EINFLUSS VON LED-MEHRFACHSCHATTEN AUF SEHLEISTUNG UND SEHKOMFORT

Krüger, J.[1], Windel, A.[1], Schierz, Ch.[2]

[1]) Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dresden/Dortmund, DEUTSCHLAND,
[2])Technische Universität Ilmenau, Ilmenau, DEUTSCHLAND,
krueger.jan@baua.bund.de

ABSTRACT

In zwei Teilversuchen wurde der Einfluss von LED-Mehrfachschatten auf die visuelle Wahrnehmung untersucht. Im Experiment 1 wurden Sehleistung und Sehkomfort bei einer Lese-Vergleichsaufgabe mit Mehrfachschatten ermittelt. Im Experiment 2 wurde überprüft, ob Mehrfachschatten die Formwahrnehmung eines dreidimensionalen Objekts erschweren. In Hinblick auf Sehleistung und Formwahrnehmung konnten keine nachteiligen Effekte bestätigt werden. Hinsichtlich des Sehkomforts berichteten ein Großteil der Probanden von Wahrnehmungsstörungen wie Unschärfe, Augenermüdung und Bewegungsillusionen. Mehrfachschatten wurden mit Hilfe mehrerer LED-Spotlights erzeugt. Individuelle Ausrichtungsmöglichkeiten der LED-Leuchten gewährleisteten die kontrollierte und gleichmäßige Erzeugung von Mehrfachschatten.

Schlagwörter: LED, Mehrfachschatten, Modelling, Schattigkeit, Lichtrichtung

1 EINLEITUNG

Vor dem Hintergrund der Ökodesignrichtlinie 2009/125/EG werden Arbeitsstätten zunehmend mit modernen LED-Beleuchtungssystemen ausgestattet. Wenn LED-Leuchten dabei aus mehreren örtlich getrennten Punktlichtquellen (LED Arrays) aufgebaut sind und gerichtetes Licht abstrahlen, können Mehrfachschatten auftreten (Yagmur and Öztürk, 2011, Kuo et al., 2011, Wu et al., 2011, Yao et al., 2013). Schlagschatten von Objekten sowie Schattierungen auf Oberflächen verändern sich dadurch in einer unnatürlichen Weise. Dies kann den Sehkomfort beeinflussen (Wu et al., 2011) sowie Unschärfe und visuelle Ermüdung (Kuo et al., 2011) hervorrufen. Die Ursachen dieser Wirkungen sind bisher kaum untersucht.

In wahrnehmungspsychologischen Experimenten konnte gezeigt werden, dass die allgemeine Bevölkerung bestimmte Muster als unkomfortabel empfindet (O'Hare and Hibbard, 2011). Beispielsweise können periodische Muster aus Streifen, ähnlich wie sie bei Mehrfachschatten auftreten, Kopfschmerzen, Unschärfe (O'Hare and Hibbard, 2011) und Bewegungsillusionen (Cohn and Lasley, 1990) hervorrufen. Faktoren, die dabei den visuellen Diskomfort bestimmen, sind Ortsfrequenz, Kontrast und Größe des Musters. Da es sich bei Mehrfachschatten um ein periodisches Muster handelt, eignet sich der physikalische Faktor der Ortsfrequenz besonders gut zur Charakterisierung von Mehrfachschatten. Die Ortsfrequenz beschreibt die „Anzahl der Kanten“ bzw. der „Schattenstufen“ pro Grad Sehwinkel. Sehr feine und dichte Mehrfachschatten sind durch eine hohe Ortsfrequenz gekennzeichnet, wohingegen ausgedehnte Mehrfachschatten durch eine geringe Ortsfrequenz charakterisiert werden können.

Nach der Kanaltheorie von Campbell und Robson (1968) ist das visuelle Nervensystem aus Informationskanälen aufgebaut, welche selektiv sensitiv für bestimmte Bandbreiten von Ortsfrequenzen sind. Dabei handelt es sich um Neuronen und rezeptive Felder, welche nur bestimmte Ortsfrequenzen decodieren (Harvey et al., 1983). Ortsfrequenzen zwischen 2-8 Zyklen pro Grad Sehwinkel werden mit erhöhtem visuellen Diskomfort assoziiert (O'Hare and Hibbard, 2011). Fernandez und Wilkins (2008) machen darauf aufmerksam, dass Ortsfrequenzen im Bereich von 1-4 Zyklen pro Grad Sehwinkel als unangenehm empfunden werden und sogar epileptische Anfälle hervorrufen können. Diese Erkenntnisse stehen im Einklang mit Untersuchungen zur Hirnaktivität bei unterschiedlichen Ortsfrequenzen. Delplanque (2007) verweist auf ERP-Messungen (event-related potentials), welche eine starke Abhängigkeit der dargebotenen Ortsfrequenz aufweisen. Auch in fMRI-Untersuchungen (functional magnetic resonance imaging) konnte gezeigt werden, dass bestimmte Hirnareale für diese Ortsfrequenzen eine erhöhte Empfindlichkeit aufweisen.

