

# Das richtige **Licht** zur richtigen Zeit

Eines der Top-Themen der Light + Building 2018 (18. bis 23. März) lautet „Ästhetik und Wohlbefinden im Einklang“. Damit zielt die Messe auf das Thema Human Centric Lighting (HCL) ab, das mehr und mehr an Bedeutung gewinnt. Das Forschungsfeld ist nach wie vor relativ jung. Erst 2002 konnten Wissenschaftler die Wirkungsweise der lichtempfindlichen retinalen Ganglienzellen des menschlichen Auges nachweisen, die biologische Prozesse im Körper, wie die innere Uhr, steuern. Diese Wirkungsmechanismen sind belegt und auf klinischer Ebene überprüft. Bei den Anwendungsstudien gibt es noch Bedarf.

Aktuell laufen zwei Praxisstudien, die vom Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik Umsicht begleitet und vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert werden. Bevor wir Ihnen diese Studien vorstellen, haben wir mit Birgit Bierbaum und Matthias Boeser von dem an einer Studie beteiligten Büro lichtraumstadt Planung GmbH aus Wuppertal über die grundsätzlichen Herausforderungen bei der Einrichtung eines circadianen Beleuchtungssystems gesprochen. Die Gespräche zusammengefasst hat Bianca Schmidt.

**IF:** Human Centric Lighting und circadiane Beleuchtung wird oft in einem Atemzug genannt. Ist das korrekt?

**Birgit Bierbaum:** Die Begriffe sollten nicht gleichgesetzt werden. Von einer circadianen Beleuchtung spricht man, wenn eine Wirkung auf das circadiane System, das heißt auf die innere Uhr eines Menschen beabsichtigt wird. Der Begriff Human Centric Lighting ist allgemeiner gehalten und sagt erst einmal nur aus, dass sich die Beleuchtung an den Bedürfnissen des Menschen orientiert.

**IF:** Was ist grundsätzlich bei der Planung circadianer Beleuchtung zu beachten?

**Bierbaum:** Zuerst muss man einmal festhalten, dass es ein sehr komplexer Planungsprozess ist, der ein Miteinander der verschiedenen Planer voraussetzt. Es müssen also Architektur, Innenraumgestaltung und Elektrotechnik zusammengeführt werden. Das ist die Grundvoraussetzung für die Realisierung einer wirksamen circadianen Beleuchtung.

Zudem müssen drei Rahmenbedingungen geklärt werden. Das ist zum einen die Architektur selbst. Hier gilt es festzustellen, wie das Gebäude in der Umgebung steht, wie die Tageslichtsituation in den Räumen ist und wie die Räume genutzt werden. Als Zweites müssen die internen Faktoren geklärt werden. Das heißt, wie sind die Räume gestaltet, wie sind die Tageslichtöffnungen beschaffen, und auch die Farbgebung der Raumboflächen muss sehr genau betrachtet und geplant werden. Und zu guter Letzt muss ein Nutzerprofil erstellt werden. Also, was passiert in den Räumen, wird dort gearbeitet oder ist es ein Wohnbereich

und wer sind die Nutzer, welche Bedürfnisse haben diese?

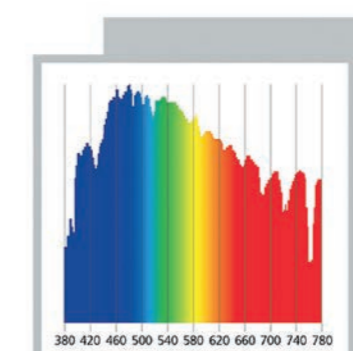
**IF:** Liegen hierin auch die häufigsten Fehlerquellen?

**Matthias Boeser:** Ja. In dem Moment, in dem nicht alle Rahmenbedingungen beachtet werden, wird es schwierig. Ein Fehler, der meines Erachtens sehr oft gemacht wird, ist, dass am Anfang die Zielsetzungen nicht oder nur unzureichend geklärt werden. Es ist einfach ein Unterschied, ob die Beleuchtung in einem Umfeld mit kranken Menschen, in Büro- oder Industrieumgebungen oder in einer privaten Umgebung eingesetzt wird. Unser Projekt verfolgt mit der circadianen Beleuchtung in erster Linie eine Unterstützung und Stabilisierung des natürlichen Tagesablaufs. Wir lehnen das Manipulieren von Menschen mit Licht ab.

