

HUMAN CENTRIC LIGHTING (HCL)

EINE ZWISCHENBILANZ

HCL-Lichtlösungen sind das Ergebnis eines komplexen Wechselspiels von wissenschaftlichen Erkenntnissen zu nicht-visuellen Lichtwirkungen, technischen Möglichkeiten zur Verfügung stehender Lichttechnologien, spezifischen Vorstellungen von Bauherrn und Architekten und lichtbezogenen Bedürfnissen von Endnutzern. Die Akteure in diesem Wechselspiel arbeiten größtenteils unabhängig voneinander und erschweren damit maßgeblich den Fortschritt. Nachfolgend erörtert das Planungs-, Forschungs- und Entwicklungsunternehmen Bartenbach treibende und beschränkende Aspekte der beteiligten Akteure und verweist auf die Wichtigkeit einer Neuorientierung von Forschung und Technologieentwicklung.

EINFÜHRENDE ÜBERLEGUNGEN

Konventionelle Lichtplanungen zielen auf eine visuell oder emotional wirkungsvolle Raumbelichtung. Kunden haben dazu ihre konkreten Vorstellungen und Beleuchtungsstandards leiten das konkrete Vorgehen in der Planung. Im Gegensatz dazu gibt es heute sehr ungenaue Vorstellungen über erwartbare nicht-visuelle Effekte der Beleuchtung. Des Weiteren finden bisher veröffentlichte Planungsempfehlungen zu HCL-Lichtlösungen keine breite Anerkennung (z.B. bei Arbeitsschutzorganisationen). Das Resultat daraus ist ein augenscheinlicher Stillstand in der Umsetzung innovativer HCL-Planungsprojekte bzw. eine Entwertung des HCL-Gedankens durch den inflationären Gebrauch im Marketing. Im Folgenden möchten die Autoren den Stand der Forschung und der Lichttechnik zum Thema HCL kritisch reflektieren.

STANDORTBESTIMMUNGEN

Gegenwärtiger Stand der Wissenschaft

Nicht-visuelle Lichtwirkungen können aufgrund der Latenzzeit ihres Eintritts in zwei Klassen eingeteilt werden: Lichteffekte, die sich unmittelbar während der Bestrahlung innerhalb weniger Minuten bis Stunden ergeben und Lichteffekte, die nach mehrtägigen Lichtexpositionen ihre Wirkung entfalten. Die erste Kategorie an Lichtwirkung strebt eine akute Verbesserung der Wachheit, der kognitiven Leistungsfähigkeit und des psychophysiologischen Entspannungsniveaus an. In die zweite Kategorie fallen gesundheitsbezogene Lichtwirkungen, beispielsweise eine Verbesserung des Schlafs, der Stimmungslage und der zirkadianen Rhythmik.

Es ist bekannt, dass für die Erzielung dieser Lichtwirkungen sowohl die Art als auch das Timing der Lichtexposition wesentlich ist. Konkret sind es die spektralen retinalen Bestrahlungsstärken und der Zeitpunkt der Bestrahlung in Abhängigkeit von individuellen Parametern, wie den typischen Schlafzeiten der Person (Chronotyp) und die Lage, Länge und der zeitliche Abstand zur letzten Schlafperiode.

Unbestritten und wissenschaftlich nachgewiesen sind heute akute und längerfristige Lichtwirkungen am Abend (2-3 Stunden vor dem individuellen Schlafbeginn), in der Nacht (während üblicher Schlafzeiten) und am Morgen (bis 2 Stunden nach dem Aufwachen). Das Wissen über akute nicht-visuelle Lichtwirkungen während des Tages (betroffener Zeitraum: 2 Stunden nach Schlafende bis 2 Stunden vor Schlafbeginn) ist gegenwärtig bruchstückhaft. Neulich

veröffentlichte systematische Reviews [1-5] zeigen auf, dass vor allem helles Licht während des Tages die subjektiv wahrgenommene Wachheit akut steigert. Objektive Messgrößen der Wachheit (z.B. EEG-Messungen, psychomotorischer Vigilanz-Test) bestätigen diesen subjektiven Wachheitseffekt von hellem Licht vielfach jedoch nicht. Ebenfalls ist gegenwärtig die Evidenz für akute Lichtwirkungen auf kognitive Parameter (z.B. Aufmerksamkeit, Arbeitsgedächtnis und höhere Exekutivfunktionen) und Stimmungsparameter während des Tages kaum belegt. Es gibt lediglich Hinweise darauf, dass sich eine hohe Lichtdosis während des Tages auf den nachfolgenden nächtlichen Schlaf positiv auswirken kann [6,7].