Vor diesem Hintergrund wurde im Experiment 1 die Wirkung von Mehrfachschatten hoher Ortsfrequenz (3 Zyklen pro Sehwinkel) mit Mehrfachschatten niedriger Ortsfrequenz (1 Zyklus pro Sehwinkel) verglichen.

Im Experiment 2 wurde überprüft, ob Mehrfachschatten die Formwahrnehmung von dreidimensionalen Objekten beeinflussen. Zur Wahrnehmung der Objektform wertet das visuelle System sechs Informationsquellen aus. Dazu gehören Textur, Außenkontur, Schattierung, Schlagschatten sowie die Informationen, die sich aus unterschiedlichen Perspektiven bei Objektbewegung und Disparität bei Stereosehen ergeben (Todd, 2004, Cavanagh and Leclerc, 1989). Mehrfachschatten beeinflussen zwei dieser Informationsquellen in direkter Weise (Schlagschatten sowie Schattierung auf der Objektoberfläche). Aus diesem Grund wurde die Hypothese aufgestellt, dass Mehrfachschatten die Formwahrnehmung bei dreidimensionalen Objekten beeinflussen. Beispielsweise konnte Castiello (2001, 2003) zeigen, dass unnatürliche Schlag- und Eigenschatten die Geschwindigkeit für die Erkennung von Objekten herabsetzen. Auch Untersuchungen von Norman (2009) mit verzerrten Schlagschatten demonstrieren, dass Schatten einen Beitrag zur besseren Objekterkennung leisten.

