

LiTG-Fachgebiet Innenbeleuchtung

# LICHTQUALITÄT – EIN PROZESS STATT EINER KENNZAHL



36



**Deutsche Lichttechnische  
Gesellschaft e.V.**



## **LiTG-Fachgebiet Innenbeleuchtung**

### **Lichtqualität – ein Prozess statt einer Kennzahl**

Methodik zum Erfassen der Anforderungen an eine Lichtlösung und zu ihrer Bewertung zur Bestimmung ihrer Qualität

**36**

Veröffentlichung der  
Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft e.V.

## Impressum

Diese Publikation wurde erstellt von:

Dipl.-Ing. Peter Dehoff, Rankweil

Dipl.-Ing. Birthe Tralau, Dornbirn

Redaktionelle Bearbeitung: Britta Hölzemann, Berlin

Gestaltung: Ellen Stockmar, Berlin

Titelfoto: fotolia/bernardbodo

### **Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e.V. (LiTG)**

Danneckerstraße 16, 10245 Berlin

Telefon +49 30 / 26 36 95 24

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

2. Auflage März 2019, ISBN 978-3-927787-58-2

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

Die Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e.V. (LiTG) verwendet in ihren internen Papieren wie in allen Veröffentlichungen zur Bezeichnung und Ansprache von Personen ausschließlich die maskuline Form. Dies geschieht aus Gründen der Vereinfachung und besseren Lesbarkeit. Alle Personen, gleich welchen Geschlechts, betrachtet und behandelt die LiTG als gleichgestellt.

# Inhalt

<b>1 Einleitung .....</b>	<b>06</b>
1.1 Problemstellung – Erlebnisse aus dem Alltag .....	06
1.2 Historischer Abriss: Bisherige Ansätze zur Definition der Lichtqualität.....	08
1.3 Ziel der Schrift.....	10
1.4 Aufbau und Nutzung der Schrift.....	10
<b>2 Lichtqualität – ein Prozess statt einer Kennzahl .....</b>	<b>11</b>
2.1 Beschreibung des Prozesses.....	11
2.2 Durchführung des Prozesses anhand eines Beispiels.....	15
<b>3 Lichtqualität – Zusammenfassung, Abgrenzung und Ausblick .....</b>	<b>25</b>
3.1 Zusammenfassung.....	25
3.2 Definition Lichtqualität.....	25
3.3 Berücksichtigung des Tageslichts .....	26
3.4 Weitere Maßzahlen einer Lichtlösung: Abgrenzung zu Produktqualität, Energieeffizienz und Kosten .....	27
<b>Anhang A: Tabellen zum Anwendungsbeispiel der Lichtbewertung .....</b>	<b>28</b>
<b>Anhang B: Ausführliche Erläuterungen der einzelnen Prozessschritte .....</b>	<b>47</b>
B 1 Individuelle Nutzeranforderungen .....	47
B 2 Gewichtung der Anforderungen nach Anwendungen .....	59
B 3 Gestaltungsmittel der Lichtlösung und Maßnahmen zur Erfüllung der Anforderungen .....	76
B 4 Merkmale zur Bewertung einer Lichtqualität.....	96
<b>Anhang C: Gestaltungsmittel und ihre zugeordneten     lichttechnischen Größen .....</b>	<b>107</b>
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>110</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>113</b>
<b>Tabellenverzeichnis ....</b>	<b>114</b>

# 1 Einleitung

## 1.1 Problemstellung – Erlebnisse aus dem Alltag

Aktuelle Projekte sind häufig von Vorgaben zur Energieeinsparung und Kosteneffizienz geprägt. Oft geht dies zu Lasten der Lichtqualität, so dass zwar normative Kriterien der Beleuchtung erfüllt werden, die Bedürfnisse des eigentlichen Nutzers aber eine untergeordnete Rolle spielen. Lichtqualität sollte die Ansichten unterschiedlicher Personen wie Lichtplaner, Endnutzer, Architekten, Betreiber und Investoren über eine gute Lichtlösung verbinden und sich von den Maßzahlen der Energieeffizienz und den Kosten abgrenzen.

Wir verwenden gern den Begriff »Lichtqualität«, wenn wir eine Aussage darüber machen, ob die Beleuchtung eine subjektiv empfundene »Qualität« oder »Güte« erreicht. Aber genügt diese Bewertung, um Lichtqualität objektiv zu erfassen? Genügen einzeln herausgegriffene Kriterien, um ganzheitlich von Lichtqualität zu sprechen?

### **Verschiedene Alltagserfahrungen verdeutlichen dies:**

*Das Architektenbüro:* Der Raum ist erhaben gestaltet. Die Decke ist dunkel, die Wände in gedeckten Farben gehalten. Der Schreibtisch aus schwarzem Holz zeigt die Wertigkeit. Eine individuell gestaltete Leuchte in geschwungener Form hängt über dem Schreibtisch, das Licht strahlt indirekt an die dunkle Decke. Die Beleuchtungsstärken genügen nicht, um über längere Zeit ermüdungsfrei zu arbeiten. Der Raum steht ganz im Zeichen der Repräsentation, lädt aber nicht zum Arbeiten ein.

→ Die Vorstellungen von Architekt und Endnutzer wurden nicht richtig abgestimmt und damit falsche Schwerpunkte bei den Anforderungen gesetzt.

*Die Industriehalle:* Die Hallenleuchten hängen in optimierten Abständen in einem regelmäßigen Raster im Raum. Hohe Lichtströme erlauben es, die Anzahl der Leuchten gering zu halten und trotzdem eine gleichmäßige Beleuchtungsstärke über die gesamte Halle zu erzielen. Aktuell ist die Halle mit regelmäßig angeordneten Fertigungsarbeitsplätzen ausgestattet. Zukünftig wird ein Teil der Halle zum Lager mit hohen Regalen, in einem zweiten Bereich finden sich mehrere Verpackungsarbeitsplätze und ein dritter Teil dient der Bearbeitung von Reklamationen. Vermisst werden dann unterschiedliche Beleuchtungsniveaus und individuelle Lichteinfallrichtungen.

→ Hier sind bei der Grundausstattung die Raumnutzungen und damit die Nutzeranforderungen nicht bekannt.

*Der Arbeitsplatz in der Universität:* Im historischen Gebäude der Universität gibt es dutzende ähnlicher Räume: Sie sind großzügig, haben hohe Decken und lassen vielfältige Nutzungen zu. Darin untergebracht sind Informatiker, die dicht gedrängt an Computerbildschirmen arbeiten, Elektrotechniker vor Versuchsaufbauten sowie eine Gruppe gestaltender Architekten mit Modellen und großformatigen Plänen. Das Universitätsbauamt setzte in allen Räumen die gleiche Bürorasterleuchte ein,

ein kostengünstiges, energieeffizientes Massenprodukt mit gleicher Beleuchtungsstärke und hoher Gleichmäßigkeit: Allen die gleiche, aber keinem die richtige Beleuchtung!

→ Hier waren zwar die Anforderungen bekannt, sie wurden aber vereinheitlicht und die Beleuchtung unter den Aspekten Kosten und Energieeffizienz optimiert.

*Das Kunstwerk:* Der alte Meister wird mit neuesten Lichtquellen und bester Farbwiedergabe beleuchtet. Das Gemälde ist absolut perfekt gleichmäßig ausgeleuchtet, jede Farbnuance ist sichtbar. Nur: Ermöglicht dies die Wahrnehmung des Werkes getreu der Intention des Künstlers, der das Bild im Schein einer Kerze gemalt hat?

→ Hier wurden die Anforderungen des Künstlers und vermutlich auch die des Museumsbetreibers nicht berücksichtigt.

*Der Besprechungsraum:* Der Raum ist zweifelsfrei repräsentativ und geschmackvoll gestaltet mit einer ansprechenden Decke, die eine zurückgesetzte Voute aufwertet. Die indirekte Voutenbeleuchtung und die kleinen Spots am Rande fügen sich unauffällig in das Gesamtbild ein. Beide Lichtsysteme lassen sich durch zwei Schalter getrennt ein- und ausgestalten. Leider ist der Raum für eine Besprechung zu entspannend, für eine Beamer-Präsentation aber entweder zu hell oder komplett dunkel.

→ Hier wurden Anforderungen und Raumnutzung nicht vollständig erfasst, Endnutzer und Gestalter sind nicht im Einklang.

*Das Klassenzimmer:* Die Schüler betreten das Klassenzimmer, fahles Morgenlicht dringt durch die Fenster. Mädchen und Jungen schleichen zu ihren Plätzen. Wenig später betritt der Lehrer den Raum und schaltet das Licht ein. Helligkeit erfüllt die Klasse. Alles ist gleichmäßig beleuchtet, die Beleuchtungsstärke 500 lx mit neutralweißer Lichtfarbe wird an allen Pulten erreicht. Der Unterricht beginnt: Zur Präsentation mit dem Beamer wird es schlagartig wieder dunkel. Die unterschiedlichen Beleuchtungsmöglichkeiten unterstützen weder die verschiedenen Lernphasen der Schüler noch die unterschiedlichen Unterrichtsmittel.

→ Hier wurde die Beleuchtung auf Kosten-, Energieeffizienz und Funktionalität optimiert. Die Anforderungen der Nutzer wurden wenig berücksichtigt.

Diese Alltagserfahrungen zeigen, dass sich Lichtqualität nicht auf einen Aspekt oder auf wenige Kenngrößen reduzieren lässt. Häufig sind die Anforderungen an eine Lichtlösung nicht umfassend erfasst oder, wenn sie erfasst sind, unausgeglichen gewichtet. Die beschriebenen Situationen zeigen, dass oft versäumt wird, die Lösung aus Sicht des Nutzers zu denken und seine Anforderungen ganzheitlich zu erfassen. Bisherige Ansätze versuchen häufig, Lichtqualität mit einzelnen Kriterien oder Maßzahlen zu beschreiben. Besser wäre es, Lichtqualität in Form eines Prozesses zu erfassen und zu bewerten.

## 1.2 Historischer Abriss: Bisherige Ansätze zur Definition der Lichtqualität

Um eine Lichtlösung adäquat zu beschreiben, waren und sind Ingenieure und Wissenschaftler immer wieder auf der Suche nach Kriterien und Parametern. So versuchte man in der Vergangenheit oft, einzelne Merkmale der Lichtqualität zu erfassen und bewertbar zu machen. Erste Ansätze gehen auf die Anfänge der elektrischen Beleuchtung zurück.

### Ausgewählte historische Ansätze zur Beschreibung der Lichtqualität:

1912 Illuminating Engineering Society

»Light: Its Use and Misuse«

Die IES (Illuminating Engineering Society of North America) verfasst eine erste Beschreibung von Regeln für eine gute Beleuchtung.

1951 Guth

»BCD – Brightness of Source«

S. K. Guth führt Studien zur Leuchtdichteverteilung an der Grenze zwischen Komfort und Diskomfort (borderline between comfort and discomfort) durch und befasst sich auch mit psychologischer Blendung sowie dem Lichtbedarf älterer Beschäftigter.

1952 Kelly

»Ambient Light«, »Focal Glow« und »Play of Brilliants«

Nach Auffassung des Architekten und Lichtdesigners Richard Kelly soll Licht eine angenehme Raumatmosphäre schaffen und das Wohlbefinden der Beschäftigten unterstützen. Zur Differenzierung und Beschreibung der dabei einzusetzenden Licht-Komponenten auf Basis ihrer Wirkung entwickelte Kelly die oben genannten drei Licht-Dimensionen: Licht zum Sehen, Hinsehen und Ansehen.

1959 Blackwell

»Visibility Level (VL)« und »Equivalent Sphere Illumination (ESI)«

Diese Modelle gehen auf Studien von H. R. Blackwell zurück. So beschreibt der VL das Verhältnis zwischen dem Kontrast eines Sehobjektes in der aktuellen Beleuchtungssituation bezogen auf den Kontrast des gleichen Objektes, der mit einer 50%-igen Detektionswahrscheinlichkeit gerade wahrnehmbar wäre. ESI ist eine Kennzeichnung der äquivalenten halbräumlichen – diffusen – Beleuchtung, bei der die Sichtbarkeit der Sehaufgabe gleich ist – wie bei einer aktuellen Beleuchtung. Dieses Modell ist messtechnisch schwer umzusetzen. Die CIE verwendete das Modell als Vorlage. Die aktuell gebräuchlichen Kenngrößen »Contrast Rendering Factor (CRF)«, »Disability Glare Factor (DGF)« und »Transient Adaptation Factor (TAF)« sind davon abgeleitet.

1970 Hopkinson

Erweiterte Basis für Empfehlungen zur Lichtqualität

Grundlage von Hopkinsons Empfehlungen hinsichtlich einer guten Lichtqualität bilden neben der Blendungs- und Flimmerbegrenzung sowie Sehleistung zusätzlich auch die Faktoren visuelle Ermüdung, Lichtfarbe, Farbwiedergabe und die wahrgenommene Helligkeit.