Es ist wichtig zu wissen, dass ein Großteil dieser Studienergebnisse eine limitierte Aussagekraft haben. So nahmen an vielen Studien nur sehr kleine und gut selektierte Stichproben im Labor unter streng kontrollierten Bedingungen teil (reduziert die Verallgemeinerbarkeit der Studienergebnisse), implementierten diese Studien sehr heterogene Studienprotokolle (erschwert die Vergleichbarkeit der Studienergebnisse) und viele Studien charakterisierten die untersuchten Lichtintervention aus photometrischer Sicht unzureichend (eine Ableitung von Planungsempfehlungen wird damit erschwert). Schließlich wurden bisher vielfach nur jene Lichtwirkungsstudien publiziert, die spezifische (positive) Effekte messen konnten (Publikationsbias) und all jene Studien, die in diesem Sinne erfolglos waren, blieben unerwähnt. Dadurch bekommen wir ein stark verzerrtes Bild der tatsächlich existierenden Lichtwirkungen.

Die Forschungsabteilung von Bartenbach betreibt selbst seit 2005 nicht-visuelle Lichtwirkungsforschung mit Partnern aus der Medizin. So konnten u. a. in den letzten zwei Jahren sechs Studien in peer-reviewed Journals veröffentlicht werden, die spezifische nicht-visuelle Lichtwirkungen für Krankenhaus-PatientInnen [8,9], SchichtarbeiterInnen [10] und BüroarbeiterInnen [11] untersuchten. Ebenfalls wurden neue Anwendungsfelder der Lichttherapie bei schwerem Burnout [12] und der akuten Beeinflussung von Stimmung und Kognition bei Gesunden [13] exploriert.

Eigene Studienerfahrungen bestätigen das Bild der internationalen Forschung: nicht-visuelle Lichtwirkungen während des Tages sind schwer messbar. Erst die genaue Kenntnis der Lichtbedürfnisse von Endnutzern und eine darauf perfekt abgestimmte Beleuchtungsintervention erhöht die Wahrscheinlichkeit des Auffindens nicht-visueller Lichtwirkungen.

Gegenwärtiger Stand der HCL-Planungsempfehlungen

Die einheitliche Charakterisierung der Lichtintervention in Forschungsprojekten schafft die Voraussetzung für die Ableitung von HCL-Planungsempfehlungen. Wo vor 15 Jahren dafür noch eine spezielle akute nicht-visuelle Lichtwirkung (akute nächtliche Melatonin-Suppression) verwendet wurde, sind sich heute Wissenschaftler einig, dass das Ausmaß der Stimulation aller fünf retinalen Fotorezeptoren für eine Charakterisierung der Lichtintervention herangezogen werden muss. Die internationale Beleuchtungskommission CIE hat dazu jüngst einen international gültigen Standard (CIE S 026/E:2018; [14]) veröffentlicht. Dieser Standard macht jedoch keine quantitativen Vorhersagen über spezifische nicht-visuelle Lichtwirkungen, sondern beschreibt lediglich die Potentialität des Lichtstimulus unterschiedlichste nicht-visuelle Lichtwirkungen zu erzeugen.

HCL-Planungsempfehlungen wurden erstmals 2013 in der technischen Regel DIN SPEC 67600 («Biologisch wirksame Beleuchtung – Planungsempfehlungen») veröffentlicht. Arbeitsschutz-Organisationen [15] äußerten sich allerdings kritisch zu diesen Empfehlungen (basieren auf nicht ausreichend gesicherten Erkenntnissen) und lehnen diese als Grundlage für eine HCL-Lichtplanung ab.

Interessanterweise gibt es heute das Bestreben von Bewertungssystemen für nachhaltige Gebäude, die Erzielung nicht-visueller Lichtwirkungen als ein wichtiges Kriterium nachhaltigen Bauens zu verankern. Obwohl sich in BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) und LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) noch keine expliziten Planungs- und Bewertungskriterien dazu finden, formuliert das International Well Building Institute bereits heute spezifische Richtlinien zur Bewertung des Gebäudes hinsichtlich seiner nicht-visueller Wirksamkeit. Wie auch für die technische Regel DIN SPEC 67600 gilt für diese Richtlinie, dass eine wissenschaftliche Rechtfertigung der Vorgaben bisher aussteht. Nach fast 20 Jahren Forschung zu nicht-visuellen Lichtwirkungen lassen sich, unserer Ansicht nach, heute zumindest drei qualitative Empfehlungen für eine nicht-visuelle Lichtplanung ableiten:

- benutze während des Tages möglichst viel Tageslicht für die Innenraumbelichtung,
- ergänze bei zu geringem Tageslicht während des Tages mit kaltweißem Kunstlicht und hohen Vertikalanteilen, und
- reduziere für die Beleuchtung am Abend (spätestens 2 Stunden vor Schlafbeginn) und in der Nacht die Vertikalbeleuchtungsstärken (d.h. beleuchte konzentriert die Sehaufgabe, um die retinale Lichtexposition möglichst gering zu halten) und die kurzwelligen Strahlungsanteile.

