

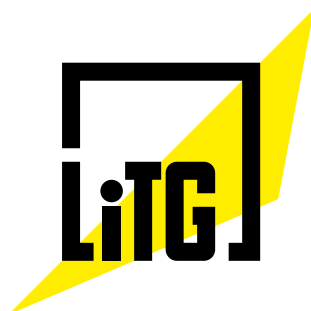
LiTG-Fachgebiet: Melanopische Lichtwirkungen

## **DYNAMISCHE BELEUCHTUNGS- LÖSUNGEN RICHTIG DOKUMENTIEREN**

Dokumentationsleitfaden für Praxis-Projekte  
im Bereich der über das Auge vermittelten,  
nicht-visuellen Wirkungen von Licht



**51**



**Deutsche Gesellschaft für  
LichtTechnik+LichtGestaltung**

# Inhalt

<b>1. Einführung .....</b>	<b>3</b>
1.1 Nicht-visuelle Lichtwirkungen .....	3
1.2 Dynamische Beleuchtungslösungen .....	4
1.3 Dokumentationsleitfaden .....	5
<b>2. Dokumentationsleitfaden.....</b>	<b>7</b>
2.1 Allgemeine Projektangaben .....	9
2.1.1 Hintergrund und weiterführende Informationen .....	9
2.1.2 Dokumentationstabelle .....	9
2.2 Angaben zur Nutzung und den Räumlichkeiten .....	10
2.2.1 Hintergrund und weiterführende Information .....	10
2.2.2 Dokumentationstabelle .....	11
2.3 Weitere Angaben zum Projekt.....	12
2.3.1 Hintergrund und weiterführende Information .....	12
2.3.2 Dokumentationstabelle .....	13
2.4 Angaben zum Tageslicht.....	14
2.4.1 Hintergrund und weiterführende Information .....	14
2.4.2 Dokumentationstabelle .....	15
2.5 Angaben zum elektrischen Licht.....	17
2.5.1 Hintergrund und weiterführende Information .....	17
2.5.2 Dokumentationstabelle .....	19
2.6 Angaben zum Betrieb der Lichtlösung.....	21
2.6.1 Hintergrund und weiterführende Information .....	21
2.6.2 Dokumentationstabelle .....	22
<b>3. Beispielhafte Dokumentation .....</b>	<b>24</b>
3.1 Projektdokumentation »Lernraum der Zukunft«.....	24
<b>4. Ausblick.....</b>	<b>35</b>
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>37</b>
<b>Impressum und Kontakt .....</b>	<b>39</b>

# 1. Einführung

Eine präzise Dokumentation gegenwärtiger Projekte bildet das Fundament für erfolgreiche Beleuchtungsprojekte der Zukunft. Insbesondere im Bereich der Lichtwirkung auf die Gesundheit besteht ein deutliches Missverhältnis zwischen den wissenschaftlichen Erkenntnissen zur Bedeutung des Lichts einerseits und der mangelnden praktischen Anwendung dieser Erkenntnisse andererseits. Dieser Leitfaden bietet ein strukturiertes Rahmenwerk, um Projekte präzise zu dokumentieren und somit Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen Projekten hervorzuheben. Zudem soll der Leitfaden dazu beitragen, die Reproduzierbarkeit erfolgreicher Konzepte im Bereich der nicht-visuellen Lichtwirkungen zu erleichtern und deren Verbreitung zu fördern.

Die Zielgruppe dieses Werks sind **Planer und Hersteller**, denen ein Rahmen für eine effiziente und einheitliche Projektdokumentation geboten wird. **Betreibern, Bauherren und Projektsteuerern** dient es als Darstellung, welche Kenngrößen im Kontext der nicht-visuellen Lichtwirkungen erhoben werden können und sollten. Diese Publikation definiert Inhalt und Struktur der Dokumentation, nicht jedoch deren etwaige technische Umsetzung.

## 1.1 Nicht-visuelle Lichtwirkungen

Licht spielt sowohl in der natürlichen als auch in der von Menschen geschaffenen Umwelt eine grundlegende Rolle. Gemeinhin wird Licht über seine Eigenschaft, Seheindrücke zu erzeugen, definiert. Es geht somit um die menschliche Fähigkeit, Strahlung visuell wahrzunehmen [1]. Seit den systematischen Forschungen im 20. Jahrhundert ist bekannt, dass Licht über das Auge auch weitere Effekte ausübt, die eng mit dem autonomen Nervensystem verknüpft [2, 3] und somit von erheblicher gesundheitlicher Bedeutung sind [4].

Im Fokus dieser Effekte steht die Beeinflussung der zirkadianen (tageszeitlichen) Rhythmen des Menschen. Zu Beginn des 21. Jahrhunderts wurde der primäre Rezeptor dieser Lichtwirkungen identifiziert: die melanopsinhaltigen Ganglienzellen, die auch als intrinsisch photosensitive retinale Ganglienzellen (ipRGCs) bezeichnet werden. Diese senden, unabhängig von den visuellen Nervenpfaden, Informationen über die Lichtverhältnisse direkt an die innere Uhr des Menschen [5]. Im Vergleich zu den bekannten Stäbchen und Zapfen unterscheiden sich die ipRGCs besonders in ihrer Sensibilität für Licht um die Wellenlänge von etwa 490 nm, die wir als cyan-blau wahrnehmen. Die Reaktion der melanopsinhaltigen Ganglienzellen auf Lichtveränderungen ist deutlich langsamer und ihre trotz geringer Anzahl große Ausdehnung auf der Netzhaut erlaubt nur eine niedrige räumliche Auflösung [6]. Diese Merkmale prädestinieren ipRGCs als ideale Sensoren für Tageslicht; durch die innere Uhr werden sie für die Regulierung physiologischer Prozesse genutzt.

Die sogenannten *melanopischen*<sup>1</sup> Lichtwirkungen umfassen neben dem Einfluss, **wann** im Tagesverlauf physiologische Prozesse ablaufen (circadiane Phasenverschiebung), **wie**

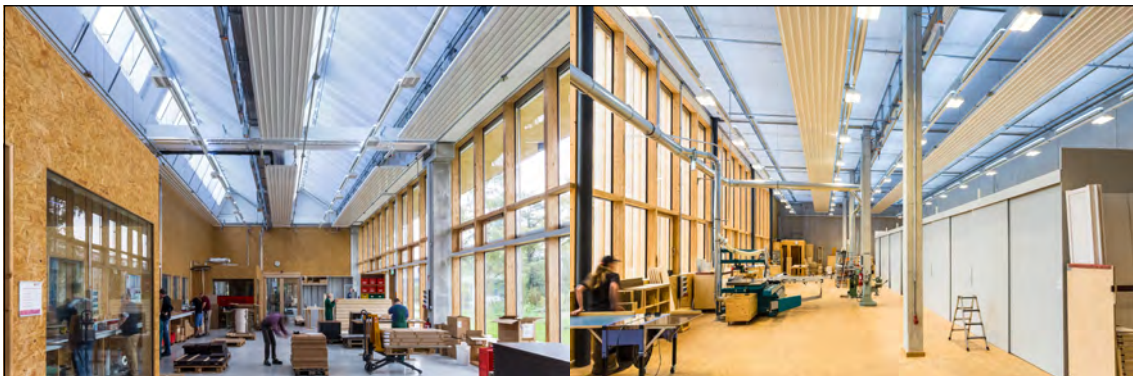
1 benannt nach dem Photopigment der ipRGC, Melanopsin

**stark** diese Veränderungen ausgeprägt sind (circadiane Amplitude). Zu den melanopischen Lichtwirkungen zählen darüber hinaus die akute Unterdrückung der nächtlichen Melatoninausschüttung, der Einfluss auf die Pupillenkontrolle sowie die kurzfristige Erhöhung von Wachheit und Aufmerksamkeit [7]. Verallgemeinert spricht man über »nicht-visuelle oder nicht-bildgebende Wirkungen von Licht, die über das Auge vermittelt werden«.

## 1.2 Dynamische Beleuchtungslösungen

Die natürliche Tageslichtumgebung bietet optimale Bedingungen für die zuvor genannten nicht-visuellen Lichtwirkungen: Hohe Beleuchtungsstärken über den Tag, ein tageslichtweißes Spektrum, Licht aus dem gesamten Himmelshalbraum und Dunkelheit bei Nacht. Die moderne Innenraumgesellschaft jedoch verbringt über neunzig Prozent des Tages in künstlich und statisch beleuchteten Innenräumen mit oft ungenügender Tageslichtversorgung. Künstliche Beleuchtung von Innenräumen bei Nacht und selbstleuchtende Bildschirme sowie Lichtverschmutzung im Außenraum verringern die notwendige Tag-Nacht-Dynamik zusätzlich. Aktuelle Studien geben Hinweise, dass die wissenschaftlichen Empfehlungen im Alltag nicht erreicht werden und dies negative Auswirkungen auf die metabolische [9], neurologische [8] und psychische [10] Gesundheit des Menschen hat.

Das gegenwärtige Wissen über nicht-visuelle Lichtwirkungen verpflichtet bei der Gestaltung von Gebäuden und Beleuchtungskonzepten zu einer Berücksichtigung derartiger Effekte, um »das richtige Licht zur richtigen Zeit« bereitzustellen. Konzepte wie ‚Integrative Lighting‘ [11] oder ‚Human Centric Lighting‘ [12] greifen diesen Aspekt auf. Für Lichtreize, welche die Gesundheit unterstützen, wurden von einem wissenschaftlichen Expertengremium auch konkrete Empfehlungswerte für den Verlauf des Tages, des Abends und der Nacht veröffentlicht [13]. Diese Empfehlungen bilden das Rückgrat nicht-visuell fundierter Beleuchtungsplanung. In Projekten fehlt jedoch regelmäßig der Abgleich der Ziel- und Empfehlungswerte mit den tatsächlich realisierten Lichtstimuli und deren zeitlichem Verlauf. Oft werden Projekte auf die visuelle Darstellung, das heißt auf Bilder reduziert, um die nicht-visuellen Inhalte zu dokumentieren. Zudem wird häufig die Optimierung von Tageslicht, die eine einfache und nachhaltige Lösung bieten kann, vernachlässigt. Sowohl



**Abbildung 1.1**

Projekte erfordern eine umfassende Dokumentation, um Qualität und Effekte bezüglich der nicht-visuellen Lichtwirkungen adäquat bewerten und vergleichen zu können. Bildliche Darstellungen sind dennoch unverzichtbar, da sie wichtige Elemente eines Konzepts schnell vermitteln können. (Quelle: Zumtobel)

für Tageslichtlösungen als auch für elektrische Beleuchtungskonzepte sind geeignete Metriken erforderlich, die den Auftraggebern die Bewertung von – und den Vergleich zwischen – Projekten ermöglichen. Dabei reichen klassische Beleuchtungsparameter wie beispielsweise ein Tageslichtquotient oder horizontale Beleuchtungsstärken nicht aus, da sie die relevanten Kenngrößen für die nicht-visuellen Lichtwirkungen nicht adäquat abbilden [14].

### 1.3 Dokumentationsleitfaden

Das primäre Ziel dieser Publikation ist es, eine strukturierte Vorgehensweise zur Erfassung relevanter Metriken für nicht-visuelle Lichtwirkungen in bereits realisierten Projekten zu etablieren. Langfristig soll damit eine konsistente und vergleichbare Basis für Sammlungen von gut durchgeführten Projekten geschaffen werden, um das praktische Verständnis und die Implementierung dynamischer Lichtkonzepte zu fördern.

Die Verwendung des hier vorgestellten Dokumentationsrahmens kann unter anderem dazu dienen, Planungsziele mit den tatsächlichen Umsetzungen abzugleichen, Veränderungen in Umbauprojekten zu evaluieren und unterschiedliche Projekte miteinander zu vergleichen. Die Dokumentation berücksichtigt hierfür neben generellen Projektinformationen auch die zum aktuellen Zeitpunkt bekannten spezifischen Anforderungen an nicht-visuelle Lichtwirkungen.

Wichtige Überlegungen für die Anwendung dieses Leitfadens umfassen:

- Eine versionierte Veröffentlichung ermöglicht es, Fortschritte und neue Erkenntnisse über die nicht-visuellen Wirkungen von Licht sukzessive durch zukünftige Versionen einzuführen und zu integrieren. Die Beschreibung in diesem Dokument entspricht Version V1.0-2024.
- Dieser Leitfaden konzentriert sich auf Beleuchtungsaspekte mit Fokus auf die nicht-visuellen Lichtwirkungen, die hauptsächlich über sogenannte intrinsisch photosensitive retinale Ganglienzellen (ipRGCs) vermittelt werden. Begriffe wie melanopische Lichtwirkungen und nicht-visuelle Lichtwirkungen sowie die Abkürzung ‚NiViL‘ werden synonym verwendet. Weitere Effekte des Lichts, beispielsweise auf die Haut oder die Prävention von Kurzsichtigkeit (Myopie), werden in dieser Publikation nicht berücksichtigt.
- Der vorliegende Ansatz wurde für die Anwendung in Praxisprojekten entwickelt. Für die Dokumentation von Forschungsprojekten sind bereits Checklisten und Leitfäden verfügbar [15-17].
- Ein Schwerpunkt des Leitfadens liegt auf der Dokumentation der elektrischen Beleuchtungsanlage durch die Erfassung von »Stützstellen« (Zeitpunkte im 24-Stunden-Verlauf, in denen Lichtszenen gezielt definiert werden), um die notwendige Dynamik der gesamten Beleuchtungslösung nachvollziehbar abzubilden.
- Es werden keine Empfehlungen für spezifische Zielwerte oder Planungsansätze gegeben. Existierende Standards und technische Spezifikationen liefern bereits definierte Metho-

den für die Messung und Berechnung relevanter Kenngrößen (siehe den Standard CIE S 026 [18] oder die technische Spezifikation DIN TS 5031/100 [7]). Weitere Handreichungen geben ergänzende Planungskriterien (siehe die technische Spezifikation DIN TS 67600 [19] oder ISO 8995-1 (zum Zeitpunkt der Schriftlegung noch als Entwurf) [20] und die Veröffentlichung von Brown und Kollegen [13] für Zielwerte für eine »gesunde Lichtexposition«.