- 1977 Lam  
Einführung eines neuen Designkriteriums für Lichtplanungen  
Nach Auffassung des Lichtdesigner William M. C. Lam ergibt sich eine gute Lichtqualität nicht nur aus der Erfüllung der Notwendigkeiten, visuelle Informationen aufzunehmen und Architektur wahrzunehmen. Als neues Designkriterium für Lichtplanungen arbeitete er das biologisch-psychologische Bedürfnis heraus, sich beispielsweise in Ort und Zeit orientieren zu können.
- 1981 Boyce  
Erweiterung der bisherigen Ansätze  
Boyce ergänzt die bisherigen Ansätze um die Aspekte Sehkomfort und Erwartungshaltung.
- 1992 Bean und Bell  
»Consumer, Satisfaction and Performance (CSP-Index)«  
Bean und Bell entwickeln den CSP-Index. Er besteht aus den drei zusammenwirkenden Kernelementen Komfort, Zufriedenheit und Leistung. Sie ergänzen die bisherigen Ansätze um den Faktor subjektive Lichtqualität.
- 1994 Baron  
Neues konzeptionelles Modell  
Baron entwickelt ein konzeptionelles Modell, das die Beziehungen zwischen physikalischen Gegebenheiten, persönlichen Eigenschaften und individuellen Bedürfnissen beschreibt.
- 1996 Veitch und Newsham  
»Visual Comfort Probability (VCP-Index)«  
Veitch und Newsham stellen den VCP-Index vor. Das Modell macht mittels photometrischer Daten der Leuchten im Blickfeld des Betrachters und deren geometrischer Anordnung eine Vorhersage über den gefühlten Blendungsdruck des Betrachters.
- 1996 Veitch  
Weitere Einflussfaktoren  
Nach Veitch sind folgende Einflussfaktoren für eine gute Beleuchtung relevant: Sehleistung, arbeitsplatzbezogene Sehleistung, gesellschaftliches Zusammenspiel und Kommunikation, Stimmungslage der Beschäftigten, Gesundheit und Sicherheit der Beschäftigten, ästhetische Aspekte.
- 1998 Kramer  
»Acht Gebote guter Lichtgestaltung«  
Heinrich Kramer entwickelt die »Acht Gebote guter Lichtgestaltung«, die Gestaltungsempfehlungen in der Sprache der Architekten darstellen.
- 2005 Schierz, Dehoff, Tralau  
»Ergonomic Lighting Indicator«  
Christoph Schierz, Peter Dehoff und Birthe Tralau entwickeln den Ergonomic Lighting Indicator: Dieser Indikator bringt fünf Ausprägungen, die zur Lichtqualität beitragen, in einem Spinnendiagramm (Kiviatgraph) in Zusammenhang: Sehleistung, Erscheinungsbild, Sehkomfort, Emotion, Individualität und Flexibilität.

## Zwei dominierende Ansätze lassen sich extrahieren:

- Lichtqualität ergibt sich aus der Summe von Faktoren, die eine Lichtlösung beschreiben und in keinem Zusammenhang zur Beleuchtungsstärke stehen (Stein, Reynolds und McGuinness, 1986).
- Lichtqualität ist Teil eines ganzheitlichen Ansatzes, dem dann entsprochen ist, wenn die Anforderungen individueller Nutzer erfüllt sind (Veitch, Newsham, 1995, 1998, 2006, 2010). Dabei soll je Installation eine Balance zwischen Wohlbefinden, Wirtschaftlichkeit und Architektur gefunden werden.

Generell konnte bisher keine einzelne Kennziffer gefunden werden, die die Bewertung der Lichtqualität durch den Anwender vorhersagt. Zu viele Kriterien, die teils messbar, teils aber auch nicht direkt quantifizierbar, sondern ausschließlich subjektiv bewertbar sind, sind notwendig, um Lichtqualität adäquat zu beschreiben.

## 1.3 Ziel der Schrift

In Kenntnis der bisherigen Ansätze stellt diese Schrift ein Modell vor, das die Anforderungen verschiedener Nutzer erfasst, zu konkreten Maßnahmen der Lichtplanung in den einzelnen Anwendungsbereichen führt und diese anschließend bewertet. Zusätzlich zu einer reinen Sammlung oder Gewichtung von Lichtqualitätskriterien, wie sie bisher in der Literatur zu finden sind, stellt diese Arbeit einen anwendbaren Prozess zur ganzheitlichen Beschreibung von Lichtqualität vor.

Ziel der Schrift ist es, ein Bewusstsein für ganzheitliche Lichtlösungen und Qualitätsfaktoren zu schaffen, die über die normativen Kriterien der Lichtqualität hinausgehen und die Bedürfnisse verschiedener Projektprozess-Beteiligter berücksichtigen. Dafür werden die Anforderungen und beschreibenden Lichtqualitätskriterien erfasst und in Umsetzungsmaßnahmen (Gestaltungsmittel) der Lichtplanung transparent abgebildet. Empfehlungen zur Verbesserung der Lichtqualität lassen sich ableiten. Abschließend ergeben sich dadurch numerische Werte für Lichtplaner, um Lichtkonzepte zu bewerten. Die Beteiligung und Mitbestimmung des Nutzers steigert seine Akzeptanz der Lichtlösung.

*Diese Schrift richtet sich an ambitionierte Praktiker und Lichtplaner.*

*Sie ist kein Planungsleitfaden und sie ersetzt keinesfalls den Lichtplaner in einem Projekt. Sie dient der Verständigung über Lichtqualität.*

## 1.4 Aufbau und Nutzung der Schrift

Diese Schrift liefert eine ausführliche Beschreibung von Anforderungen, Gestaltungsmitteln und Merkmalen zur Beurteilung der Lichtqualität, die in der Planung einer Beleuchtungslösung für eine Anwendung berücksichtigt werden sollten. Dabei dient die Schrift als Verständigungshilfe, sie formuliert keine zwingenden Vorgaben. Sie kann von unterschiedlichen am Planungsprozess beteiligten Personen angewandt werden und verfügt über folgende Inhalte:

- Aktuelle Sammlung bisheriger Erkenntnisse aus Forschung, Wissenschaft und Anwendung über Lichtqualitätskriterien
- Darstellung und ins Bewusstsein holen der Gesamtheit der Qualitätskriterien – auch jener, die über die bekannten normativen Kriterien hinausgehen
- Ganzheitliche Betrachtung und Gewichtung der Anforderungen je Anwendung
- Überblick über Gestaltungsmittel der Lichtplanung
- Maßnahmenkatalog zur Umsetzung von qualitativen Beleuchtungslösungen je Anwendung
- Überblick über quantitative und qualitative Bewertungsfaktoren der Lichtqualität

Folgende Schritte und Methoden werden behandelt:

- Festlegen von Benutzeranforderungen
- Gewichten der Anforderungen je Anwendung
- Umsetzen von Lichtlösungen mit Hilfe von Gestaltungsmitteln und Maßnahmen zur Erfüllung der Anforderungen
- Beurteilen von Lichtlösungen gegenüber den Anforderungen mit Hilfe von Merkmalen

Zunächst wird der aus drei Schritten bestehende Prozess zum Erreichen einer Lichtqualität beschrieben. Um diesen Prozess darzustellen, wird er zunächst in vereinfachter Form anhand eines Beispiels durchgespielt.

Erst der Anhang führt die umfassenden Gewichtungen, Gestaltungsmittel und Merkmale zur Bewertung auf. Zunächst gibt Anhang A die für das Beispiel ausgefüllten Tabellen wieder. Anhang B erläutert die einzelnen Prozessschritte und bricht sie auf die verschiedenen Anwendungen herunter. Anhand dieser Tabellen und Beschreibungen kann der Prozess zum Erreichen der Lichtqualität für nahezu jede Anwendung durchgeführt werden.

## 2 Lichtqualität – ein Prozess statt einer Kennzahl

### 2.1 Beschreibung des Prozesses

Wie das Erreichen von Lichtqualität als Prozess zu verstehen ist, gibt Abbildung 1 wieder. Die einzelnen Prozessschritte werden zunächst implizit in einem Beispiel angewandt. Anhang B geht näher auf die Prozessschritte ein.

Eine Definition der Lichtqualität wird im folgenden Kapitel 3 vorgeschlagen. Sie zeigt im Überblick, aus welchen Elementen sich die Lichtqualität eines Innenraumes zusammensetzt und wie sie sich zu weiteren Faktoren abgrenzt.

Schritt 1:

a) Die Anforderungen des Anwenders werden beschrieben (Anhang B1). Darauf aufbauend werden die Anforderungen ihrer Wichtigkeit entsprechend in einer Anwendung oder in einem spezifischen Projekt eingeordnet. Die Gewichtung ergibt sich aus Erfahrungs- und Expertenaussagen für vorbestimmte Haupt- und spezifische Unteranwendungen. Ist keines der verallgemeinerten Profile anwendbar, so lässt sich die Gewichtung auch individuell durchführen.

b) Die Gewichtung sagt aus, wie »wichtig« bzw. wie »relevant« die jeweilige Anforderung ist. Hoch gewichtete Anforderungen müssen mit Vorrang erfüllt werden, um ein hohes Maß an Lichtqualität zu erreichen (siehe Beispiel Kapitel 2.2 und Anhang B2).

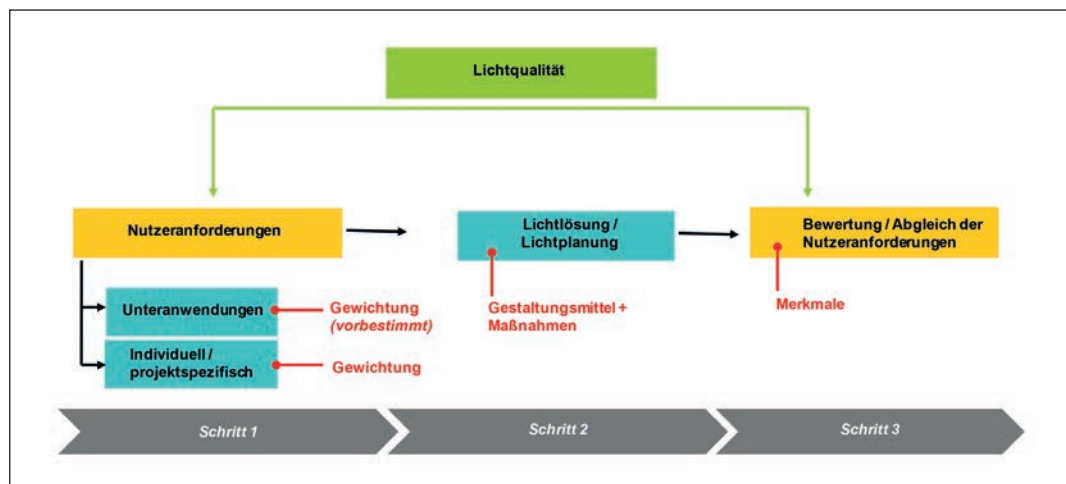
Schritt 2:

In diesem Prozessschritt kommt es zur Lichtplanung. Um die Lichtlösung zu gestalten, werden zunächst die Gestaltungsmittel der Lichtplanung sowie die Maßnahmen zur Erfüllung der Anforderungen vorgestellt. Hier werden bereits Merkmale zur Bewertung der Lichtqualität zugeordnet (Anhang B3).

Schritt 3:

Der Prozess ist erst geschlossen, wenn die bestehende oder geplante Lichtlösung hinsichtlich der ursprünglich definierten Anforderungen beurteilt wird. Die Beurtei-

**Abbildung 1:**  
Prozessschritte  
und Methoden zur  
Beschreibung der  
Lichtqualität



lung erfolgt anhand quantitativer und qualitativer Merkmale (Anhang B4). Dabei lassen sich quantitative Größen berechnen und mit vorgegebenen normativen Anforderungen abgleichen. Die Beurteilung der qualitativen Größen ergibt sich durch den Grad der Erfüllung der Anforderungen.

*Die Größe der Merkmale legt ein Experte fest, der dazu auf einschlägige Richtlinien, Normen, Leitfäden und Erfahrungen zurückgreift.*

Die vorrangigen einschlägigen Richtlinien, Normen und Leitfäden sind aufgeführt.

Die Bewertung der Lichtlösung gilt zu einem beliebigen Zeitpunkt am Tage oder in der Nacht. Dies kann bedeuten, dass die künstliche Beleuchtung im Zusammenspiel mit Tageslicht anders bewertet wird als in der Nacht. Im Falle einer dynamischen Beleuchtungslösung kann die Lichtqualität zu verschiedenen Zeitpunkten unterschiedlich bewertet werden, denn die Beurteilung der Lichtqualität erfolgt immer in einer momentanen, realen Lichtsituation.

Einen Gesamtüberblick bietet Tabelle 1. Die Gestaltungsmittel (Anhang B3, oberste Zeile) stehen zur Verfügung, um die Anforderungen (Anhang B1, linke Spalte) zu erfüllen. Grau hinterlegt sind die relevanten Kombinationen. Dabei steht ein graues Feld für eine gewichtete Anforderung je Anwendung (Anhang B2) sowie Maßnahmen (aus Anhang B3, Tabellen 12 bis 20) und Merkmale zur Bewertung (Anhang B4).

