

Zeitschrift: Tec21
Herausgeber: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
Band: 142 (2016)
Heft: 35: Dynamisches Licht

Artikel: Morgen in Blau
Autor: Wambsganss, Mathias / Zauner, Johannes
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-632780>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 05.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

IWL WERKSTÄTTE FÜR MENSCHEN MIT BEHINDERUNG

Morgen in Blau

Nach zwei Jahren Betrieb tritt eine Schreinerwerkstatt den Beweis an: Biologisch wirksame Beleuchtung ist schon heute umsetzbar, ohne den räumlichen Entwurf oder die monatlichen Fixkosten massgeblich zu beeinflussen. Die Bedeutung der richtigen Materialwahl aber erstaunt.

Text: Mathias Wambsganß, Johannes Zauner

Menschen mit Behinderungen am Arbeitsleben teilhaben zu lassen ist das Leitbild einer Firma im bayerischen Landsberg am Lech. Weil jedoch die gewachsene Betriebsstruktur den Anforderungen an eine moderne Produktion nicht mehr genügte, fiel im Jahr 2012 die Entscheidung für einen Neubau. Der Auftrag für die neue Produktionsstätte beinhaltete, die positive Wirkung von Licht auf das Wohlbefinden zu berücksichtigen und gezielt mit einzuplanen. Für den 2500 m² grossen Neubau wurden daher die Erkenntnisse über die nichtvisuelle Wirkung¹ von Licht (vgl. «Licht spüren», S. 28) Grundlage für die Entwicklung des Tages- und Kunstlichtkonzepts.

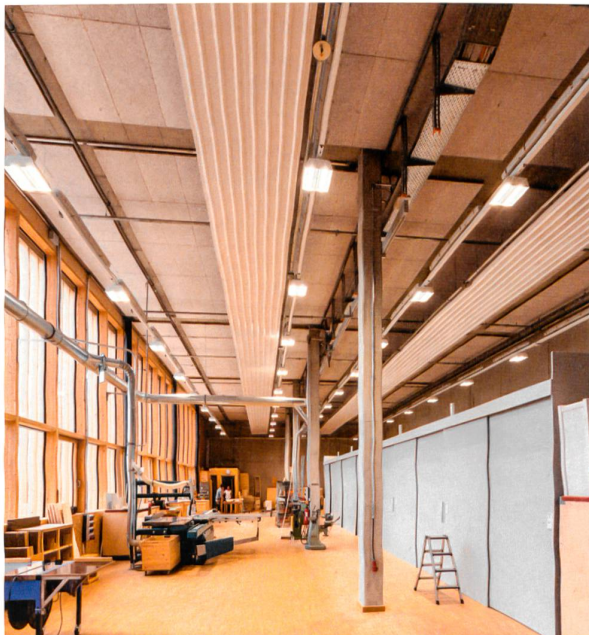
Da diese Thematik für die Baupraxis hochrelevant ist, förderte die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) die integrale Planungsphase ebenso wie die anschliessende Evaluation. Unterstützt wurde unter anderem die Entwicklung eines erweiterbaren Holzbaus, eines zukunftsorientierten Energiekonzepts und eines

Tages- und Kunstlichtkonzepts, das sich an den Erkenntnissen über biologisch wirksames Licht orientierte.

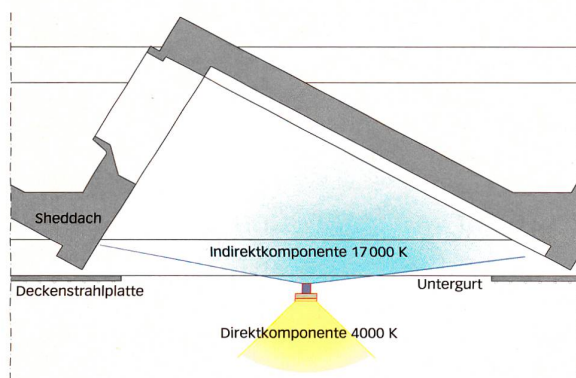
Im Februar 2014 nahm die Schreinerei den Betrieb wieder auf. Seitdem evaluieren die Hochschule München und die Lichtplaner von 3lpi die Kunstlichtanlage und die erwarteten positiven Effekte. Erste Erkenntnisse aus dem vom Planungsbüro im Juni 2016 abgeschlossenen technischen Monitoring liegen nun vor.

