

Licht ist mehr als nur Helligkeit

EINHALTEN DER NORMEN REICHT NICHT AUS Als Thema mit enormen Zukunftspotenzial gilt »Human Centric Lighting«. Denn der Mensch ist durch die Evolution auf die Dynamik des Tageslichts geeicht. Um die Leistungsfähigkeit in unserer Kunstlicht-dominierten Welt zu erhalten, sind neue Ansätze bei der Beleuchtungsplanung erforderlich.



AUF EINEN BLICK

MEHR ALS NORM Damit sich Menschen unter künstlichem Licht wohlfühlen, reicht es nicht aus, die normativ geforderten Helligkeitswerte einzuhalten

DYNAMIK IST GEFRAGT LEDs ermöglichen heute eine dynamische Nachbildung des Tageslichtverlaufs und so eine »natürlichere« Beleuchtung

› **Bild 1:** Mit dekorativen Leuchten »Ondaria«, bestückt mit warmweißen und kaltweißen LEDs, lassen sich die Tageslichtverhältnisse simulieren, beispielsweise in Pflegeheimen

Der Ansatz für die Lichtplanung verändert sich derzeit massiv. So stand in der Vergangenheit beispielsweise bei Büroarbeitsplätzen die Erfüllung der Anforderungen in DIN EN 12464-1 im Vordergrund, d.h. 500lx Beleuchtungsstärke auf der Nutzfläche oder annähernd blendfreies Licht. Als etwas komfortabler und mehr auf die Bedürfnisse der Mitarbeiter ausgerichtet stellen sich individuell steuerbare Lösungen dar, bei denen die Beleuchtung auf die Sehaufgabe abgestimmt werden kann, wie Besprechung, Arbeit am PC oder Präsentation.

Nun rückt ein weiteres Kriterium in den Fokus der Lichtplanung, und zwar die Förderung des menschlichen Wohlbefindens. Auslöser war die Erkenntnis, dass das natürliche Licht mit seiner Dynamik, d.h. der tages- und jahreszeitlichen Veränderung, die innere Uhr des Menschen »taktet«. Verantwortlich dafür ist der erst im Jahr 2002 entdeckte dritte Fotorezeptor in der Netzhaut des Auges, der das Pigment Melanopsin enthält und besonders sensibel auf sichtbares blaues Licht reagiert.

Mit dem Wissen um das circadiane System und die biologische Lichtwirkung reicht es nicht mehr, einen Raum oder eine Nutzfläche normgerecht und energieeffizient zu erhellen. Gleichrangig mit den etablierten Qualitätsmerkmalen einer guten Beleuchtung für den Sehvorgang, sollte das richtige Licht zur richtigen Zeit zur Verfügung gestellt

und so der evolutionären Prägung des Menschen entsprochen werden. Denn zu viel Licht in der biologischen Nacht, wenn der Körper auf Dunkelheit eingestellt ist, kann ebenso negative Auswirkungen haben, wie zu wenig Licht und damit eine Unterversorgung am Tage, wenn eigentlich helles Tageslicht erwartet wird. Solche abgestimmten Lichtszenarien, unter dem Begriff »Human Centric Lighting« zusammengefasst, unterstützen wichtige biologische Funktionen. Die Helligkeit – egal ob mit natürlichem Tageslicht oder mit Kunstlicht – sollte soweit wie möglich an die Bedürfnisse des Individuums angepasst sein und, falls dies nicht möglich ist, zumindest nicht im Widerspruch dazu stehen [1]. Auch bei den Farbtemperaturen sollte die Erwartungshaltung des Menschen berücksichtigt werden. Dies gilt ebenfalls für den Einsatz von stimulierendem blauen Licht mit Schwerpunkt bei einer Wellenlänge von etwa 430nm [2].

Licht eicht die innere Uhr

Den Wendepunkt für die Gestaltung von Beleuchtungslösungen, die verstärkt die Wohlfühlatmosphäre in den Mittelpunkt rücken, bildete im Jahr 2002 die Entdeckung des dritten Fotorezeptors in den Ganglienzellen des menschlichen Auges. Der so genannte »Non-Image-Forming«-Rezeptor (NIF) erzeugt anders als Zapfen und Stäbchen keine



Quelle: Zumtobel

Bilder im Gehirn, sondern steuert Stoffwechselfvorgänge und Hormonreaktionen. Mit Beginn der Dämmerung schüttet die Zirbeldrüse, ein kirschkerngroßes Nervenzellbündel im Gehirn, Melatonin aus. Der Mensch fühlt sich schläfrig.