**Tabelle 1:**

Überblick über die Aspekte der Lichtqualität: graues Feld = relevante Gestaltungsmittel für die Anforderungen sowie Merkmale zur Bewertung (siehe Anhang B4)

		Gestaltungsmittel (siehe Anhang B 3)							
Anforderungen (siehe Anhang B1)		Lichtstrom der Lichtquelle	Relative Größe der Lichtaustrittsfläche	Anzahl, Anordnung und Position der Lichtquelle	Lichtfarbe	Lichtverteilung	Spektrum der Lichtquelle	Regel- oder Steuerbarkeit der Beleuchtung	Bedienung der Beleuchtung
<b>Funktionale Anforderungen</b>									
F1	Sehen und Identifizieren von Details	<i>E</i> <i>Fl</i>		<i>U<sub>o</sub></i> <i>B<sub>Re</sub></i> <i>CRF</i> <i>SS</i>		<i>U<sub>o</sub></i> <i>Bal</i> <i>B<sub>psy</sub></i> <i>B<sub>phy</sub></i> <i>SS</i>			
F2	Sehen und Identifizieren von Formen			<i>SS</i> <i>Mod</i>		<i>Bal</i> <i>Mod</i>			
F3	Sehen und Identifizieren von Farben				<i>R<sub>a</sub></i> <i>CCT</i>		<i>R<sub>a</sub></i>		
F4	Schnelligkeit von Sehen und Identifizieren	<i>E</i> <i>Fl</i>				<i>Bal</i> <i>Mod</i>			
F5	Sehen und Identifizieren über die Zeit							<i>Q</i>	
F6	Aufmerksamkeitsführung	<i>E</i>	<i>Q</i>	<i>HK</i> <i>Q</i>	<i>FK</i>	<i>Q</i>		<i>Q</i>	
F7	Ordnung/ Unterscheidbarkeit	<i>E</i>		<i>HK</i> <i>Q</i>	<i>Q</i>				
F8	Physische Sicherheit	<i>E</i>						<i>Q</i> <i>Fl</i>	
F9	Objektschutz	<i>E</i> <i>H<sub>dm</sub></i>					<i>H<sub>dm</sub></i>		
<b>Biologische Anforderungen</b>									
B1	Aktivierung	<i>E</i>	<i>Q</i>	<i>Q</i>	<i>CCT</i>	<i>Bal</i>	<i>a<sub>mel,y</sub></i>	<i>Q</i>	
B2	Erholung	<i>E</i>			<i>CCT</i>	<i>Bal</i>	<i>a<sub>mel,y</sub></i>	<i>Q</i>	
B3	Circadiane Rhythmik	<i>E</i>		<i>Q</i>	<i>CCT</i>	<i>Bal</i>	<i>a<sub>mel,y</sub></i>	<i>Q</i>	
B4	Strahlungsschutz						<i>H<sub>dm</sub></i> <i>Q</i>		
B5	Strahlungsphys. Wirkung						<i>Q</i>		

Psychologische Anforderungen									
P1	Räumliche Orientierung	<i>E</i> <i>HK</i>		<i>HK</i> <i>Q</i>	<i>CCT</i> <i>Q</i>				
P2	Zeitliche Orientierung	<i>E</i>			<i>CCT</i> <i>Q</i>	<i>Bal</i>		<i>Q</i>	
P3	Orientierung über das Geschehen	<i>E</i> <i>HK</i>							
P4	Privatheit	<i>E</i> <i>HK</i>		<i>HK</i> <i>Q</i>		<i>Bal</i> <i>Q</i>			<i>Q</i>
P5	Persönliches Territorium	<i>E</i> <i>HK</i>	<i>Q</i>	<i>HK</i> <i>Q</i>		<i>Bal</i> <i>Q</i>		<i>Q</i>	<i>Q</i>
P6	Selbstdarstellung / Repräsentation	<i>E</i> <i>HK</i>		<i>HK</i> <i>Q</i>		<i>Bal</i> <i>Q</i>		<i>Q</i>	<i>Q</i>
P7	Sicherheitsgefühl	<i>E</i>				<i>U<sub>o</sub></i> <i>Bal</i> <i>Q</i>			
P8	Eigene Kontrolle							<i>Q</i>	<i>Q</i>
P9	Mentale Aktivierung	<i>E</i>	<i>Q</i>		<i>CCT</i>	<i>Bal</i>	<i>a<sub>mel,v</sub></i>	<i>Q</i>	
P10	Mentale Erholung	<i>E</i>	<i>Q</i>		<i>CCT</i>	<i>Bal</i>	<i>a<sub>mel,v</sub></i>	<i>Q</i>	
P11	Vertrautheit	<i>E</i>		<i>Q</i>	<i>CCT</i>	<i>Bal</i> <i>Q</i>			<i>Q</i>
Architektonische Anforderungen									
A1	Gliederung des Raumes nach Form		<i>Q</i>	<i>Q</i>					
A2	Gliederung des Raumes nach Rhythmik		<i>Q</i>	<i>HK</i> <i>U<sub>o</sub></i> <i>Q</i>	<i>FK</i> <i>Q</i>				
A3	Gliederung des Raumes nach Zonen		<i>Q</i>	<i>HK</i> <i>U<sub>o</sub></i> <i>Q</i>	<i>FK</i> <i>Q</i>				
A4	Charakter der Architektur unterstützen	<i>E</i>	<i>Q</i>		<i>CCT</i> <i>Q</i>	<i>Bal</i> <i>Q</i>		<i>Q</i>	
A5	Architektonische (gestalterische) Besonderheiten betonen		<i>Q</i>	<i>Q</i>	<i>CCT</i> <i>Q</i>	<i>Q</i>			

Bewertungsgrößen bietet Anhang B.4

## 2.2 Durchführung des Prozesses anhand eines Beispiels

Dieses Kapitel erläutert die Prozessschritte zur Bestimmung der Lichtqualität anhand eines Beispiels.

### 2.2.1 Kurzbeschreibung des Projektbeispiels und der Rahmenbedingungen

Das Gruppenbüro befindet sich in einer mittleren Etage eines großen Bürokomplexes. In diesem Büro arbeiten etliche Sachbearbeiter, einige Abteilungsleiter, der Geschäftsführer sowie die Sekretariate.

Das Unternehmen kommt aus der Modebranche mit hauptsächlich jungen Mitarbeitern und einigen älteren Modedesignern. Die meisten Arbeitsplätze sind ständig besetzt. Die Arbeit findet hauptsächlich am Computer statt, aber ebenso mit Stift und Papier. Die meisten Mitarbeiter beginnen spät und arbeiten lange, wobei sie eine längere Mittagspause machen. Die Möblierung ist modern, wobei einige Bereiche für Besprechungen und kreative Arbeiten vorgesehen sind. Daher ist geplant, die in Abbildung 2 gezeigte Möblierung abzuändern.

### 2.2.2 Überblick über die durchzuführenden Schritte zur Beurteilung der Lichtqualität

Wie ist nun die Beleuchtung zu planen, die den Anforderungen des Auftraggebers entspricht, hohe Akzeptanz bei den Mitarbeitern findet und somit eine hohe Lichtqualität erzielt? Wie im Kapitel 2.1. eingeführt, sind drei Schritte zur Beurteilung der Lichtqualität notwendig. Schritt 1 dient der Ermittlung der projektspezifischen und individuellen Nutzeranforderungen. Es ergibt sich eine Gewichtung der Anforderungen für das Projekt, die sich von den Standardanforderungen einer Büroanwendung unterscheiden können. Auf Basis dieser Anforderungen werden die relevanten

**Abbildung 2:**  
Gruppenbüro vor  
der Beleuchtungs-  
planung





Gestaltungsmittel der Lichtplanung gewählt. Aus der Relevanz der zuvor definierten Anforderungen ergibt sich ein gewichteter Maßnahmenkatalog, der hilft, die Lichtplanung auf die wesentlichen Anforderungen abzustimmen. Dies ist Schritt 2 im Prozess der Bestimmung der Lichtqualität. In Schritt 3 geht es um die Beurteilung einer oder mehrerer Lichtplanungen oder Lichtlösungen mit Hilfe von Bewertungsgrößen sowie um den Abgleich mit den zu Beginn definierten Anforderungen.

### **Schritt 1: Bestimmung der projektspezifischen (individuellen) Nutzeranforderungen**

Eine hohe Lichtqualität lässt sich in einem Projekt nur dann erzielen, wenn die Anforderungen des Auftraggebers und der Nutzer ganzheitlich bekannt sind. Idealerweise erfolgt die Bestimmung der Anforderungen gemeinsam mit dem Auftraggeber. Um Lichtqualität ganzheitlich zu erfassen, sollten neben den rein *funktionalen* Anforderungen auch *biologische*, *psychologische* und *architektonische* Faktoren berücksichtigt werden.

In unserem Beispiel handelt es sich um ein Unternehmen aus der Modebranche. Hochglanz-Magazine werden angeschaut, Stoffproben verglichen oder Modelle sowohl am Computer als auch am Schreibtisch entworfen. Somit ist das *Sehen und Identifizieren von Formen und Farben* eine ganz entscheidende funktionale Anforderung und sollte hier wichtiger eingestuft werden als in anderen Bürowelten. Die Mitarbeiter arbeiten gelegentlich sehr lange im Büro und legen vor Projektabgabe auch öfter eine Spätschicht ein. Grundsätzlich ist es besonders wichtig, dass das Licht die Mitarbeiter in ihrem *circadianen Rhythmus* unterstützt und auch bei flexiblen Arbeitszeiten die Grundlage für einen stabilen Wach-Schlaf-Rhythmus schafft. Neben der *Aktivierung* sollen die *Erholungsphasen* eingehalten werden, um lange konzentriertes Arbeiten zu ermöglichen. Auch sollte das Licht der zeitlichen Orientierung dienen und außerdem das Modeunternehmen als junges, dynamisches und kreatives *Unternehmen repräsentieren*. Die Möblierung des Modeunternehmens ist designorientiert, die Architektur minimalistisch. Die Beleuchtung sollte sich hier integrieren und Raum und Architektur in Szene setzen.

Die projektspezifisch wichtigsten Anforderungen stehen in Tabelle 2 auf einem orange unterlegten Feld.

Die funktionalen, biologischen, psychologischen und architektonischen Anforderungen sowie ihre typischerweise angenommene Relevanz in den verschiedenen Anwendungsbereichen sind allgemein im Anhang B1 und B2 erläutert. Die Details mit den individuellen Anforderungen für das Modeunternehmen zeigt Tabelle 5 im Anhang A1.1.

### **Schritt 2: Lichtplanung mit Hilfe von Gestaltungsmitteln und Maßnahmen zur Erfüllung der Anforderungen**

Zu Beginn der Lichtplanung ist nun bekannt, auf welche Anforderungen besonders zu achten ist. Daher können die für die Lichtplanung relevanten Gestaltungsmittel zur Erfüllung dieser Anforderungen ausgewählt werden.

Folgende Gestaltungsmittel stehen dem Planer zur Verfügung:

- Lichtstrom der Lichtquelle
- Relative Größe der Lichtaustrittsfläche
- Anzahl, Anordnung und Position der Lichtquelle(n)
- Lichtfarbe
- Lichtverteilung
- Spektrum der Lichtquelle
- Regel- und Steuerbarkeit der Beleuchtung
- Bedienung der Beleuchtung

**Tabelle 2:**  
Individuelle Anforderungen und die anzuwendenden Gestaltungsmittel im Überblick: orangefarbenes Feld = individuelle Anforderungen; schwarzes Quadrat im orangefarbenen Feld = anzuwendende Gestaltungsmittel

Anforderungen (siehe Anhang B1)		Gestaltungsmittel (siehe Anhang B 3)							
		Lichtstrom der Lichtquelle	Relative Größe der Lichtaustrittsfläche	Anzahl, Anordnung und Position der Lichtquelle	Lichtfarbe	Lichtverteilung	Spektrum der Lichtquelle	Regel- oder Steuerbarkeit der Beleuchtung	Bedienung der Beleuchtung
<b>Funktionale Anforderungen</b>									
F1	Sehen und Identifizieren von Details	■		■		■			
F2	Sehen und Identifizieren von Formen			■		■			
F3	Sehen und Identifizieren von Farben				■		■		
F4	Schnelligkeit von Sehen und Identifizieren	■				■			
F5	Sehen und Identifizieren über die Zeit/ Visuelle Leistungsfähigkeit							■	
F6	Aufmerksamkeitsführung	■	■	■	■	■		■	
F7	Ordnung/Unterscheidbarkeit	■		■	■				
F8	Physische Sicherheit	■						■	
F9	Objektschutz	■					■		
<b>Biologische Anforderungen</b>									
B1	Aktivierung	■	■	■	■	■	■	■	
B2	Erholung	■			■	■	■	■	
B3	Circadiane Rhythmik	■		■	■	■	■	■	
B4	Strahlungsschutz						■		
B5	Strahlungsphysiologische Wirkung						■		

Psychologische Anforderungen									
P1	Räumliche Orientierung	■		■	■				
P2	Zeitliche Orientierung	■		■	■	■		■	
P3	Orientierung über das Geschehen	■							
P4	Privatheit	■		■		■			■
P5	Persönliches Territorium	■	■	■		■		■	■
P6	Selbstdarstellung/Repräsentation	■		■		■		■	■
P7	Sicherheitsgefühl	■				■			
P8	Eigene Kontrolle							■	■
P9	Mentale Aktivierung	■	■		■	■	■	■	
P10	Mentale Erholung	■	■		■	■	■	■	
P11	Vertrautheit	■		■	■	■			■
Architektonische Anforderungen									
A1	Gliederung des Raumes nach Form		■	■					
A2	Gliederung des Raumes nach Rhythmik		■	■	■				
A3	Gliederung des Raumes nach Zonen		■	■	■				
A4	Charakter der Architektur unterstützen	■	■		■	■		■	
A5	Architektonische (gestalterische) Besonderheiten betonen		■	■	■	■			
Maßnahmen zur Erfüllung der Anforderungen		Tab. 21	Tab. 22	Tab. 23	Tab. 24	Tab. 25	Tab. 26	Tab. 27	Tab. 28

Tabelle 2 gibt in den mit einem schwarzen Quadrat gekennzeichneten Feldern an, welches Gestaltungsmittel für welche Anforderung relevant ist und verweist auf die Tabellen 21 bis 28, die die konkreten Maßnahmen zur Umsetzung darstellen. Anhang B3 listete die Gestaltungsmittel im Einzelnen auf.