Schritt 1: maximales Tageslicht

Für die Planung von melanopischen Lichtwirkungen gab es keine dezidierten Hilfsmittel. Stattdessen mussten die bestehenden Lichtsimulationsprogramme mit Parametern aus der Radiometrie (Spektraldaten) angepasst werden. Die dafür notwendigen Daten wiederum wurden im Projekt mithilfe von spektral aufgelösten Reflexionsmessungen erhoben. Anhand der verfügbaren Vorgaben² untersuchten die Lichtplaner, ob eine melanopisch wirksame Lichtanlage in der Werkstatt mit den bestehenden Planungswerkzeugen und den erhobenen



Links: Die direkte Komponente erfüllt die Norm. Rechts: Die Indirektkomponente hat einen hohen Blaulichtanteil, der das Wachwerden anregt. Je nach Tageszeit und Tageslichtanteil wird entweder die **direkte** oder die **direkte und indirekte Beleuchtung** eingeschaltet.



Systemanschnitt der Kunstlichtkomponenten im Sheddachbereich. In Kombination beider Komponenten wird der Schwellwert einer **melanopischen Wirksamkeit** erreicht.

Daten konzipiert werden kann und ob die anschliessende Umsetzung mit den Zielwerten übereinstimmt.

Bei der Planung des Tageslichts ermittelten die Lichtplaner das Potenzial des Architekturkonzepts. Die Studie beschränkte sich dabei nicht nur auf die Raumgeometrie sowie auf die Grösse, Anordnung und Beschaffenheit der Tageslichtöffnungen. Auch die Oberflächengestaltung des Innen- und unmittelbaren Aussenraums und die Qualität der transparenten Bauteile beeinflussen das Tageslichtangebot. Die Oberflächenreflexion der Innenkonstruktion wurde iterativ optimiert, im sheddachnahen Bereich wurden flächige Wärmestrahlerplatten angebracht, und die Transparenz der Sheddachverglasungen wurde erhöht – dafür wurde, um den sommerlichen Wärmeschutz einzuhalten, die Transparenz der grossflächig verglasten Südfassade verringert. So liess sich die mittlere Tageslichtmenge im Neubau gegenüber dem ursprünglichen Entwurf um fast 40 % steigern, ohne das räumliche Konzept signifikant zu beeinflussen. Die Verglasung wurde insbesondere im Hinblick auf ihre Lichtdurchlässigkeit im biologisch wirksamen Bereich ausgewählt. Bei einer der zur Auswahl stehenden Verglasungen lag die Lichtdurchlässigkeit im melanopisch wirksamen Bereich des Spektrums bei 490 nm um 14 % höher, wobei die bauphysikalischen Daten ansonsten vergleichbar waren.

Schritt 2: Kunstlicht, mehr als normgerecht

Unabhängig vom Tageslicht musste die Kunstlichtanlage die Anforderungen an die melanopische Wirksamkeit erfüllen. Hierfür wurde ein Mehrkomponentenkonzept entwickelt. Am Tag wird zur biodynamischen Wirksamkeit mehr Licht benötigt, als die Norm fordert. Eine LED-Direktkomponente an einem Schienensystem mit einer Farbtemperatur von 4000 K stellt die normgerechte Beleuchtung energieeffizient sicher. Diese Komponente allein erfüllt die Anforderungen an eine biologisch wirksame Beleuchtung jedoch nicht. Eine Indirektkomponente auf Grundlage einer T16-Leuchtstoffröhre ergänzt daher die LED-Beleuchtung. Sie ist auf den Decken- und Sheddachbereich ausgerichtet,

