auf spezielle Areale und deren spektrale Empfindlichkeiten bei zukünftigen Untersuchungen [19]-[20].

Das Spektrum des Lichts wurde in dieser Untersuchung nicht berücksichtigt. Zukünftige Untersuchungen werden räumlich und spektral aufgelöste Messungen beinhalten. Mittels einer mit Farbfiltern und melanopischem Filter ausgestatteten Leuchtdichtekamera werden die Konsequenzen von räumlichen Empfindlichkeitsunterschieden im Hinblick auf nicht-visuelle Wirkungen bei typischen Beleuchtungssituationen mit wechselnden Spektren im Labor sowie in Feldstudien untersucht.

Danksagung

Die Autoren danken herzlich Frederic Rudawski (Technische Universität Berlin) für die Programmierung der Software, Alexander Lee (Technische Universität Berlin) für Literaturrecherche und der Firma TechnoTeam Bildverarbeitung GmbH und im Besonderen Tobias Porsch (TechnoTeam Bildverarbeitung GmbH) für die großartige Unterstützung und das Bereitstellen der benötigten Informationen der Leuchtdichtekamera.

Literaturverzeichnis

- [1] LiTG (2015), "Über die nicht-visuelle Wirkung des Lichts auf den Menschen," Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e.V., Berlin, vol. 1, 2015.
- [2] C. Schierz, "Zur Photometrie nichtvisueller Lichtwirkungen," in *Proc. 2008 Symposium "Licht und Gesundheit"*, pp. 112-123.
- [3] P. Teikari, "Spectral modulation of melanopsin responses: role of melanopsin bistability in pupillary light reflex," Ph.D. dissertation, Université Claude Bernard-Lyon I, 2012
- [4] P. Novotny, P. Paulick, M. J. Schwarz, H. Plischke, "The Solid Angle of Light Sources and Its Impact on the Suppression of Melatonin in Humans," in *Proc. 2013 Human-Computer Interaction. Towards Intelligent and Implicit Interaction Conf.*, Lecture Notes in Computer Science, vol 8008. Kurosu, Ed. Berlin, Heidelberg: Springer, 2013, pp. 454–463.
- [5] J. Y. Wang, J. P. Hanifin, M. D. Rollag and G. C. Brainard, "Ocular regulation of the human pineal gland: The significance of total retinal exposure for melatonin suppression," in: M. F. Holick und E. G. Jung, Ed. Boston, MA: 1998, *Biologic Effects of*

Light 1998: Proceedings of a Symposium Basel, Switzerland November 1-3, 1998.
Springer US, pp. 367–374

- [6] G. C. Brainard, M. D. Rollag and J. P. Hanifin, "Photic regulation of melatonin in humans. Ocular and neural signal transduction," *Journal of Biological Rhythms*, vol. 12, pp. 537-546, 1997.
- [7] E. K. Visser, D. G. M. Beersma, and S. Daan, "Melatonin Suppression by Light in Humans Is Maximal When the Nasal Part of the Retina Is Illuminated" *Journal of Biological Rhythms*, vol. 14, pp. 116-121.
- [8] M. Rüger, M. C. M. Gordijn, D. G. M. Beersma, B. de Vries and S. Daan, "Nasal versus Temporal Illumination of the Human Retina: Effects on Core Body Temperature, Melatonin, and Circadian Phase," *Journal of Biological Rhythms*, vol. 20, pp. 60-70, 2005.
- [9] T. A. Lasko, D. F. Kripke and J. A. Elliot, "Melatonin Suppression by Illumination of Upper and Lower Visual Fields," *Journal of Biological Rhythms*, vol. 14, pp. 122-125, 1999.
- [10] J. S. Smith, D. F. Kripke, J. A. Elliot and S. D. Youngstedt, "Illumination of upper and middle visual fields produces equivalent suppression of melatonin in older volunteers," *Chronobiology International*, vol. 19, pp. 883-891, 2002.
- [11] G. Glickman, J. P. Hanifin, M. D. Rollag, J. Wang, H. Cooper, G. C. Brainard, "Inferior Retinal Light Exposure Is More Effective than Superior Retinal Exposure in Suppressing Melatonin in Humans," *Journal of Biological Rhythms*, vol. 18, pp. 71-79, 2003.
- [12] H. Piazena, L. Franke, B. Thomsen, I. Kamenzky, R. Uebelhack and S. Völker, "Melatoninsuppression mit Weißlicht-LEDs – erste Ergebnisse," in Proc. 2014 8. Symposium Licht und Gesundheit, pp. 39-52.
- [13] C. Schierz, "Ist die Beleuchtungsstärke am Auge die richtige Größe für biologische Lichtwirkungen?" in Proc. 2010 DIN-Expertenforum "Wirkung des Lichts auf den Menschen" pp. 7-17.
- [14] J. Van Derlofske, A. Bierman, M. S., Rea and N. Maliyagoda, "Design and optimization of a retinal exposure detector", in Proc. 2000 International Society for Optics and Photonics - International Symposium on Optical Science and Technology, pp. 60-70.
- [15] J. Van Derlofske, A. Bierman, M. S., Rea, J. Ramanath and J. D. Bullough, "Design and optimization of a retinal flux density meter," Measurement Science and Technology, 13(6), 821, 2002.
- [16] FGL (Förderungsgemeinschaft Gutes Licht) (2014), "licht.wissen 19 Impact of Light on Human Beings," [Online]. Available: http://en.licht.de/fileadmin/shop-downloads/1409_LW19_E_Impact-of-Light-on-Human-Beings_web.pdf
- [17] M. Rüger, M. C. M. Gordijn, D. G. M. Beersma, B. de Vries and S. Daan, "Weak relationships between suppression of melatonin and suppression of sleepiness/fatigue in response to light exposure," *Journal of Sleep Research*, vol. 14, pp. 221-227, 2005.

- [18] R. J. Lucas, S. N. Peirson, D. M. Berson, T. M. Brown, H. M. Cooper, C. A. Czeisler et al., "Measuring and using light in the melanopsin age," *Trends in neurosciences*, vol. 37, pp. 1-9, 2014
- [19] C. Liedtke, S. Völker and M. Knoop, "The Light Direction and Directional Light—Towards a new Quantification of an Essential Lighting Quality Criterion," in *Proc. 2013 CIE Centenary Conf.*, pp 542–551.
- [20] M. Knoop, A. Diakite, C. Liedtke, K. Broszio, M. Niedling, "Characterisation of daylight's spatial and spectral distribution to assess its impact on human beings, " unpublished, presented at *CIE Midterm Meeting*, Jeju Island, Republic of Korea, 2017.