Für die Planung eines circadianen Beleuchtungssystems gibt es kein Patentrezept, sondern die Anlage muss sehr individuell ausgelegt und dimensioniert sowie der Verlauf von Lichtintensität und -farbe entsprechend der Erfordernisse angepasst werden.

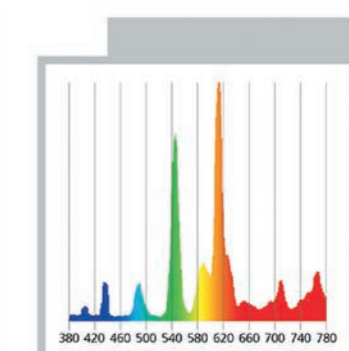
**IF:** Ist es sinnvoll, dass sich die circadiane Beleuchtung durch den Einzelnen steuern lässt?

**Bierbaum:** Nur bedingt. Natürlich sollte niemand das Gefühl haben, er werde durch die Beleuchtung beeinflusst und fremdbestimmt. Das unterstützt auch nicht die Akzeptanz solcher Systeme. Auf der anderen Seite sollte eine komplette Fehleinstellung der Anlage vermieden werden. Zum Beispiel sollte jemand, der abends lange arbeitet, nicht die Möglichkeit haben, sich



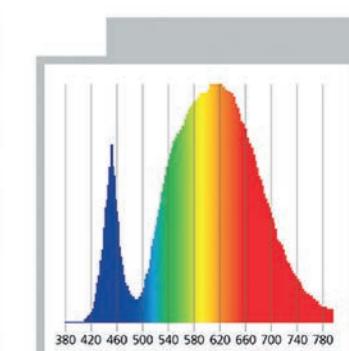
**Sonnenlicht**

Das Sonnenlicht zeigt das volle Farbspektrum, welches sich über den Tag dynamisch verändert.



**Leuchtstoff**

Leuchtstoff bildet nur geringe Teile des Farbspektrums ab.



**LEDs**

LEDs sind variabel einstellbar und können flexibel das volle Farbspektrum abbilden.

**Birgit Bierbaum** hat Architektur studiert und ihren Master in Architectural Lighting Design in Wismar gemacht. Gemeinsam mit Matthias Boeser, der Lichttechnik studiert hat, arbeitet sie am Projekt „Silverlighting“.

Lichtspektren von Sonnenlicht (links), Leuchtstoff (Mitte) und LEDs (rechts). Durch Verwendung unterschiedlicher LEDs kann das Farbspektrum variabel komponiert werden. Fotos: Fraunhofer Umsicht

das Licht kalt-weiß und sehr hell einzustellen. Das läuft klar gegen den natürlichen Rhythmus.

**Boeser:** Das richtige Licht zur richtigen Zeit beinhaltet, dass es ein falsches Licht zur falschen Zeit geben kann. Das muss vermieden werden. Dieses Thema wird auch von der Kommission Arbeitsschutz und Normung diskutiert. Zum Beispiel darf es in industriellen Zusammenhängen wie der Schichtarbeit keine manipulative Anwendung geben. In diesem Zusammenhang möchten wir darauf hinweisen, dass eine Überprüfung und Wartung circadianer Beleuchtungslösungen in festgelegten Zeitintervallen sehr sinnvoll ist, da so sicher-

stellt werden kann, dass die Anlage tatsächlich betrieben wird, wie sie ursprünglich ausgelegt wurde.

**IF: Können die unterschiedlichen Chronotypen bei solchen Beleuchtungsanlagen berücksichtigt werden?**

**Boeser:** Das muss sogar der Fall sein, gerade weil wir den natürlichen Tagesablauf unterstützen und den Menschen nicht manipulieren wollen. In einem Büro, in dem viele Menschen mit unterschiedlichen Chronotypen sitzen, ist das natürlich schwieriger, aber das ist ein Problem unserer modernen Arbeitswelt. In einem Büro muss zunächst die Beleuchtung arbeits-

platzkonform gestaltet sein. Darüber hinaus kann eine circadiane Beleuchtung, die morgens über kühleres weißes Licht in hoher Dosierung eine allgemein aktivierende Wirkung erzeugt, für alle Mitarbeiter eine Ergänzung zu ggf. mangelndem Tageslicht darstellen. Zum Abend hin sollte die Beleuchtung dann in Vorbereitung auf die Nacht wärmeres weißes Licht in geringerer Dosierung bieten, ähnlich dem natürlichen Verlauf des Tageslichtes.