Wenn z. B. mittags Licht, vor allem mit hohem Blauanteil, auf den NIF-Rezeptor trifft, dann regt dieser die Ausschüttung von Glücks- bzw. Stresshormonen an. Serotonin und Cortisol senken den Melatoninspiegel und bringen den Körper auf Touren. Die durch Licht beeinflusste innere Uhr steuert Schlaf- und Wachphasen, aber auch Herzfrequenz, Blutdruck und Stimmung – also den circadianen Rhythmus. Dass mittlerweile die Chronobiologie und das damit verknüpfte »Human Centric Lighting« als etabliert gelten, verdeutlichen nicht nur der Fachbericht DIN SPEC 67600 [3] und der im November 2014 herausgegebene Normentwurf DIN EN 16791 [4], sondern auch die vielfältigen Gremien und Tagungen, die sich dem Thema widmen, wie die »Kommission Ar-

beitsschutz und Normung« (KAN) [5] oder das 3. Praxisforum Biologische Lichtwirkungen am 23. und 24.9.2015 in Weimar.

Der circadiane Rhythmus wird in unserer Kunstlicht-dominierten Welt – angefangen vom Arbeitsplatz in Verwaltung und Industrie, über Krankenhäuser und Pflegeheime, in Ladengeschäften bis hin zur eigenen Wohnung – stark beeinflusst, oft mit negativen Auswirkungen. Diese verstärken sich noch, wenn der Bezug zur Außenwelt fehlt, sodass die Veränderungen des Tageslichts nicht zu spüren sind, oder beispielsweise bei Schichtarbeit. Vielfältige Studien haben untersucht, wie man in unterschiedlichen Lebensbereichen durch Tageslichtsimulation, also einer stetigen Veränderung der Farbtemperatur über den gesamten Tag von warmtonig am Morgen über kühles bläuliches Licht am Mittag bis zum abendlichen Warmweiß, oder auch durch Farbeffekte, diesen Negativfolgen entgegenwirken kann.

Zukunft der Beleuchtungsplanung

Human Centric Lighting, das die Menschen und ihr Wohlbefinden in den Mittelpunkt stellt, zeigt nicht nur bei medizinisch-therapeutischer Anwendung seine Wirkung, sondern in fast allen Arbeits- und Lebensbereichen. Allerdings gilt es, die Auslegung der jeweiligen Situation anzupassen, denn die Lichtbedürfnisse eines Menschen ändern sich stetig im Laufe seines Lebens [6]. Daraus resultiert, dass sehr differenzierte Anforderungen an eine biologisch wirksame Be-



Quelle: Lumitech

Bild 2: Die Leuchte SOVT Campus mit warmweißen und kaltweißen LEDs lässt Tageslichtverhältnisse beispielsweise in fensterlosen Badezimmern entstehen, wie sie oft in Krankenhäusern oder Pflegeheimen anzutreffen sind

leuchtung gestellt werden. Und für die Umsetzung bietet gerade die LED-Technik mit ihrer mittlerweile ausgezeichneten Lichtqualität, einer großen Bandbreite an Farbtemperaturen und der einfachen Ansteuerung eine Lösung. Leuchten werden in der Regel mit warmweißen (Farbtemperatur 3000K) sowie kaltweißen (herstellerspezifisch 6000K bzw. 6500K) LEDs bestückt. Intelligent angesteuert, lassen sich über die Farbmischung individuelle Szenen konfigurieren, die durch eine Veränderung von Lichtintensität und Lichtfarbe beispielsweise den Tagesverlauf nachempfinden.

Noch gibt es zu wenige Erkenntnisse, die es erlauben, die positiven Wirkungen von Licht zu quantifizieren und damit sowohl betriebs- als auch volkswirtschaftlich zu be-



Quelle: Philips

Bild 3: Der großformatige LED-Screen in der Charité Berlin simuliert Tageslicht, lässt sich aber auch mit medialen Inhalten bespielen, um durch eine angenehme Atmosphäre die Gesundung der Patienten zu fördern