Im Falle des Modeunternehmens kommt es vor allem auf die korrekte *Anzahl*, *Anordnung* und *Position der Beleuchtung* sowie den *Lichtstrom der Lichtquelle* an, um Formen und Details einfach erkennbar zu machen. *Lichtfarbe*, *Lichtverteilung* und *Spektrum der Lichtquelle* haben maßgeblich Einfluss auf das Identifizieren von Farben. Für die Erfüllung der biologischen Anforderungen ist eine Kombination verschiedener Gestaltungsmittel notwendig: Dazu gehören eine große *Lichtaustrittsfläche* sowie *Lichtfarbe* und *Lichtverteilung*, die via *Lichtsteuerung* der Tageszeit entsprechend veränderbar sind. Zudem sollten *persönliche Lichteinstellungen* möglich sein, um Arbeitsplätze und das Unternehmen »repräsentativ inszenieren« zu können. Die Beleuchtung sollte unauffällig sein und Architektur und Designsprache des Unternehmens unterstützen.

## **Maßnahmenkatalog: Auflistung der Maßnahmen der selektierten Gestaltungsmittel zur Erfüllung der Anforderungen**

Nach Auswahl der relevanten Gestaltungsmittel kann nun der konkrete Maßnahmenkatalog gelistet werden. Allgemein sind die Maßnahmen für jede Kombination aus Gestaltungsmittel und Anforderung in den Tabellen 21 bis 28 im Anhang B3 zu finden. Für das hier behandelte Beispiel ergibt sich für das erste Gestaltungsmittel »Lichtstroms der Lichtquelle« der folgende Maßnahmenkatalog:

### **Lichtstrom der Lichtquelle**

- Eine Erhöhung der Beleuchtungsstärke wirkt aktivierend auf den menschlichen Körper (B1 – Aktivierung).
- Niedrigere Beleuchtungsstärken wirken entspannend auf den menschlichen Körper (B2 – Erholung).
- Mit der Variation der Beleuchtungsstärke über 24 Stunden – entsprechend den nächtlichen Schlaf- und den täglichen Aktivitäts- und Erholungsphasen – lässt sich der circadiane Rhythmus der Nutzer stabilisieren (B3 – circadiane Rhythmik).
- Angelehnt an den veränderlichen Lichtstrom des Tageslichts übernimmt der Lichtstrom auch in tageslichtlosen Räumen eine zeitgebende Funktion: So signalisiert ein niedrigeres Beleuchtungsniveau den Tagesanfang oder das Tagesende, ein höheres Beleuchtungsniveau die Mittagszeit (P2 – zeitliche Orientierung).
- Ein Lichtschwerpunkt durch eine besonders hohe Beleuchtungsstärke unterstützt die Selbstdarstellung oder Repräsentation von Räumen, Menschen, Waren oder Objekten (P6 – Selbstdarstellung/Repräsentation).
- Eine Erhöhung der Beleuchtungsstärke sorgt für eine höhere geistige Aktivierung, Konzentrations- und Leistungsfähigkeit (P9 – Mentale Aktivierung).
- Eine niedrigere Beleuchtungsstärke hilft bei der geistigen Erholung und fördert die Regenerierung (P10 – Mentale Erholung).
- Die Beleuchtungsstärke sollte sich an den Charakter der Architektur anpassen. Ruhige Räume, wie beispielweise Kirchen, benötigen vorzugsweise ein niedrigeres Beleuchtungsniveau (A4 – Charakter der Architektur unterstützen).

Der gesamte Maßnahmenkatalog für alle Gestaltungsmittel, gelistet nach »sehr relevant« und »relevant« für das Modeunternehmen, findet sich in Anhang A1.2.2.

### **Zusammenfassung**

Bei der Lichtplanung für das Modeunternehmen ist darauf zu achten, eine dimmbare (Lichtstrom der Lichtquelle, Regel- und Steuerbarkeit der Beleuchtung) und farbtemperaturveränderliche Beleuchtung (Lichtfarbe, Lichtspektrum, Regel- und Steuerbarkeit der Beleuchtung) einzusetzen, um die biologischen Anforderungen zu erfüllen. Blendfreies Licht (Lichtaustrittsfläche) mit einer hohen Farbwiedergabe (Spektrum der Lichtquelle) erfüllt die funktionalen Anforderungen an das Erkennen von Details, Formen und Farben. Die Formensprache der Beleuchtung und die Integration in die Architektur (Anzahl, Anordnung und Positionierung der Beleuchtung) sollten den Charakter der Architektur und des Unternehmens unterstützen. Eine zonierte Beleuchtung (Anzahl, Anordnung und Positionierung der Beleuchtung) schafft Lichtschwerpunkte sowie Farb- und Helligkeitskontraste im Raum, die ein repräsentatives Erscheinungsbild kreieren.

Nun erfolgt die Lichtplanung entsprechend des Maßnahmenkataloges, um die Anforderungen des Auftraggebers und der Nutzer maximal zu erfüllen.



**Abbildung 3:**  
Visualisierung der  
Lichtlösung 1 mit  
Deckeneinbau-  
leuchten

Die vorliegende Schrift vergleicht eine auf der Basis des Maßnahmenkataloges erstellte Lichtplanung (Lichtlösung 2) mit einer bereits vorher erstellten Lichtplanung (Lichtlösung 1). Dies ist hilfreich, um unterschiedliche Auffassungen von Lichtqualität sichtbar zu machen.

### **Lichtlösung 1: Deckeneinbauleuchten (ohne Berücksichtigung des Maßnahmenkatalogs)**

Lichtlösung 1 sieht eine flächige Grundbeleuchtung aus LED-Deckeneinbauleuchten mit Linsenoptik vor. Die Lichtlenkung erfolgt über eine quadratische Linsenoptik, die eine sehr hohe Effizienz und eine sehr gute Blendungsbegrenzung ermöglicht. Die Batwing-Lichtverteilung schafft eine gleichmäßige Raumausleuchtung. Die LED-Beleuchtung hat eine Farbwiedergabe von  $R_a > 80$  mit der ähnlichsten Farbtemperatur 4.000 K. Die Beleuchtung kann gedimmt werden.

### **Lichtlösung 2: Farbtemperaturveränderliche, zeit- und tageslichtabhängig gesteuerte Direkt/Indirektbeleuchtung mit zusätzlichen Downlights (Berücksichtigung des Maßnahmenkatalogs)**

Lichtlösung 2 setzt sich aus mehreren Beleuchtungskomponenten zusammen. Die Beleuchtung der Arbeitsplätze übernimmt eine Pendelleuchte mit einem direkt und indirekt abstrahlenden Lichtanteil. Dank einer Mikropyramidenoptik kann die Beleuchtung achsorientiert und quer zur Fensterfront über den Arbeitsplätzen positioniert werden, ohne dass es zu Blendung oder zu Reflexen auf glänzenden Oberflächen und Bildschirmen kommt. Die Beleuchtung ist zudem im Farbtemperaturbereich von 3.000 K bis 6.500 K variabel. Direkt strahlende Downlights in der Raumtiefe ergänzen die Beleuchtung der Gangzone und der Wände. Alle Leuchten werden über ein zentrales Lichtmanagementsystem in Abhängigkeit von Tageszeit und Tageslichtverfügbarkeit gesteuert.



**Abbildung 4:**  
Visualisierung der  
Lichtlösung 2  
mit farbtempe-  
raturveränder-  
lichen Direkt/  
Indirektleuchten  
und zusätzlichen  
Downlights



Beide Lichtlösungen sind auf dem neusten technologischen Stand und per se keine schlechten Lichtlösungen. Dennoch ergeben sich gravierende Unterschiede bei der Bewertung der Lichtlösungen insbesondere beim Abgleich mit den zuvor definierten Anforderungen.

### Schritt 3: Bewertung der Lichtlösung und Abgleich mit Nutzeranforderungen

Folgende Bewertungsgrößen lassen sich bei der Betrachtung der Lichtqualität anwenden:

- Beleuchtungsstärke im Bereich der Sehaufgabe ( $E$ )
- Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke ( $U_o$ )
- Farbkontrast ( $FK$ )
- Helligkeitskontrast (gestalterisch) ( $HK$ )
- Psychologische Blendung ( $B_{psy}$ )
- Physiologische Blendung ( $B_{phy}$ )
- Reflexblendung ( $B_{Re}$ )
- Lichtfarbe ( $CCT$ )
- Farbwiedergabe ( $R_a$ )
- Kontrastwiedergabe ( $CRF$ )
- Schlagschatten ( $SS$ )
- (Ausgewogene) Leuchtdichteverteilung ( $Bal$ )
- Modelling ( $Mod$ )
- Fehlen von Flackern/Flimmern ( $Fl$ )
- Melanopischer Wirkungsfaktor ( $a_{mel,v}$ )
- Schädigungspotenzial ( $H_{dm}$ )
- Qualitative Faktoren ( $Q$ )

Im Detail sind die Bewertungsgrößen und deren Anwendung im Anhang B4 beschrieben. Für das Maß der Bewertung wird auf einschlägige Literatur, Normen, oder Leitfäden verwiesen. Ist dies nicht vorhanden, legt ein Experte das Maß der Bewertung fest. Die beiden zuvor vorgeschlagenen Lichtlösungen werden nun hinsichtlich der Erfüllung der Anforderungen geprüft.

#### Prüfen der Lichtlösung 1 mit Hilfe der Bewertungsgrößen

Tabelle 3 zeigt die Zusammenfassung der Bewertungsgrößen im Soll/Ist-Vergleich. Die Größe des Bewertungsmaßes wird von einem Experten festgelegt. Nicht erfüllte Bewertungsgrößen sind in der Tabelle rot gekennzeichnet. Erfüllte Bewertungsgrößen sind in der Tabelle grün gekennzeichnet.

Da Lichtlösung 1 »nur« mit einer Direkt-Beleuchtung und einer statischen Lichtfarbe geplant ist, werden die Größen Farbkontrast und Helligkeitskontrast nicht erfüllt. Auch kann es zur physiologischen und zu Reflexblendung kommen, da die Lichtquellen nur teilweise abgeschirmt sind. Weiterhin können die biologischen Anforderungen nicht erfüllt werden, da die Farbtemperatur und die Lichtrichtung nicht veränderlich sind.

**Tabelle 3:**

Soll/Ist-Vergleich der Bewertungsgrößen für Lichtlösung 1:  
 grün = erfüllte Bewertungsgröße;  
 rot = nicht erfüllte Bewertungsgröße

	Soll	Ist	Ergebnis
<b>Beleuchtungsstärken auf der Sehaufgabe (<math>E</math>)</b>	500 ... 1.000 lx	1.000 lx	■
<b>Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke (<math>U_o</math>)</b>	0,6	0,6	■
<b>Farbkontrast (<math>FK</math>)</b>	mind. zwei CCTs	ein CCT	■
<b>Helligkeitskontrast (gestalterisch) (<math>HK</math>)</b>	mind. zwei verschiedene Beleuchtungsstärken	eine Beleuchtungsstärke	■
<b>Psychologische Blendung (<math>B_{psy}</math>)</b>	$UGR < 19$	$UGR < 19$	■
<b>Physiologische Blendung (<math>B_{phy}</math>)</b>	Lichtquelle abgeschirmt	teilweise abgeschirmt	■
<b>Reflexblendung (<math>B_{Re}</math>)</b>	$< 1.500 \text{ cd/m}^2$	$< 3.000 \text{ cd/m}^2$	■
<b>Lichtfarbe (CCT)</b>	3.000 K ... 6.000 K	4.000 K	■
<b>Farbwiedergabe (<math>R_a</math>)</b>	80	80	■
<b>Kontrastwiedergabe (CRF)</b>	Leuchten seitlich AP	Leuchten seitlich AP	■
<b>Schlagschatten (SS)</b>	keine SS am AP	keine SS am AP	■
<b>Ausgewogene Leuchtdichten (<math>B_{al}</math>)</b>	direkt/indirekt	nur direkt	■
<b>Modelling (<math>Mod</math>)</b>	zw. 0,3 ... 0,6	nicht zw. 0,3 ... 0,6	■
<b>Fehlen von Flackern und Flimmern (<math>Fl</math>)</b>	kein Flackern	kein Flackern	■
<b>Melanopischer Wirkungsfaktor (<math>a_{mel,v}</math>)</b>	variabel zw. 0,3 ... 1,0	0,5	■
<b>Schädigungspotenzial (<math>H_{dm}</math>)</b>	-	-	■
<b>Qualitative Aspekte (Q)</b>	-	-	■

Eine detaillierte Betrachtung der Bewertungsgrößen für das Beispiel des Modeunternehmens bietet Anhang A1.3.1. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Lichtlösung 1 nur teilweise die zuvor mit dem Auftraggeber definierten Anforderungen erfüllt und daher die Lichtqualität in diesem Falle als nicht optimal einzustufen ist.



## Prüfen der Lichtlösung 2 mit Hilfe der Bewertungsgrößen

Auch hier wurde ein Soll/Ist-Vergleich der Bewertungsgrößen durchgeführt, dessen Ergebnisse in Tabelle 4 zusammengefasst sind.