**IF: Ist circadiane Beleuchtung ein Ersatz für echtes Tageslicht?**

**Bierbaum:** Ganz klar: Nein! Und sie kann es auch niemals sein. Was das Tageslicht

an Lichtmenge und Lichtspektrum leistet, kann eine künstliche Beleuchtung nicht bieten. Das ist auch gar nicht unser Ansatz. Vielmehr geht es darum, die bestmögliche Kunstlichtsituation für den individuellen Menschen und für die individuelle Situation zu schaffen. Das kann nicht bedeuten, dass Tageslicht ersetzbar ist. Umgekehrt müssen Menschen, egal welchen Alters, auch weiter nach draußen gehen. Die circadiane Beleuchtung sollte nicht als Ausrede benutzt werden. Das wäre nicht in ihrem Sinne.

**Boeser:** Wir orientieren uns an natürlichem Tageslicht, wir ahmen es nach, aber wir können es nicht ersetzen.



Bei der Anordnung der Deckenleuchten im „Silverlighting“-Projekt waren Schattenbildung und Spiegelungen auf dem Boden unbedingt zu vermeiden. Menschen mit demenziellen Erkrankungen können diese nicht einordnen und reagieren entsprechend verunsichert.

Im Gemeinschaftsbereich der Wohngemeinschaft der Sozialwerk St. Georg Niederrhein gGmbH verbreitet das circadiane Beleuchtungssystem gleichmäßiges, direkt-indirektes Licht von den Pendelleuchten und der Decke ausgehend und das natürliche Tageslicht in seinem Verlauf nachahmend.

Birgit Bierbaum und Matthias Boeser sind Teil des Projekt-Konsortiums der „Silverlighting“-Studie. Mit von der Partie ist weiterhin das Fraunhofer Umsicht, die Hochschule Ruhr West, Campus Bottrop sowie die Sozialwerk St. Georg Niederrhein gGmbH, Duisburg. Das Projekt „Silverlighting“ startete im Frühling 2015 und wird im März dieses Jahres seinen Abschluss finden.

Zielsetzungen gab es mehrere: Zum einen sollte der Einfluss eines circadianen Beleuchtungssystems auf Menschen mit demenziellen Erkrankungen erforscht und zum anderen eine mobile Beleuchtungslösung entwickelt werden, die auch im häuslichen Umfeld, ohne großen Installationsaufwand und mit einfacher Bedienung, eingesetzt werden kann. Ein weiteres Ziel war, die Technik, hier insbesondere die Steuerungstechnik, voranzubringen. „In der Produktion entsprechender Leuchten und Leuchtmittel sind die Hersteller schon sehr weit, allerdings stellt die Ansteuerung einige Anforderungen, die noch nicht umgesetzt sind“, erklärt Martin Distelhoff, Projektleiter „Silverlighting“ bei Fraunhofer Umsicht.

Dazu wurde in einer Wohngemeinschaft für Menschen mit demenziellen Erkrankungen der Sozialwerk St. Georg Niederrhein gGmbH in Duisburg ein circadianes Beleuchtungssystem installiert. „Wir haben großes Glück, die Sozialwerk St. Georg Niederrhein gGmbH gefunden zu haben. Der Fachpflegebetrieb hatte bereits vor Projektbeginn umfassende Erfahrungen mit

der Anwendung der technischen Assistenz gesammelt und diese nachhaltig in ihrem Angebot implementiert“, erklärt Boeser. „Im Vordergrund stehen das selbstbestimmte Leben und die Unterstützung der Bewohner in allen lebenspraktischen Angelegenheiten.“ Der Einsatz circadianer Beleuchtung empfiehlt sich bei Menschen mit demenziellen Erkrankungen in besonderer Weise, da ein gestörter Schlaf-Wach-Rhythmus ein typischer Bestandteil des Krankheitsbildes ist.

