

Scoping Review zum Einfluss der Beleuchtung auf Faktoren der psychischen Gesundheit in der Arbeitswelt

Jan KRÜGER

*Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
Fabricestraße 8, D-01099, Dresden*

Kurzfassung: Das Scoping Review identifiziert mögliche Zusammenhänge zwischen dem Arbeitsumgebungsfaktor Beleuchtung und Faktoren der psychischen Gesundheit. Künstliche und natürliche Beleuchtung rufen im Wesentlichen zwei Wirkungen hervor, welche mittelbar oder unmittelbar für die psychische Gesundheit wirksam werden können. Mittelbar können Lichtumgebungen über die visuelle Wahrnehmung (visueller Wirkungspfad) Einfluss nehmen. Zusätzlich können sich nicht visuelle Lichtwirkungen unmittelbar auf Psyche und Verhalten auswirken.

Schlüsselwörter: Licht, Beleuchtung, LED, Sehkomfort, circadian

1. Hintergrund

Neue Lampen- und Leuchtentechnologien sowie der Nachweis eines neuen Fotorezeptors (Brainard et al. 2001; Thapan et al. 2001) mit einer direkten Verbindung zur inneren Uhr des Menschen bewirken einen Wandel in der Beleuchtung von Arbeitsstätten.

LEDs und OLEDs eröffnen neue Möglichkeiten der Gestaltung. Dazu gehören z.B. die Veränderbarkeit von spektraler Zusammensetzung, Dimmzustand oder Direkt-/Diffusanteil. In der Folge kommen in Arbeitsstätten zunehmend dynamische und biologisch wirksame Beleuchtungssysteme zum Einsatz (Krüger 2014). Begünstigt wird die Verbreitung dieser neuen Technologien durch die gestiegenen Anforderungen der Energieeinsparverordnung (EnEV).

Dabei sollte berücksichtigt werden, dass die LED charakteristische Merkmale besitzt, die sie deutlich von den klassischen Lampen- und Leuchtentechnologien unterscheidet (CIE 205:2013). Beispielsweise kann die Erkenntnislage zum Sehkomfort und den damit verbundenen Beschwerden nicht ohne weiteres von den klassischen Lampen- und Leuchtentechnologien auf die LED übertragen werden.

Demgegenüber zeigen neue Erkenntnisse über nicht visuellen Wirkungen des Lichts die Bedeutung der Beleuchtung für Physiologie und Verhalten. Licht ist der wichtigste Zeitgeber für die innere Uhr und dem damit verbundenen circadianen System.

Gemeinsam mit diesem Wandel in der Beleuchtung von Arbeitsstätten müssen Veränderungen in der Arbeitswelt Berücksichtigung finden. Die Entwicklung zur "Innenraumgesellschaft" führt dazu, dass Menschen heute bis zu 92% ihrer Lebenszeit im Innenraum verbringen (Hammer 2013). In der Folge zeigt sich eine tendenzielle Zunahme künstlicher Beleuchtungsexposition und Lichtexposition durch leuchtende Geräte (Tablet, eReader, Smartphone). Demgegenüber reduziert sich die Exposition mit natürlichem Tageslicht (Smolders et al. 2013). Der Trend zur 24-Stunden-Gesellschaft tritt mit einer Zunahme von Schicht- und Nachtarbeit in Erscheinung. In

der Folge steigt die Lichtexposition in der Nacht, welche mit Risiken für die Gesundheit verbunden sein kann (Stevens et al. 2013).

Die Auswirkungen dieser Veränderungen sind in ihrer Bedeutung für Psyche und Verhalten bislang ungeklärt. Darüber hinaus sind Verbindungen zwischen Licht und Psyche in der wissenschaftlichen Community selten diskutiert (de Kort & Veitch 2014).

2. Methode

Die Recherche nach relevanter Literatur erfolgte über die Literaturlisten ScienceDirect. Die Suche in der Datenbank ergab eine Gesamttrefferzahl von 2.265 Studien.

Bei der Entwicklung der Suchstrings wurden zwei separate Suchstrings für die unterschiedlichen Wirkungspfade erstellt. Forschungsergebnisse zu den nicht visuellen Lichtwirkungen stammen aus den Bereichen Chronobiologie, Neurobiologie, Schlaforschung, Forschungsergebnisse zur visuellen Wahrnehmung/Beleuchtung eher aus den Bereichen Ingenieurwissenschaft, Psychologie und Arbeitswissenschaft. Die Separation der Wirkungspfade in getrennten Suchstrings ermöglichte eine bessere Fokussierung auf die jeweiligen Forschungsdisziplinen und resultierte in einer reduzierten Trefferzahl für beide Wirkungspfade.