	Soll	Ist	Ergebnis
Beleuchtungsstärken auf der Sehaufgabe ( $E$ )	500 ... 1.000 lx	1.000 lx	■
Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke ( $U_o$ )	0,6	0,6	■
Farbkontrast ( $FK$ )	mind. zwei CCTs	CCT variabel	■
Helligkeitskontrast (gestalterisch) ( $HK$ )	mind. zwei verschiedene Beleuchtungsstärken	Beleuchtungsstärke variabel	■
Psychologische Blendung ( $B_{psy}$ )	$UGR < 19$	$UGR < 19$	■
Physiologische Blendung ( $B_{phy}$ )	Lichtquelle abgeschirmt	Lichtquelle abgeschirmt	■
Reflexblendung ( $B_{Re}$ )	$< 1.500 \text{ cd/m}^2$	$< 1.500 \text{ cd/m}^2$	■
Lichtfarbe (CCT)	3.000 K ... 6.000 K	variabel zw. 3.000 K ... 6.000 K	■
Farbwiedergabe ( $R_a$ )	80	80	■
Kontrastwiedergabe (CRF)	Leuchten seitlich AP	Leuchten seitlich AP	■
Schlagschatten (SS)	keine SS am AP	keine SS am AP	■
Ausgewogene Leuchtdichten ( $Bal$ )	direkt/indirekt	direkt/indirekt variabel	■
Modelling ( $Mod$ )	zw. 0,3 ... 0,6	0,5	■
Fehlen von Flackern und Flimmern ( $Fl$ )	kein Flackern	kein Flackern	■
Melanopischer Wirkungsfaktor ( $\alpha_{mel,v}$ )	variabel zw. 0,3 ... 1,0	variabel zw. 0,3 ... 0,9	■
Schädigungspotenzial ( $H_{dm}$ )	-	-	■
Qualitative Aspekte ( $Q$ )	-	-	■

**Tabelle 4:**  
Soll/Ist-Vergleich der Bewertungsgrößen für Lichtlösung 2: grün = erfüllte Bewertungsgröße

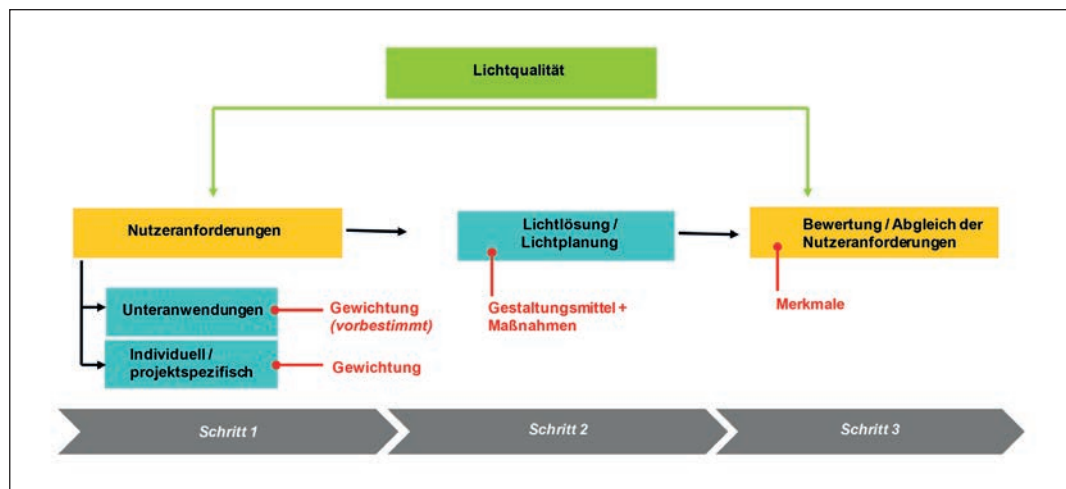
Im Gegensatz zur Lichtlösung 1 ist die von Lichtlösung 2 vorgeschlagene Beleuchtung variabel in der Farbtemperatur. Der Direkt/Indirekt-Anteil sowie die zonierte Beleuchtung von Arbeitsbereich und Gangzone ermöglichen Farb- und Helligkeitskontraste, die sowohl einen repräsentativen Charakter haben, also auch die biologischen Anforderungen erfüllen. Die flächige Direkt/Indirekt-Beleuchtung der Pendelleuchte hat Vorteile gegenüber der LED-Linsenoptik hinsichtlich der physiologischen Blendung und dem Modelling und somit auf die Erkennbarkeit von Details und Formen. Lichtlösung 2 erfüllt entsprechend der Anforderungen alle Bewertungsgrößen. Eine detaillierte Betrachtung findet sich in Anhang A1.3.2. Als Ergebnis kann man festhalten, dass Lichtlösung 2 nahezu vollständig die Anforderungen erfüllt und daher die Lichtqualität in diesem Falle sehr hoch einzustufen ist.

# 3 Lichtqualität – Zusammenfassung, Abgrenzung und Ausblick

## 3.1 Zusammenfassung

Das Beispiel in Kapitel 2.2 und die allgemeine Beschreibung in Anhang B stellen die Nutzeranforderungen und deren Gewichtung, die Gestaltungsmittel der Lichtlösung, die Maßnahmen zur Erfüllung der Anforderungen sowie die Merkmale zu deren Bewertung dar. Der rückführende Vergleich der bewerteten Lichtlösung mit den Anforderungen des Nutzers bestimmt das Maß der Lichtqualität (siehe Abb.5).

**Abbildung 5:** Prozessschritte und Methoden zur Beschreibung der Lichtqualität



Im vorangehenden Kapitel erarbeitete die vorgelegte Schrift eine konkrete Verknüpfung zwischen den Gestaltungsmitteln und den Anforderungen. Daraus ergibt sich als Konsequenz ein auf die Anforderungen des Nutzers angepasster Maßnahmenkatalog.

Schließlich stellt eine gute Lichtqualität die Übereinstimmung zwischen Anforderungen des Nutzers auf der einen Seite und der Beurteilung der Lichtlösung auf der anderen Seite dar. Aufgelistet wurden quantitative Größen der Lichttechnik, die eine Bewertung der Lichtsituation ermöglichen. Die Zusammenführung der Anforderungen und Bewertung sowie der Grad der Erfüllung der Anforderungen stellt das Maß der Lichtqualität dar.

## 3.2 Definition Lichtqualität

Die vorliegende Schrift versucht, auf der Basis der historischen Ansätze ein einheitliches Bild von Lichtqualität nach einem nutzerorientierten Konzept abzuleiten. Folgende Definition bietet sich an:

Lichtqualität beschreibt das Ausmaß des Erlebens von Licht in einem Raum oder in einer Umgebung. Sie stellt sich als dynamisch veränderlich dar. Lichtqualität hängt von den funktionalen, biologischen, psychologischen und architektonischen Anforderungen ab, die der Nutzer stellt. Rückführende Prozesse und Methoden sind notwendig, um Lichtqualität zu erfassen. Das Maß der Lichtqualität ergibt sich aus dem Abgleich zwischen den Anforderungen des Nutzers an eine Lichtlösung und der Bewertung der umgesetzten Lichtlösung.

Der in dieser Publikation beschriebene Prozess erläutert, wie Nutzeranforderungen gewichtet, die Gestaltungsmittel der Lichtlösung angewandt und die Merkmale zur Bewertung eingesetzt werden. Der Nutzer nimmt eine zentrale Rolle ein. Wer der Nutzer ist, wird in dieser Schrift weit gefasst:

- Arbeitet im Raum (Mitarbeiter)
- Stellt den Raum zur Verfügung (Bauherr, Arbeitgeber, Investor)
- Gestaltet den Raum (Architekt)
- Wartet und pflegt den Raum (Facility Manager)

Dieser Ansatz bedeutet nicht, dass per se eine Lichtplanung durchzuführen ist, die die Anforderungen des Nutzers erfragt. Im Allgemeinen ist der Nutzer an der Lichtplanung nicht direkt beteiligt. Dennoch bewertet er letztlich die Lichtlösung. An dieser Stelle sei daher noch einmal auf die Wichtigkeit hingewiesen, den Nutzer in die Entscheidungskette einzubeziehen. Letztendlich ergibt sich die Lichtqualität aus der Übereinstimmung zwischen Anforderungen und Beurteilung einer Lichtsituation, die iterativ auch in mehreren Runden optimiert werden kann.

## 3.3 Berücksichtigung des Tageslichts

In der Norm EN 12461-1 heißt es: »Die Beleuchtung eines Raumes erfolgt durch Tageslicht, künstliche Beleuchtung oder eine Kombination aus beidem.« Tageslicht hat einen bedeutenden Einfluss auf die Beurteilung der Lichtqualität im Innenraum. Es ändert sich über den Tag und das Jahr hinweg. Tageslicht nimmt Einfluss auf folgende vier individuelle Anforderungen (vgl. Tabelle 11):

*Funktionale Anforderungen:* Durch Tageslicht, insbesondere durch die dynamische Änderung des Beleuchtungsstärkenniveaus, der Leuchtdichten im Bereich der Fenster und der ähnlichsten Farbtemperatur, ändern sich die visuellen Bedingungen im Raum.

*Biologische Anforderungen:* Der Mensch ist in seinem circadianen Rhythmus an die Änderungen des Tageslichts, insbesondere an den Wechsel von Tag und Nacht, angepasst und dadurch geprägt.

*Psychologische Anforderungen:* Emotional hat das Tageslicht in der Regel einen positiven Einfluss auf den Menschen. Besonders die Sichtverbindung bietet wertvolle Informationen über die Außenwelt.

*Architektonische Anforderungen:* Die Nutzer von Tageslicht und auch der Schutz vor Sonnenlicht bestimmen die architektonische Gestaltung der Fassaden und der Tageslichtöffnungen.

Die Lichtwirkung in einem Raum wird daher sowohl durch das Tageslicht als auch durch die künstliche Beleuchtung bestimmt. Letztlich entscheidend für die Beurteilung der Lichtsituation ist die gesamte Belichtung im Innenraum zu einem gewählten Zeitpunkt und unter intuitivem Einbezug der Lichtquelle. Wichtig ist, dass die Bewertung der Lichtsituation jeweils zu einem festgelegten Zeitpunkt erfolgt. Es kann durchaus sein, dass die Bewertung eines Raumes mit einer künstlichen Beleuchtung am Tage anders ausfällt als in der Nacht. Dies hat aber keine Auswirkung auf den vorgestellten Prozess. Diese Schrift gibt – wo notwendig – einen Hinweis auf die Wirkung von Tageslicht.

### **3.4 Weitere Maßzahlen einer Lichtlösung: Abgrenzung zu Produktqualität, Energieeffizienz und Kosten**

Die Produktqualität, die sich aus der Produktgestaltung und der Verarbeitungsqualität ergibt, ist nicht gleichzusetzen mit der Lichtqualität.

Die formale Ästhetik des Raumes hingegen, der durch die Lichtverteilung gestaltet wird, ist durchaus Bestandteil der Lichtqualität des beleuchteten Raumes. Die Anforderung, die formale Ästhetik des Raums durch die Lichtlösung zu unterstützen, wird durch die Beleuchtung der Flächen und Objekte im Raum sowie durch Form, Farbe und Anordnung der Leuchten erfüllt.

Negative Auswirkungen auf die Ästhetik eines Raumes kann die mangelnde architektonische Integrationsfähigkeit der eingesetzten Leuchten haben, die in der Form, Größe, Proportion, Rhythmik, Gliederung oder ihrem Charakter dem Raum nicht entsprechen. Bereits die nicht sauber ausgeführte Anordnung einzelner Leuchten oder eine schräge Aufhängung können die Raumwirkung stören. Mangelnde Verarbeitungsqualität kann das Erscheinungsbild der Beleuchtung ebenso negativ beeinflussen.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt sind Projekte sehr stark von Vorgaben zur Energieeinsparung und Kosteneffizienz geprägt. Maßnahmen zur Reduktion des Energieverbrauchs werden weltweit sukzessive eingeführt. Es stellt sich die Frage, inwieweit die Energieeffizienzanforderungen die Umsetzung hochwertiger qualitativer Beleuchtungskonzepte begrenzen.

In der aktuellen Diskussion wird erörtert, ob Lichtqualität und Energieeffizienz ein Widerspruch sind oder ob beide Parameter als Einheit erfüllt werden können. Allein die Erfüllung normativer Kriterien bezieht die Bedürfnisse der Nutzer nicht zwangsläufig mit ein.

Lichtqualität ergibt sich aus dem Abgleich von Anforderungen und ihrer Erfüllung. Energieeffizienz und Kosten sind in dem in dieser Schrift dargestellten Prozess nicht eingeschlossen.

*Energieeffizienz und Kosten einer Lichtlösung bilden daher keine Kriterien zur Bewertung der Lichtqualität.*

# Anhang A: Tabellen zum Anwendungsbeispiel der Lichtbewertung

## A 1 Relevante Tabellen

Dieser Anhang liefert alle relevanten Tabellen zum Durchlaufen des Prozesses der Bewertung der Lichtqualität des in Kapitel 2 dargestellten Beispiels.