Zu Beginn des Projekts verschafften sich die Lichtplaner vom Büro licht|raum|stadt Planung GmbH erst einmal einen Eindruck von den Räumlichkeiten und der Innenraum-Gestaltung. Dabei stellte man fest, dass die Farbgebung der Raumoberflächen sehr dunkel gehalten war, was sich beim Einsatz von meist indirektem Licht ungünstig auswirkt. Insgesamt mussten 300 Meter Kabel neu verlegt, vorhandene Bewegungsmelder und Taster integriert und die Decken gestrichen werden, bevor die 66 Deckenleuchten mit 400 bzw. 600 mm Durchmesser installiert werden konnten. Jede Leuchte verfügt über zwei verschie-

dene Arten von LEDs mit Farbtemperaturen von 3.000 und 6.500 Kelvin. Auf diese Weise kann das zur jeweiligen Tages- und Nachtzeit gehörige Farbspektrum optimal abgebildet werden.

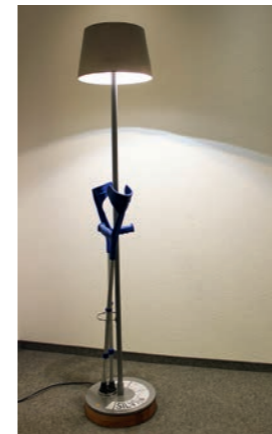
Von Anfang an in das Projekt involviert waren sowohl die Angehörigen der Bewohner wie auch das Pflegepersonal. Schließlich galt es, die individuellen Bedürfnisse und Gewohnheiten herauszufinden. In allen Räumen gibt es ein einheitliches Lichtprofil, welches sich automatisch im Verlauf des Tages in seiner Lichtfarbe und Intensität verändert. In den Gemeinschaftsräumen sind dies Pendelleuchten, welche zum großen Teil über Bewegungsmelder gesteuert werden. In den privaten Wohnräumen gibt es neben zwei Pendelleuchten, die über Wandtaster von den Bewohnern individuell ein- und ausgeschaltet werden können, eine Stehleuchte in Bettnähe, welche ebenfalls individuell geschaltet werden kann. „Wir haben die Aufsteh- und Zubettgeh-Gewohnheiten der Bewohner erfasst und den Verlauf der Lichtintensität und -farbe darauf abgestimmt“, erklärt Bierbaum. Dem Pflegepersonal



Projektleiter „lights“ Rasit Özgüc.  
Fotos: Fraunhofer Umsicht

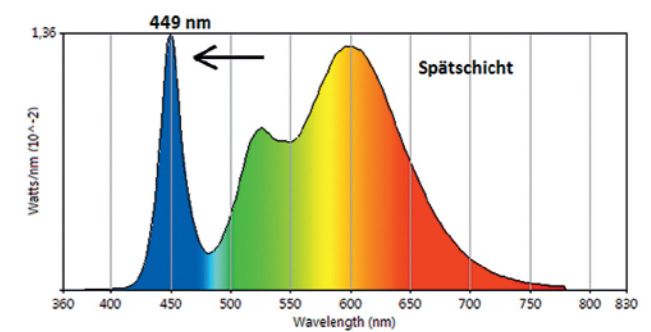
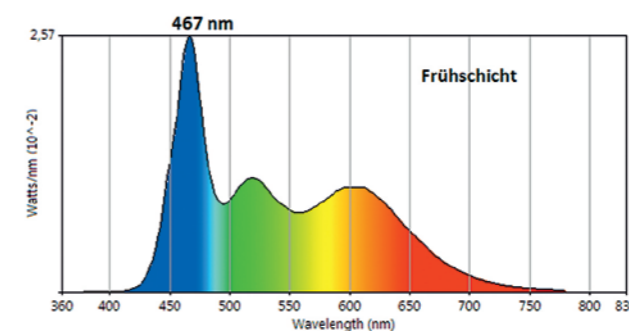


Martin Distelhoff, Projektleiter „Silverlighting“ bei Fraunhofer Umsicht.