Für den visuellen Wirkungspfad ergaben sich ca. 700 Treffer, welche hinsichtlich des Suchzeitraums nicht weiter eingeschränkt wurden. Bei Studien zum nicht visuellen Wirkungspfad ergaben sich ca. 800 Treffer. Die Literatursuche für die nicht visuellen Wirkungen wurde auf einen Zeitraum ab 2001 eingeschränkt, da sich mit der Entdeckung des blauempfindlichen Fotorezeptors die Studienlage sowie das Verständnis über physiologische Zusammenhänge und zu berücksichtigende Störgrößen erheblich verbesserte. Eine stichprobenartige Analyse von Studien vor 2001 zeigte mehrheitlich unberücksichtigte Störgrößen und damit verbundene Fehlinterpretationen. Im Rahmen der Datenextraktionsphase wurden insgesamt 44 Studien endgültig eingeschlossen.

3. Ergebnisse

Abbildung 1 (unten) zeigt mögliche Zusammenhänge zwischen Merkmalen der Beleuchtung und Faktoren der psychischen Gesundheit. Neben den klassischen Aspekten der visuellen Wahrnehmung (visueller Wirkungspfad) beinhaltet die Grafik einen nicht visuellen Wirkungspfad sowie Zusammenhänge zu den nicht über das Auge vermittelten Wirkungen.

3.1 Ergebnisse zum nicht visuellen Wirkungspfad

Medizinische und biologische Studien der letzten Jahre haben gezeigt, dass die Beleuchtung in Arbeitsstätten die innere Uhr und damit verbundene circadianen Rhythmen beeinflussen kann. Aus der Definition der nicht visuellen Lichtwirkungen (auch melanopische Lichtwirkungen) in DIN SPEC 5031-100 (DIN 2011) geht ein direkter Einfluss auf Physiologie und Verhalten hervor.

Hinsichtlich des nicht visuellen Wirkungspfades müssen akute Wirkungen auf Herz-Kreislauf-System und Leistung von mittelfristigen (circadianen) Wirkungen

(Synchronisation, Desynchronisation) getrennt werden.

Mittelfristig können Beleuchtungsbedingungen Einfluss auf Schlaf-Wach-Rhythmus, Befinden und psychische Störungen haben. Eine starke Verbindung zum psychischen Einfluss von Licht stellen medizinische Studien der Lichttherapie her. Generell herrscht Einigkeit über die Wirksamkeit der Lichttherapie zur Behandlung von saisonalen und nicht saisonalen depressiven Symptomen (Terman 2006).

Das Review greift medizinische Studien mit klinischen Populationen auf, weil sich bei der Wirkung von Licht auf Schlaf und Befinden in abgeschwächter Form ähnliche Trends der Lichtwirkung zeigen. Dennoch sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die Übertragbarkeit der Wirkung von Lichttherapie auf gesunde Beschäftigte fragwürdig ist.

Für die Wirkung der Beleuchtung auf den Schlaf-Wach-Rhythmus kann festgehalten werden, dass das Schlaftiming durch die individuelle Lichtexposition mitbestimmt wird (Kantermann 2013). Weiterhin zeigt sich ein positiver Trend zwischen der Lichtexposition in den Tagesstunden und der Schlafqualität bzw. Einschlafdauer (Hubalek et al. 2010; Iwata et al. 2003; Aries 2005). Demgegenüber ist die Lichtexposition mit höheren Blauanteilen am Abend und in der Nacht mit schlechterem Schlaf und einer Störung der inneren Uhr assoziiert (Kozaki et al. 2005). Es wird deutlich, dass die Beleuchtung je nach Expositionszeitpunkt eine Anpassung (Synchronisation) oder Störung des circadianen Systems hervorrufen kann. Für die Synchronisation spielt die Beleuchtung in den Morgenstunden eine bedeutendere Rolle als das Licht in den Mittagsstunden. Die Studien des Reviews deuten darauf hin, dass Personen mit einer höheren täglichen Lichtdosis höhere Vitalitätslevel aufweisen (Smolders et al. 2013), wohingegen sich bei geringen Beleuchtungsniveaus ein Trend zu chronischer Müdigkeit zeigt.