### A 1.1 Schritt 1: Bestimmung der projektspezifischen (individuellen) Nutzeranforderungen

**Tabelle 5:**  
Überblick über die projektspezifischen Nutzeranforderungen für das Beispiel des Gruppenbüros.  
Zahlenwerte:  
3 = sehr relevant;  
2 = relevant;  
1 = schwach relevant;  
0 = nicht anwendbar

	Funktionale Anforderungen (Definition siehe Kapitel 2.1)	Typische Anforderungen (siehe Kap. 3.1)	Gruppenbüro (siehe Kap. 3.1)	Individuelle Anforderungen des Beispiels
F1	Sehen und Identifizieren von Details	2	2	2
F2	Sehen und Identifizieren von Formen	2	2	3
F3	Sehen und Identifizieren von Farben	2	2	3
F4	Schnelligkeit von Sehen und Identifizieren	2	2	2
F5	Sehen und Identifizieren über die Zeit/Visuelle Leistungsfähigkeit	3	3	2
F6	Aufmerksamkeitsführung	1	1	2
F7	Ordnung/Unterscheidbarkeit	2	2	2
F8	Physische Sicherheit	1	1	1
F9	Objektschutz	0	0	0
<b>Biologische Anforderungen (Definition siehe Kapitel 2.2)</b>				
B1	Aktivierung	3	3	3
B2	Erholung	3	3	3
B3	Circadiane Rhythmik	3	3	3
B4	Strahlungsschutz	1	1	1
B5	Strahlungsphysiologische Wirkung	1	1	1
<b>Psychologische Anforderungen (Definition siehe Kapitel 2.3)</b>				
P1	Räumliche Orientierung	2	3	2
P2	Zeitliche Orientierung	3	3	3
P3	Orientierung über das Geschehen	2	2	2
P4	Privatheit	2	3	1
P5	Persönliches Territorium	2	3	2
P6	Selbstdarstellung/Repräsentation	1	2	3

P7	Sicherheitsgefühl	2	2	2
P8	Eigene Kontrolle	2	1	2
P9	Mentale Aktivierung	3	3	3
P10	Mentale Erholung	3	3	3
P11	Vertrautheit	2	2	2
<b>Architektonische Anforderungen (Definition siehe Kapitel 2.4)</b>				
A1	Gliederung des Raumes nach Form	1	1	1
A2	Gliederung des Raumes nach Rhythmik	1	2	1
A3	Gliederung des Raumes nach Zonen	2	2	2
A4	Charakter der Architektur unterstützen	1	1	3
A5	Architektonische (gestalterische) Besonderheiten betonen	1	1	2

Die individuellen Nutzeranforderungen werden dem jeweiligen Projekt entsprechend vom Auftraggeber oder gemeinsam von Auftraggeber und Nutzer festgelegt

## A 1.2 Schritt 2: Lichtplanung mit Hilfe von Gestaltungsmitteln und Maßnahmen zur Erfüllung der Anforderungen

### A 1.2.1 Auswahl der relevanten Gestaltungsmittel zur Erfüllung der Anforderungen

**Tabelle 6:**  
Tabellarische Darstellung der sehr relevanten und relevanten Gestaltungsmittel zur Erfüllung der Anforderungen: grünes Feld mit Zahlenwert 3 = sehr relevant; blaues Feld mit Zahlenwert 2 = relevant; graues Feld = relevant nach Tabelle 1, kommt hier nicht zur Anwendung

		Gestaltungsmittel							
		Lichtstrom der Lichtquelle	Relative Größe der Lichtaustrittsfläche	Anzahl, Anordnung und Position der Lichtquelle	Lichtfarbe	Lichtverteilung	Spektrum der Lichtquelle	Regel- oder Steuerbarkeit der Beleuchtung	Bedienung der Beleuchtung
<b>Funktionale Anforderungen</b>									
F1	Sehen und Identifizieren von Details	2		2		2			
F2	Sehen und Identifizieren von Formen			3		3			
F3	Sehen und Identifizieren von Farben				3		3		
F4	Schnelligkeit von Sehen und Identifizieren	2				2			
F5	Sehen und Identifizieren über die Zeit/ Visuelle Leistungsfähigkeit							2	
F6	Aufmerksamkeitsführung	2	2	2	2	2		2	
F7	Ordnung/Unterscheidbarkeit	2		2	2				
F8	Physische Sicherheit								
F9	Objektschutz								
<b>Biologische Anforderungen</b>									
B1	Aktivierung	3	3	3	3	3	3	3	
B2	Erholung	3			3	3	3	3	
B3	Circadiane Rhythmik	3		3	3	3	3	3	
B4	Strahlungsschutz								
B5	Strahlungsphysiologische Wirkung								
<b>Psychologische Anforderungen</b>									
P1	Räumliche Orientierung	2		2	2				
P2	Zeitliche Orientierung	3			3	3		3	
P3	Orientierung über das Geschehen	2							
P4	Privatheit								



P5	Persönliches Territorium	2	2	2		2		2	2
P6	Selbstdarstellung/Repräsentation	3		3		3		3	3
P7	Sicherheitsgefühl	2				2			
P8	Eigene Kontrolle							2	2
P9	Mentale Aktivierung	3	3		3	3	3	3	
P10	Mentale Erholung	3	3		3	3	3	3	
P11	Vertrautheit	2		2	2	2			2
<b>Architektonische Anforderungen</b>									
A1	Gliederung des Raumes nach Form								
A2	Gliederung des Raumes nach Rhythmik								
A3	Gliederung des Raumes nach Zonen		2	2	2				
A4	Charakter der Architektur unterstützen	3	3		3	3		3	
A5	Architektonische (gestalterische) Besonderheiten betonen		2	2	2	2			

Die Kombinationen stellen dar, welche Gestaltungsmittel zur Erfüllung der Anforderungen besonders beachtet werden müssen

## A 1.2.2 Maßnahmenkatalog: Auflistung der Maßnahmen aus Schritt 2

### Sehr relevant (3) – sortiert nach Gestaltungsmitteln

#### Lichtstrom der Lichtquelle

- Eine Erhöhung der Beleuchtungsstärke wirkt aktivierend auf den menschlichen Körper (B1).
- Niedrigere Beleuchtungsstärken wirken entspannend auf den menschlichen Körper (B2).
- Mit der Variation der Beleuchtungsstärke über 24 Stunden – entsprechend den nächtlichen Schlaf- und den täglichen Aktivitäts- und Erholungsphasen – lässt sich der circadiane Rhythmus der Nutzer stabilisieren (B3).
- Angelehnt an den veränderlichen Lichtstrom des Tageslichts übernimmt der Lichtstrom auch in tageslichtlosen Räumen eine zeitgebende Funktion: So signalisiert ein niedrigeres Beleuchtungsniveau den Tagesanfang oder das Tagesende, ein höheres Beleuchtungsniveau die Mittagszeit (P2).
- Ein Lichtschwerpunkt durch eine besonders hohe Beleuchtungsstärke unterstützt die Selbstdarstellung oder Repräsentation von Räumen, Menschen, Waren oder Objekten (P6).
- Eine Erhöhung der Beleuchtungsstärke sorgt für eine höhere geistige Aktivierung, Konzentrations- und Leistungsfähigkeit (P9).
- Eine niedrigere Beleuchtungsstärke hilft bei der geistigen Erholung und fördert die Regenerierung (P10).
- Die Beleuchtungsstärke sollte sich an den Charakter der Architektur anpassen. Ruhige Räume, wie beispielweise Kirchen, benötigen vorzugsweise ein niedrigeres Beleuchtungsniveau (A4).

#### Relative Größe der Lichtaustrittsfläche

- Je großflächiger die Lichtaustrittsfläche, desto mehr Rezeptoren auf der Netzhaut werden angeregt. Dies kann die körperliche Aktivierung steigern (B1).
- Große Lichtflächen sind visuell wahrnehmbar und unterstützen die Konzentrations- und Leistungsfähigkeit (P9).
- Kleinere Lichtflächen treten zurück und fördern Wohlbefinden und Erholung (P10).
- Die Größe der Fläche bestimmt den Charakter und die Stimmung einer Architektur, d.h. große Lichtflächen sorgen für Großzügigkeit (A4).

#### Anzahl, Anordnung und Position der Lichtquelle

- Die gerichtete Anstrahlung von Objekten betont ihre plastische Form (F2).
- Lichtquellen im oberen Gesichtsfeld unterstützen die biologische (melanopische) Wirksamkeit des Lichts auf den Menschen, da die Melanopsin enthaltenden Ganglienzellen im nasalen und unteren Bereich der Netzhaut am empfindlichsten sind (B1).
- Angepasst an den circadianen Rhythmus sollte zu Zeiten der Aktivierung das Licht überwiegend aus großflächigen Lichtquellen im oberen Gesichtsfeld bereitgestellt werden (siehe Aktivierung) (B3).
- Zuordnung und Anstrahlung eignen sich zum Hervorheben des eigenen Bereiches (P6).

#### Lichtfarbe

- Die Wahl der Lichtfarbe und auch der spektralen Zusammensetzung der Lichtquelle sind entscheidend für die Sichtbarkeit von Farben. Rot- und orangefarbige

Objekte werden besser mit warmweißem Licht beleuchtet (z. B. Holz). Blau- und grüntönige Objekte werden vorzugsweise mit tageslichtweißem Licht beleuchtet (z. B. Stahl) (F3).

- Der Einsatz von Tageslichtweiß begünstigt die allgemeine Aktivierung (B1).
- Der Einsatz von Warmweiß begünstigt die allgemeine Erholung (B2).
- Höhere Farbtemperaturen am Tage sowie niedrige Farbtemperaturen am Abend und gegebenenfalls in der Nacht stabilisieren den circadianen Rhythmus (B3).
- Die Wahl der Lichtfarbe entsprechend der Tageszeit kann vor allem in Räumen, in denen kein Tageslicht zur Verfügung steht, der zeitlichen Orientierung dienen. So markiert eine Beleuchtung mit warmweißer Lichtfarbe den Morgen und Abend, während Tageslichtweiß mit der Mittagszeit assoziiert wird. Wärmere Lichtfarben werden im Winter, kühlere im Sommer bevorzugt (P2).
- Tageslichtweiße Beleuchtung unterstützt die Konzentrations- und Leistungsfähigkeit (geistige Aktivierung) (P9).
- Warmweiße Beleuchtung fördert das Wohlbefinden, die Ruhe und die geistige Erholung (P10).
- Die Lichtfarbe sollte den Charakter der Architektur unterstützen. So wird z. B. in wohnlichen Umgebungen, wie in Hotels oder Theatern etc., warmweiße Beleuchtung eingesetzt (A4).

### **Lichtverteilung**

- Direkte gerichtete Anteile der Lichtverteilung verbessern die Plastizität (F2).
- Indirektes Licht und helle Decken sowie große diffuse Flächen stehen für Aktivierung (B1).
- Direktes zurückgenommenes Licht und dunkle Decken stehen für Erholung (B2).
- Indirektes oder diffus großflächiges Licht am Tag und direktes Licht und dunkle Decken in der Nacht unterstützen die circadiane Rhythmik (B3).
- Mit direktem gerichtetem Licht wird ein Bezug zu frühen Morgen- und späten Abendstunden hergestellt, während diffuses indirektes Licht eher die Tagesmitte kennzeichnet (P2).
- Große diffuse Lichtquellen oder ein hoher Indirektanteil haben einen repräsentativen Charakter (P6).
- Indirektes Licht und helle Decken sowie große diffuse Flächen stehen für Aktivierung (P9).
- Direktes (zurückgenommenes) Licht und dunkle Decken stehen für Erholung (P10).
- Offene Architektur wird durch indirekte Lichtanteile, geschlossene Architektur durch direkte Beleuchtung betont (A4).

### **Spektrum der Lichtquelle**

- Ein möglichst kontinuierliches und vollständiges Farbspektrum ermöglicht die adäquate Sichtbarkeit von Farben und lässt auch Farbprüfungen zu (F3).
- Vor allem die kurzwelligen Spektralanteile sorgen für eine körperliche Aktivierung (B1).
- Langwellige Spektralanteile unterstützen das Wohlbefinden und die körperliche Erholung (B2).
- Die Veränderung der Spektralanteile entsprechend der natürlichen Aktivitätsphasen am Tag und den nächtlichen Erholungsphasen unterstützen den circadianen Rhythmus (B3).
- Beleuchtung mit kurzwelligen Spektralanteilen fördert die geistige Aktivierung (P9).
- Beleuchtung mit langwelligen Spektralanteilen fördert die geistige Erholung (P10).

### **Regel- und Steuerbarkeit der Beleuchtung**

- Voreingestellte Lichtszenen und dynamische Abläufe mit höheren Beleuchtungsstärken und höheren Farbtemperaturen werden am Tag eingesetzt (B1).
- Voreingestellte Lichtszenen und dynamische Abläufe mit niedrigeren Beleuchtungsstärken und niedrigeren Farbtemperaturen kommen zu Abendzeiten zum Einsatz (B2).
- Die Veränderung der Beleuchtung hinsichtlich Farbtemperatur und Lichtstrom entsprechend der natürlichen Aktivitätsphasen am Tag und den nächtlichen Erholungsphasen unterstützen den circadianen Rhythmus (B3).
- Die Beleuchtung wird anhand von Zeitmanagement und zeitlich zugeordneten veränderlichen Lichtsituationen gesteuert (P2).
- Die Lichtlösung sieht die persönliche Einstellmöglichkeit eigener Lichtsituationen vor (P6).
- Voreingestellte Lichtszenen und dynamische Abläufe mit höheren Beleuchtungsstärken und höheren Farbtemperaturen werden am Tag eingesetzt (P9).
- Voreingestellte Lichtszenen und dynamische Abläufe mit niedrigeren Beleuchtungsstärken und niedrigeren Farbtemperaturen kommen zu Abendzeiten zum Einsatz. (P10).

### **Bedienung der Beleuchtung**

- Zusätzliche – sichtbare – Bediengeräte für den eigenen Bereich oder eine Bedienung, die sich automatisch an den Nutzer anpasst, fördert die Selbstdarstellung und Repräsentation (P6).