2 EXPERIMENT 1: EINFLUSS VON MEHRFACHSCHATTEN AUF SEHLEISTUNG UND SEHKOMFORT

2.1 METHODE

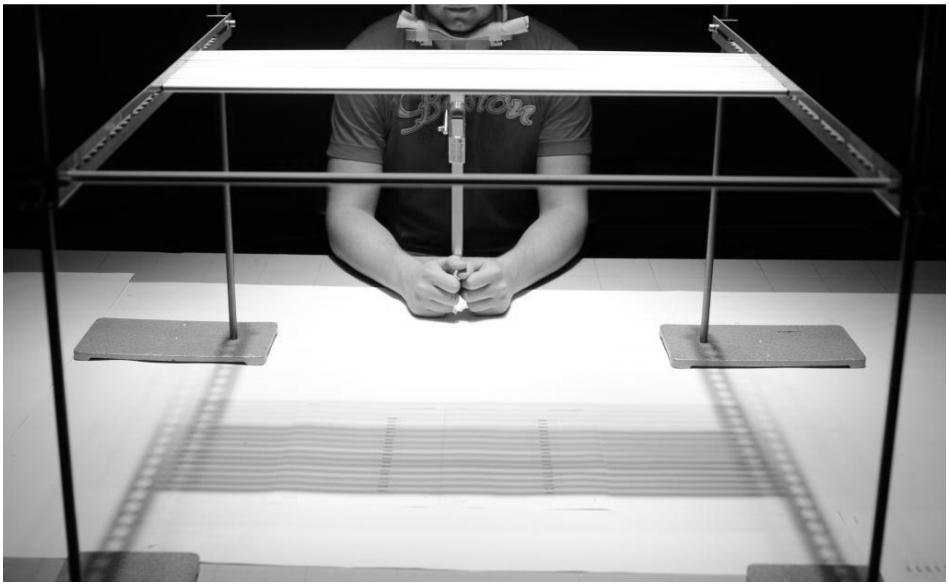

Abbildung 1 – Lese-Vergleichsaufgabe mit Mehrfachschatten

Mit Hilfe eines gitterähnlichen Schattenwerfers (Abbildung 1) wurden Mehrfachschatten zweier unterschiedlicher Ortsfrequenzen erzeugt (3 Zyklen pro Sehwinkel, 1 Zyklus pro Sehwinkel). Um den Sehwinkel während der Sehaufgabe zu kontrollieren, wurde die Beobachterposition mit einer Kinnstütze fixiert (Abstand zur Sehaufgabe 1 m). Der maximale Michelson-Schattenkontrast betrug in beiden Beleuchtungssituationen 0,23. Die mittlere Leuchtdichte im Bereich der Sehaufgabe lag bei 100 $\frac{cd}{m^2}$. Sechs Versuchspersonen nahmen am Experiment teil. Jeweils drei Versuchspersonen wurden einer der beiden Schattensituationen zugeordnet. Jede Versuchsperson beurteilte nur eine Schattensituation. Zur Erfassung der Sehleistung wurden die Versuchspersonen gebeten, 20 Zahlenpaare zu vergleichen und Fehler anzuzeigen (numerical verification task nach Rea (1981)). Die Sehaufgabe wurde mit unterschiedlichen Vergleichslisten dreimal wiederholt. Die Vergleichslisten enthielten im Mittel 3-5 Fehler pro Seite. Nicht erkannte Fehler sowie fälschlicherweise erkannte Fehler wurden vom Versuchsleiter ermittelt. Zusätzlich wurde die benötigte Zeit für 20 Vergleiche gemessen. Anschließend wurde ein Maß (1) für die Sehleistung berechnet (Rea and Ouellette, 1991).

$$Score = \frac{(20 - Fehler)}{(Zeit/s + 5)} \qquad (1)$$

In Ergänzung zur Sehleistung wurde der visuelle Komfort mit Hilfe eines Fragebogens erhoben. In Anlehnung an die Untersuchungen von Wilkins (1984) und Conlon (1999) wurden Wahrnehmungsstörungen mit Hilfe einer Checkliste abgefragt. Die Anzahl der bestätigten Wahrnehmungsstörungen wurde erfasst und aufsummiert. Folgende Wahrnehmungsstörungen für Schattenmuster bzw. Zahlenreihen wurden abgefragt: Farberscheinungen, Bewegungen, Flimmern, Biegung des Schattenmusters, Unschärfe, Auftreten heller/dunkler Flecken, plötzliches Verschwinden/Auftauchen des Schattenmusters, Schwindelgefühl, Augenermüdungen, Kopfschmerzen. Abschließend wurde mit einer 7-stelligen Likert Skala (sehr angenehm – sehr unangenehm) abgefragt, wie komfortabel das Schattenmuster empfunden wurde.

2.2 ERGEBNISSE

Ein Vergleich der Score-Mittelwerte zur Quantifizierung der Sehleistung ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Schattensituationen. Die Sehleistung bei 3 Zyklen pro Sehwinkel unterschied sich nicht signifikant von der Sehleistung bei einem Zyklus pro Sehwinkel. Die Auswertung der Fragebögen ergab ebenfalls keine signifikanten Unterschiede. Allerdings wurden in beiden Versuchsbedingungen Wahrnehmungsstörungen festgestellt. Im Schnitt wurden zwei Wahrnehmungsstörungen pro Versuchsperson berichtet. Am häufigsten wurden Unschärfe und Augenermüdung genannt. Zwei Versuchspersonen schilderten Bewegungen des Schattenmusters bzw. der Zahlenreihen sowie plötzliches Verschwinden und Erscheinen des Musters. Eine Versuchsperson bemerkte dreidimensionale Wellenberge/-täler bei der Durchführung der Sehaufgabe. Im Mittel bewerteten die Versuchspersonen die Schattensituationen als „eher unangenehm“.

2.3 DISKUSSION

Die Versuchsergebnisse zeigen, dass selbst bei einer Versuchsdauer von nur ca. 4,5 Minuten (3 Durchläufe) bereits Beeinträchtigungen des Sehkomforts auftreten können. Trotzdem konnten in Hinblick auf die abhängigen Variablen keine Unterschiede festgestellt werden. Das Versuchsdesign vergleicht 2 Mehrfachschattensituationen, welche als gleichermaßen unkomfortabel empfunden wurden. Ein Vergleich, einer Mehrfachschattensituation mit einer Einfachschattensituation bzw. einer Situation mit weichen Schatten einer diffusen Beleuchtung, hätte möglicherweise deutlichere Unterschiede ergeben. Daher werden in einer anknüpfenden Studie mit einem größeren Probandenkollektiv Referenzsituationen ohne Schattenstruktur aber gleicher mittlerer Leuchtdichte geplant.