Hinsichtlich der akuten Wirkungen der Beleuchtung belegt eine Vielzahl von Studien die aktivierende Wirkung von hellem und blau angereichertem Licht. Die aktivierende Wirkung bezieht sich dabei auf kognitive Effekte der Aufmerksamkeit, der exekutiven Funktion und der Gedächtnisleistung (Cajochen 2007). Gestützt werden diese Erkenntnisse durch Neuroimaging-Studien, in denen gezeigt werden konnte, dass Gehirnreaktionen sich in Abhängigkeit der Wellenlänge und Lichtintensität verändern (Vandewalle et al. 2009). Die Studien lassen insgesamt den Schluss zu, dass die mit intensivem Licht erhöhte Aktivierung nicht nur die Sehleistung, sondern generell die Arbeitsleistung erhöht. Ähnliche akute Effekte der Lichtexposition zeigen sich in der Wirkung auf das Herz-Kreislauf-System. Neben dem Einfluss von Licht auf das Cortisollevel (Jung et al. 2010) sind Wirkungen auf die Herzrate, den Blutdruck und die Herzratenvariabilität dokumentiert.

3.2 Ergebnisse zum visuellen Wirkungspfad

Eine Brücke zwischen dem visuellen und nicht visuellen Wirkungspfad stellt die Sichtverbindung nach außen her. Erkenntnisse zu den nicht visuellen Wirkungen (z.B. Synchronisation und Stabilisierung der inneren Uhr durch Tageslicht) zeigen enge Verbindungen zur psychischen Gesundheit und können auch für das Merkmal Sichtverbindung Bedeutung haben. Die Studien zur Sichtverbindung nach außen geben erste Hinweise darauf, dass das Tageslicht und die Sichtverbindung nach außen mit positiven Effekten für das Befinden verbunden sein können. Die Studienlage ist jedoch noch nicht abschließend gesichert (Aries et al. 2015). Im Vergleich zu Dachoberlichtern oder Tageslichtleitsystemen ohne Sichtverbindung zeigt sich die positive Wirkung von Tageslicht im Innenraum deutlicher in Kombination mit einer Sichtver-

bindung nach außen. Darüber hinaus erzeugen Fenster eine Verbundenheit zur Außenwelt, geben Informationen über Tageszeit, Wetter, saisonale Veränderungen und reduzieren Gefühle von Enge (Veitch 2011). Fenster können die Augengesundheit unterstützen, indem die Möglichkeit zur Weitfokussierung gegeben und vorübergehender Kurzsichtigkeit entgegengewirkt wird (Gobba et al. 1988).

Neben diesen positiven Aspekten kann die Sichtverbindung auch ein Auslöser für Beschwerden sein. Diese können auftreten, wenn die Sichtverbindung Blendung oder klimatische Probleme hervorruft. An dieser Stelle zeigt sich die Verbindung zu den Mechanismen des Sehkomforts. Künstliche und natürliche Beleuchtung können psychische Beanspruchungen hervorrufen, wenn die Aufnahme, Verarbeitung und Umsetzung visueller Information vermindert oder behindert wird. Auslöser für diese Beschwerden sind in erster Linie die Erschwerung der Sehaufgabe, Reizüberflutung/Reizarmut, Ablenkung oder Irritation (Boyce 2003). In diesem Fall spricht man von visueller Ermüdung bzw. visuellem Diskomfort. Dieser Zustand kann durch zerebrale Beschwerden, Augen- und Sehbeschwerden gekennzeichnet sein (asthenopische Beschwerden).

3.3 Ergebnisse zu den nicht über das Auge vermittelten Wirkungen

Nicht zuletzt soll auf die individuelle Steuerbarkeit als Ressource des Handlungs- und Entscheidungsspielraums aufmerksam gemacht werden. Sie kann als eine eher untergeordnete Ressource des Handlungs- und Entscheidungsspielraums angesehen werden, wobei die individuell einstellbare Beleuchtung gegenüber fremdgesteuerten Beleuchtungsbedingungen im Allgemeinen bevorzugt wird (Vischer 2007). Hierbei sollte jedoch berücksichtigt werden, dass subjektive Beleuchtungspräferenzen nicht unbedingt im Einklang mit den Anforderungen an Sehleistung und Sehkomfort stehen müssen und daher auch eine Ursache für visuellen Diskomfort darstellen können.