## Relevant (2) – sortiert nach Gestaltungsmitteln

### Lichtstrom der Lichtquelle

- Die Wahl der Beleuchtungsstärke hängt von der Größe der Details ab. Auskunft über die auszuwählenden Werte gibt die DIN EN 12464-1. Eine höhere Beleuchtungsstärke verbessert die Erkennbarkeit von Details (F1).
- Bei höheren Beleuchtungsstärken können Details schneller erkannt werden (F4).
- Die Wichtigkeit der Sehaufgabe strukturiert die Abstufungen der Beleuchtungsstärken (F6).
- Unterschiedliche Beleuchtungsstärken ordnen oder strukturieren einen Raum beispielsweise in unterschiedliche Zonen: So benötigen Arbeitszonen hohe Beleuchtungsstärken, Gangbereiche dagegen niedrigere Beleuchtungsstärken (F7).
- Über eine Erhöhung der Leuchtdichten (Helligkeiten) können Ein- und Ausgänge oder Wege hervorgehoben werden (P1).
- Eine Führung durch Helligkeitsunterschiede erleichtert das Erfassen von Abläufen und Handlungen (P3).
- Eine ortsbezogene Zusatzbeleuchtung oder eine örtlich begrenzte höhere Beleuchtungsstärke trennt persönliche Territorien von den Allgemeinbereichen (P5).
- Ein ausreichendes Beleuchtungsniveau in allen Raumecken verhindert dunkle Stellen und sorgt damit für ein erhöhtes Sicherheitsgefühl (P7).
- Der Lichtstrom sollte in einem natürlichen und gewohnten Ausmaß zur Verfügung stehen, um im Anwender Vertrautheit zu wecken (P11).

### Relative Größe der Lichtaustrittsfläche

- Große Lichtquellen im Innenraum lenken die Aufmerksamkeit auf sich, kleine Lichtquellen treten zurück und wirken durch ihre gemeinsame Anordnung (F6).
- Die Größen der Lichtaustrittsflächen sind den Modulen des Raumes angepasst (A3).
- Form und Größe der Lichtaustrittsfläche können eine gestalterische Besonderheit darstellen oder die architektonischen Besonderheiten betonen (A5).

### Anzahl, Anordnung und Position der Lichtquelle

- Mehrere punktförmige Lichtquellen sind zu vermeiden, da sie Mehrfachschatten erzeugen und die Sichtbarkeit stören (F1).
- Die Anordnung lenkt den Blick in der Reihenfolge der Wichtigkeit der Sehaufgaben (F6).
- Position und Richtung der Lichtquelle heben Sehaufgaben hervor (F7).
- Die Lichtquellen sind den Strukturen des Raumes zuzuordnen, um beispielsweise auf Wege, Türen usw. hinzuweisen (P1).
- Die Lichtquellen sind so zuzuordnen, dass sie persönliche Bereiche kennzeichnen (P5).
- Die Lichtquellen sind entsprechend bekannter Formen anzuordnen, so dass beispielsweise Symbole dargestellt werden, oder sie werden zur Anstrahlung bekannter Formen und Objekte eingesetzt (P11).
- Raummodule werden durch die Anordnung der Lichtquellen oder durch Anstrahlung unterstützt (A3).
- Besonderheiten der Architektur werden durch Anpassung der Anordnung von Lichtquellen oder durch Anstrahlung hervorgehoben (A5).

### **Lichtfarbe**

- Farbkontraste durch die getrennte Beleuchtung von Räumen und/oder Raumelementen mit Licht unterschiedlicher Farbtemperatur lenken die Wahrnehmung und schaffen Aufmerksamkeitsschwerpunkte (F6).
- Die Wahl der geeigneten Lichtfarbe beispielsweise für eine Sehaufgabe oder eine Raumfunktion kann die Ordnung des Raumes oder die Unterscheidbarkeit von Funktionen unterstützen (F7).
- Die Lichtfarbe unterstützt die räumliche Orientierung und die Wahrnehmung von Größen und Distanzen: Eine tageslichtweiße Beleuchtung signalisiert Größe, räumliche Tiefe und weite Distanzen, während warmweißes Licht eher kurze Distanzen und Nähe bedeutet. Kühlere Lichtfarben werden tendenziell in südlichen, mediterranen Regionen, wärmere Lichtfarben in nördlichen, skandinavischen Ländern bevorzugt (P1).
- Vor allem warme und neutrale Lichtfarben werden als vertraut wahrgenommen (P11).
- Unterschiedliche Lichtfarben für verschiedenen Raumelemente gliedern und strukturieren den Raum (A3).
- Die passende Lichtfarbe betont Material und Gestalt architektonischer Besonderheiten (A5).

### **Lichtverteilung**

- Gerichtetes Licht macht Details auf Oberflächen besser sichtbar (F1).
- Ein gutes Verhältnis von direkten gerichteten und indirekten diffusen Lichtanteilen verbessert die schnelle Wahrnehmung (F4).
- Direktes gerichtetes Licht setzt Aufmerksamkeitsschwerpunkte (F6).
- Auf einen Bereich bezogenes gerichtetes Licht kennzeichnet das persönliche Territorium (P5).
- Das Sicherheitsgefühl wird durch ein gutes Verhältnis von direktem und indirektem Licht unterstützt. Dunkle Stellen sollten vermieden werden (P7).
- Ein ausgewogenes Verhältnis von direkter und indirekter Beleuchtung sowie gerichteten und diffusen Lichtanteilen wird als vertraut wahrgenommen (P11).
- Direkt/indirekt abstrahlende Leuchten sind in der Regel Objekte und gestaltende Elemente im Raum (A5).

### **Regel- und Steuerbarkeit der Beleuchtung**

- Vorgeplante Lichtsituationen für unterschiedliche Anforderungen über die Zeit sind vorzusehen und müssen einstellbar sein (F5).
- Die Beleuchtung sollte automatisch entweder zu voreingestellten Zeiten bestimmte Lichtsituationen realisieren oder auf Sensoren reagieren, die beispielsweise die Präsenz von Nutzern detektieren (F6).
- Die individuelle Einflussmöglichkeit auf die persönliche Lichtsituation ist gegeben (P5).
- Die individuelle Bedienmöglichkeit der eigenen Lichtsituation ist gegeben (P8).

### **Bedienung der Beleuchtung**

- Über eine Lichtsteuerung oder einen Schalter lässt sich der eigene Bereich, das persönliche Territorium, separat schalten (P5).
- Der einfache, verständliche und intuitive Zugang oder die Zuordnung von Bedienelementen zu Raum- oder Funktionsbereichen unterstützen die Anforderung nach persönlicher Kontrolle der Lichtsituation (P8).
- Bediengeräte, die mit bekannten Symbolen gekennzeichnet und beschriftet und/oder an gewohnten Orten positioniert sind, sorgen für Vertrautheit und damit für eine hohe Akzeptanz bei der Bedienung (P11).

### A 1.3 Schritt 3: Bewertung der Lichtlösung und Abgleich mit Nutzeranforderungen

#### A 1.3.1 Prüfen der Lichtlösung 1 mit Hilfe der Bewertungsgrößen: Detaillierte Betrachtung der Bewertungsgrößen

	Soll	Ist	Ergebnis
Beleuchtungsstärken auf der Sehaufgabe ( $E$ )	500 ... 1.000 lx	1.000 lx	■
Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke ( $U_o$ )	0,6	0,6	■
Farbkontrast ( $FK$ )	mind. zwei CCTs	ein CCT	■
Helligkeitskontrast (gestalterisch) ( $HK$ )	mind. zwei verschiedene Beleuchtungsstärken	eine Beleuchtungsstärke	■
Psychologische Blendung ( $B_{psy}$ )	$UGR < 19$	$UGR < 19$	■
Physiologische Blendung ( $B_{phy}$ )	Lichtquelle abgeschirmt	teilweise abgeschirmt	■
Reflexblendung ( $B_{Re}$ )	$< 1.500 \text{ cd/m}^2$	$< 3.000 \text{ cd/m}^2$	■
Lichtfarbe ( $CCT$ )	3.000 K ... 6.000 K	4.000 K	■
Farbwiedergabe ( $R_a$ )	80	80	■
Kontrastwiedergabe ( $CRF$ )	Leuchten seitlich AP	Leuchten seitlich AP	■
Schlagschatten ( $SS$ )	keine SS am AP	keine SS am AP	■
Ausgewogene Leuchtdichten ( $Bal$ )	direkt/indirekt	nur direkt	■
Modelling ( $Mod$ )	zw. 0,3 ... 0,6	0,5	■
Fehlen von Flackern und Flimmern ( $Fl$ )	kein Flackern	kein Flackern	■
Melanopischer Wirkungsfaktor ( $\alpha_{mel,v}$ )	variabel zw. 0,3 ... 1,0	0,5	■
Schädigungspotenzial ( $H_{dm}$ )	-	-	■
Qualitative Aspekte ( $Q$ )	-	-	■

**Tabelle 7:**  
Soll/Ist-Vergleich der Bewertungsgrößen für Lichtlösung 1: grün = erfüllte Bewertungsgröße; rot = nicht erfüllte Bewertungsgröße

**Das Bewertungsmaß der Soll-Werte wird von einem Experten festgelegt**

## Ergebnis für Lichtlösung 1

**Tabelle 8:**

Bewertungsgrößen für Lichtlösung 1 im Detail:  
 grünes Feld = sehr relevante Anforderung;  
 blaues Feld = relevante Anforderung;  
 graues Feld = relevant nach Tabelle 1, kommt hier nicht zur Anwendung;  
 rote Schrift = nicht erfüllte Bewertungsgröße

Anforderungen (siehe Anhang B1)		Gestaltungsmittel (siehe Anhang B3)							
		Lichtstrom der Lichtquelle	Relative Größe der Lichtaustrittsfläche	Anzahl, Anordnung und Position der Lichtquelle	Lichtfarbe	Lichtverteilung	Spektrum der Lichtquelle	Regel- oder Steuerbarkeit der Beleuchtung	Bedienung der Beleuchtung
<b>Funktionale Anforderungen</b>									
F1	Sehen und Identifizieren von Details	<i>E</i> <i>Fl</i>		<i>U<sub>o</sub></i> <i>B<sub>Re</sub></i> <i>CRF</i> <i>SS</i>		<i>U<sub>o</sub></i> <i>Bal</i> <i>B<sub>psy</sub></i> <i>B<sub>phy</sub></i> <i>SS</i>			
F2	Sehen und Identifizieren von Formen			<i>SS</i> <i>Mod</i>		<i>Bal</i> <i>Mod</i>			
F3	Sehen und Identifizieren von Farben				<i>R<sub>a</sub></i> <i>CCT</i>		<i>R<sub>a</sub></i>		
F4	Schnelligkeit von Sehen und Identifizieren	<i>E</i> <i>Fl</i>				<i>Bal</i> <i>Mod</i>			
F5	Sehen und Identifizieren über die Zeit							<i>Q</i>	
F6	Aufmerksamkeitsführung	<i>E</i>	<i>Q</i>	<i>HK</i> <i>Q</i>	<i>FK</i>	<i>Q</i>		<i>Q</i>	
F7	Ordnung/ Unterscheidbarkeit	<i>E</i>		<i>HK</i> <i>Q</i>	<i>Q</i>				
F8	Physische Sicherheit	<i>E</i>						<i>Q</i> <i>Fl</i>	
F9	Objektschutz	<i>E</i> <i>H<sub>dm</sub></i>					<i>H<sub>dm</sub></i>		
<b>Biologische Anforderungen</b>									
B1	Aktivierung	<i>E</i>	<i>Q</i>	<i>Q</i>	<i>CCT</i>	<i>Bal</i>	<i>a<sub>mel,y</sub></i>	<i>Q</i>	
B2	Erholung	<i>E</i>			<i>CCT</i>	<i>Bal</i>	<i>a<sub>mel,y</sub></i>	<i>Q</i>	
B3	Circadiane Rhythmik	<i>E</i>		<i>Q</i>	<i>CCT</i>	<i>Bal</i>	<i>a<sub>mel,y</sub></i>	<i>Q</i>	
B4	Strahlungsschutz						<i>H<sub>dm</sub></i> <i>Q</i>		
B5	Strahlungsphys. Wirkung						<i>Q</i>		



Psychologische Anforderungen									
P1	Räumliche Orientierung	<i>E</i> <i>HK</i>		<i>HK</i> <i>Q</i>	<i>CCT</i> <i>Q</i>				
P2	Zeitliche Orientierung	<i>E</i>			<i>CCT</i> <i>Q</i>	<i>Bal</i>		<i>Q</i>	
P3	Orientierung über das Geschehen	<i>E</i> <i>HK</i>							
P4	Privatheit	<i>E</i> <i>HK</i>		<i>HK</i> <i>Q</i>		<i>Bal</i> <i>Q</i>			<i>Q</i>
P5	Persönliches Territorium	<i>E</i> <i>HK</i>	<i>Q</i>	<i>HK</i> <i>Q</i>		<i>Bal</i> <i>Q</i>		<i>Q</i>	<i>Q</i>
P6	Selbstdarstellung/ Repräsentation	<i>E</i> <i>HK</i>		<i>HK</i> <i>Q</i>		<i>Bal</i> <i>Q</i>		<i>Q</i>	<i>Q</i>
P7	Sicherheitsgefühl	<i>E</i>				<i>U<sub>o</sub></i> <i>Bal</i> <i>Q</i>			
P8	Eigene Kontrolle							<i>Q</i>	<i>Q</i>
P9	Mentale Aktivierung	<i>E</i>	<i>Q</i>		<i>CCT</i>	<i>Bal</i>	<i>a<sub>me,y</sub></i>	<i>Q</i>	
P10	Mentale Erholung	<i>E</i>	<i>Q</i>		<i>CCT</i>	<i>Bal</i>	<i>a<sub>me,y</sub></i>	<i>Q</i>	
P11	Vertrautheit	<i>E</i>		<i>Q</i>	<i>CCT</i>	<i>Bal</i> <i>Q</i>			<i>Q</i>
Architektonische Anforderungen									
A1	Gliederung des Raumes nach Form		<i>Q</i>	<i>Q</i>					
A2	Gliederung des Raumes nach Rhythmik		<i>Q</i>	<i>HK</i> <i>U<sub>o</sub></i> <i>Q</i>	<i>FK</i> <i>Q</i>				
A3	Gliederung des Raumes nach Zonen		<i>Q</i>	<i>HK</i> <i>U<sub>o</sub></i> <i>Q</i>	<i>FK</i> <i>Q</i>				
A4	Charakter der Architektur unterstützen	<i>E</i>	<i>Q</i>		<i>CCT</i> <i>Q</i>	<i>Bal</i> <i>Q</i>		<i>Q</i>	
A5	Architektonische (gestalterische) Besonderheiten betonen		<i>Q</i>	<i>Q</i>	<i>CCT</i> <i>Q</i>	<i>Q</i>			

Die Beurteilung wurde von einem Experten festgelegt

Überblick über »sehr relevante« Anforderungen:

F3	A4	F1	B1	B2	B3	P2	P6	P9	P10
----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

Zwei von zehn »sehr relevanten« Anforderungen wurden erfüllt.