um einen möglichst grossen Raumwinkel für den Nutzer auszuleuchten. Das Leuchtmittel hat eine Farbtemperatur von 17000 K. Die Farbtemperatur (spektrale Zusammensetzung der Lichtquelle; vgl. Glossar S. 29) bestimmt die nichtvisuelle Wirkung pro eingestrahelter Leistung. Erst zusammen mit der Intensität («Helligkeit») und einer Bestrahlungsdauer ergibt sich eine melanopisch wirksame Dosis. Vereinfacht ausgedrückt: Je höher die Farbtemperatur, umso weniger Energie muss eine Anlage aufwenden, um eine melanopische Wirksamkeit zu erreichen. Durch den sehr hohen Blauanteil ist die eingesetzte Leuchte in hohem Mass melanopisch wirksam.

Die Steuerung des Kunstlichts folgt sowohl ergonomischen (Erfüllung der Sehaufgabe, nichtvisuelle Lichtwirkungen, visuelle Komfortkriterien) als auch energetischen Zielvorgaben. Zu festgelegten Tageszeiten wird das Lichtangebot gezielt verändert, um eine biologische Wirkung sicherzustellen und damit den circadianen Rhythmus der Nutzer zu unterstützen. Im Rahmen der Inbetriebnahme wurde der aktivierende und synchronisierende Zeitraum zwischen 8 und 11 Uhr gelegt. Reicht in dieser Phase das Tageslichtangebot ganz oder in Teilen aus, um das Niveau der Sehaufgabe und die gewünschte melanopische Wirkung sicherzustellen, werden die Kunstlichtkomponenten zur Energieeinsparung gezielt gedimmt bzw. ausgeschaltet. Konkret bedeutet das: Neben einer tageslichtabhängigen Steuerkomponente ist eine parallele, tageszeitabhängige Komponente implementiert.

Schritt 3: Überprüfen

Im Rahmen einer wissenschaftlichen Evaluation überprüft die Hochschule München aktuell mit Fragebögen und Interviews, inwieweit sich die erwarteten positiven Effekte derartiger Lichtlösungen auf das Wohlbefinden der Mitarbeiter auswirken. Im ergänzenden technischen Monitoring erfassten die Planer thermische und elektrische Energieverbräuche und untersuchten den Betrieb der Kunstlichtanlage über ein Jahr hinweg intensiv. Dieses Monitoring wurde im Juni 2016 abgeschlossen.

	Normvariante	Geplante Variante mit melanopisch wirksamen Licht
Helligkeit	500 Lux horizontal, 50–150 Lux zylindrisch	500–800 Lux horizontal; von 8–11 Uhr 240 Lux melanopisch bewertete, tageslichtäquivalente Beleuchtungsstärke
Lichtfarbe (am Augpunkt)	ca. 3700 K	8–11 Uhr ca. 5000 K, 11–17 Uhr ca. 3700 K
Prognose Energieverbrauch	4.7 kWh/m²a	7.7 kWh/m²a
Energieverbrauch real (Monitoring):		7.0 kWh/m²a

Vergleich der Norm- mit der biodynamischen Beleuchtung.

Die Hauptaufgabe des Monitorings war es, den prognostizierten mit dem eingetretenen Kunstlichtstrombedarf zu vergleichen und mögliche Abweichungen zu analysieren. In der Jahressimulation wurde für die realisierte Anlage 7.7 kWh/m²a berechnet. Der tatsächliche Verbrauch stellte sich um ca. 9% niedriger ein. Bei der umfangreichen Nachmessung im Frühjahr 2016 bemerkten die Lichtplaner jedoch, dass der durch Alterung und Verschmutzung erwartete Lichtstromrückgang von der Steuerung nicht ausreichend kompensiert wurde. Die Vor-Ort-Messungen umfassten auch die Oberflächenreflexion und die Auswirkung von Leuchtenreinigung. Die Reflexionsmessung der Holzoberflächen an den Innenwänden machte deutlich, wie stark diese über bereits kurze Zeiträume nachdunkeln. Die OSB-Wandbeplankung hatte seit dem Einbau 19% an Reflexion im sichtbaren und sogar 28% im melanopisch relevanten Spektralbereich verloren. Das zeigt die grosse Bedeutung, die der Materialwahl zukommt – denn diese Reduktion muss die Kunstlichtanlage kompensieren, um die nichtvisuellen Wirkungen sicherzustellen.