Für die individuelle Beleuchtung in häuslichen Wohnumgebungen wurde eine Stehleuchte entwickelt. Hier ein Prototyp, der mit LEDs in den Lichtfarben 3.000 K und 6.500 K ausgerüstet ist.

kommt in dem Projekt noch eine weitere Aufgabe zu. Für jeden Bewohner muss durch das Pflegepersonal der Tagesverlauf dokumentiert werden. „Wir haben dazu eine App entwickelt, mit der sich dies effizient und ergonomisch bewerkstelligen lässt“, erklärt Distelhoff. „Schließlich sollten die Pflegekräfte nicht zu sehr mit der Dokumentation belastet werden.“ Damit werden zum Beispiel Daten zum Aktivitätsgrad, Bewegung und Schlafverhalten erfasst. Zusammen mit den Informationen der Mitarbeitenden kann das „Silverlighting“-Team dann Aussagen zum Wohlbefinden der Bewohner tätigen.



Die Rückmeldungen des Pflegepersonals und der Angehörigen sind sehr positiv. Die Tatsache, dass man nach Projektende die Beleuchtung auf dem aktuellen Stand belassen und nicht wieder zur ursprünglichen zurückkehren möchte, sagt viel aus. Detaillierte Erkenntnisse werden nach der laufenden Auswertung am Projektende zur Verfügung stehen.

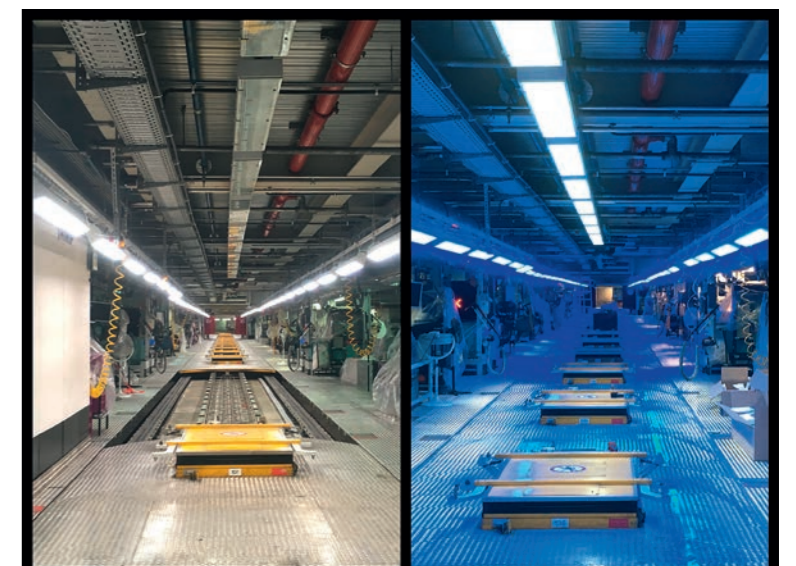
Diese lassen sich dann auch auf andere Einrichtungen übertragen. „Beispielsweise macht eine circadiane Beleuchtung im klinischen Bereich Sinn, um einen Schlaf-Wach-Rhythmus zu festigen“, ist sich Distelhoff sicher. „Aber auch dort, wo sich Menschen mehr oder weniger gezwungen aufhalten, wie zum Beispiel am Flughafen oder im Büro, sehe ich großes Potenzial. Das müssen nicht zwangsläufig Menschen mit Handicaps sein, sondern auch der gesunde Mensch muss in den Fokus rücken. Dies war schließlich bei der Studie „lights“ der Fall. Hier werden seit Oktober 2017 physiologische und kognitive Effekte eines neuen LED-Beleuchtungssystems auf 90 Schichtarbeiter im BMW-Werk München untersucht. Langfristiges Ziel ist die Steigerung der Gesundheit, des Wohlbefindens und der Produktivität der Mitarbeitenden im Schichtbetrieb. „Die Projektleitung liegt bei uns“, erklärt Rasit Özgüc vom Fraunhofer Umsicht. „Beteiligt sind zudem das Krankenhaus Porz am Rhein und die BMW AG München.“ Dazu hat Fraunhofer Umsicht ein intelligentes LED-System entwickelt, das eine dynamische Beleuchtung ermöglicht, so dass neben der Intensität auch einzelne Wellenlängenbereiche des Lichtspektrums präzise regulierbar sind oder der Tagesverlauf der Sonne nachgebildet werden kann. „Wir haben im BMW-Werk in München in einem Produktionsabschnitt eine Lichtanlage aus etwa 200 LED-Lampen installiert. Die speziell hierfür entwickelten Lampen enthalten vier monochromatische LEDs und zwei Weißlicht-Konversions-LEDs, die einzeln in der Intensität gesteuert werden können“, erklärt Özgüc.