Quelle: Osram

Bild 4: Die Schüler im Gymnasium Miesbach profitieren von der biologisch wirksamen Lichtlösung, bei der ein künstlicher Himmel die Tageslichtveränderung nachbildet

rechnen. Allerdings kam eine Dissertation an der Universität Graz [7], die diverse Studien ausgewertet hat, zu dem Ergebnis, dass Human Centric Lighting unter anderem Konzentrationsfähigkeit und Produktivität signifikant verbessert. So verringerten sich in Schulen die Fehlerquoten um mehr als 30 %, während die Arbeitsgeschwindigkeit um 30 % zunahm. An Arbeitsplätzen steigerte sich die Produktivität der Mitarbeiter um fast 20 % bei gleichzeitig höherer Leistungsbereitschaft. In Pflegeheimen und Krankenhäusern wurde neben einer tagsüber erhöhten Aktivität auch eine positive Auswirkung auf die Gesundheit und ein deutlich besseres Schlafverhalten in der Nacht beobachtet.

Licht als Therapieform

Die Möglichkeit, mit Licht die Lebensqualität älterer dementer Menschen im Heim zu verbessern, ist in vielen Studien gezeigt worden und findet Eingang in die Planung neuer Pflegeheime. Nicht nur große Lösungen wie Lichtdeckenfelder zeigen hier ihren Nutzen. Auch dekorative Einzeleuch-

ten, wie die Pendelleuchte »Ondaria« von Zumtobel, Dornbirn/Österreich, (**Bild 1**), können durch intelligente Ansteuerung von LEDs unterschiedlicher Farbtemperatur Tageslichtverhältnisse simulieren und gleichzeitig für eine wohnliches Ambiente sorgen. Ebenso lassen sich in fensterlosen Badezimmern, wie sie oft in Pflegeheimen oder Krankenhäusern anzutreffen sind, stimulierende Lichtstimmungen erzeugen. Dafür eignet sich z. B. die Leuchte »SOVT Campus« von Lumitech, Jennersdorf/Österreich, mit ihren warmweißen und kaltweißen LEDs (**Bild 2**).

Erste Kliniken beginnen, Intensivstationen oder Therapiebereiche mit tageslichtähnlicher Beleuchtung auszustatten, nachdem Studien bewiesen haben, dass Patienten dadurch schneller genesen und die Klinik früher verlassen können. Darauf setzt beispielsweise das Berliner Charité Campus Virchow-Klinikum. Auf der Station 8i, einer Spezialabteilung für überwiegend Patienten mit akutem Lungenversagen in der Klinik für Anästhesiologie mit Schwerpunkt operative Intensivmedizin, ist dafür ein als Raum im Raum konstruierter LED-Screen von Philips, Hamburg, installiert (**Bild 3**), der sich zudem mit medialen Inhalten bespielen lässt. Von der Decke leicht abgehängt und zum Fußende hin in Richtung des Patienten gewölbt, füllt die Lichtdecke das komplette Blickfeld aus. Dadurch entsteht der Eindruck, dass

sich nicht nur die Lichtstimmung, sondern die gesamte räumliche Umgebung ändert. Der behandelnde Arzt gibt auf einer Tablet-Oberfläche Parameter zum aktuellen Gesundheitszustand ein. Das daraus resultierende Programm erzeugt eine genau auf den Patienten abgestimmte Licht- und Stimmungssituation, die seine Gesundung fördern soll. Da es bisher nur wenige Daten über die gesundheitlichen Effekte steuerbarer ganzheitlicher Raumkonzepte gibt, wird dieser Aufbau außerdem zur Forschung genutzt – von Intensivmedizinern, Psychologen und Schlafforscher der Charité zusammen mit dem Berliner Architekturbüro Graft und dem Gestaltungsstudio Art+Com.