Gegenwärtiger Stand der Lichttechnologien zur Umsetzung von HCL-Konzepten

Mit der LED-Technologie wurde es erstmals möglich, dass Leuchten auf Knopfdruck fast jedes beliebige Lichtspektrum energieeffizient mit sehr hohen Lichtströmen emittieren können. Genau diese Technologie ermöglichte die Installation von HCL-Lichtlösungen. ▶



CABLE · CONNECTORS · COMPLETE SOLUTIONS

SPECIALISTS IN CABLE



Weltweit Ihre beste Verbindung!

Stecksysteme für LED-Technik

bis zu 3Amp:
12V 36 Watt, 24V 72 Watt

bis zu 8Amp:
12V 100 Watt, 24V 200 Watt

>> IP20, >> IP44, >> IP67

4LED für RGB oder
Kaltweiß / Warmweiß

HighLED für die Verdrahtung von
250V direkt auf die LED-Platine

Besuchen Sie uns in Guangzhou:

**guangzhou international
lighting exhibition**

09. – 12. Juni 2019, Halle 3.2, Stand B18



Alfons Rueschenbaum GmbH
Trift 25–26 · 59757 Arnsberg
Tel. +49 2932 9766-0 / Fax -44
info@rueschenbaum.de
www.rueschenbaum.de

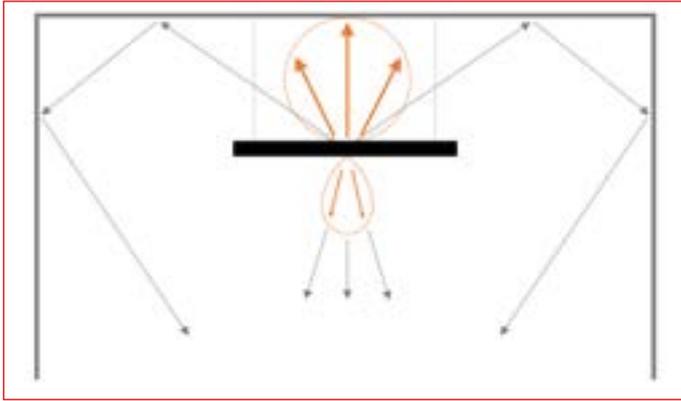


Abb. 1: Typisches HCL-Paneel, Quelle: Bartenbach

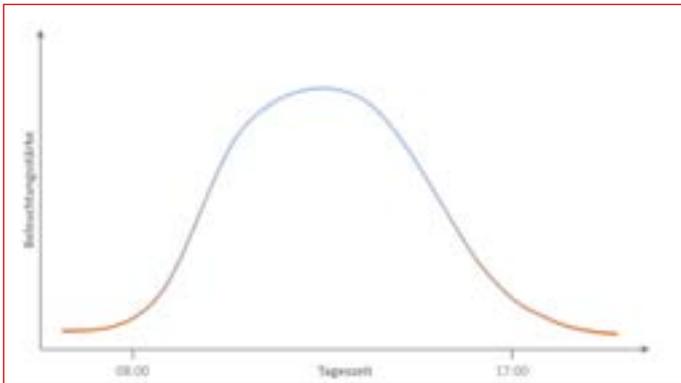


Abb. 2: Tageszeitabhängige Steuerstrategie (schematisch), Quelle: Bartenbach

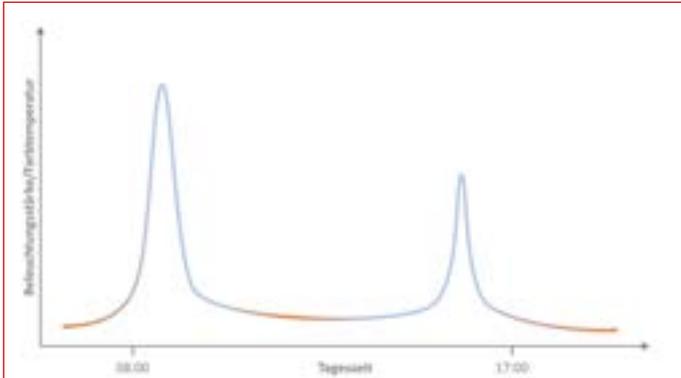


Abb. 3: Akute Steuerstrategie mittels Lichtpulsen (schematisch), Quelle: Bartenbach