- Die Systematik ist nicht erschöpfend; vielmehr wird eine Balance angestrebt. Einerseits werden Informationen kompakt aufbereitet, um einen schnellen Vergleich zu ermöglichen, andererseits wird auf ausreichende Tiefe und Relevanz der Kernziele geachtet.
- Ziel ist nicht die Befürwortung spezifischer Produkte, sondern die Dokumentation von realisierten Lichtkonzepten, deren nicht-visueller Metriken und, wenn möglich, auch der Wirkungen auf die Nutzer. Aus diesem Grund werden im Rahmen der Dokumentation keine Produkte abgefragt.
- Ein langfristiges Ziel ist die Erfassung von dokumentierten Projekten in einer öffentlich zugänglichen Datenbank. Die Definition der Systematik in diesem Leitfaden bildet eine der notwendigen Grundlagen für dieses Ziel. Die Systematik ist dahingehend ausgelegt, dass sie in ein Metadatenschema, beispielsweise im JSON-Format [21], übertragen werden kann. Dies erlaubt, Projekte sowohl für Menschen interpretierbar als auch maschinenlesbar zu machen. Die technische Infrastruktur ist nicht Gegenstand dieser Publikation.

## 2. Dokumentationsleitfaden

Der Leitfaden zur Dokumentation ist in zwei Hauptabschnitte gegliedert. Im Abschnitt *Allgemeine Informationen* werden grundlegende Angaben zum Projekt einschließlich Details zu den Nutzern, den Räumlichkeiten und der Planung zusammengefasst. Diese Übersicht beschreibt die Rahmenbedingungen des Vorhabens und bietet Raum für visuelle Elemente wie Bilder, Schemata oder Übersichtspläne. Der zweite Teil *'Detaillierte Informationen'* widmet sich der genauen Beschreibung von Tageslichtlösungen und elektrischen Beleuchtungskonzepten sowie – falls zutreffend – dem Betrieb der Lichtsysteme. Aspekte wie eine Nutzerevaluation sind dabei berücksichtigt.

Die naturgemäße Vielfalt von Praxisprojekten hat zur Folge, dass Besonderheiten einzelner Projekte nicht immer in Gänze in der Struktur abgebildet werden können. Je nach Komplexität des Projekts kann die Dokumentation entweder die Informationen kompakt zusammenführen oder – vor allem wenn sich die Lichtkonzepte für verschiedene Räumlichkeiten deutlich unterscheiden – die einzelnen Dokumentations-Abschnitte für jeden Raum oder Bereich gesondert ausführen.

Jedes Projekt im Bereich der nicht-visuellen Lichtenwendungen wird durch zwei grundlegende Prämissen charakterisiert:

- den konzeptionellen Ansatz, der das ausdrückliche Ziel verfolgt, nicht-visuelle Anforderungen besser zu erfüllen als es Standardbeleuchtungslösungen ermöglichen
- den quantifizierbaren nicht-visuellen Reiz für die Nutzer als Ergebnis der realisierten Planung

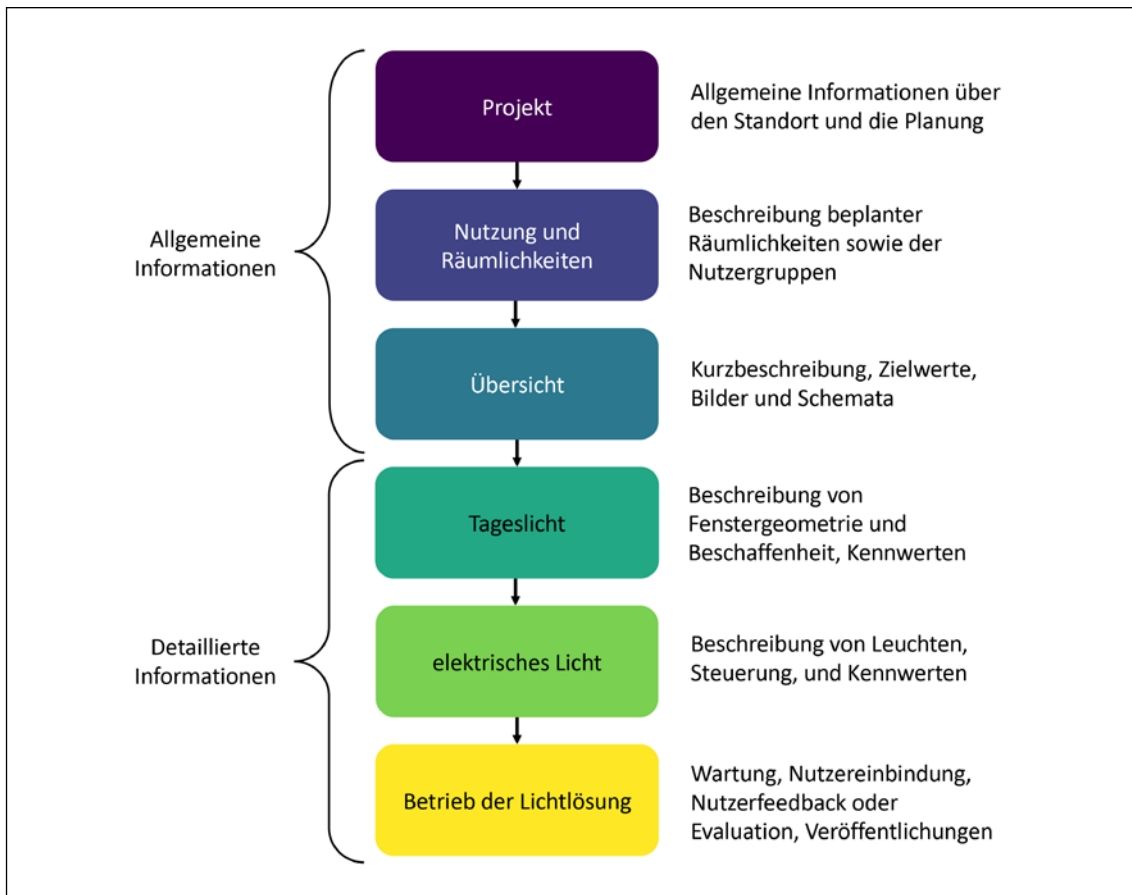
Der Dokumentationsleitfaden zielt darauf ab, diese beiden zentralen Punkte zu beschreiben und sie mit relevantem Kontext zu ergänzen. Langfristig soll dies dazu führen, dass sich aus der Analyse zahlreich dokumentierter Projekte erfolgreiche Konzepte in unterschiedlichen Nutzungstypologien herauskristallisieren.

**Hinweis 1:** In der Praxis können regelmäßig nicht alle angeforderten Informationen erhoben werden. Der Leitfaden stellt keinerlei Anforderungen an den Grad der Vollständigkeit. Dementsprechend wird nicht in MUSS- oder KANN-Informationen differenziert. Ebenso werden in einem Projekt häufig nicht Aspekte sowohl von Tageslicht als auch der elektrischen Beleuchtung bedacht, auch wenn dies in der Sache zielführend wäre. Der Leitfaden gliedert lediglich die verfügbaren Angaben zu einem Projekt und zeigt nicht vorhandene Aspekte auf.

**Hinweis 2:** In aller Regel werden nicht sämtliche Flächen oder Räume eines Projekts von einer Lösung für Tageslicht oder elektrischer Beleuchtung betroffen. Diesem Aspekt wird Rechnung getragen mit der Abfrage nach den **relevanten Flächen**, Räumen, Bereichen, etcetera.

**Hinweis 3:** Die Nutzung des Dokumentationsleitfadens für die Erhebung von Projekten ist unabhängig von datenschutz- und veröffentlichungsrechtlichen Belangen, da der Leitfa-

den lediglich die Struktur, nicht aber das Mittel der Dokumentation oder den Speicherort beschreibt. Das mittelfristige Ziel der LiTG ist die Realisierung einer Plattform zur Erhebung, Sicherung und zum Vergleich von Projektdokumentationen im beschriebenen Schema zum Zwecke der im Einleitungskapitel beschriebenen Zielen. Erst mit der Umsetzung und Nutzung einer solchen Plattform werden Datenschutz- und Veröffentlichungsrechte spezifisch berührt. Zu keinem Zeitpunkt wird die Anwendung des vorliegenden Leitfadens die Nutzung einer etwaigen LiTG-Plattform bedingen.



**Abbildung 2.1**  
Aufbau der Dokumentation

Abbildung 2.1 vermittelt einen Überblick über die Struktur der Dokumentation, die in den nachfolgenden Abschnitten detailliert erörtert wird. Zu Beginn eines jeden Abschnitts werden Hintergrundinformationen zusammengefasst. Weiterhin werden die zu berücksichtigenden Aspekte in einer Tabelle aufgeführt und anschließend, wo nötig, näher erläutert. In der Tabelle gibt die Spalte »Inhalt« Aufschluss über die formale Art des Eintrags. Diese Information ist hauptsächlich von technischer Bedeutung für die Übertragung der Systematik in eine Datenbank (beispielsweise als Teil eines Metadatenschemas [21]). »Freitext« bezieht sich hier auf Texte (ohne technische Längenbeschränkung), »Zahl« auf eine numerische Eingabe, »Auswahl« auf feststehende, im Erläuterungstext zur Tabelle benannte Wahlmöglichkeiten, »Uhrzeit« auf eine Texteingabe im Format »HH:MM:SS«. Kapitel 3 illustriert eine beispielhafte Anwendung der Dokumentation auf ein konkretes Projekt.



## 2.1 Allgemeine Projektangaben

### 2.1.1 Hintergrund und weiterführende Informationen

Der Abschnitt »Projekt« hat das Ziel, das Projekt und seine Planung zunächst in einen allgemeinen Rahmen einzuordnen. Hierbei werden grundlegende Daten wie Projektbezeichnung, Standort, Projektumfang sowie Beteiligte und deren Rolle erfasst.

### 2.1.2 Dokumentationstabelle

Nr.	Bezeichnung	Inhalt
1.1	Projektname	Freitext
1.2	Einrichtung	Freitext
1.3	Straße, Hausnummer	Freitext
1.4	PLZ	Zahl
1.5	Ort	Freitext
1.6	Land	Freitext
1.7	Bauherr	Freitext
1.8	Architekt	Freitext
1.9	Lichtplanung	Freitext
1.10	Ansprechpartner des Projekts	Freitext
1.11	Jahr der Inbetriebnahme	Zahl
1.12	Projektart	Auswahl

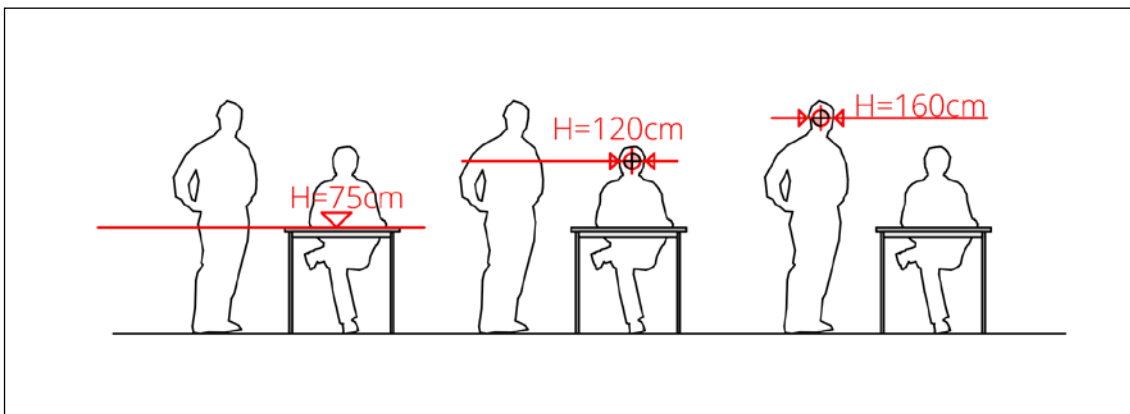
**Tabelle 2.1**  
Projekt

- zu 1.2–1.6: Name und Adresse des Betriebs oder der Einrichtung, die in den folgenden Abschnitten näher beschrieben ist
- zu 1.7–1.9: Name und Ort
- zu 1.10: Name, ggf. Firma, Telefon/E-Mail
- zu 1.11: Inbetriebnahme der Beleuchtungslösung oder Nutzungsaufnahme bei Tageslichtlösungen
- zu 1.12: Was wurde im Hinblick auf die nicht-visuellen Lichtwirkungen optimiert?  
Auswahl aus: Tageslicht, Tageslicht und elektrisches Licht, elektrisches Licht

## 2.2 Angaben zur Nutzung und den Räumlichkeiten

### 2.2.1 Hintergrund und weiterführende Information

In diesem Abschnitt erfolgt eine detaillierte Darstellung der Nutzung und der Merkmale der relevanten Räume. Es wird erörtert, wie die Räume beansprucht werden, zu welchen Zeiten sie genutzt werden und wer die Nutzer oder die Nutzergruppen sind. Diese Informationen sind maßgeblich für die Beurteilung der Qualität der Lichtanlagen. Räumlichkeiten, die ausschließlich während des Tages genutzt werden, stellen in der Regel niedrigere Anforderungen an die nicht-visuelle Beleuchtungsqualität als solche, die auch nachts benutzt werden. Ferner haben Räume, die tagsüber nur kurzzeitig in Gebrauch sind, eine geringere Priorität in der nicht-visuellen Beleuchtungsbewertung als Räume, die dauerhaft als Aufenthaltsorte dienen. Die Nutzergruppe spielt ebenso eine entscheidende Rolle, da beispielsweise ältere Personen im Vergleich zu jüngeren mehr Licht für eine äquivalente Netzhautbeleuchtung benötigen. Außerdem ist die Position der Nutzer im Raum für die korrekte Bewertung der Beleuchtungsebene relevant. Darauf wird in Abbildung 2.2 eingegangen.