Licht als motivierende Unterstützung

Aber auch in Schulen oder an Arbeitsplätzen, wo eher die Produktivität gesteigert werden soll, zeigen solch dynamische Lichtlösungen – wenn die sonstigen Rahmenbedingungen stimmen – ihr Potenzial. So lässt sich die schulische Leistung verbessern, wie kognitive Verarbeitungsgeschwindigkeit, Konzentration und Gedächtnis. Allerdings sind die Anforderungen an solche Szenarien sehr komplex, wie der Vorschlag in DIN SPEC 67600 [3] zeigt. Ein motivierendes Lernumfeld entsteht durch den gezielten Wechsel zwischen Aktivieren und Beruhigen oder Standardbeleuchtung im Raum, d.h. einer genauen Steuerung von Farbtemperatur und Beleuchtungsstärke [6]. Auch andere Ansätze werden noch untersucht. Die Schüler im Gymnasium Miesbach profitieren von einer biologisch wirksamen Lichtlösung in ihren Klassenräumen (**Bild 4**), bei der das ergänzende Kunstlicht den Tageslichtverlauf qualitativ wie quantitativ nachempfunden. Mit Anbauleuchten »Novaluna« und Wandflutern »Comfit« von Osram, München, aufgehellte Wand- und Deckenflächen wirken – aufgrund des kaltweißen Lichts mit etwa 8000K wie in der Natur um die Mittagszeit – ähnlich wie der natürliche Himmel. Um die gewohnten Lichtfarbenunterschiede zu erzeugen, werden an der Fensterseite die Wandvorsprünge mit warmweißem Streiflicht, ähnlich den Sonnenstrahlen, hervorgehoben. Dagegen ist neutralweißes Licht auf die Nutzfläche der Arbeitstische, also für die eigentliche Sehaufgabe, gerichtet. All dies verbessert die Raumwahrnehmung. Ein »Dali-/e.cue«-System von Osram und Traxon Technologies steuert die circadiane Lichtsequenz, die über einen Schultag und auch über das Schuljahr



Quelle: Zumtobel

Bild 5: LED-Leuchte »Lightfields« mit Tunable-White-Technologie bietet die Voraussetzung, um sowohl die Lichtstimmung auf die Tätigkeit bzw. Sehaufgabe, wie Besprechung, Arbeit am PC oder Präsentation, abzustimmen als auch die Tageslichtsituation zu simulieren

automatisch abläuft, ebenso wie weitere programmierte Szenarien.

Die Lichtplanung für Büro- und Industrie-arbeitsplätze orientiert sich nur in seltenen Fällen an den biologischen Erfordernissen. Erste Studien haben gezeigt, dass bestimmte Lichtszenarien Leistungsfähigkeit, Konzentrationsvermögen und Wohlbefinden steigern können. Zusammenhänge zwischen der Beleuchtung bei der täglichen Arbeit, der nächtlichen Erholungsphase und vermehrt auftretenden Krankheitserscheinungen, wie chronische Müdigkeit, Schlafstörungen, Depressionen, Burn-Out usw., sind derzeit noch nicht endgültig geklärt [1].

Allerdings versucht man zunehmend, auch in der Arbeitswelt ergänzend zur Tageslichtnutzung Beleuchtungslösungen zu im-

plementieren, die das Wohlbefinden fördern, also dem Gedanken des Human Centric Lighting Rechnung tragen. Jedoch sind in modernen Büros mehrere Kriterien zu berücksichtigen, wie die flexible Arbeitsplatzgestaltung mit Teamarbeitsplätzen oder Kommunikationsinseln, aber ebenso die unterschiedlichen Tätigkeiten wie Arbeit am Tablet bzw. PC, Besprechung oder Präsentationen. Hier bietet Tunable White, d.h. die stufenlose Veränderung zwischen warmweißem (Farbtemperatur 3000K) und kaltweißem Licht (6000K) einen Ansatz, denn so lässt sich die Lichtatmosphäre sowohl an die Raumnutzung anpassen als auch die an tages- und jahreszeitliche Veränderung des Tageslichts simulieren. Die LED-Leuchtenfamilie »Lightfields« von Zumtobel mit Tunable-White-



Quelle: Trilux

Bild 6: Gerade an Arbeitsplätzen ohne Bezug zum Außenraum wie in Leitwarten verbessert sich die Konzentrationsfähigkeit durch die Tageslichtsimulation; dafür ist die Einbauleuchte »Belvico« mit warmweißen und kaltweißen LEDs bestückt



Quelle: Brumberg

Bild 7: Die Beleuchtungslösung »vitaLED smart« sorgt für eine Wohlfühlatmosphäre in Wohnräumen, Bad oder Eingangsbereich

Technologie (**Bild 5**) bietet darüber hinaus durch die Mikropyramidenoptik (MPO+) eine ausgezeichnete Lichtqualität durch Blendfreiheit und Leuchtdichtebegrenzung.