Abb. 4: Tageslichtsysteme mit Umlenkfunktion an der Fassade des Bartenbach F&E-Gebäudes, Aldrans. © Bartenbach, Foto: Peter Bartenbach

Aber wozu brauchen Menschen heute eine HCL-Lichtlösung? Eine zentrale Problemstellung wird dazu angeführt:

Wir leben heute entfremdet von einer natürlichen Lichtsituation, in der hohe Intensitäten während des Tages und kaum/keine Lichtexposition während des Abends/der Nacht vorherrschen. Wir verbringen die meiste Zeit des Tages in Innenräumen, und die Beleuchtungsstandards definieren lediglich Mindestanforderungen für das Sehen. Andererseits wird die Nacht mitunter zum Tag gemacht, indem Lichtenwendungen im Außenbereich (Displays, Straßenbeleuchtung) und helle Raumbelichtungen mit tageslicht-ähnlichem Lichtspektrum heute weltweit verbreiteter sind als jemals zuvor in der Menschheitsgeschichte, sodass viele Menschen vermehrt Licht in der natürlichen Dunkelphase (am Abend und in der Nacht) ausgesetzt sind. Dies wirkt sich destabilisierend auf unsere zirkadiane Rhythmik und damit längerfristig negativ auf unsere Gesundheit aus. Eine HCL-Lichtlösung soll helfen dies zu vermeiden. Typischerweise erfüllt dafür eine HCL-Kunstlichtlösung die folgenden drei Anforderungen:

- die Intensität und Farbtemperatur des Kunstlichts variieren über 24 Stunden, insbesondere in der Nacht wird die Farbtemperatur auf ca. 3000K und weniger abgesenkt,
- der Einsatz ausgedehnter Strahlungsflächen generiert eine erhöhte vertikale Beleuchtungsstärke bei möglichst geringer Blendung, und
- das nicht-visuell wirksame Licht kommt primär aus dem oberen Halb-Raum (Anmerkung: Die wissenschaftliche Evidenz für diese Forderung erscheint als nicht gesichert. Die Autoren empfehlen die Verwendung der summativen retinalen Photostimulation als Kenngröße).

Diese Anforderungen werden heute am Markt in der Regel durch (diffus) strahlende Panels mit steuerbarer Lichtintensität und Lichtfarbe, die großflächig an der Decke montiert oder abgehängt werden (Abb. 1), erfüllt.

Generell erlaubt dieses Design keine zonale Variation der Raumausleuchtung und damit Anpassung an unterschiedliche individuelle nicht-visuelle Lichtbedürfnisse. Flächig abstrahlende Panels erzeugen zudem eine schattenlose und damit nüchtern-langweilig wirkende Raumatmosphäre, lassen Oberflächen verblassen, und reduzieren im nicht gedimmten Zustand durch sehr hohe Leuchtdichten der Lichtaustrittsflächen (>5.000 cd/m²) den visuellen Komfort. Direkt-indirekt Leuchten erzeugen primär über die indirekt-Anteile der Leuchte und die Reflexion des Lichts an Raumbooberflächen nicht-visuelle Lichtwirkungen. Hierfür bedarf es einer enormen Anschlussleistung, um am Auge eine wirksame Beleuchtungsstärke zu generieren. Folgend erscheint es erforderlich, über neue Beleuchtungskonzepte und Leuchten-Designs für HCL-Lichtlösungen nachzudenken, welche diese Nachteile nicht aufweisen.

Des Weiteren ist die Steuerung von HCL-Leuchten ein wesentlicher Bestandteil ihrer Wirksamkeit. Interessanterweise lassen sich heute applikationsunabhängig zwei Steuerstrategien differenzieren:

- Zur Erzielung längerfristiger, gesundheitsorientierter Lichtwirkungen wird die Lichtintensität und Farbtemperatur tageszeitabhängig variiert (Abb. 2). Es gibt zu dieser Steuerstrategie derzeit keine Empfehlung, ob und wie saisonale Effekte (Tageslänge) in die Lichtsteuerung integriert werden sollen, sodass heute zumeist eine einheitliche Steuerkurve für 365 Tage umgesetzt wird.
- Zur Erzielung kurzfristiger nicht-visueller Wirkungen werden Lichtpulse (mit relativ kurzfristig veränderter Lichtintensität und Lichtfarbe, z.B. sog. »Lichtduschen«) mit einer relativen kurzen Dauer zur akuten Aktivierung oder Verbesserung der Entspannungsfähigkeit implementiert (Abb. 3). Diese Lichtpulse werden entweder tageszeitabhängig automatisch (z.B. am Vormittag und Nachmittag) oder vom Nutzer individuell gestartet.