Weiterhin wurde in den Untersuchungen der maximale Schattenkontrast reduziert, um die Sehleistung bei der Lese-Vergleichsaufgabe nicht zu beeinträchtigen. Untersuchungen von Rea und Ouellette (1991) zeigen, dass die Sehleistung beim Lesen vom Sehzeichenkontrast und der Hintergrundleuchtdichte abhängt. Nach Rea und Ouellette sind bei Hintergrundleuchtdichten von über 50 $\frac{cd}{m^2}$ in Kombination mit einem minimalen Sehzeichenkontrast von 0,4 keine Beeinträchtigungen der Sehleistung zu erwarten. Um den Sehzeichenkontrast durch den Mehrfachschatten nicht zu stark zu reduzieren, wurde ein maximaler Schattenkontrast von 0,23 gewählt.

Rückwirkungen auf die Sehleistung konnten damit ausgeschlossen werden, gleichwohl könnte dadurch die Störwirkung des Mehrfachschattens reduziert worden sein. In Untersuchungen von Wilkins (1984) ergaben Linienmuster, mit einer Ortsfrequenz von 3 Zyklen pro Sehwinkel und einem Michelsonkontrast von 0,8, starke Beeinträchtigungen des Sehkomforts. In zukünftigen Versuchen soll deshalb mit einem angepassten Versuchsdesign eine Hinterleuchtung der Zahlenreihen realisiert werden, sodass der Sehzeichenkontrast selbst nicht vom Mehrfachschatten reduziert wird.

3 EXPERIMENT 2: EINFLUSS VON MEHRFACHSCHATTEN AUF DIE FORMWAHRNEHMUNG

3.1 METHODE

Die sechs Probanden des ersten Versuchs wurden im Experiment 2 einer von zwei Beleuchtungssituationen zugeordnet. In der Beleuchtungssituation „Mehrfachschatten“ wurde ein komplex geformtes, 3D-gedrucktes Objekt mit 4 LED-Spotlights beleuchtet (Abbildung 2). Die LED-Leuchten erzeugten einen Mehrfacheigenschatten auf der Objektoberfläche. Die mittlere Leuchtdichte auf der Objektoberfläche betrug 197 $\frac{cd}{m^2}$. In der Kontrollgruppe wurde dasselbe Objekt (Abmessungen: 18x18x18 cm) mit einer einzelnen LED-Leuchte beleuchtet (Abbildung 2). Die LED-Leuchte erzeugte einen einzelnen Eigenschatten. Die mittlere Leuchtdichte in der Kontrollsituation betrug 208 $\frac{cd}{m^2}$. Das Objekt wurde in einer Entfernung von 1,5 m präsentiert. Zur Feststellung der Auswirkungen von Mehrfachschatten auf die Formwahrnehmung wurde eine Methode aus dem Bereich „Computer Vision“ zur Erfassung der wahrgenommenen Objektform (Todd et al., 1996) für den Einsatz in realen Beleuchtungsszenen adaptiert (Krüger, 2013). Mit den erhobenen Messdaten wurden für die unterschiedlichen Beleuchtungssituationen „interne Repräsentationen der wahrgenommenen Objektform“ berechnet (Wijntjes, 2012).

Auf einem Laptop wurde den Versuchspersonen eine Silhouette des zu bewertenden Körpers dargeboten. Die Silhouette beinhaltete neben der Außenkontur des Objektes keine weiteren visuellen Informationen über die Objektform (z. B. Schattierungen, Kanten, Texturen). Die Probanden hatten die Aufgabe, an 187 Messpunkten eine Messfigur in seiner Neigung so einzustellen, dass sie ungefähr der Flächenneigung in der realen Beleuchtungssituation entspricht (gauge figure task nach Todd (1996)). Der Proband musste die Formbewertung mittels Blickwechseln zwischen Objekt und Bildschirm durchführen. Die von der Versuchsperson eingestellten Winkel wurden gespeichert und nach dem Berechnungsverfahren von Todd in Tiefenwerte umgerechnet.