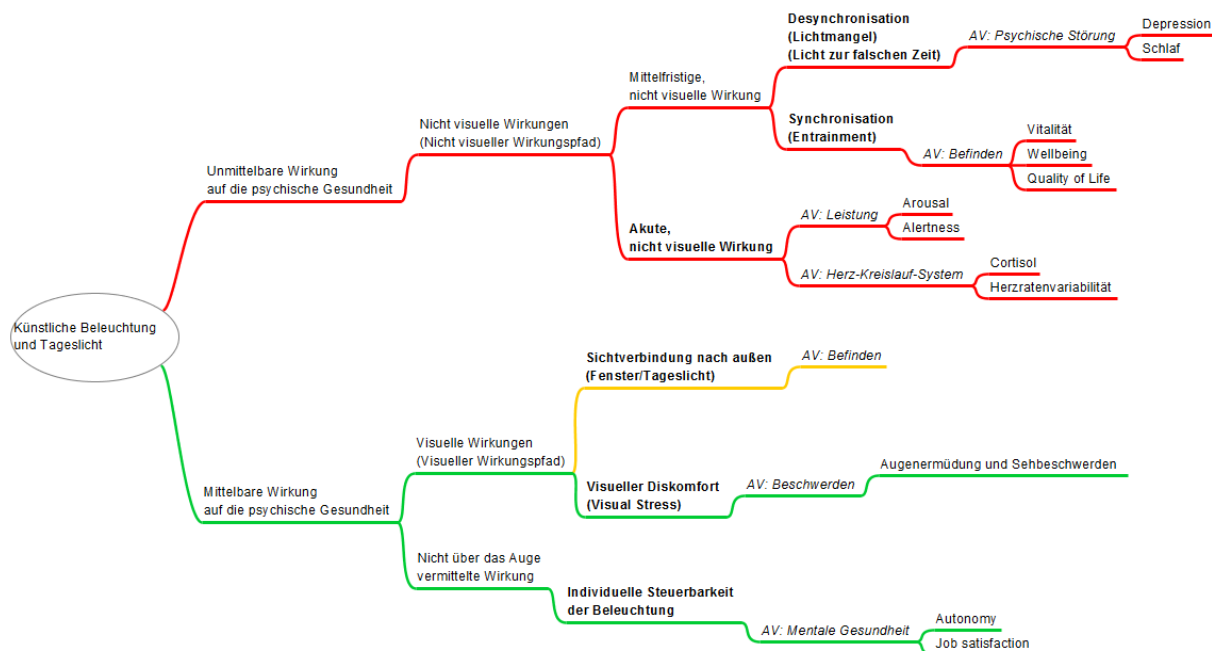


Abbildung 1: Mögliche Verbindungen zwischen der Beleuchtung und den abhängigen Faktoren der psychischen Gesundheit

4. Diskussion

Angesichts methodischer Schwächen wie der fehlenden Harmonisierung von Forschungsansätzen oder dem Fehlen von Langzeituntersuchungen lassen sich die Studien des Scoping Reviews nur schwer zu einem konsistenten Wirkungsgefüge zusammenfassen.

In Studien zum nicht visuellen Wirkungspfad sind wichtige Einfluss- bzw. Störgrößen – etwa Art und Dauer der Lichtexposition, individuelle Lichthistorie, Level der Schlafdeprivation oder individuelle circadiane Phase – oft unterschiedlich operationalisiert, verschieden ausgeprägt oder im Studiendesign nicht berücksichtigt. Die reliable Erhebung von Kriteriumsvariablen wie z.B. visueller Diskomfort, Leistung oder Aufmerksamkeit ist aufgrund oft nur subjektiv erhobener Maße beeinträchtigt. Vor diesem Hintergrund und angesichts weiterer methodischer Einschränkungen (zum Beispiel nicht-repräsentative Stichproben, komplexe Wechselwirkungen zwischen visuellem und nicht visuellem Wirkungspfad) ist derzeit die Ableitung belastbarer Aussagen für Zusammenhänge zwischen Merkmalen der Beleuchtung und Faktoren der psychischen und physischen Gesundheit zum Teil noch nicht möglich.

Die Ergebnisse des Scoping Reviews deuten dennoch auf eine nicht zu vernachlässigende Rolle der Beleuchtung für psychische Faktoren. Es zeigt sich, dass sich insbesondere die nicht visuellen Wirkungen unmittelbar auf Psyche und Verhalten auswirken können.

Der Forschungsbedarf und die Relevanz der hier dargestellten Wirkungszusammenhänge können aus den eingangs genannten Veränderungen in der Arbeitswelt und aus dem Wandel der Beleuchtung abgeleitet werden. Die Verbreitung dynamischer Beleuchtungssysteme sowie der flächendeckende Einsatz von LED vor dem Hintergrund gestiegener Energieanforderungen bei gleichbleibenden Anforderungen des Arbeitsschutzes sind mit ihren Auswirkungen auf psychische Aspekte des Sehkomforts und der nicht visuellen Lichtwirkung weitestgehend unberücksichtigt. Auch die Entwicklung zur "Innenraum- und 24-Stunden-Gesellschaft" sollten in ihren Auswirkungen auf psychische Faktoren des nicht visuellen Wirkungspfades nicht unberücksichtigt bleiben.