Die Integration von Tageslicht erfolgt heute in HCL-Konzepten sehr eingeschränkt. So wird Tageslicht derzeit nicht als aktives Gestaltungselement zur Erreichung höherer vertikaler Beleuchtungsstärken während des Tages eingesetzt (z.B. über eine spezifische Steuerung des Tageslichtsystems), sondern ausschließlich passiv erfasst (z.B. über in Leuchten integrierte Sensoren). Bei fehlendem Tageslicht wird dabei Kunstlicht zugeschaltet.

Das Potential der Integration von Tageslicht in HCL-Lichtlösungen ist enorm, da Tageslicht die Toleranzschwelle für höhere Lichtintensitäten beim Nutzer erhöht und damit Nutzer deutlich später visuelle Unbehaglichkeit wahrnehmen, Tageslicht in seiner Lichtqualität höherwertig eingeschätzt wird als jede Kunstlichtquelle und Tageslicht die effizienteste Lichtquelle zur Erzeugung erhöhter vertikaler Helligkeiten ist. Diese Argumente sind wesentliche Motive, dass in den Forschungen von Bartenbach eine perfekte Integration von Tageslicht in HCL-Konzepte einen Schwerpunkt bildet. So werden derzeit dazu zwei internationale Forschungsprojekte mit der International Energy Agency IEA bearbeitet (Solar Heating and Cooling Technology Task 5.5.3 [a] und gebäudeintegrierte solare Fassaden für Lüftung, Heizung, Kühlung, Klimatisierung und Beleuchtung Task 56 [b]). Des Weiteren unterstreichen drei national geförderte Projekte (»MOSCOW« [c], »BODYBUILD« [d] und »LessIsMore« [e]) und das INTERREG-Projekt »FaceCamp« [f] die Wichtigkeit der folgenden Themen für das Unternehmen Bartenbach: den Aufbau komplexer integrativer Tages- und Kunstlichtsteuerungen und die Erarbeitung von Steuerstrategien, die einen Trade-off zwischen den positiven nicht-visuellen Wirkungen des Tageslichts und den negativen Effekten von Tageslicht durch Blendung und Erwärmung des Gebäudes finden. Das F&E-Gebäude von Bartenbach (Abb. 4) dient derzeit u.a. als Living-Lab zur Erforschung dieser Themen. Die aus den laufenden Forschungsprojekten gewonnenen Erkenntnisse zu integrativen Tages- und Kunstlichtlösungen werden von Bartenbach direkt in Lichtplanungsprojekten mit Schwerpunkt HCL integriert (Abb. 5 – 8).

Das vergessene Element: der Endnutzer und seine aktuellen Bedürfnisse

HCL-Lichtlösungen, bei welchen eine manuelle Eingriffsmöglichkeit implementiert wurde, genießen eine höhere Akzeptanz (siehe dazu [17]). Dass Menschen sogar gerne eine Lichtanlage zur Verfügung hätten, die ihre momentanen individuellen Lichtbedürfnisse stillt,

konnte im Rahmen des von Bartenbach geleiteten EU-Projekts Repro-light [g] über eine groß angelegte Befragung in vier EU-Ländern eindeutig aufgezeigt werden. So wünschten sich 80% der befragten Personen eine Arbeitsplatzbeleuchtung, die sich automatisch an die persönlichen Lichtbedürfnisse anpasst [16]. Die manuelle oder automatische Anpassung an aktuelle individuelle Lichtbedürfnisse eröffnet jedoch die Möglichkeit, dass die unmittelbaren Nutzerbedürfnisse im starken Kontrast zu den längerfristigen gesundheitsbezogenen Wirkungen einer HCL-Beleuchtungsanlage stehen können. So können beispielsweise nachtschichtarbeitende Pflegekräfte durch eine manuelle Erhöhung der Intensität der Raumbeleuchtung am frühen Morgen ihre steigende Müdigkeit reduzieren und gleichzeitig mit dieser Lichtintervention eine stärkere Störung ihrer zirkadianen Rhythmik und des darauffolgenden Schlafes auslösen. Eine Problematik, welche die Frage eröffnet, welchem Bedürfnis dabei Vorrang gegeben werden soll. Eine Einschränkung der Eingriffsmöglichkeit der Nutzer in die Lichtanlage (z.B. durch eine tageszeitabhängige Vorgabe der Spannbreite der Veränderbarkeit von Helligkeit und Farbtemperatur) ist hierbei eine vielfach diskutierte Option. Diese Einschränkung bedarf allerdings einer gründlichen Aufklärung der Nutzer, um Akzeptanzproblemen vorzubeugen.