3.2 ERGEBNISSE

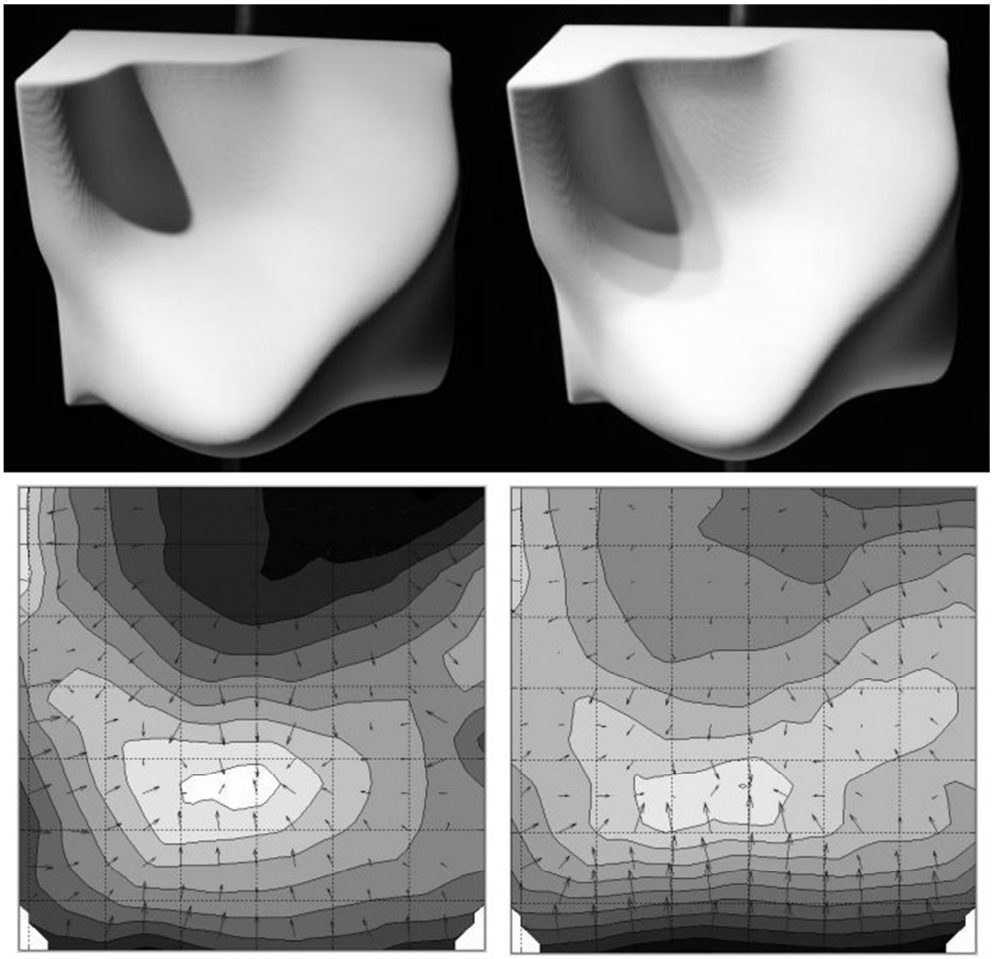

Abbildung 2 – Gegenüberstellung der zwei Beleuchtungssituationen mit den zugehörigen rekonstruierten wahrgenommenen Oberflächen

Jeder der 187 Messwerte beschreibt die Oberflächenorientierung an einem Bewertungspunkt. Alle 187 Messwerte wurden zu einer Oberfläche integriert (Abbildung 2 unten). Die Oberfläche ist durch Stützstellen (x,y-Koordinaten) und die dazugehörigen wahrgenommenen Objekttiefen (z-Koordinaten) charakterisiert. Im Rahmen der Auswertung wurde die wahrgenommene Objekttiefe zwischen und innerhalb der beiden Beleuchtungssituationen verglichen. Mithilfe der multiplen linearen Regression wurden Abweichungen in der wahrgenommenen Objektform quantifiziert. Dabei beschreibt der Determinationskoeffizient R^2 die Ähnlichkeit zwischen den Oberflächen. Bei der Überführung des realen Objekts in ein mentales Modell findet eine affine Transformation statt (Wijntjes et al., 2012). Diese Transformation kann individuell unterschiedlich sein, jedoch bleiben dabei die Verhältnisse gewahrt. Beispielsweise bleibt ein Satz von pa-

rallelen Linien parallel, Winkel oder Abstände können sich verändern, dennoch bleibt das Verhältnis, mit welchem diese sich verändern, konstant. Eine affine Transformation kann mit einer multiplen Regression geprüft werden. Die erhaltenen Oberflächen wurden nach folgendem Modell getestet:

$$z_{Mehrfachschatten}(\mathrm{x},\mathrm{y}) = \mathrm{a}z_{Kontrollsituation} + \mathrm{b} + \mathrm{cx} + \mathrm{dy} \qquad (2)$$

wobei

z die wahrgenommene Objekttiefe einer Beleuchtungssituation

x,y die Koordinaten der Bewertungspunkte in der x-y-Ebene sind.