Die Studie ist in vier Phasen aufgeteilt, die jeweils vier Wochen dauern. Um die optimale Einstellung der Beleuchtungsanlage zu finden, werden die BMW-Arbeiter vier Lichtszenarien ausgesetzt, das heißt, die spektrale Zusammensetzung des Lichts

ändert sich alle vier Wochen. „Der Wechsel von einer Spätschicht in eine Frühschicht ist für die Arbeiter ein sehr großes Problem“, weiß Özgüc. „Die Herausforderung liegt darin, den durch die Wechselschicht verursachten intraindividuellen Irritationen im Biorhythmus mit entsprechenden Beleuchtungsszenarien entgegenzuwirken, ohne den farblichen Eindruck des Lichts zu verändern bzw. Verluste in den Farbwiedergabeeigenschaften zu haben. Letztendlich benötigt der Schichtarbeiter ein weißes Licht mit einer der Tätigkeit entsprechenden ausreichenden Farbwiedergabe, die maßgeblich durch die spektrale (farbliche) Zusammensetzung des Lichts gesteuert wird. Bei der „lights“-Studie wird der Blauanteil deswegen nicht nur reduziert, sondern in einen Wellenlängenbereich verschoben, der die Melatoninausschüttung nicht unterdrückt. Zur Bewertung der nicht-visuellen Wirkung wurde ein breit aufgestelltes Studien-Design erstellt. „Es werden sowohl lichttechnische Größen wie die Beleuchtungsstärke am Auge mittels mobiler Lichtsensoren an Schildkappen der Arbeiter, Raumlichtdaten, die Leuchtdichte als auch Umgebungsvariablen wie Temperatur und Luftfeuchtigkeit, Schlaf- und Aktivitätsdaten mithilfe einer Smart-Watch gemessen. Des Weiteren finden auch spezielle Konzentrationstests, Vigilanztests, also Wachheits-

Der Blauanteil wird in der „lights“-Studie nicht nur reduziert, sondern in einen Wellenlängenbereich verschoben, der die Melatoninausschüttung unterdrückt. Auf diese Weise soll den Schichtarbeitern der Übergang von der Spät- zur Frühschicht erleichtert werden.

tests, und Tests zur emotionalen Befindlichkeit statt“, beschreibt Özgüc die Messverfahren. Die Studie wird Ende März abgeschlossen. Auch hier stehen die wissenschaftlichen Auswertungen noch aus, doch man kann heute bereits sagen, dass statische Beleuchtung bei der Ausleuchtung von Arbeitsstätten, vor allem mit den aktuellen Mindestbeleuchtungsstärken, wie man sie aktuell in der Normung findet, nicht ausreicht. „In der speziellen Beleuchtungsplanung im BMW-Werk München wurden sowohl demografische Faktoren wie auch schichtspezifische Faktoren (Zweischicht, Dreischicht, Kontschicht) berücksichtigt“, klärt Özgüc auf. „Und auch wenn die Ergebnisse noch nicht vollständig ausgewertet sind, lassen sich tendenzielle Unterschiede in den Konzentrationsleistungen bei den zwei gelaufenen Lichtszenarien sehen.“ [www.licht-raum-stadt.de](http://www.licht-raum-stadt.de) [www.umsicht.fraunhofer.de](http://www.umsicht.fraunhofer.de)



Zwei Lichtszenarien im Automobilwerk in München: kalt-weißes Licht (links) und beispielhaft der aktivierende Blauanteil im kalt-weißen Licht (rechts).



Das Beleuchtungssystem im Projekt „Silverlighting“ wird in seiner Intensität und Lichtfarbe in einer 24-stündigen Sequenz fortwährend gesteuert und ahmt den Tagesverlauf und die Veränderung des natürlichen Tageslichtes nach.