**Abbildung 2.2**

In der Abbildung wird verdeutlicht, dass im Kontext nicht-visueller Beleuchtungskonzepte die Lichtverhältnisse anders bewertet werden als bei klassischen Beleuchtungslösungen. Anstatt den Fokus auf die horizontale Beleuchtungsstärke auf der Arbeitsfläche zu legen (links), liegt die Priorität auf der Beleuchtungsstärke am Auge der Nutzer (»Nutzer-Augpunkt«, Mitte, rechts), da diese für die nicht-visuelle Wirkung des Lichts entscheidend ist. Die explizite Festlegung von Höhe und Ausrichtung in der Systematik vermeidet zudem unspezifische Angaben wie »Stehhöhe«<sup>1</sup>. Bildquelle: 3lpi. [2]

1 Gemäß der DIN 33402-2:2020-12 [22] liegt die Median Augpunkthöhe der weiblichen 18-65-jährigen bei 1,51 m und für Männer bei 1,63 m

### 2.2.2 Dokumentationstabelle

Nr.	Bezeichnung	Inhalt
2.1	Nutzungstypologie	Auswahl
2.2	Fläche (m <sup>2</sup> )	Zahl
2.3	typische Raumhöhe (m)	Zahl
2.4	Anzahl Räume (Stück)	Zahl
2.5	Nutzungszeit (hh:mm)	Uhrzeit(en)
2.6	Nutzergruppe	Freitext
2.7	Nutzerposition	Freitext
2.8	Nutzeralter (Jahre)	Zahl(en)
2.9	weitere Informationen zu Nutzern	Freitext
2.10	weitere Informationen zu Räumen	Freitext

**Tabelle 2.2**

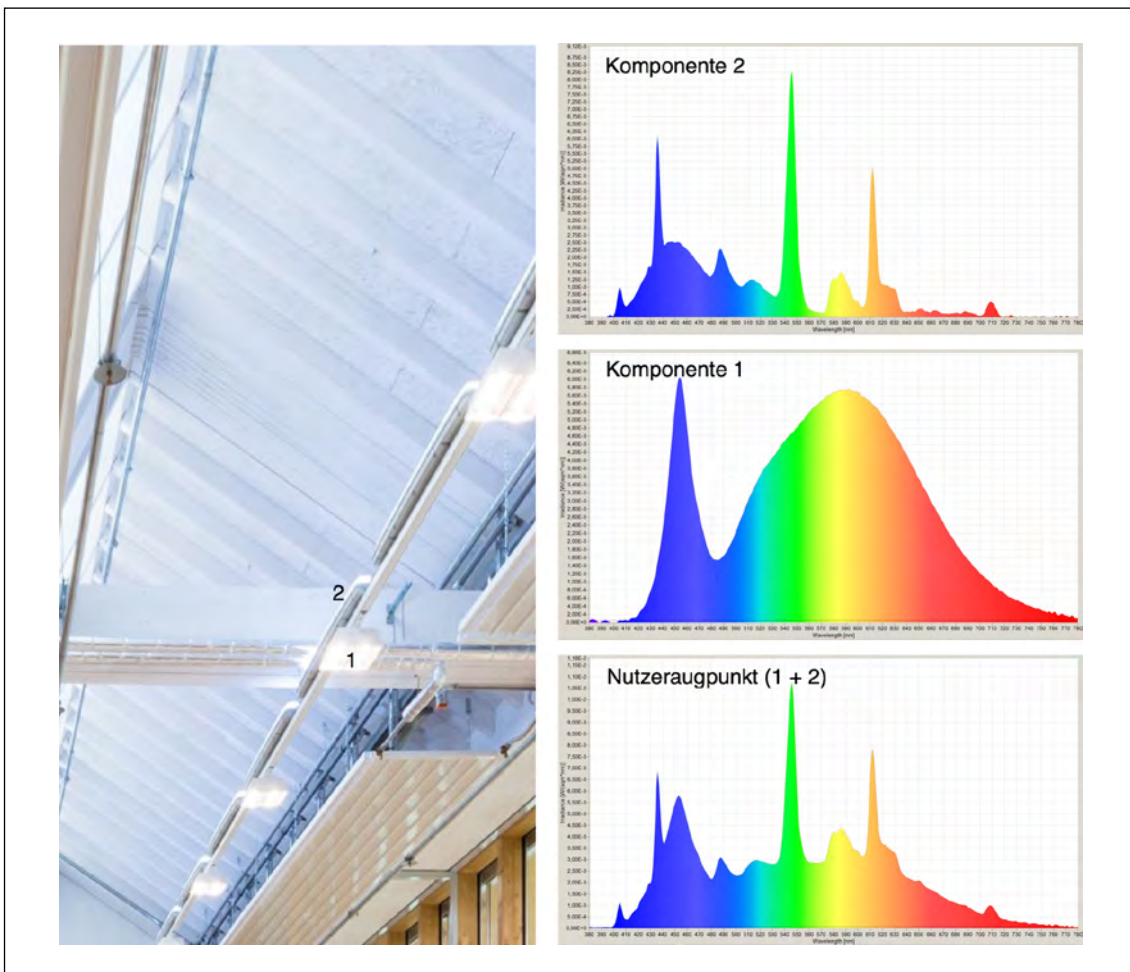
Nutzung und Räumlichkeiten

- zu 2.1: Welche Nutzungstypologie ist dem Projekt zuzuordnen? Auswahl aus: Pflege/ Gesundheitsbereich, Büro und Industrie, Unterricht, Wohnen, Sonstiges (Freitext)
- zu 2.2: Summe aller für die beschriebene Tageslichtlösung relevanten Flächen in m<sup>2</sup> (Netto-Raumfläche), in denen die beschriebene dynamische Beleuchtungslösung zum Einsatz kommt
- zu 2.3: (typische) für die beschriebene Tageslichtlösung relevante Raumhöhe in m (lichte Raumhöhe), in denen die beschriebene dynamische Beleuchtungslösung zum Einsatz kommt
- zu 2.4: Anzahl der Räume, die für die beschriebene dynamische elektrische Beleuchtung / Tageslichtlösung relevant sind
- zu 2.5: tägliche Nutzungszeiten von hh:mm Uhr bis zu hh:mm Uhr; mehrere Zeitbereiche, sofern erforderlich
- zu 2.6: Beschreibung: Wem dient die neue Beleuchtung beziehungsweise für wen wurde sie ausgelegt? Beispiel Pflege: Pfleger oder Bewohner? Beispiel Unterricht: Schüler oder Lehrern?
- zu 2.7: Hauptaufenthaltsbereiche von Nutzern im Raum, inklusive Angabe zur Position: stehend, sitzend oder liegend. Diese Information kann zusätzlich im Rahmen von 3.5 oder 3.6 grafisch angegeben werden
- zu 2.8: Falls sich Angaben zum Alter der Nutzer machen lassen, beispielsweise  $\geq 18$  Jahre oder  $\geq 70$  Jahre, kann dies hier festgehalten werden. Falls die Beleuchtungsplanung auf ein besonderes Nutzeralter angepasst wurde, ist dieses hier ebenso einzutragen
- zu 2.9 – 2.10: Hier sollen weitere Informationen zu Nutzern und Räumlichkeiten einfließen, z. B. zu Materialität von Oberflächen oder bekannten Charakteristika der Nutzer (z. B. Demenz unterschiedlicher Schweregrade auf einer Demenz-Station)

## 2.3 Weitere Angaben zum Projekt

### 2.3.1 Hintergrund und weiterführende Information

Im Abschnitt »Übersicht« werden die Kernaspekte des Projekts prägnant dargestellt, um eine schnelle Erfassung der verfolgten Ziele zu ermöglichen. Diese Zusammenfassung wird durch visuelle Elemente wie Bilder, Pläne oder Schemata ergänzt, die dazu beitragen, das Projekt und seine Schlüsselkomponenten zu veranschaulichen und somit das Verständnis für das Projekt zu erleichtern (siehe beispielhafte Abbildungen 2.3 und 2.4).



**Abbildung 2.3**

Fotos können neben atmosphärischen Qualitäten auch nicht-visuelle Aspekte kommunizieren. Die Abbildung illustriert die Lichtspektren zweier dedizierter Lichtquellen (Komponente 1 und Komponente 2) sowie deren Kombination am Augpunkt des Nutzers. Dies ist für die Bewertung der nicht-visuellen Effekte des Lichts relevant. (Quelle: 3lpi.)

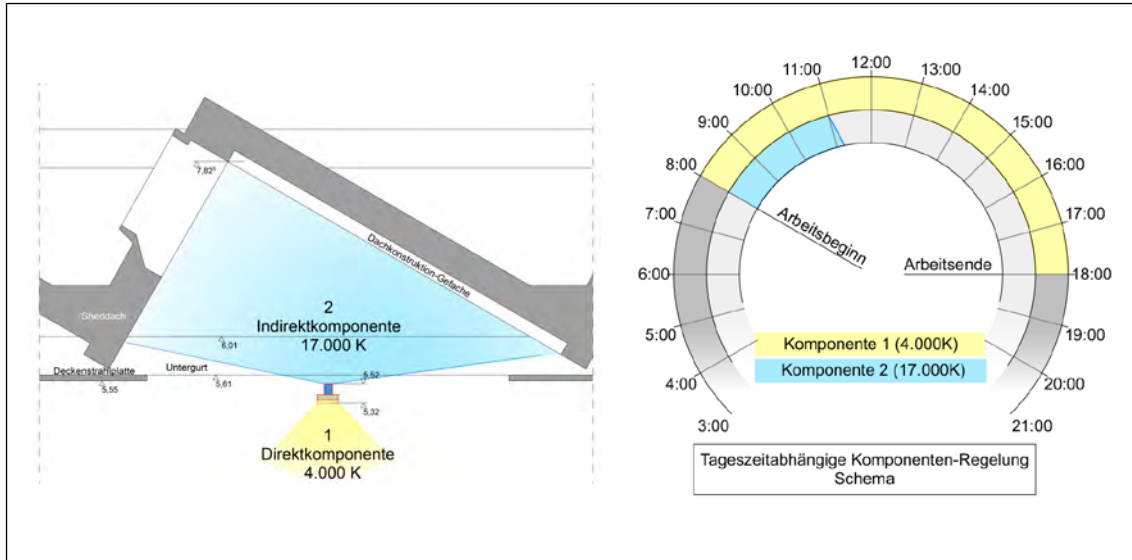


Abbildung 2.4

Schemata können das rasche Verständnis für die Kernkomponenten eines Beleuchtungssystems (links) sowie für die dahinterliegende Steuerlogik (rechts) unterstützen. (Quelle: 3lpi.)