Wie in Zukunft dieser Widerspruch zwischen kurzfristiger Bedürfnisbefriedigung und längerfristiger gesundheitlicher Wirkung einer HCL-Lichtanlage gelöst werden kann, bleibt ein spannendes Thema für zukünftige Forschungsprojekte. ▶

Anzeige



Licht wirkt

Für Planer und Architekten: licht.wissen 21 „Leitfaden Human Centric Lighting (HCL)“

- Aktuelle Infos auf 40 Seiten
- Hinweise zur Lichtplanung
- Werte für die biologische Wirkung

Download auf:

www.licht.de und www.all-about-light.org



ZWISCHENBILANZ

Sowohl die Betrachtung des derzeitigen Standes der Wissenschaft zu nicht-visuellen Lichtwirkungen und den daraus abgeleiteten Planungsempfehlungen als auch des Standes bisher umgesetzter HCL-Lichtkonzepte zeichnet für uns ein ernüchterndes Bild. Wissenschaftliche Wirksamkeitsnachweise sind unzureichend für eine Verallgemeinerung und damit derzeit nicht übersetzbar in Planungsvorgaben für wirkungsvolle HCL-Lichtkonzepte. Technologische Umsetzungen beschränken sich auf Kunstlichtinterventionen mit starren Farbtemperatur- und Intensitätswechseln und vergessen den Einsatz von Tageslicht. Schließlich kommen spontane individuelle Nutzerbedürfnisse den Intentionen einer HCL-Lichtanlage in die Quere. Diese Situation hatte und hat zur Folge, dass HCL-Lichtlösungen aus unserer Sicht bisher nicht den Markt erobern konnten, und dass der von der Lichtbranche erhoffte Mehrwert für die Nutzer vom Markt kaum nachgefragt und preislich abgegolten wird. Um dieser Situation (Stillstand?) zu entkommen, sind jedoch tiefgreifende Maßnahmen notwendig.

Die Wissenschaft betrieb bisher vielfach grundlagenorientierte nicht-visuelle Lichtwirkungsforschung, um kausale Wirkzusammenhänge zwischen spezifischen Lichtinterventionen und nicht-visuellen Reaktionen im Menschen zu finden. Zum Teil ist dies gelungen (z.B. in der Evaluierung negativer Auswirkungen einer nächtlichen

Beleuchtung). Andererseits war die von der Lichtindustrie betriebene nicht-visuelle Lichtwirkungsforschung darauf fokussiert, Nachweise für positive Effekte ihrer spezifischen Technologien zu finden und nicht allgemein gültige Erkenntnisse zu gewinnen. Zusammengenommen führte dies dazu, dass das Wissen über nicht-visuelle Lichtwirkungen heute lediglich bruchstückhaft vorhanden ist und daraus keine Planungsempfehlungen für HCL-Konzepte abgeleitet werden können, und dass HCL zur reinen Marketingstrategie verkommen ist.

Es hat sich damit ebenso herausgestellt, dass das Thema HCL derart komplex ist, dass zukünftig ein Fortschritt nur über die intensive Kollaboration wissenschaftlicher Gruppen und Bündelung der Kräfte gelingen kann. Zusätzlich zu den Laborstudien sind Feldstudien in naturalistischen Settings (z.B. in Industriehallen mit Schichtarbeitern, in Krankenhäusern und Altenheimen) mit großen Stichproben über längere Zeiträume notwendig. Die Einbeziehung von vulnerablen Personengruppen (mit Schlafstörungen, chronischen Schlaf-Wachrhythmusstörungen oder Stimmungsproblemen) und Personengruppen, die unter einem falschem Lichtregime leben (d.h. Lichtmangel am Tag und/oder zu viel Lichtexposition in der Nacht), sollte dabei ein besonderes Augenmerk geschenkt werden.