Überwiegend lassen sich die Erkenntnisse auf den Industriebereich übertragen, da es hier viele Arbeitsplätze mit anspruchsvollen Sehaufgaben gibt. Tageslichtnutzung hat mittlerweile auch hier Priorität, und die Simulation der natürlichen Veränderung bringt gerade in tageslichtarmen Hallen Produktivitätszuwachs bei gleichzeitig verringerter Fehlerquote. Eine besondere Herausforderung ist dann gegeben, wenn die Menschen ihren Job in Räumlichkeiten ohne Bezug zur Außenwelt verrichten, oder bei Schichtarbeit. Außerordentliche Erfolge verzeichnen hier abgestimmte Lichtszenarien mit sehr hohen Beleuchtungsstärken und großem Blauanteil bzw. die Tageslichtsimulation, wie man sie mit der Einbauleuchte »Belvico« von Trilux, Arnsberg, – bestückt mit warmweißen und kaltweißen LEDs – umsetzen kann (**Bild 6**).

Wohlbefinden im privaten Reich

Das Wohlbefinden fördernde Lichtstimmungen erlangen auch im Privatbereich immer mehr an Bedeutung, denn das Bewusstsein für eine angenehme Raumatmosphäre hat sich in den letzten Jahren stark entwickelt. Als professioneller Einstieg in dynamisches Farblicht für Wohnräume, Bad oder Eingangsbereich gilt die Beleuchtungslösung »vitaLED smart« von Brumberg, Sundern. Das Vier-Kanal-System zeichnet sich durch einfache Installation und Steuerung ebenso wie intuitive Bedienung aus. Für die Installation benötigt man lediglich Netzgerät, Bluetooth-Verteiler, Verbindungskabel und Leuch-

ten. Über vorhandene Schalter oder eine App auf Smartphone bzw. Tablet lässt sich das Farblichtsystem steuern. Die Signale werden per Bluetooth übertragen. Beim Einschalten stellt die »vitaLED«-Anlage die zuletzt definierte Lichtfarbe im jeweiligen Raum oder in der ausgewählten Zone ein, denn der Bluetooth-Verteiler in Reichweite wird automatisch erkannt. So wird aus einem normalen Bad eine Wellnessoase (**Bild 7**).

Zukunftspotenzial

Biologisch wirksame Beleuchtungslösungen, die das menschliche Wohlbefinden und die Gesundheit in den Fokus stellen, steigern das Leistungsvermögen oder verbessern – im therapeutischen Bereich – die Lebensqualität. Beides wirkt sich wirtschaftlich positiv aus. Und das Thema hat erhebliches Zukunftspotenzial. Schon im Jahr 2013 hatte eine gemeinsame Studie des Fachverbands Licht im ZVEI, des Branchenverbands Lighting Europe und des Beratungsunternehmens A.T. Kearney »Human Centric Lighting« als eines der Zukunftsthemen der europäischen Lichtbranche benannt, das hohe Wachstumsraten verspricht [8]. Bis zum Jahre 2020 wird ein Anteil von 7 % am allgemeinen Beleuchtungsmarkt in Europa erwartet. Dabei wird in Nordeuropa mit der raschesten Marktdurchdringung gerechnet, und Deutschland wird in Bezug auf die absoluten Zahlen den größten Marktanteil haben.

Literatur

[1] Dipl.-Phys. Dieter Lang: Biologische Wirkung. In: LiTG-Publikation Nr. 29:2012, S.30/31. Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e. V. (LiTG), Berlin

- [2] Peter Dehoff: Human Centric Lighting. What we know and what we needed. LED professional Symposium +Expo (LpS2015), 22. bis 24.9.2015, Bregenz
- [3] DIN SPEC 67600:2013-04: Biologisch wirksame Beleuchtung – Planungsempfehlungen. Beuth Verlag, Berlin 2013
- [4] DIN EN 16791:2014-11: Bewertung von Strahlung für nichtvisuelle Wirkungen von Licht bei Aufnahme über die Augen. Beuth Verlag, Berlin 2014
- [5] KAN-Positionspapier zum Thema künstliche, biologisch wirksame Beleuchtung in der Normung. Kommission Arbeitsschutz und Normung (KAN), Sankt Augustin, August 2015
- [6] Andreas Pickelstein: Human Centric Lighting: Biologisch wirksames Licht für junge und alte Menschen. 6. Dortmunder Lichttag, 19.2.2015
- [7] Dr. Reinhold Hetzel: Experimental studies on electroluminescence. Dissertation Universität Graz, Verteidigung 2.9.2014
- [8] Human Centric Lighting: Going Beyond Energy Efficiency. Market Study. Lighting-Europe, German Electrical and Electronic Manufacturers' Association (ZVEI), Juli 2013

AUTOR

Dipl.-Ing. Ursula Sandner
Sandner – Kommunikation & Service,
Heusenstamm