5. Literatur

- Aries M B C (2005) Human Lighting Demands: Healthy Lighting in an Office Environment. Department of Architecture, Building and Planning. Eindhoven Technische Universiteit Eindhoven.
- Aries M B C, Aarts M P J & van Hoof J (2015) Daylight and health: A review of the evidence and consequences for the built environment. *Lighting Research and Technology*, 47(1): 6-27.
- Boyce P R (2003) Human Factors in Lighting, New York: Taylor and Francis Group.
- Brainard G C, Hanifin J P, Greeson J M, Byrne B, Glickman G, Gerner E, Rollag M D (2001) Action Spectrum for Melatonin Regulation in Humans: Evidence for a Novel Circadian Photoreceptor. *The Journal of Neuroscience*, 21(16): 6405-6412.
- Cajochen C (2007) Alerting effects of light. *Sleep Medicine Reviews*, 11: 453-464.
- CIE 025:2013 (2013) Review of Lighting Quality Measures for Interior Lighting with LED Lighting Systems. Wien: International Commission on Illumination.
- de Kort YAW & Veitch JA (2014) From blind spot into the spotlight: Introduction to the special issue 'Light, lighting, and human behaviour'. *Journal of Environmental Psychology*, 39(0): 1-4.
- DIN (2011) DIN SPEC 5031-100:2011, Strahlungsphysik im optischen Bereich und Lichttechnik - Teil 100: Über das Auge vermittelte, nichtvisuelle Wirkung des Lichts auf den Menschen - Größen, Formelzeichen und Wirkungsspektren. Berlin: Beuth.

- Gobba F M, Broglia A, Sarti R, Luberto F, Cavalleri A (1988) Visual fatigue in video display terminal operators: objective measure and relation to environmental conditions. *Int Arch Occup Environ Health*, 60(2): 81-87.
- Hammer R (2013) Tageslichtarchitektur - Planungsempfehlungen auf photobiologischer Grundlage. 1. Praxisforum zur Wirkungen des Lichtes auf den Menschen - BioWi. Weimar: Bauhaus Weiterbildungsakademie Weimar e.V.
- Hubalek S, Brink M, Schierz C (2010) Office workers' daily exposure to light and its influence on sleep quality and mood. *Lighting Research and Technology*, 42(1): 33-50.
- Iwata T, Hasebe T, Kubota M (2003) Study on exposed illuminance in daily life and circadian rhythm. CIE 25th Session. San Diego: CIE.
- Jung C M, Khalsa S B S, Scheer F A J L, Cajochen C, Lockley S W, Czeisler C A, Wright K P, Jr (2010) Acute effects of bright light exposure on cortisol levels. *Journal of Biological Rhythms*, 25(3): 208-216.
- Kantermann T (2013) Circadian Biology: Sleep-Styles Shaped by Light-Styles. *Current Biology*, 23(16): R689-R690.
- Kozaki T, Kitamura S, Higashihara Y, Ishibashi K, Noguchi H, Yasukouchi A (2005) Effect of color temperature of light sources on slow-wave sleep. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci*, 24(2): 183-186.
- Krüger J (2014) Context Aware Lighting Systems for Workplaces: Eine Literatur-Review. 60. Frühjahrskongress der GfA - Gestaltung der Arbeitswelt der Zukunft: 67-69.
- Smolders K C H J, de Kort Y A W, van den Berg S M (2013) Daytime light exposure and feelings of vitality: Results of a field study during regular weekdays. *Journal of Environmental Psychology*, 36(0): 270-279.
- Stevens R G, Brainard G C, Blask D E, Lockley S W, Motta M E (2013) Adverse Health Effects of Nighttime Lighting - Comments on American Medical Association Policy Statement. *American Journal of Preventive Medicine*, 45(3): 343-346.
- Terman M (2006) Review: light therapy is an effective treatment for seasonal affective disorder. *Evid Based Ment Health*, 9(1): 21.
- Thapan K, Arendt J, Skene D J (2001) An action spectrum for melatonin suppression: evidence for a novel non-rod, non-cone photoreceptor system in humans. *Journal of Physiology*, 535(1): 261-267.
- Vandewalle G, Maquet P, Dijk D J (2009) Light as a modulator of cognitive brain function. *Trends Cogn Sci*, 13(10): 429-438.
- Veitch J A (2011) Workplace design contributions to mental health and well-being. *Healthc Pap*, 11 Spec No: 38-46.
- Vischer J C (2007) The effects of the physical environment on job performance: towards a theoretical model of workspace stress. *Stress and Health*, 23(3): 175-184.