Die Lichtindustrie ist primär daran interessiert, spezifische Produkte und Technologien mittels Forschung zu legitimieren. Eine gute

Abb. 5: Schule am See, Hard, © Zumtobel, Foto: Jens Ellensohn



Abb. 6: Schule am See, Hard, © Zumtobel, Foto: Jens Ellensohn

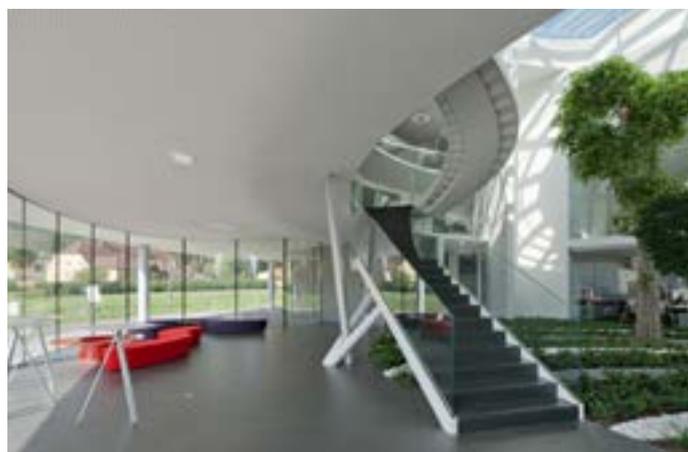
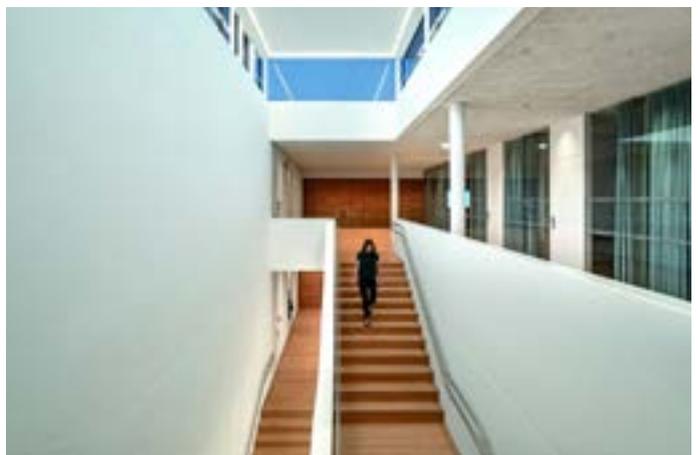


Abb. 7: Geislinger, Bad St. Leonhard im Lavanttal, © Bartenbach, Foto: Angelo Kaunat



Abb. 8: Geislinger, Bad St. Leonhard im Lavanttal, © Bartenbach, Foto: Angelo Kaunat

HCL-Lichtlösung benötigt aber vielmehr eine breit aufgestellte Dienstleistung, die auf Basis der momentanen wissenschaftlichen Erkenntnisse diejenigen Bedürfnisse der Endnutzer in der spezifischen Anwendung extrahiert, die mit einer Beleuchtung positiv beeinflusst werden können. Darauf aufbauend kann ein ganzheitliches Raumlichtkonzept erarbeitet werden, welches je nach Gegebenheit sowohl Kunst- als auch Tageslicht einbezieht, Sensorik und benutzerfreundliche Bedienschnittstellen implementiert und dem Nutzer in der Lichtsteuerung noch Chancen zur Verfügung stellt, in einem gewissen Ausmaß seine individuellen Lichtbedürfnisse zu stillen. Diesbezüglich wäre eine Neuorientierung der Lichtindustrie auf längerfristige Ziele hin wünschenswert. So sollte mit wissenschaftlichen Einrichtungen gemeinsam definiert werden, welche allgemeinen Fragen mittels Forschung beantwortet werden müssen, um das geschätzte Wertschöpfungspotential [18] von Human Centric Lighting entfalten zu können. Unabhängig davon können bereits jetzt in Form von kollaborativen Leuchtturmprojekten in realen Lebens- und Arbeitsumwelten aktuellste Erkenntnisse aus Forschung und visionäre technologische Möglichkeiten implementiert werden und somit WissenschaftlerInnen, EndnutzerInnen und VertreterInnen der Lichtindustrie als Inspirationsquelle für eine erfolgreiche Weiterentwicklung des Themas HCL dienen. ■