### 2.3.2 Dokumentationstabelle

Nr.	Bezeichnung	Inhalt
3.1	Projektkurzbeschreibung	Freitext
3.2	Zielwerte Beleuchtungsstärke visuell	Freitext
3.3	Zielwerte Beleuchtungsstärke nicht-visuell	Freitext
3.4	Sonstiges	Freitext
3.5	Bilder	Bild(er)
3.6	Schemata/Pläne	Bild(er)/PDF(s)

Tabelle 2.3

Übersicht

zu 3.1: Projektkurzbeschreibung: Hier sollten folgende Punkte kurz umrissen werden:

- Nutzergruppe/Aktivität
- Zielstellung
- Planung (Prozess)
- Maßnahmenbeschreibung
- Umsetzung

zu 3.2: Beschreibung der Beleuchtungsstärkeanforderungen für die Sehaufgabe der Nutzer:

- Ort (zum Beispiel Tischoberfläche, H = 75 cm)
- Ausrichtung (zum Beispiel horizontal)
- Wartungswert der Beleuchtungsstärke (zum Beispiel 500 lx)

zu 3.3: Beschreibung der Zielwerte für die nicht-visuelle Planung:

- Ort (zum Beispiel Nutzeraugpunkt, H = 120 cm)
- Ausrichtung (zum Beispiel vertikal)
- Zielwerte mit Uhrzeiten (z. B.  $\geq 250 \text{ lx MEDI}$  vor 11:00,  $\leq 50 \text{ lx MEDI}$  ab Sonnenuntergang); Metrologie auf Basis CIE S026 bzw. DIN/TS 5031-100

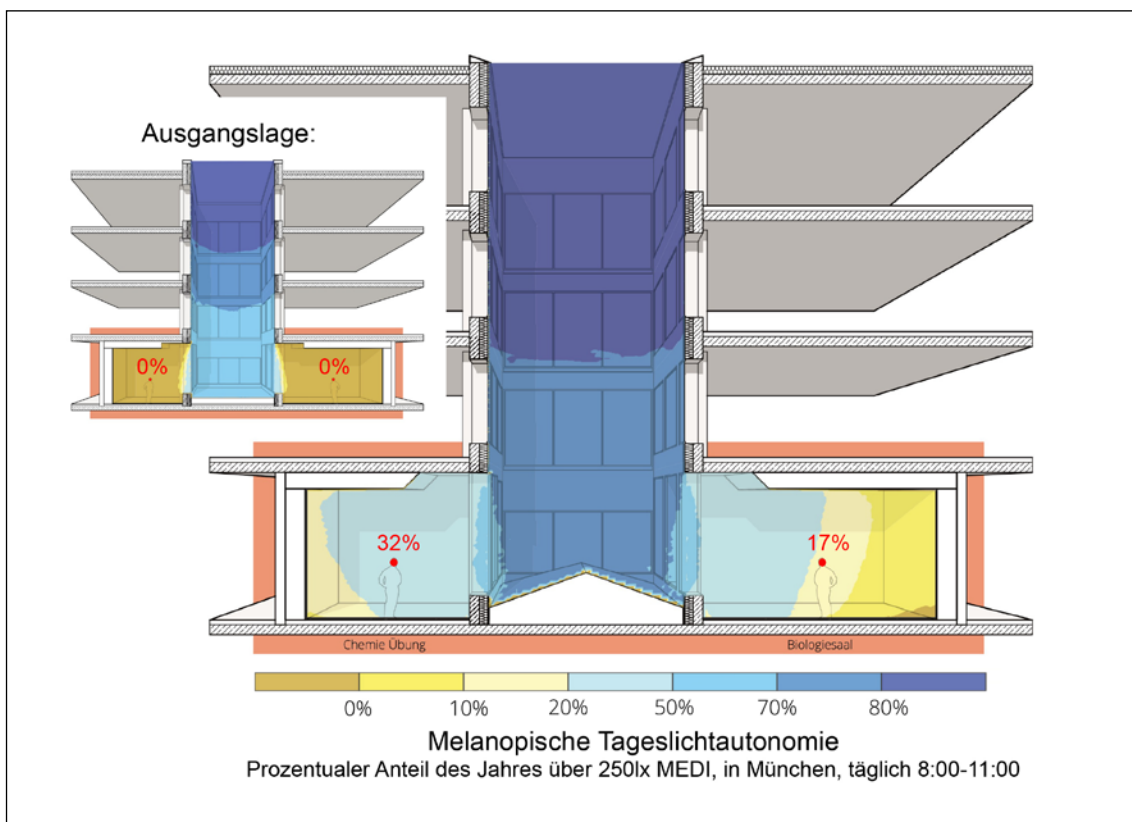
zu 3.4: Ergänzende Angaben, zum Beispiel für die Zielwerte

zu 3.5: Bilder sind wichtige Bausteine, um das Lichtkonzept grundsätzlich und die Licht-Atmosphäre im Besonderen zu transportieren. Sie sind hingegen nicht geeignet für absolute Aussagen zu Lichtspektrern oder Helligkeit. Bei Fotografien ist besonders auf den Weißabgleich und die Belichtungszeit zu achten.

## 2.4 Angaben zum Tageslicht

### 2.4.1 Hintergrund und weiterführende Information

Der Abschnitt »Tageslicht« befasst sich mit der Versorgung von Räumen mit Tageslicht. Der Schwerpunkt liegt auf Kennwerten, die sich vorrangig auf die nicht-visuellen Auswirkungen des Lichts beziehen, also auf die Effekte von Tageslichtmengen am Auge des Nutzers. Um nicht-visuelle Reizstärken am Auge zu simulieren, bietet der Markt speziali-



**Abbildung 2.5**

Ausschnitt aus den Ergebnissen einer Tageslichtoptimierung, die auf nicht-visuelle Reizstärken in einem Schulgebäude abzielt. Infolge des hohen Verbauungsgrades in inneren Höfen mit Lichtschachtcharakter war es in diesem Fall nicht möglich, während der Vormittagsstunden (8-11 Uhr) ausreichende Tageslichtstärken in den Räumen zu erreichen. Durch die Berechnung der melanopischen Lichtautonomie lassen sich die Ausgangslage (links) und mögliche Optimierungsvarianten (zentral) quantitativ erfassen sowie vergleichen und bewerten. (Bildquelle: 3lpi.)

sierte Berechnungsprogramme. Dennoch lassen sich auch mit den üblichen und kostenfreien Berechnungstools mit ausreichender Präzision spezifische Angaben zu Tageslichtmengen für Planungsvorhaben ermitteln [23] wie in Abbildung 2.5 beispielhaft dargestellt. Wirkt sich die verfügbare Tageslichtmenge im Raum auf die elektrische Beleuchtung aus, so ist dies im Abschnitt 2.5 *Angaben zum elektrischen Licht* zu dokumentieren.

Bei der Dokumentation mehrerer verschieden genutzter Räume kann es nötig sein, dieses Schema für jeden Raumtyp individuell auszuführen.

#### 2.4.2 Dokumentationstabelle

Nr.	Bezeichnung	Inhalt
4.1	Planung	Ja/Nein
4.2	Messung	Ja/Nein
4.3	Tageslichtkonzept	Freitext
4.4	Fensterfläche (Wand, m <sup>2</sup> )	Zahl
4.5	Fensterfläche (Dach, m <sup>2</sup> )	Zahl
4.6	Raumtiefe (m)	Zahl
4.7	Relevante Fläche (m <sup>2</sup> )	Zahl
4.8	Relevante Raumanzahl (Stück)	Zahl
4.9	Haupthimmelsrichtung	Auswahl
4.10	Kennwertermittlung	Auswahl
4.11	Tageslichtquotient (%)	Zahl
4.12	Bezugshöhe Tageslichtquotient (m)	Zahl
4.13	Tageslichtautonomie (visuell, %)	Prozent
4.14	Betrachtungszeitraum Tageslichtautonomie (visuell, hh:mm)	Uhrzeiten
4.15	Tageslichtautonomie (nicht-visuell, %)	Prozent
4.16	Betrachtungszeitraum Tageslichtautonomie (nicht-visuell, hh:mm)	Uhrzeiten
4.17	Betrachtungsbereich Tageslichtkennwerte	Freitext
4.18	Tageslichttechnik/Nutzereingriffsmöglichkeiten	Freitext
4.19	Planungs-/Messwertgrafiken/Fotos Tageslichttechnik	Bild(er)/PDF(s)
4.20	Hersteller	Freitext
4.21	Anmerkungen Tageslicht	Freitext

**Tabelle 2.4**  
Tageslicht

- zu 4.1: Wurde eine dezidierte Tageslichtplanung im Hinblick auf nicht-visuelle Aspekte durchgeführt?
- zu 4.2: Wurde eine dezidierte Tageslichtmessung im umgesetzten Projekt im Hinblick auf nicht-visuelle Aspekte durchgeführt?
- zu 4.3: stichpunktartige Beschreibung des Tageslichtkonzepts:  
 – Tageslichtöffnungen, Anordnung, Typ (Fenster, Oberlicht, Sheddach,...), Verglasung  
 – Sonnen- und Blendschutzmaßnahmen  
 – Automationsmechanismen
- zu 4.4: Wand-Fensterfläche (Rohbauöffnung) in m<sup>2</sup> im relevanten Raumbereich in Summe über alle Wandbereich
- zu 4.5: Dach-Fensterfläche (Rohbauöffnung) in m<sup>2</sup> im relevanten Raumbereich in Summe
- zu 4.6: mittlere Raumtiefe in m im relevanten Raumbereich, bemessen im rechten Winkel zur Hauptfensterwand
- zu 4.7: Fläche in m<sup>2</sup> des hier beschriebenen Raumbereichs; Werden hier mehrere (gleichartige) Räume zusammengefasst, ist die Summe aller Netto-Raumflächen zu verwenden.
- zu 4.8: Anzahl der Räume, die in diesem Abschnitt beschrieben werden. Dies kann von der Anzahl der Räume im Abschnitt »Nutzung und Räumlichkeiten« abweichen, wenn hier nur Teilflächen relevant sind.
- zu 4.9: Himmelsrichtung der Haupt-Fensterfassade, bemessen an der Fensterfläche. Auswahl aus: Norden, Nord-Osten, Osten, Süd-Osten, Süden, Süd-Westen, Westen, Nord-Westen, Himmelsrichtungsunabhängig (zum Beispiel nur Dachfenster)
- zu 4.10: Angabe, ob die nachfolgende Kennwertermittlung auf Basis von Messungen oder Berechnungen/Simulationen erfolgt
- zu 4.11: mittlerer Tageslichtquotient der relevanten Fläche in %
- zu 4.12: Bezugshöhe des Tageslichtquotienten 4.11 in m
- zu 4.13: Tageslichtautonomie (relative Nutzbelichtung) für den relevanten Raumbereich in %
- Zu 4.14: Angabe des Nutzungszeitraums als Basis der Tageslichtautonomieberechnung, beispielsweise 08:00-18:00 Uhr
- zu 4.15: melanopisch bewertete Tageslichtautonomie in %. Wenn für mehr als eine Position ermittelt, als Mittelwert der untersuchten Nutzerstandorte und Blickrichtungen
- zu 4.16: sofern abweichende Betrachtungszeiten für die nicht-visuelle Tageslichtautonomie nach 4.15 angesetzt wurden, sind diese hier zu benennen, zum Beispiel 8:00-11:00 Uhr
- zu 4.17: Beschreibung der Raumbereiche beziehungsweise Nutzerstandorte, die für die nicht-visuelle Tageslichtautonomie herangezogen wurden
- zu 4.18: Wie und wie weitgehend sind bei spezieller Tageslichttechnik (zum Beispiel Behänge) Nutzereingriffe in die Systeme möglich?
- zu 4.19: Tageslichtspezifische Pläne, Simulations- oder Messwterergebnisse, Bilder der Tageslichttechnik
- zu 4.20: Hersteller von Tageslichttechnik (beispielsweise Steuerung, Behänge, Fassaden)



zu 4.21: Weiterführende Informationen zur Tageslichtsituation im relevanten Raumbereich, zum Beispiel zu Tageslichttechnik, Sonnen- und Blendschutz, Berechnungs- oder Messrandbedingungen, etcetera

**Hinweis 1:** Der Flächenwert nach 4.7 geteilt durch die Raumanzahl nach 4.8 soll die mittlere Raumfläche ergeben.

**Hinweis 2:** Der Flächenwert nach 4.7 geteilt durch die Raumanzahl nach 4.8, geteilt durch die mittlere Raumtiefe nach 4.6, soll die durchschnittliche Raumbreite ergeben.

## 2.5 Angaben zum elektrischen Licht

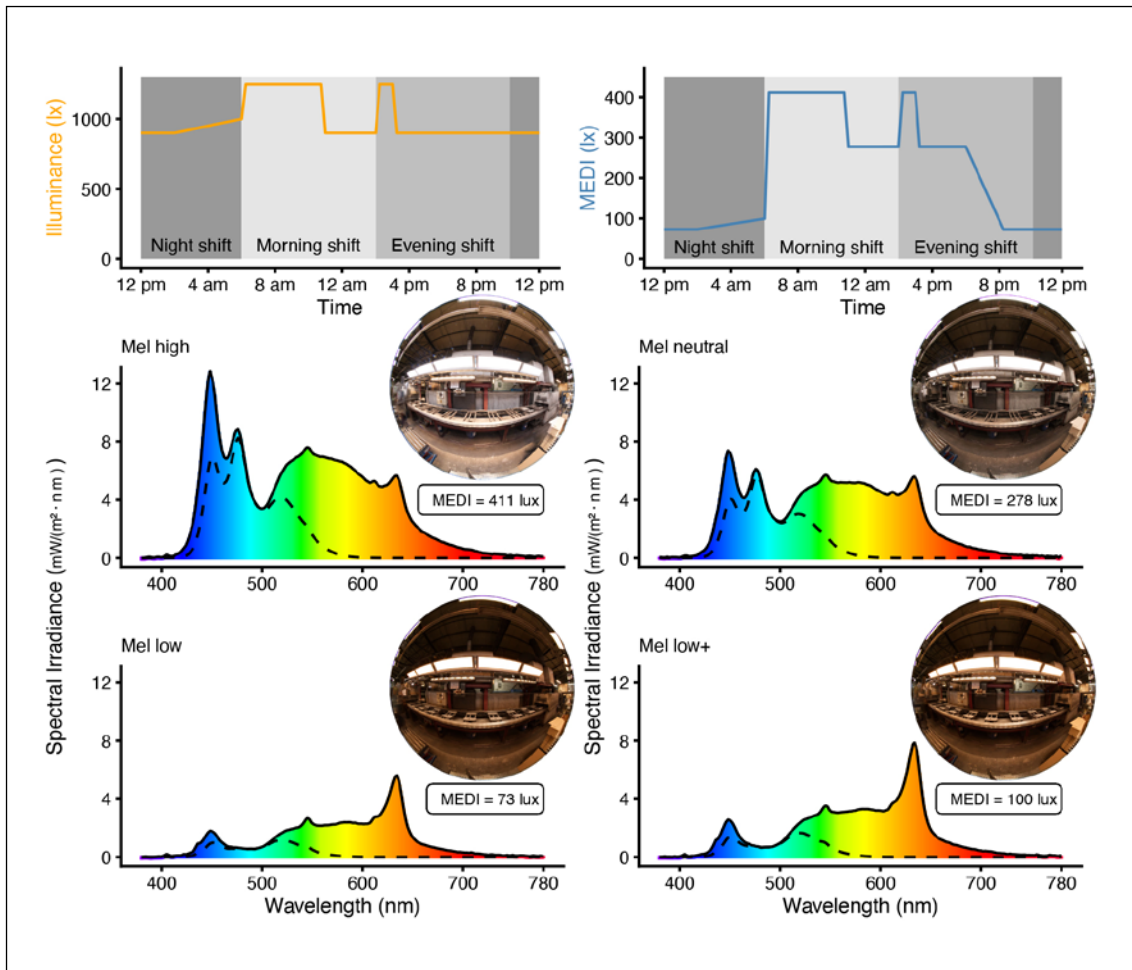
### 2.5.1 Hintergrund und weiterführende Information