Auch der Einfluss der Verschmutzung der Leuchten war Bestandteil der Untersuchung. Mit nur 5% Lichtstromreduktion über zwei Betriebsjahre ist die Verunreinigung für einen Holzverarbeitungsbetrieb jedoch als gering einzustufen.

Schritt 4: Dazulernen

Im Rahmen des Projekts sowie des anschliessenden Monitorings konnte gezeigt werden, dass die Planung und Überwachung einer melanopisch wirksamen Beleuchtung grundsätzlich möglich ist. Der zusätzlich notwendige Energieverbrauch einer solchen Anlage ist nicht unerheblich, aber – entsprechende Planung vorausgesetzt – akzeptabel. Die zusätzlichen Energiekosten stehen in keinem Verhältnis zu Mitarbeiterkosten oder den zu erwartenden Vorteilen einer wirksamen

Lichtlösung. Die Mitarbeiterkosten liegen sogar bei einer solchen Arbeitsstätte um ein Hundertfaches (hier: Faktor 800) höher als die zusätzlichen Kosten für Kunstlichtstrom, wenn man beides auf den Quadratmeter herunterrechnet.

Die Evaluation zur Nutzerzufriedenheit ist noch im Gang. Die Befragung der Mitarbeiter erwies sich als aufwendiger als ursprünglich gedacht. Bislang zeigt sich die Tendenz, dass die zusätzliche Beleuchtung am Tag im Winter zu signifikanter Verbesserung beim Einschlafen sowie für die Zeit nach dem Aufstehen führt.

Bauherrschaften, Architekten und Planer sollten im Vorfeld unbedingt prüfen, ob bzw. inwieweit Tageslicht bereits die melanopische Wirksamkeit erfüllen kann, und erst im zweiten Schritt – auf Basis dieser Erkenntnisse – eine Kunstlichtanlage projektieren. Die Einhaltung der «nichtvisuell» wahrnehmbaren Parameter über die Anlagenlebensdauer ist eine der wichtigsten Fragen, denen sich Anlagenerrichter und -betreiber nicht nur in diesem Projekt, sondern künftig allgemein stellen müssen. •

Mathias Wambsganß, mw@3lpi.de, Johannes Zauner, jz@3lpi.de, beide 3lpi lichtplaner+ingenieure

Anmerkungen

1 Melanopische Lichtwirkungen sind nichtvisuelle Lichtwirkungen, die über das Auge vermittelt werden. Sie umfassen u. a. die Melatonin-suppression bei Nacht, die Vigilanz/Aufmerksamkeit sowie die Synchronisation an den Tag-Nacht-Rhythmus.

2 DIN SPEC 5031-100:2015-08 und 67600:2013-04
Derzeit gibt es sehr wenige offizielle Richtlinien, die Planungsempfehlungen für melanopische Lichtwirkungen geben. Die DIN SPEC (mögliche Basis für eine zukünftige Norm) sind erste Ausläufer. In der Schweiz und international wird viel dazu geforscht, doch im breiten Normenmarkt wird sich dieses Thema erst in den kommenden Jahren festigen.



Seit der Eröffnung im Februar 2014 wird der Betrieb in den Produktionsflächen des Schreinerhandwerks von einer wissenschaftlichen Evaluation begleitet.



Bauherrschaft
Isar-Würm-Lech IWL Werkstatt
für behinderte Menschen gemeinn.
GmbH, Landsberg am Lech (D)

Architektur
Hermann Kaufmann ZT GmbH,
Dornbirn (A)

**Lichtplanung und
technisches Monitoring**
3lpi lichtplaner+beratende
ingenieure, partnerschaftsgesell-
schaft mbh; seidt wambsganß
zach zauner, München

Begleitforschung
Prof. Dr. Herbert Plischke,
Hochschule München