REFERENZEN

- [1] Xu Q, Lang CP (2018). Revisiting the alerting effect of light: a systematic review. *Sleep Medicine Reviews*, 41: 39-49.
- [2] Souman JL, Tinga AM, Te Pas SF, van EE R, Vlaskamp BNS (2018). Acute alerting effects of light: a systematic literature review. *Behav Brain res*, 337: 228-239.
- [3] Pachito DV, Eckeli AL, Desouky AS, Corbett MA, Partonen T, Rajaratnam SM, Riera R (2018). Workplace lighting for improving alertness and mood in daytime workers. *Cochrane Database Syst Rev*, 3: CD012243.
- [4] Lok R, Smolders KCHJ, Beersma DGM, de Kort YAW (2018). Light, alertness, and alerting effects of white light: a literature overview. *J Biol Rhythms*, 33(6): 589-601.
- [5] Kantermann T, Schierz C, Harth V (2018). Gesicherte arbeitsschutzrelevante Erkenntnisse über die nichtvisuelle Wirkung von Licht auf den Menschen. Verein zur Förderung der Arbeitssicherheit in Europa e.V. (VFA).
- [6] Tähkämo L, Partonen T, Pesonen AK (2019). Systematic review of light exposure impact on human circadian system. *Chronobiology International*, 36(2): 151-170.
- [7] Dautovich ND, Schreiber DR, Imel JL, Tighe CA, Shoji KD, Cyrus J, Bryant N, Lisech A, O'Brien C, Dzierzewski JM (2019). A systematic review of the amount and timing of light in association with objective and subjective sleep outcomes in community-dwelling adults. *Sleep Health*, 5(1): 31-48.
- [8] Canazei M, Bliem H, Weninger J, Pohl W, Weiss EM, Firulovic B, Berger A, Marth C (2019). Effects of adjustable dynamic bedroom lighting in a maternity ward. *Journal of Environmental Psychology*, 62:59-66.
- [9] Canazei M, Pohl W, Bauernhofer K, Papousek I, Lackner HK, Bliem HR, Marksteiner J, Weiss EM (2017). Psychophysiological effects of a single, short, and moderately bright room light exposure on mildly depressed geriatric inpatients: a pilot study. *Gerontology*, 63(4): 308-317.
- [10] Canazei M, Pohl W, Bliem HR, Weiss EM (2017). Acute effects of different light spectra on simulated night-shift work without circadian alignment. *Chronobiology International*, 34(3): 303-317.
- [11] Canazei M, Pohl W, Bliem HR, Martini M, Weiss EM (2017). Artificial skylight effects in a windowless office environment. *Building and Environment*, 124: 69-77.
- [12] Canazei M, Bassa D, Jimenez P, Papousek I, Fink A, Weiss EM (2019). Effects of an adjunctive, chronotype-based light therapy in hospitalized patients with severe burnout symptoms – a pilot study. *Chronobiology International*. Online first publication.
- [13] Schobersberger W, Blank C, Hanser F, Griesmacher A, Canazei M, Leichtfried V (2018). Impact of a single, short morning bright light exposure on tryptophan pathways and visuo- and sensorimotor performance: a crossover study. *Journal of Physiological Anthropology*, 37(1): 1-12.
- [14] CIE S 026/E:2018: CIE system for metrology of optical radiation for ipRGC-influenced responses to light. Veröffentlicht am 12. Jänner 2018.
- [15] Kommission Arbeitsschutz und Normung (2017). KAN-Positionspapier zum Thema künstliche, biologisch wirksame Beleuchtung und Normung. Verein zur Förderung der Arbeitssicherheit in Europa e.V. (VFA).
- [16] Repro-light (2018): End-user Survey. Requirements for Personalization. Download des Deliverables unter: <https://www.repro-light.eu/downloads>
- [17] Weninger J, Canazei M, Pohl W (2018). Die Wiederentdeckung des individuellen Lichtbedürfnisses. LICHT 4/2018. Pflaum Verlag.
- [18] Lighting Europe (2015). Quantified benefits of Human Centric Lighting. <https://www.lightingeurope.org/presentations/180-quantified-benefits-of-human-centric-lighting-april-2015>

LAUFENDE BARTENBACH FORSCHUNGSPROJEKTE

- [a] IEA Solar Heating and Cooling Technology Task 5.5.3: <https://projekte.ffg.at/projekt/2886447>
- [b] IEA Gebäudeintegrierte solare Fassaden für Lüftung, Heizung, Kühlung, Klimatisierung und Beleuchtung Task 56: <https://projekte.ffg.at/projekt/1797506>
- [c] FFG-Projekt »MOSCOW«: <https://projekte.ffg.at/projekt/3166933>
- [d] FFG-Projekt »BODYBUILD«: <https://projekte.ffg.at/projekt/2758233>
- [e] FFG-Projekt »LessIsMore«: <https://projekte.ffg.at/projekt/2808056>
- [f] INTERREG-Projekt »FaceCamp«: <https://www.facecamp.it/de/projekt>
- [g] EU-Projekt »reprolight«: <https://www.repro-light.eu/the-majority-of-europeans-want-better-workplace-lighting>

Weitere Informationen:

Autoren: Markus Canazei, Johannes Weninger, Wilfried Pohl
Bartenbach research & development, Rinner Straße 14, 6071 Aldrans, Österreich