Der Abschnitt »elektrisches Licht« bündelt wesentliche Informationen zur gewählten Beleuchtungslösung (Abbildung 2.6) analog zu den vorherigen Angaben zum Tageslicht. Ein weiterer Aspekt dieses Abschnitts ist die Kontrolle beziehungsweise Automation der Beleuchtungsanlagen. Im Fokus steht hierbei der tageszeitabhängige Steuerungsverlauf, welcher sich über definierte **Stützstellen** konzeptualisieren lässt. Jede Stützstelle beschreibt dabei die Einstellung aller Beleuchtungsparameter einer Lichtszene (Dimmwerte, Lichtspektrum, gegebenenfalls differenziert nach Leuchten oder Leuchtentypen). Im Rahmen der Programmierung werden Tageszeitpunkten oder -räumen Stützstellen zugewiesen. Mittels dieser Stützstellen ist es möglich, den Verlauf der nicht-visuellen Reizstärken über die Nutzungszeit zu charakterisieren, wie es in Abbildung 2.7 beispielhaft dargestellt wird.



**Abbildung 2.6**

Nahaufnahmen von selten genutzten Leuchtentypen oder Sonderleuchten tragen dazu bei, die Dokumentation verständlicher und informativer zu gestalten. (Quelle: 3lpi via MDPI [23])

**Abbildung 2.7**

oben: zeitlicher Verlauf der horizontalen Beleuchtungsstärke auf der Sehaufgabe (links) und der nicht-visuellen Reizstärke vertikal am Auge des Nutzers (rechts, MEDI = melanopisch äquivalente Tageslicht-Beleuchtungsstärke). Mitte/unten: Lichtspektren zu den einzelnen Stützstellen, inklusive der jeweiligen nicht-visuellen Reizstärken und einer Fischaugen-Ansicht der entsprechenden Situation. (Bildquelle: 3lpi via MDPI [23])

Auch hier gilt: Falls die Dokumentation unterschiedlich genutzte Räume umfasst, kann es notwendig sein, das Schema je nach Raumtyp spezifisch auszufüllen.

## 2.5.2 Dokumentationstabelle

Nr.	Bezeichnung	Inhalt
5.1	Planung	Ja/Nein
5.2	Messung	Ja/Nein
5.3	Beleuchtungskonzept	Freitext
5.4	Leuchtentypen	Freitext
5.5	Leuchtenzahl	Zahl
5.6	Montageposition/ -höhe	Freitext
5.7	Ausrichtung / Abstrahlcharakteristik	Freitext
5.8	Relevante Fläche (m <sup>2</sup> )	Zahl
5.9	Relevante Raumanzahl (Stück)	Zahl
5.10	Automationskonzept	Freitext
5.11	Automationstechnik	Freitext
5.12	Tageslichtabhängigkeit	Freitext
5.13	Stützstellen – Uhrzeiten (hh:mm)	Uhrzeiten
5.14	Kennwertermittlung	Auswahl
5.15	Stützstellen – Beleuchtungsstärken (lx)	Zahlen
5.16	Stützstellen – MEDI (lx)	Zahlen
5.17	Stützstellen – weitere Metriken	Freitext
5.18	Stützstellen – Lichtspektren	Liste
5.19	Nutzereingriffsmöglichkeiten	Freitext
5.20	Betrachtungsbereich Beleuchtungskennwerte	Freitext
5.21	Planungs-/Messwertgrafiken / Fotos Leuchten (montiert)	Bild(er)/PDF(s)
5.22	Hersteller Beleuchtungssystem	Freitext
5.23	Anmerkungen Beleuchtungssystem	Freitext

**Tabelle 2.5**  
elektrisches Licht

- zu 5.1: Wurde eine dezidierte elektrische Beleuchtungsplanung im Hinblick auf nicht-visuelle Aspekte durchgeführt?
- zu 5.2: Wurde eine dezidierte Beleuchtungsmessung im umgesetzten Projekt im Hinblick auf nicht-visuelle Aspekte durchgeführt?
- zu 5.3: stichpunktartige Beschreibung des elektrischen Beleuchtungskonzepts:
- Leuchtenart
  - Position und Ausrichtung der Leuchten
  - Leuchtentechnik
  - Raumbeleuchtung / Arbeitsplatzbezogene Beleuchtung

- zu 5.4: kurze Beschreibung der Leuchtentypen (zum Beispiel Anbauleuchte, Stromschienenstrahler, Arbeitsplatzleuchte, etcetera). Bei mehr als einem Leuchtentyp als Listenaufzählung
- zu 5.5: Gesamtstückzahl der verbauten Leuchten im relevanten Raumbereich. Bei mehreren Leuchtentypen Aufstellung als Liste in der Reihenfolge entsprechend 5.4
- zu 5.6: Montageposition und -höhe der Leuchten im relevanten Raumbereich. Bei mehreren Leuchtentypen Aufstellung als Liste in der Reihenfolge entsprechend 5.4
- zu 5.7: Beschreibung der Ausrichtung beziehungsweise Abstrahlcharakteristik der Leuchten. Bei mehreren Leuchtentypen Aufstellung als Liste in der Reihenfolge entsprechend 5.4
- zu 5.8: Fläche in m<sup>2</sup> des in diesem Abschnitt relevanten Raumbereichs. Werden hier mehrere (gleichartige) Räume zusammengefasst, ist die Summe aller Netto-Raumflächen zu verwenden
- zu 5.9: Anzahl der Räume, die in diesem Abschnitt relevant sind. Diese kann abweichen von der Anzahl der Räume im Abschnitt 2 »Nutzung und Räumlichkeiten«, wenn hier nur Teilflächen relevant sind
- zu 5.10: stichpunktartige Beschreibung des Automationskonzepts:
- Stützstellen (Wie viele verschiedene Einstellungen gibt es über den Tag hinweg?), durchnummeriert
  - Zweck / Hintergrund der Stützstellen
  - Wie verändert sich das Licht bei den Stützstellen? (Farbtemperaturen, Dimmwerte, Lichtrichtung, Leuchten, ...)
  - wenn eine tageslichtabhängige Automation gegeben ist, kurze Beschreibung wie diese erfolgt
- zu 5.11: technische Umsetzung der Automationslösung
- zu 5.12: Auswahl, ob die Beleuchtungsautomation tageslichtabhängig ist
- zu 5.13: Zu welchen Zeiten sind die Stützstellen aktiv (hh:mm-hh:mm)? Lücken in den Angaben werden als gleitender Übergang zwischen den Stützstellen interpretiert. Sofern bestimmte Stützstellen nicht zu festen Zeiten aktiv werden (zum Beispiel mit dem Sonnenauf- oder -untergang), sollen hier typische Zeiten eingetragen werden und bei 5.10 ein Hinweis darauf erfolgen
- zu 5.14: Handelt es sich bei den einzutragenden Kennwerten (MEDI etcetera) um Messwerte oder Berechnungs-/ Simulationswerte? Falls möglich, sollten Messwerte, die ohne den Einfluss von Tageslicht zu erheben sind, angegeben werden.
- zu 5.15: Welche Beleuchtungsstärken resultieren bei den jeweiligen Stützstellen auf der Sehaufgabe? Es sind lediglich Werte für elektrisches Licht anzugeben, ohne Tageslichtbeitrag. Ferner ist eine sinnvolle Bewertungsfläche zu verwenden, beispielsweise die horizontale Beleuchtungsstärke auf der Sehaufgabe. Die Werte dieser Nr. sollten mit den Zielwerten visuell (Nr. 3.2) vergleichbar sein.
- zu 5.16: Angabe der melanopisch äquivalenten Tageslicht-Beleuchtungsstärke am Nutzeraugpunkt (in der Regel vertikal) gemäß der DIN 5031-100 zu jeder Stützstelle. Es sind lediglich Werte für elektrisches Licht anzugeben, ohne Tageslichtbeitrag. Wird ein anderes Bewertungsmaß verwendet (zum Beispiel Beleuchtungsstärken) ist dies im nächsten Punkt einzutragen. Die Werte

- dieser Nr. sollten mit den Zielwerten nicht-visuell (Nr. 3.3) vergleichbar sein.
- zu 5.17: Wenn es andere Bewertungsmaße für die Stützstellen gibt, können diese hier eingetragen werden nach dem Schema: »Nummer der Stützstelle. Metrik: Wert Einheit«. Erläuterungen zu den zusätzlichen Bewertungsmaßen können in 5.23 beschrieben werden. Es sind lediglich Werte für elektrisches Licht anzugeben, ohne Tageslichtbeitrag.
- zu 5.18: Wenn es Messungen der Lichtspektren für die einzelnen Stützstellen gibt, können diese hier als Liste eingetragen werden nach dem Schema: »Wellenlänge, spektrale Bestrahlungsstärke  $W/(m^2 \cdot nm)$ «.
- zu 5.19: Falls Nutzereingriffe in dem System vorgenommen werden können: wie und wie stark sind diese möglich?
- zu 5.20: Für welche Bereiche wurden die nicht-visuellen Beleuchtungskennwerte ermittelt? Handelt es sich um ausgewählte Punkte oder um Mittelwerte? Horizontal, vertikal, halbzylindrisch, gegebenenfalls Neigung?
- zu 5.21: Beleuchtungsspezifische Pläne, Simulations- oder Messweltergebnisse, Bilder der Leuchten im Kontext des relevanten Raumbereichs. Insbesondere sind Bilder (wenn möglich aus derselben Perspektive) zu jeder Stützstelle wünschenswert, um den Raumeindruck entsprechend abzubilden.
- zu 5.22: Herstellerangaben zur Beleuchtungslösung (Leuchten, Automation)
- zu 5.23: Wenn die vorangehend gemachten Angaben weiterer Hinweise bedürfen, können diese hier eingetragen werden. Dies betrifft insbesondere Hinweise zu den Stützstellen, die sich nicht auf feste Uhrzeiten beziehen, wie etwa saisonale Automationssysteme.

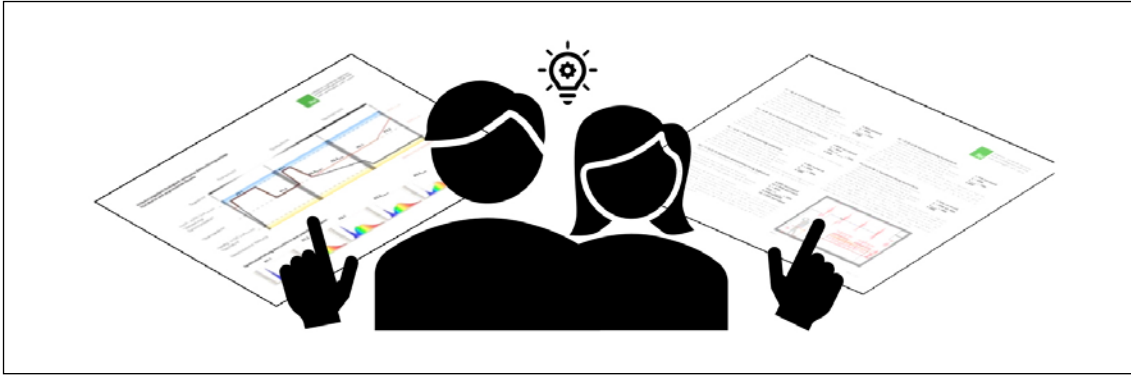
**Hinweis:** Der Flächenwert nach 5.8 geteilt durch die Raumanzahl nach 5.9 soll die mittlere Raumfläche ergeben.

## 2.6 Angaben zum Betrieb der Lichtlösung

### 2.6.1 Hintergrund und weiterführende Information

Im Abschnitt »Betrieb der Lichtlösung« stehen die Funktionsweisen der Tageslichtlösung und des Beleuchtungskonzepts im realen Einsatz im Mittelpunkt, da sich erst hier der Erfolg guter Planung und Umsetzung zeigt. Besonders im Blickpunkt stehen die nicht-visuellen Lichtwirkungen und ihre Relevanz für den Nutzer. Es ist wichtig, das Konzept für die Wartung und die Pflege der Anlagenkomponenten zu erfassen sowie zu dokumentieren, inwieweit Nutzer über die installierten Anlagen informiert und möglicherweise in die Planung einbezogen wurden. Zusätzlich werden in diesem Abschnitt mögliche Rückmeldungen von Nutzern oder Informationen aus gegebenenfalls stattfindender wissenschaftlicher Begleitung zusammengefasst.