Zunächst wurden Regressionsanalysen zwischen den Beobachtern einer Beleuchtungssituation durchgeführt. Der gemittelte Determinationskoeffizient für die Beleuchtungssituation „Mehrfachschatten“ beträgt $\mathrm{R}^2 = 0{,}86$. Der gemittelte Determinationskoeffizient für die Kontrollsituation beträgt $\mathrm{R}^2 = 0{,}84$. Abschließend wurden die wahrgenommenen Objektoberflächen zwischen den beiden Beleuchtungssituationen verglichen. Der Determinationskoeffizient ergab sich zu $\mathrm{R}^2 = 0{,}8$. Im oberen Teil der Abbildung 2 sind die realen Objekte in der Kontrollsituation (links) und der Mehrfachschattensituation (rechts) abgebildet. Im unteren Teil der Abbildung 2 sind beispielhaft die rekonstruierten, wahrgenommenen Oberflächen von zwei Probanden dargestellt (Kontrollsituation: links, Mehrfachschattensituation: rechts). Die Vektoren kennzeichnen Richtung und Stärke der Tiefengradienten.

3.3 DISKUSSION

Die Determinationskoeffizienten sowie der qualitative Vergleich der rekonstruierten Oberflächen zeigten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Beleuchtungssituationen. Mehrfachschatten haben in diesem Fall keinen Einfluss auf die Formwahrnehmung. Eine veränderte Formwahrnehmung durch Mehrfachschatten hätte einen deutlich geringeren Determinationskoeffizienten beim Vergleich der Beleuchtungssituationen zur Folge haben müssen. Das Modell der multiplen Regression erklärt ca. 80 % der Varianz, die rekonstruierten Oberflächen der beiden Situationen sind sich damit sehr ähnlich. Da der Mehrfachschatten nur einen kleinen Teil des Objekts bedeckt, könnte hier eine Ursache für fehlende Abweichungen liegen. In weiterführenden Untersuchungen sollen die rekonstruierten Oberflächen mit den realen Abmessungen des 3D-gedruckten CAD-Modells verglichen werden.

QUELLEN

Campbell F. W. & Robson J. G. (1968) Application of fourier analysis to the visibility of gratings. *Journal of Physiology,* 197: 551-566.

Castiello U. (2001) Implicit processing of shadows. *Vision Research,* 41: 2305-2309.

Castiello U., Lusher D., Burton C. & Disler P. (2003) Shadows in the Brain. *Journal of Cognitive Neuroscience,* 15(6): 862-872.

Cavanagh P. & Leclerc Y. G. (1989) Shape from Shadows. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance,* 15(1): 3-27.

Cohn T. E. & Lasley D. J. (1990) Wallpaper Illusion: Cause of Disorientation and Falls on Escalators. *Perception,* 19: 573-580.

Conlon E. G., Lovegrove W. J., Chekaluk E. & Pattison P. E. (1999) Measuring Visual Discomfort. *Visual Cognition,* 6(6): 637-663.

Delplanque S., N'diaye D., Scherer K. & Grandjean D. (2007) Spatial frequencies or emotional effects? A systematic measure of spatial frequencies for IAPS pictures by a discrete wavelet anaylsis. *Journal of Neuroscience Methods,* 165: 144-150.

Fernandez D. & Wilkins A. J. (2008) Uncomfortable images in art and nature. *Perception,* 37(7): 1098-1113.

Harvey L. O., Roberts J. O. & Gervais M. J. (1983) The Spatial Frequency Basis of Internal Representations. *Advances in Psychology,* 11: 217-228.

Krüger J. (2013) Untersuchungsansatz zur Feststellung der Auswirkungen von Mehrfachschatten auf die Formwahrnehmung. *11. Forum für den lichttechnischen Nachwuchs - 27. bis 29.09.2013 Dörnfeld/Ilm*: Technische Universität Ilmenau - Fachgebiet Lichttechnik; LiTG.