Für die allgemeine Einschätzung der Nutzerzufriedenheit – nicht ausschließlich im Hinblick auf nicht-visuelle Aspekte – kann auf den standardisierten LiTG-Fragebogen zur Bewertung von Lichtsituationen zurückgegriffen werden [24]. Dieser bietet eine solide Basis zur Erhebung von Nutzerfeedback bezüglich der Beleuchtung.

**Abbildung 2.8**

Eine Zusammenstellung der Stützstellen der Beleuchtungslösung und eine Erläuterung der wichtigsten Zielgrößen unterstützt den Betreiber und auch interessierte Nutzer dabei, die automatischen Anpassungen der Beleuchtung im Tagesverlauf zu verstehen und einzuordnen – ein kritischer Faktor für die Akzeptanz. (Bildquelle: 3lpi)

### 2.6.2 Dokumentationstabelle

Nr.	Bezeichnung	Inhalt
6.1	Wartung	Freitext
6.2	Nutzereinbindung / Bedienungsanleitung	Freitext
6.3	Nutzerfeedback	Freitext
6.4	Nutzerevaluation	Ja/Nein
6.5	Evaluationsbeschreibung	Freitext
6.6	Evaluationsergebnisse	Freitext
6.7	Veröffentlichungen	Freitext

**Tabelle 2.6**

Betrieb der Lichtlösung

- zu 6.1: Beschreibung zu Wartungsmöglichkeiten von Tageslicht- und Beleuchtungssystemen und den Automationslösungen. Hier sollte insbesondere beschrieben werden, ob, inwieweit und von wem Steuerkurven (das heißt Dimmwerte und Lichtspektrien über den Tag) verändert werden können und darüber hinaus, ob Einzelkomponenten oder nur ganze Leuchten im Wartungsfall getauscht werden müssen. Wartungszyklen / Wartungsfaktoren
- zu 6.2: Für die Akzeptanz einer sich automatisch über den Tag veränderlichen Beleuchtungslösung ist die Einbindung von Nutzer und Betreiber unerlässlich. Hier soll beschrieben werden, inwieweit diese Einbindung im Rahmen der Planung beziehungsweise Inbetriebnahme erfolgt ist und wie Nutzer und Betreiber sich heute über die Funktionalität der Anlage informieren können.
- zu 6.3: Rückmeldungen zur Beleuchtung aus der Nutzergruppe können hier eingetragen werden.

- zu 6.4: Stichpunktartige Zusammenfassung der Nutzerevaluation, falls eine solche stattgefunden hat:
- Ziel der Erhebung (zum Beispiel Zufriedenheit/Feedback, Erhebung von Lichtwirkungen, ...)
  - Form der Erhebung (zum Beispiel Befragung, physiologische Messungen, ...)
  - Umfang der Erhebung (zum Beispiel Stichprobe, Dauer, ...)
  - Rahmen der Erhebung (zum Beispiel intern, wissenschaftlich, ...)
- zu 6.5: Stichpunktartige Zusammenfassung der Ergebnisse, falls eine Nutzerevaluation stattgefunden hat
- zu 6.6: Falls die Ergebnisse einer Studie an diesem Projekt öffentlich zugänglich sind, kann hier ein Link eingefügt werden. Dies sollte in Form einer persistenten Identifizierung erfolgen, zum Beispiel über eine DOI ([www.doi.org](http://www.doi.org)). Falls diese nicht vorhanden ist, kann ersatzweise eine URL zusammen mit dem Tag des letzten bekannten Aufrufs verwendet werden

### 3. Beispielhafte Dokumentation

Im vorangehenden Kapitel wurde die Struktur des Dokumentationsleitfadens vorgestellt. Wie in Kapitel 1 erläutert, zielt der Leitfaden mittel- bis langfristig darauf ab, die Projekte in einer Datenbank zu erfassen. Dies bietet die Möglichkeit, Projektdaten formularbasiert zu erfassen, nach unterschiedlichen Kriterien in den Projekten zu filtern und Projektinformationen als Steckbrief oder für den Vergleich mit anderen Projekten aus der Datenbank zu extrahieren. Doch selbst vor der technischen Realisierung leistet die Dokumentations-systematik wertvolle Dienste bei der strukturierten Erfassung von Projekten. Die praktische Anwendung der Systematik wird nun anschaulich an einem konkreten Beispiel verdeutlicht: dem »Lernraum der Zukunft« an der Hochschule München.

#### 3.1 Projektdokumentation »Lernraum der Zukunft«

Informationen in diesem Abschnitt wurden von dem Münchner Büro *3lpi lichtplaner + beratende ingenieure* bereitgestellt. Sofern keine gesonderte Quellenangabe erfolgt, stammen sämtliche Bilder und Grafiken von 3lpi.

Nr.	Bezeichnung	Inhalt
1.1	Projektname	Lernraum der Zukunft
1.2	Einrichtung	Hochschule München
1.3	Straße, Hausnummer	Lothstraße 34
1.4	PLZ	80335
1.5	Ort	München
1.6	Land	Deutschland
1.7	Bauherr	Hochschule München
1.8	Architekt	-
1.9	Lichtplanung	3lpi lichtplaner + beratende ingenieure
1.10	Ansprechpartner Projekt	Johannes Zauner, johannes.zauner@litg.de
1.11	Jahr der Inbetriebnahme	2018
1.12	Projektart	elektrische Beleuchtung

**Tabelle 3.1**  
Projekt



Nr.	Bezeichnung	Inhalt
2.1	Nutzungstypologie	Unterricht
2.2	Fläche (m <sup>2</sup> )	72,8
2.3	typische Raumhöhe (m)	2,8
2.4	Anzahl Räume (Stück)	1
2.5	Nutzungszeit (hh:mm)	07:00 bis 20:00
2.6	Nutzergruppe	Studierende
2.7	Nutzerposition	sitzend, Tischreihen
2.8	Nutzeralter (Jahre)	18-30
2.9	weitere Informationen zu Nutzern	Die Zeiträume der jeweiligen Aufenthaltsdauer einzelner Nutzer belaufen sich zwischen wenigen Minuten bis hin zu mehreren Stunden zu allen Tageszeiten, an denen die Hochschule offensteht (6-22 Uhr). Die Nutzungszeit betrifft jedoch die Zeiträume mit üblicher Anwesenheit. Aufgrund der Nutzergruppe gibt es eine hohe Fluktuation der Nutzer.
2.10	weitere Informationen zu Räumen	Es handelt sich um einen Lernraum, in dem Studierende an Tischen allein oder in kleinen Gruppen lernen und Aufgaben lösen können. Typische Tätigkeiten umfassen Bildschirmarbeit an privat mitgebrachten Geräten, Lese- und Schreibtätigkeit auf Papier, sowie Kommunikation mit anderen Studierenden.

Tabelle 3.2

Nutzung und Räumlichkeiten

Nr.	Bezeichnung	Inhalt
3.1	Projektkurzbeschreibung	<p>Das Vorhaben ist thematisch angegliedert an das Projekt der Hochschule München »Lehrraum der Zukunft«, welches sich mit »der Wirkung des physischen Raums auf die Qualität der Lehre und den Lernerfolg der Studierenden beschäftigt. In diesem Rahmen wurde ein bestehender Lernraum im Hinblick auf die Beleuchtung zum »Lernraum der Zukunft« ertüchtigt. Anstelle der statischen Beleuchtung wurde – bei gleicher Raumgestaltung – mit Hilfe der Firma Lumitech/Kiteo, Timo Müller, und dem Lichtplanungsbüro 3lpi eine tagesdynamische Beleuchtung installiert, die den circadianen Rhythmus der Nutzer stärken und diese beim Lernen unterstützen soll. Das Ergebnis ist ein Retrofit der bestehenden Flächenleuchten mit PI-LED-Technologie, unterstützt durch Spotleuchten über den Arbeitsplätzen und einer individuellen Steuerkurve für Helligkeit und Lichtspektrum. Wie die Begleitstudie zeigen konnte, zeigt sich zu den erwarteten langfristigen Effekten der neuen Beleuchtung, dass sich die morgendliche und abendliche Beleuchtungseinstellung positiv auf die akute Belastung bei der Aufgabenbearbeitung auswirkt,</p>
3.2	Zielwerte Beleuchtungsstärke visuell	horizontal auf Tischhöhe (H = 75 cm) 500 lx im Mittel, Gleichmäßigkeit 0,6
3.3	Zielwerte nicht-visuell	vertikal am Nutzeraugpunkt (H = 120 cm) MEDI bis 11:00 vormittags: 240 lx, MEDI abends / nachts: 50 lx
3.4	Sonstiges	<p>Der geringfügige Unterschied zum Zielwert zum Zeitpunkt der Dokumentation rührt von der Festlegung des Tageszielwerts vor Veröffentlichung der Empfehlungen von Brown und Kollegen (2022) [13]. Der Abend- / Nacht-Zielwert wurde als Kompromiss zwischen nicht-visuellen Anforderungen und der Anforderung als Arbeitsplatz festgelegt.</p>

3.5

Bilder



**Abbildung 3.5.1:**  
**Beleuchtungsszenario am Morgen (Stützstelle 1)**



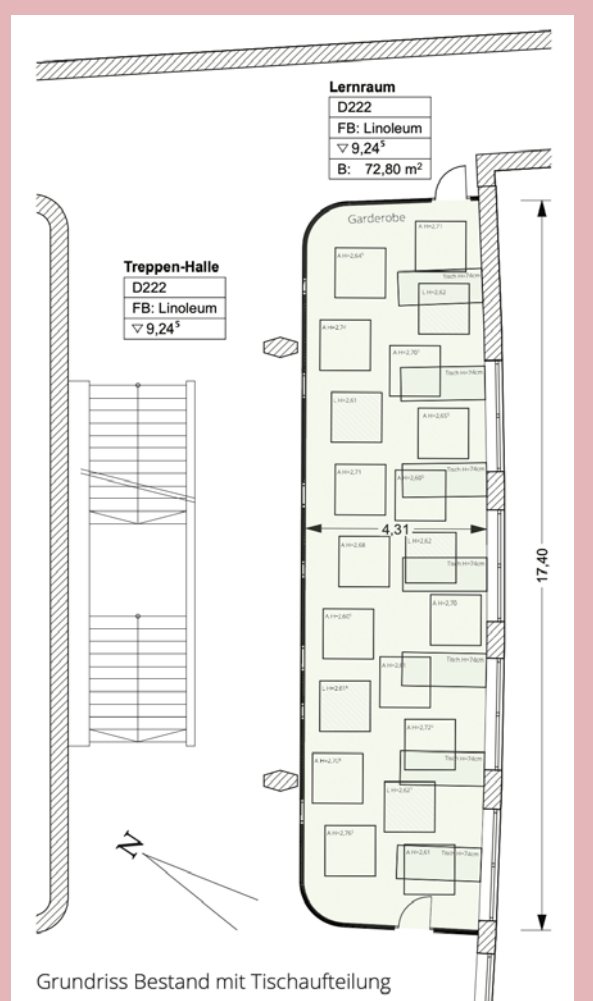
**Abbildung 3.5.2:**  
**Beleuchtungsszenario am Tag (Stützstelle 2)**



**Abbildung 3.5.3:**  
**Beleuchtungsszenario am Abend (Stützstelle 3)**

3.6

Schemata/Pläne




**Abbildung 3.6.1:**  
 Grundriss mit Tischaufteilung (längliche Rechtecke entlang der Fassade) und des Deckenspiegels (Quadrate für Bestandsleuchten und Akustikpaneele)

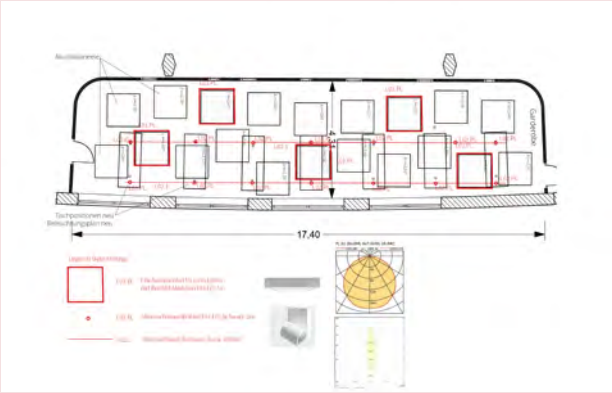
**Tabelle 3.3**  
 Übersicht

Nr.	Bezeichnung	Inhalt
4.1	Planung	ja
4.2	Messung	nein
4.3	Tageslichtkonzept	Seitenbefensterung mit innenliegenden handbedienbaren Aluminium-Jalousien als Blendschutz Die Tageslichtsituation wurde im Projekt nicht verändert
4.4	Fensterfläche (Wand, m <sup>2</sup> )	25,75
4.5	Fensterfläche (Dach, m <sup>2</sup> )	0
4.6	Raumtiefe (m)	4,3
4.7	Relevante Fläche (m <sup>2</sup> )	72,8
4.8	Relevante Raumanzahl (Stück)	1
4.9	Haupt-Himmelsrichtung	Südost
4.10	Kennwertermittlung	Berechnungswerte
4.11	Tageslichtquotient (%)	9
4.12	Bezugshöhe Tageslichtquotient (m)	0,75
4.13	Tageslichtautonomie (visuell, %)	–
4.14	Betrachtungszeitraum Tageslichtautonomie (visuell, hh:mm)	–
4.15	Tageslichtautonomie (nicht-visuell, %)	75
4.16	Betrachtungszeitraum Tageslichtautonomie (nicht-visuell, hh:mm)	8:00 bis 11:00
4.17	Betrachtungsbereich Tageslichtkennwerte	Mittelwert der Tischbereiche, zylindrische Beleuchtungsstärke auf 120 cm Höhe
4.18	Nutzereingriffsmöglichkeiten	Innenliegende, handbedienbare Blendschutzlamellen (hoch / runter, Lamellenwinkel)
4.19	Planungs- / Messwertgrafiken / Fotos Tageslichttechnik	–
4.20	Hersteller	–
4.21	Weitere Anmerkungen Tageslicht	Eine Abschätzung der Tageslichtsituation wurde als Basis für die nicht-visuelle Beleuchtungsplanung durchgeführt. Ohne eingeschaltete Beleuchtung wird der erforderliche Reiz zu 75 % des Jahres (zwischen 8–11 Uhr am Morgen) erreicht. Mit eingeschaltetem Bestandslicht erhöht sich dieser Wert auf circa 85 %. Das heißt, dass bei circa 15 % der Jahresnutzungszeit wird am Vormittag der Schwellenwert trotz Tageslicht und Bestandsbeleuchtung nicht erreicht.

**Tabelle 3.4**  
Tageslicht

Nr.	Bezeichnung	Inhalt
5.1	Planung	ja
5.2	Messung	ja
5.3	Lichtkonzept	5 Stück 1,2 m x 1,2 m große Flächenleuchten, PI-LED-Ausstattung (2.500 K-7.000 K), je circa 18.000 lm, diffuse Ausstrahlcharakteristik, Leuchten »ungeordnet« im Raum verteilt 14 Stück Stromschienen-Spotleuchten, PI-LED-Ausstattung (2.500 K-7.000 K), je circa 2.000 lm, 25° Halbwertswinkel, Leuchten in zwei Reihen im Doppel über jedem Tisch platziert
5.4	Leuchtentypen	1. Flächenleuchten 2. Spotleuchten (Stromschienen)
5.5	Leuchtenzahl	19 Stück gesamt: 1. Flächenleuchten: 5 2. Spotleuchten: 14
5.6	Montageposition/ -höhe	1. Deckenanbau, Höhe 2,8 m 2. Stromschienenstrahler an Decke, Höhe 2,8 m
5.7	Ausrichtung/ Abstrahlcharakteristik	1. direkt, diffus nach unten 2. direkt, engstrahlend, ausgerichtet auf Tischmitte
5.8	Relevante Fläche (m <sup>2</sup> )	78
5.9	Relevante Raumanzahl (Stück)	1
5.10	Automationskonzept	Morgenlicht: 6-11 Uhr, Aktivierung und Synchronisation Flächenleuchten kaltweiß (7.000 K) mit Dimmwert 50 %, Spotleuchten neutralweiß (3.500 K) mit 20 % Dimmwert  Taglicht: 11:30-16 Uhr, visuell ausgerichtet Flächenleuchten starten eher kaltweiß (5.000 K) und faden zu neutralweiß (4.000 K). Die Dimmwerte nehmen von 35 % bis auf 30 % ab, Spotleuchten neutralweiß (3.500 K) mit 25 % Dimmwert  Nachtlicht: 18:30-5:30 Uhr, Melatonin-Suppression und Phasenverschiebung minimieren Flächenleuchten warmweiß (2.700 K) mit 5 % Dimmwert, Spotleuchten bleiben neutralweiß (3.500 K) mit 35 % Dimmwert In Zwischenzeiten faden die Einstellungen gleitend auf die Werte der nächsten Stützstelle
5.11	Automationstechnik	myPiled-App auf einem Windows-Tablet mit Zigbee-Stick
5.12	Tageslichtabhängigkeit	nein
5.13	Stützstellen: Uhrzeiten (hh:mm)	1. 06:00-11:00 2. 11:30-16:00 3. 18:30-05:30


5.14	Kennwertermittlung	Messwerte																				
5.15	Stützstellen: Beleuchtungsstärken (lx) nach 3.2	1. 505 2. 501 3. 502																				
5.16	Stützstellen: MEDI (lx) nach 3.3	1. 241 2. 128 3. 54																				
5.17	Stützstellen: weitere Metriken	1. 215 lx MEDI (Gesichtsfeldbeschränkt) 2. 100 lx MEDI (Gesichtsfeldbeschränkt) 3. 31 lx MEDI (Gesichtsfeldbeschränkt)																				
5.18	Stützstellen: Lichtspektren	<p>Tabelle 5.18.1 Messungen zur Spektralverteilung der künstlichen Beleuchtung an einem beispielhaften Nutzer- augpunkt für jede der Stützstellen</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Wellenlänge (nm)</th> <th>Stützstelle 1 (W/m<sup>2</sup>·nm)</th> <th>Stützstelle 2 (W/m<sup>2</sup>·nm)</th> <th>Stützstelle 3 (W/m<sup>2</sup>·nm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>380</td> <td>4,71e-05</td> <td>2,78e-05</td> <td>2,18e-06</td> </tr> <tr> <td>381</td> <td>2,21e-05</td> <td>1,30e-05</td> <td>2,38e-05</td> </tr> <tr> <td>382</td> <td>9,37e-06</td> <td>-8,35e-08</td> <td>3,84e-05</td> </tr> <tr> <td>...</td> <td>...</td> <td>...</td> <td>...</td> </tr> </tbody> </table> <p>Anmerkung: Aus Platzgründen wird der Inhalt in dieser Schrift nur prinzipiell dargestellt, um die Systematik zu zeigen. Die vollständigen Spektren sind unter dem nachfolgend PID (QR code / DOI URL) zu finden</p>  <p>Abbildung 5.18.1: QR Code zum vollständigen Datenset (Persistent Identifier via DOI: <a href="https://doi.org/10.1371/journal.pone.0239553.s002">https://doi.org/10.1371/journal.pone.0239553.s002</a>)</p>	Wellenlänge (nm)	Stützstelle 1 (W/m <sup>2</sup> ·nm)	Stützstelle 2 (W/m <sup>2</sup> ·nm)	Stützstelle 3 (W/m <sup>2</sup> ·nm)	380	4,71e-05	2,78e-05	2,18e-06	381	2,21e-05	1,30e-05	2,38e-05	382	9,37e-06	-8,35e-08	3,84e-05	...	...	...	...
Wellenlänge (nm)	Stützstelle 1 (W/m <sup>2</sup> ·nm)	Stützstelle 2 (W/m <sup>2</sup> ·nm)	Stützstelle 3 (W/m <sup>2</sup> ·nm)																			
380	4,71e-05	2,78e-05	2,18e-06																			
381	2,21e-05	1,30e-05	2,38e-05																			
382	9,37e-06	-8,35e-08	3,84e-05																			
...	...	...	...																			
5.19	Nutzereingriffsmöglichkeiten	An / Aus																				
5.20	Betrachtungsbereich Beleuchtungskennwerte	ausgewählter Betrachtungspunkt, vertikal auf 1,20 m Höhe, an einem Tisch, Blickrichtung quer zur Fassade																				

5.21	Planungs- / Messwertgrafiken / Fotos Leuchten (montiert)	
		Abbildung 5.21.1: Grundriss Beleuchtungskonzept
5.22	Hersteller	Kiteo/Lumitech
5.23	Anmerkungen elektrische Beleuchtung	<p>Die bei den Stützstellen ermittelten Beleuchtungsstärke- und MEDI-Werte wurden für die Begleitstudie konzipiert. Dabei kam nur jeweils eine Farbtemperatur je Stützstelle zum Einsatz (2.700 K, 4.000 K, und 7.000 K) und die horizontale Beleuchtungsstärke auf der Arbeitsfläche wurde auf jeweils 500 lx eingestellt. Im laufenden Betrieb nach der Studie wurde eine höhere Beleuchtungsstärke am Morgen (Stützstelle 1) programmiert. Neben der Messung der vertikalen MEDI wurden auch vertikale MEDI mit einer Gesichtsfeldbeschränkung gemessen, entsprechend der Empfehlungen in CIE S026 [18]</p>

**Tabelle 3.5**  
elektrisches Licht



Nr.	Bezeichnung	Inhalt
6.1	Wartung	Die Steuerkurven werden über eine Excel-Liste programmiert, die auf dem Steuer-PC abgelegt wird. Im Wartungsfall können diese Kurven auch von Laien angepasst werden, etwa um den Wartungswert der Beleuchtungsstärke zu sichern. In den Flächenleuchten sind die LED-Paneele wie auch die Vorschaltgeräte einzeln zugänglich und austauschbar. Bei den Spotleuchten erlaubt die Stromschiene jederzeit den Tausch von Leuchten sowie deren Ergänzung oder Positionsänderung. Es wurde mit einem Wartungsfaktor von 0,80 – gerechnet
6.2	Nutzereinbindung/ Bedienungsanleitung	Aufgrund der hohen Nutzerfluktuation (Studierende) besitzen Nutzer neben der universell bekannten An- / Aus- Schaltung keine tiefgreifende Einflussmöglichkeit auf die Beleuchtung. Es gibt daher keine Anforderung an oder Einführung in die Bedienung. Für die Aufklärung über den Zweck und Nutzen der Beleuchtungslösung werden jährlich Führungen mit Nutzern und Interessierten, bei denen die Funktionalität erläutert wird, gemacht.
6.3	Nutzerfeedback	Die Stützstelle 1 gefällt unmittelbar nach dem Umschalten den wenigsten gut, während Stützstelle 3 am besten gefällt. Nach einiger Verweildauer empfinden die meisten Studierenden jedoch keine der Situationen als störend. Zur Erhebung wurde ein cross-over-design verwendet. Das heißt, dass jede der Stützstellen mehrmals mit unterschiedlichen Vorgänger-Stützstellen getestet wurde.
6.4	Nutzerevaluation	ja
6.5	Evaluationsbeschreibung	Wissenschaftliche Begleitforschung an 27 Probanden, Untersuchung der Anstrengung bei der Bearbeitung einer kognitiv anstrengenden Aufgabe, abhängig von der Beleuchtungssituation. Die Bewertungsmetrik der Anstrengung war die Änderung der Herzkontraktionskraft (spezifisch: Veränderung der linksventrikulären kardialen Pre-ejektionsperiode).
6.6	Evaluationsergebnisse	Bei der mittleren Stützstelle (2), die am ehesten einer typischen Beleuchtungssituation im Hinblick auf Helligkeit, Farbtemperatur und Lichtverteilung entspricht, war die Anstrengung bei der Bearbeitung einer mental anspruchsvollen Aufgabe gegenüber beiden anderen Situationen am stärksten. Die Ergebnisleistung war in allen Fällen gleich. Situation 2 ist daher weniger ergonomisch als diejenigen der Stützstellen 1 und 3. Aufgrund des tageszeitabhängigen Verlaufs kann daher davon ausgegangen werden, dass die Lernraumbeleuchtung ergonomisch vorteilhafter als eine statische Beleuchtung bei typischen Bedingungen ist.

6.7	Veröffentlichungen	<p>Zauner, J., Plischke, H., Stijnen, H., Schwarz, U. T., &amp; Strasburger, H. (2020). Influence of common lighting conditions and time-of-day on the effort-related cardiac response. PLOS ONE, 15(10).</p>  <p>Abbildung 6.7.1: QR Code zur Veröffentlichung (Persistent Identifier via DOI: <a href="https://doi.org/10.1371/journal.pone.0239553">https://doi.org/10.1371/journal.pone.0239553</a>)</p>
-----	--------------------	---

**Tabelle 3.6**  
Betrieb der Lichtlösung

## 4. Ausblick

Die in Abschnitt 2 beschriebene Systematik erlaubt bei konsequenter Anwendung (Beispiel siehe Abschnitt 3) eine kompakte Zusammenfassung der wesentlichen nicht-visuellen Aspekte eines Beleuchtungsprojekts. Je mehr Projekte in diesem Stil erfasst werden, umso leichter und zielgerichteter werden Vergleiche und die Bewertung von Projekten auf der Ebene einzelner wie auch gesamthafter Aspekte.

Wird eine künftige Umsetzung der Dokumentationslogik im Rahmen einer digitalen Plattform realisiert, werden auch automatisierte Ableitungen möglich. Diese umfassen beispielsweise Projektsteckbriefe oder Visualisierungen, die eine tageszeitliche Dynamik und andere relevante Metriken anschaulich darstellen. Ein Beispiel für eine solche Ableitung bietet Abbildung 4.1, welche – basierend auf den Eingaben in Tabellen 3.1 bis 3.6 – im Rahmen eines Projektsteckbriefs den Zeitverlauf in dem Projekt »Lernraum der Zukunft« visualisiert. Die Komponenten dieser Visualisierung wurden automatisiert erstellt und geben kompakt Aufschluss über alle relevanten Aspekte des tageszeitabhängigen Verlaufs von Beleuchtungsstärke und MEDI-Wert. Dunkelperioden werden anhand des Projektstandorts ermittelt. Aus Spektraldaten und Bildaufnahmen werden die Stützstellen anschaulich visualisiert.