Kuo C.-H., Wu W.-H., Hsiao W.-T. & Huang K.-C. (2011) The Multi-shadow Analysis of LED Secondary Optics. *Physics Procedia,* 19: 233-238.

Norman J. F., Lee Y.-L., Phillips F., Norman H. F., Jennings L. R. & McBride T. R. (2009) The perception of 3-D shape from shadows cast onto curved surfaces. *Acta Psychologica,* 131: 1-11.

O'Hare L. & Hibbard P. B. (2011) Spatial frequency and visual discomfort. *Vision Research,* 51: 1767-1777.

Rea M. S. (1981) Visual performance with realistic methods of changing contrast. *Journal of the Illuminating Engineering Society,* 10(3): 164-177.

Rea M. S. & Ouellette M. J. (1991) Relative Visual Performance: A Basis for Application. *Lighting Research and Technology,* 23(3): 135-144.

Todd J. T. (2004) The visual perception of 3D shape. *Trends in Cognitive Sciences,* 8(3): 115-121.

Todd J. T., Koenderink J. J., van Doorn A. J. & Kappers A. M. L. (1996) Effects of Changing Viewing Conditions on the Perceived Structure of Smoothly Curved Surfaces. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance,* 22(3): 695-706.

Wijntjes M. W. A. (2012) Probing pictorial relief: from experimental design to surface reconstruction. *Behavior Research Methods,* 44: 135-143.

Wijntjes M. W. A., Doerscher K., Kucukoglu G. & Pont S. C. (2012) Relative flattening between velvet and matte 3D shapes: Evidence for similar shape-from-shading computations. *Journal of Vision,* 1(2): 1-11.

Wilkins A., Nimmo-Smith I., Tait A., McManus C., Della Sala S., Tilley A., Arnold K., Barrie M. & Scott S. (1984) A neurological basis for visual discomfort. *Brain,* 107 (Pt 4): 989-1017.

Wu W.-H., Kuo C.-H., Hung M.-W. & Huang K.-C. (2011) Evaluating method for the double image phenomenon of LED lighting. *Physics Procedia,* 19: 96-103.

Yagmur S. A. & Öztürk L. D. (2011) Investigation of Shadow Quality Occurred in Interiors under Artificial Lighting. *27th Session of the CIE.* Sun City/South Africa: CIE.

Yao H., Li X. & Chen J. (2013) Putting Multi-Shadow into Numbers. *CIE Centenary Conference: Towards a New Century of Light.* Paris, France: CIE.

Themengebiet: [Grundlagen + Licht & Architektur]

European Lighting Expert….eine Zusammenarbeit der LitG, LTG, NSVV und SLG

Ing. Jan Meutzner

Meutzner Licht Design in Woerden Niederlande

info@meutznerlichtdesign.nl

PROCEEDING

Im Februar 2013 beschlossen die LitG, LTG, NSVV und SLG für ihre 4 Länder und möglicherweise später für weitere Europäische Länder ein ausgewogenes Ausbildungsniveau für Lichtplaner zu schaffen.

Bis heute verwenden die genannten Länder verschiedene Ausbildungsrichtlinien und Grundlagen. In den beteiligten Ländern verbreitet sich inzwischen der Gedanke eine einheitliche transparente und qualitativ gute Schulung zu entwickeln, welche sowohl die Theorie als auch die Praxis einschließt. Es geht hauptsächlich darum, dass geschulte und dadurch kompetente Lichtexperten entstehen, welche als Ansprechpartner und Planer im Bereich der Beleuchtung dieselbe „Sprache“ sprechen.

Auf der oben genannten Basis wurde eine Arbeitsgruppe mit Mitgliedern aus den 4 Ländern zusammengestellt, welche die Grundlagen erarbeitete. In der Schweiz und zum Teil in Österreich bestehen seit einigen Jahren landeseigene Schulungen. In Deutschland und in den Niederlanden wurden und werden auch Lehrgänge organisiert welche jedoch mehr auf theoretischem Lernstoff beruhen.

Es ist sehr wichtig, dass in den beteiligten Ländern eine gemeinsame Basis entsteht, um dieses Projekt anzugehen und auszuführen. Nun sind wir 1,5 Jahre unterwegs und es zeichnen sich schon die ersten Spuren ab, welche zu einer europäischen Ausbildung führen können.