Projektsteckbrief NonVisDoc:



# Lernraum der Zukunft

**Kenndaten:**

Standort	München, Deutschland
Projektart	Elektrische Beleuchtung
Jahr d. Inbetriebnahme	2018
Nutzungstypologie Nutzergruppe Nutzeralter	Unterricht Studierende 18 - 30 Jahre
Fläche Raumhöhe Räume	72,8 m <sup>2</sup> 2,8 m 1 Stück
Nutzungszeit	07:00 - 20:00



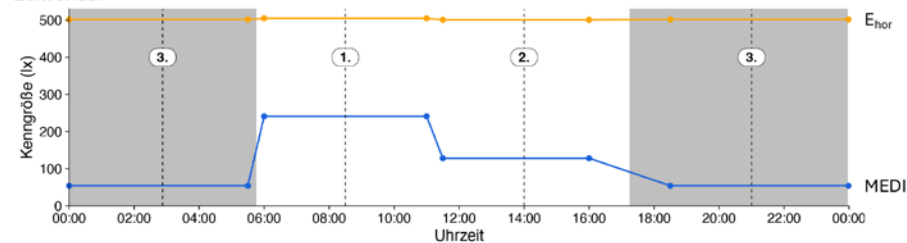
**Projektkurzbeschreibung:**

Das Vorhaben ist thematisch angegliedert an das Projekt der Hochschule München "Lehrraum der Zukunft", welches sich mit "der Wirkung des physischen Raums auf die Qualität der Lehre und den Lernerfolg der Studierenden" beschäftigt. In diesem Rahmen wurde ein bestehender Lernraum zum "Lernraum der Zukunft" im Hinblick auf die Beleuchtung ertüchtigt. Anstelle der statischen Beleuchtung wurde - bei gleicher Raumgestaltung - mit Hilfe der Fa. Lumitech/Kiteo, Timo Müller, und dem Lichtplanungsbüro 3ipi eine tagesdynamische Beleuchtung installiert, die den circadianen Rhythmus der Nutzer stärken und beim Lernen unterstützen soll. Das Ergebnis ist ein Retrofit der bestehenden Flächenleuchten mit PI-LED-Technologie, unterstützt durch Spotleuchten über den Arbeitsplätzen und einer individuellen Steuerkurve für Helligkeit und Lichtspektrum. Zu den erwarteten langfristigen Effekten der neuen Beleuchtung zeigt sich, dass sich die morgendliche und abendliche Beleuchtungseinstellung positiv auf die akute Belastung bei der Aufgabenbearbeitung auswirkt, wie die Begleitstudie zeigen konnte.

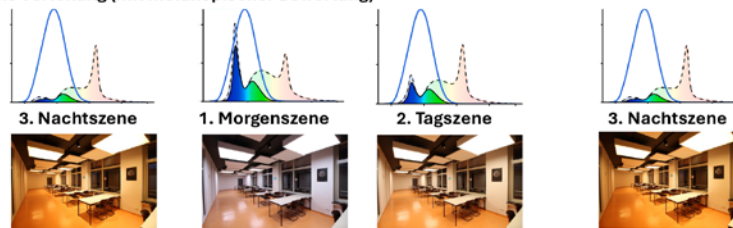
**Elektrische Beleuchtung: Stützstellen und Zeitverlauf der Beleuchtungsparameter:**

Stützstelle	Beginn	Ende	Beleuchtungsstärke	MEDI
1	6:00	11:00	505	241
2	11:30	16:00	501	128
3	18:30	05:30	502	54

**Zeitverlauf**



**Spektrale Verteilung (mit melanopischer Bewertung)**



Erstellt: 09.06.2024	Ansprechpartner: Johannes Zauner	Kontaktdaten: Johannes.zauner@litg.de
----------------------	-------------------------------------	--

**Abbildung 4.1**

Beispielhafter Projektsteckbrief »Lernraum der Zukunft« mit ausgewählten Kenndaten und einer Kurzbeschreibung. Im Zentrum steht der Zeitverlauf der visuellen und nicht-visuellen Metriken, der vollständig aus den in den Tabellen 3.1 bis 3.6 angegebenen Informationen generiert wurde. Durch solche automatisierten Visualisierungen können komplexe Daten anschaulich aufbereitet werden. Dies erleichtert das Verständnis und die Analyse der tageszeitdynamischen Lichtverhältnisse wesentlich.

## Literaturverzeichnis

- [1] CIE, ILV: International lighting vocabulary, 2nd Edition, in CIE S 017/E:2020. 2019, CIE: Vienna.
- [2] Aschoff, J., Circadian rhythms in man. *Science*, 1965. 148(3676): p. 1427-1432.
- [3] Czeisler, C.A., et al., Suppression of melatonin secretion in some blind patients by exposure to bright light. *N Engl J Med*, 1995. 332(1): p. 6-11.
- [4] Lucassen, E.A., et al., Environmental 24-hr cycles are essential for health. *Curr Biol*, 2016. 26(14): p. 1843-53.
- [5] Berson, D.M., et al., Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock. *Sci*, 2002. 295(5557): p. 1070-1073.
- [6] Schmidt, T.M., et al., Melanopsin-positive intrinsically photosensitive retinal ganglion cells: from form to function. *J Neurosci*, 2011. 31(45): p. 16094-101.
- [7] DIN, DIN/TS 5031-100:2021-11 Optical radiation physics and illuminating engineering – Part 100: Melanopic effects of ocular light on human beings – Quantities, symbols and action spectra, in DIN/TS 5031-100:2021-11. 2021, Beuth Publishing Company: Berlin.
- [8] Didikoglu, A., et al., Associations between light exposure and sleep timing and sleepiness while awake in a sample of UK adults in everyday life. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 2023. 120(42): p. e2301608120.
- [9] Kim, M., et al., Light at night in older age is associated with obesity, diabetes, and hypertension. *Sleep*, 2022.
- [10] Burns, A.C., et al., Day and night light exposure are associated with psychiatric disorders: an objective light study in >85,000 people. *Nature Mental Health*, 2023.
- [11] CIE, CIE position statement – proper light at the proper time. 2019, CIE: Vienna.
- [12] Elektroindustrie, Z.E.-u. Der Einsatz von Human Centric Lighting (HCL) ermöglicht das richtige Licht für jede Tageszeit. 2016 [cited 2024 May 6th]; Available from: [https://www.zvei.org/fileadmin/user\\_upload/Presse\\_und\\_Medien/Publikationen/2016/september/Der\\_Einsatz\\_von\\_Human\\_Centric\\_Lighting\\_HCL\\_ermoeslicht\\_das\\_richtige\\_Licht\\_fuer\\_jede\\_Tageszeit/Einsatz-Human-Centric-Lichtig-Positionspapier.pdf](https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Presse_und_Medien/Publikationen/2016/september/Der_Einsatz_von_Human_Centric_Lighting_HCL_ermoeslicht_das_richtige_Licht_fuer_jede_Tageszeit/Einsatz-Human-Centric-Lichtig-Positionspapier.pdf).
- [13] Brown, T.M., et al., Recommendations for daytime, evening, and nighttime indoor light exposure to best support physiology, sleep, and wakefulness in healthy adults. *PLoS Biol*, 2022. 20(3): p. e3001571.
- [14] Brown, T.M., Melanopic illuminance defines the magnitude of human circadian light responses under a wide range of conditions. *J Pineal Res*, 2020: p. e12655.
- [15] Veitch, J.A. and M. Knoop, CIE TN 011:2020. What to document and report in studies of ipRGC-influenced responses to light, in CIE TN 011:2020. 2020, CIE: Vienna.
- [16] Spitschan, M., et al., ENLIGHT: A consensus checklist for reporting laboratory-based studies on the non-visual effects of light in humans. *EBioMedicine*, 2023. 98: p. 104889.
- [17] Spitschan, M., et al., How to Report Light Exposure in Human Chronobiology and Sleep Research Experiments. *Clocks Sleep*, 2019. 1(3): p. 280-289.
- [18] CIE, CIE S 026/E:2018. CIE system for metrology of optical radiation for ipRGC-influenced responses of light, in CIE S 026/E:2018, CIE, Editor. 2018, CIE: Vienna.

- [19] DIN, DIN/TS 67600:2022-08. Complementary criteria for lighting design and lighting application with regard to non-visual effects of light, in DIN/TS 67600:2022-08. 2022, Beuth Publishing Company: Berlin.
- [20] CIE, ISO/CIE DIS 8995-1:2023-10: Light and lighting – Lighting of work places – Part 1: Indoor. 2023, CIE: Vienna.
- [21] Pezoa, F., et al., Foundations of JSON Schema, in Proceedings of the 25th International Conference on World Wide Web. 2016, International World Wide Web Conferences Steering Committee: Montréal, Québec, Canada. p. 263–273.
- [22] DIN, DIN 33402-2:2020-12: Ergonomie – Körpermaße des Menschen – Teil 2: Werte / Ergonomics – Human body dimensions – Part 2: Values, in DIN 33402-2:2020-12. 2020, Beuth Publishing Company: Berlin.
- [23] Zauner, J. and H. Plischke, Designing Light for Night Shift Workers: Application of Nonvisual Lighting Design Principles in an Industrial Production Line. Applied Sciences, 2021. 11(22).
- [24] Moosmann, C. and C. Vandahl, LiTG-Fragebogen zur Bewertung von Lichtsituationen. LiTG Questionnaire for the evaluation of lighting situations, Tagungsberichte der Lux Junior, 2015.

## Impressum und Kontakt

Diese Publikation ist eine Veröffentlichung der  
Gesellschaft für LichtTechnik und LichtGestaltung e. V.

Autor:

Dr. rer. biol. hum. M. Sc. Johannes Zauner

Projektausschuss:

Dr.-Ing. Karin Bieske, Technische Universität Ilmenau, Fachgebiet Lichttechnik

Dipl.-Ing. Matthias Fassian, Signify GmbH Hamburg

Prof. Dipl.-Ing. Mathias Wambsganß, Technische Hochschule Rosenheim

Redaktionelle Bearbeitung: Petra Lasar, Rösrath

Gestaltung: Ellen Stockmar, Berlin

Titelfoto: © Zumtobel

### **Deutsche Gesellschaft für LichtTechnik und LichtGestaltung e. V. (LiTG)**

Danneckerstraße 16

10245 Berlin

Telefon +49 30 / 26 36 95 24

E-Mail [info@litg.de](mailto:info@litg.de)

**[www.litg.de](http://www.litg.de)**

1. Auflage, Februar 2025

ISBN 978-3-927787-33-9

Nachdruck, elektronische Vervielfältigung oder Weitergabe, auch auszugsweise,  
ist nur mit Genehmigung der LiTG und mit Quellenangabe gestattet.

Die **Deutsche Gesellschaft für LichtTechnik und LichtGestaltung e. V. (LiTG)** ist Deutschlands größte Community für Licht und Beleuchtung. Als dynamisches Netzwerk und Wissensplattform für alle Licht-Interessierten befasst sie sich mit »Licht und Beleuchtung« in den Bereichen Technik, Gestaltung, Planung und Anwendung in Theorie, Praxis und Forschung auf regionaler, nationaler und internationaler Ebene.

Die **LiTG** geht zurück auf die 1912 gegründete Deutsche Beleuchtungstechnische Gesellschaft. Als eingetragener, gemeinnütziger und unabhängiger Verein mit Sitz in Berlin hat sie heute rund 2.000 Mitglieder. Sie verbindet u. a. Fachleute aus Wissenschaft, Forschung und Lehre, Ingenieurinnen und Techniker aus Entwicklung, Fertigung, Projektierung und Vertrieb, Angehörige aus Bundes- und Landesministerien sowie Kommunalverwaltungen, Licht-Affine aus Architektur und Innenarchitektur, Licht- und Elektroplanung, Handwerk, Produktdesign, Medizin und Kunst sowie Studierende aus diesen Bereichen. Zu ihren korporativen Mitgliedern zählen wissenschaftliche Institutionen, Fachverbände und Organisationen, Unternehmen aus allen Bereichen der Lichtindustrie, Stadtverwaltungen, Energieversorger, Architektur-, Ingenieur- und Lichtplanungsbüros.

Die **LiTG** steht interessierten Kreisen beratend zur Seite und bietet dazu ein lokal orientiertes, breitgefächertes Veranstaltungsprogramm aus Tagungen, Vorträgen, Diskussionen, Exkursionen und Besichtigungen, das über innovative lichttechnische Anwendungen, Entwicklungen, Produkte, Dienstleistungen und Forschungsvorhaben informiert und über gültige lichttechnische Vorschriften, Normen und Gesetze aufklärt.

Die **LiTG** beteiligt sich an der Erarbeitung nationaler und internationaler Normen und kooperiert dazu mit den maßgeblichen Fachorganisationen wie DIN, CEN, ISO, CIE sowie den internationalen lichttechnischen Gesellschaften. Seit 2015 unterhält sie ein eigenes Weiterbildungsprogramm auf der Basis des europäischen Bildungsstandards »European Lighting Expert (ELE)«.

Die **LiTG** erstellt allgemein verständliche Publikationen mit neuesten wissenschaftlichen und anwendungsbezogenen Erkenntnissen. Die fachliche Betreuung liegt beim TWA, der sich momentan in folgende elf Fachgebiete gliedert:

- Außenbeleuchtung
- Melanopische Lichtwirkungen
- Lichtplanung
- Fahrzeugbeleuchtung
- Farbe
- Innenbeleuchtung
- Licht – Gestaltung und Architektur
- Licht und Digitalisierung
- Messen, Bewerten und Berechnen
- Physiologie und Wahrnehmung
- Tageslicht