Acht von zehn »sehr relevanten« Anforderungen wurde nur teilweise erfüllt.

Überblick über »relevante« Anforderungen:

P3	P7	P8	P11	F1	F4	P1	P5	F5	F6	F7	A3	A5
----	----	----	-----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Vier von 13 »relevanten« Anforderungen wurden erfüllt.

Vier von 13 »relevanten« Anforderungen wurden nur teilweise erfüllt.

Fünf von 13 »relevanten« Anforderungen wurden nicht erfüllt.

### A 1.3.2 Prüfen der Lichtlösung 2 mit Hilfe der Bewertungsgrößen

	Soll	Ist	Ergebnis
Beleuchtungsstärken auf der Sehaufgabe ( $E$ )	500 ... 1.000 lx	1.000 lx	■
Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke ( $U_o$ )	0,6	0,6	■
Farbkontrast ( $FK$ )	mind. zwei CCTs	CCT variabel	■
Helligkeitskontrast (gestalterisch) ( $HK$ )	mind. zwei verschiedene Beleuchtungsstärken	Beleuchtungsstärke variabel	■
Psychologische Blendung ( $B_{psy}$ )	$UGR < 19$	$UGR < 19$	■
Physiologische Blendung ( $B_{phy}$ )	Lichtquelle abgeschirmt	Lichtquelle abgeschirmt	■
Reflexblendung ( $B_{Re}$ )	$< 1.500 \text{ cd/m}^2$	$< 1.500 \text{ cd/m}^2$	■
Lichtfarbe (CCT)	3.000 K ... 6.000 K	variabel zw. 3.000 K ... 6.000 K	■
Farbwiedergabe ( $R_a$ )	80	80	■
Kontrastwiedergabe (CRF)	Leuchten seitlich AP	Leuchten seitlich AP	■
Schlagschatten (SS)	keine SS am AP	keine SS am AP	■
Ausgewogene Leuchtdichten ( $Bal$ )	direkt/indirekt	direkt/indirekt variabel	■
Modelling ( $Mod$ )	zw. 0,3 ... 0,6	0,5	■
Fehlen von Flackern und Flimmern ( $Fl$ )	kein Flackern	kein Flackern	■
Melanopischer Wirkungsfaktor ( $a_{mel,s}$ )	variabel zw. 0,3 ... 1,0	variabel zw. 0,3 ... 0,9	■
Schädigungspotenzial ( $H_{dm}$ )	-	-	■
Qualitative Aspekte ( $Q$ )	-	-	■

**Tabelle 9:**  
Soll/Ist-Vergleich der Bewertungsgrößen für Lichtlösung 2:  
grün = erfüllte Bewertungsgröße

**Das Bewertungsmaß wird von einem Experten festgelegt**

Detaillierte Betrachtung der Bewertungsgrößen:

**Tabelle 10:**  
Bewertungsgrößen für Lichtlösung 2 im Detail:  
grünes Feld = sehr relevante Anforderung;  
blaues Feld = relevante Anforderung;  
graues Feld = relevant nach Tabelle 1, kommt hier nicht zur Anwendung;  
rote Schrift = nicht erfüllte Bewertungsgröße

Anforderungen (siehe Anhang B1)		Gestaltungsmittel (siehe Anhang B 3)							
		Lichtstrom der Lichtquelle	Relative Größe der Lichtaustrittsfläche	Anzahl, Anordnung und Position der Lichtquelle	Lichtfarbe	Lichtverteilung	Spektrum der Lichtquelle	Regel- oder Steuerbarkeit der Beleuchtung	Bedienung der Beleuchtung
<b>Funktionale Anforderungen</b>									
F1	Sehen und Identifizieren von Details	$E$ $Fl$		$U_o$ $B_{Re}$ $CRF$ $SS$		$U_o$ $Bal$ $B_{psy}$ $B_{phy}$ $SS$			
F2	Sehen und Identifizieren von Formen			$SS$ $Mod$		$Bal$ $Mod$			
F3	Sehen und Identifizieren von Farben				$R_a$ $CCT$		$R_a$		
F4	Schnelligkeit von Sehen und Identifizieren	$E$ $Fl$				$Bal$ $Mod$			
F5	Sehen und Identifizieren über die Zeit							$Q$	
F6	Aufmerksamkeitsführung	$E$	$Q$	$HK$ $Q$	$FK$	$Q$		$Q$	
F7	Ordnung/ Unterscheidbarkeit	$E$		$HK$ $Q$	$Q$				
F8	Physische Sicherheit	$E$						$Q$ $Fl$	
F9	Objektschutz	$E$ $H_{dm}$					$H_{dm}$		
<b>Biologische Anforderungen</b>									
B1	Aktivierung	$E$	$Q$	$Q$	$CCT$	$Bal$	$a_{mel,y}$	$Q$	
B2	Erholung	$E$			$CCT$	$Bal$	$a_{mel,y}$	$Q$	
B3	Circadiane Rhythmik	$E$		$Q$	$CCT$	$Bal$	$a_{mel,y}$	$Q$	
B4	Strahlungsschutz						$H_{dm}$ $Q$		
B5	Strahlungsphys. Wirkung						$Q$		

Psychologische Anforderungen									
P1	Räumliche Orientierung	<i>E</i> <i>HK</i>		<i>HK</i> <i>Q</i>	<i>CCT</i> <i>Q</i>				
P2	Zeitliche Orientierung	<i>E</i>			<i>CCT</i> <i>Q</i>	<i>Bal</i>		<i>Q</i>	
P3	Orientierung über das Geschehen	<i>E</i> <i>HK</i>							
P4	Privatheit	<i>E</i> <i>HK</i>		<i>HK</i> <i>Q</i>		<i>Bal</i> <i>Q</i>			<i>Q</i>
P5	Persönliches Territorium	<i>E</i> <i>HK</i>	<i>Q</i>	<i>HK</i> <i>Q</i>		<i>Bal</i> <i>Q</i>		<i>Q</i>	<i>Q</i>
P6	Selbstdarstellung/ Repräsentation	<i>E</i> <i>HK</i>		<i>HK</i> <i>Q</i>		<i>Bal</i> <i>Q</i>		<i>Q</i>	<i>Q</i>
P7	Sicherheitsgefühl	<i>E</i>				<i>U<sub>o</sub></i> <i>Bal</i> <i>Q</i>			
P8	Eigene Kontrolle							<i>Q</i>	<i>Q</i>
P9	Mentale Aktivierung	<i>E</i>	<i>Q</i>		<i>CCT</i>	<i>Bal</i>	<i>a<sub>me1,y</sub></i>	<i>Q</i>	
P10	Mentale Erholung	<i>E</i>	<i>Q</i>		<i>CCT</i>	<i>Bal</i>	<i>a<sub>me1,y</sub></i>	<i>Q</i>	
P11	Vertrautheit	<i>E</i>		<i>Q</i>	<i>CCT</i>	<i>Bal</i> <i>Q</i>			<i>Q</i>
Architektonische Anforderungen									
A1	Gliederung des Raumes nach Form		<i>Q</i>	<i>Q</i>					
A2	Gliederung des Raumes nach Rhythmik		<i>Q</i>	<i>HK</i> <i>U<sub>o</sub></i> <i>Q</i>	<i>FK</i> <i>Q</i>				
A3	Gliederung des Raumes nach Zonen		<i>Q</i>	<i>HK</i> <i>U<sub>o</sub></i> <i>Q</i>	<i>FK</i> <i>Q</i>				
A4	Charakter der Architektur unterstützen	<i>E</i>	<i>Q</i>		<i>CCT</i> <i>Q</i>	<i>Bal</i> <i>Q</i>		<i>Q</i>	
A5	Architektonische (gestalterische) Besonderheiten betonen		<i>Q</i>	<i>Q</i>	<i>CCT</i> <i>Q</i>	<i>Q</i>			

## Ergebnis für Lichtlösung 2

Überblick über »sehr relevante« Anforderungen:

F3	A4	F1	B1	B2	B3	P2	P6	P9	P10
----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

Neun von zehn »sehr relevanten« Anforderungen wurden erfüllt.

Eine von zehn »sehr relevanten« Anforderungen wurde nur teilweise erfüllt.

Überblick über »relevante« Anforderungen:

P3	P7	P8	P11	F1	F4	P1	P5	F5	F6	F7	A3	A5
----	----	----	-----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Zwölf von 13 »relevanten« Anforderungen wurden erfüllt.

Eine von 13 »relevanten« Anforderungen wurden nur teilweise erfüllt.

# Anhang B: Ausführliche Erläuterungen der einzelnen Prozessschritte

## B 1 Individuelle Nutzeranforderungen

Die Anforderungen der Nutzer gehen weit über die reine Erkenn- und Lesbarkeit der Sehaufgabe hinaus. Weitere Anforderungen, die sich beispielsweise aus individuellen Bedürfnissen entwickeln oder das ästhetische Empfinden betreffen, können für die qualitative Wahrnehmung der Lichtsituation eines Raumes mitentscheidend sein.

Dieser Abschnitt beschreibt die Nutzeranforderungen. Definitionen der jeweiligen Minimalanforderung werden angegeben, sofern dies möglich oder augenscheinlich angebracht ist. Bevor die Anforderungen definiert werden können, ist es wichtig, grundlegende Rahmenbedingungen zu erfassen wie z. B. die baulichen Gegebenheiten, den Nutzungskontext oder das Umfeld.

Die Anforderungen lassen sich in insgesamt vier Hauptgruppen unterteilen. Tabelle 11 zeigt die verallgemeinerten Anforderungen für Innenraumanwendungen im Überblick.

**Tabelle 11:**  
Überblick über die  
Anforderungen

Kapitel B 1.1		Kapitel B 1.2		Kapitel B 1.3		Kapitel B 1.4	
Funktionale Anforderungen		Biologische Anforderungen		Psychologische Anforderungen		Architektonische Anforderungen	
F1	Sehen und Identifizieren von Details	B1	Akti- vierung	P1	Räumliche Orientierung	A1	Gliederung des Raumes nach Form
F2	Sehen und Identifizieren von Formen (räumlich)	B2	Erholung	P2	Zeitliche Orientierung	A2	Gliederung des Raumes nach Rhythmik
F3	Sehen und Identifizieren von Farben und Farbunterschieden	B3	Circadiane Rhythmik	P3	Orientierung über das Geschehen	A3	Gliederung des Raumes nach Zonen
F4	Schnelligkeit des Sehens und Identifizierens	B4	Strahlungs- schutz	P4	Privatheit	A4	Charakter der Architektur unterstützen
F5	Sehen und Identifizieren über die Zeit/Visuelle Leistungsfähigkeit	B5	Strahlungs- physiolo- gische Wirkung	P5	Persönliches Territorium	A5	Architektonische (gestalterische) Besonderheiten betonen
F6	Aufmerksamkeits- führung			P6	Selbstdarstel- lung/ Repräsentation		
F7	Ordnung/Unter- scheidbarkeit			P7	Sicherheits- gefühl		
F8	Physische Sicherheit			P8	Eigene Kontrolle		
F9	Objektschutz			P9	Mentale Aktivierung		
				P10	Mentale Erholung		
				P11	Vertrautheit		

Die folgenden Abschnitte führen die Anforderungen beispielhaft und ohne Anspruch auf Vollständigkeit auf.



## B 1.1 Funktionale Anforderungen

Funktionale Anforderungen beziehen sich auf die Erfüllung von Sehaufgaben oder Tätigkeiten mit Sehaufgaben. Die Ausprägungen der Anforderungen unterscheiden sich je nach Art der Tätigkeit, den Umgebungsbedingungen oder den individuellen Bedürfnissen. In einigen Anwendungen können sich die Anforderungen innerhalb des Raumes oder über die Zeit unterscheiden. Die Beleuchtung sollte in diesem Fall flexibel an die verschiedenen Bedürfnisse angepasst werden können.

Definition Sehaufgabe:

Die Sehaufgabe beschreibt die sehr relevanten Elemente einer auszuführenden Tätigkeit. Sie ist das Objekt oder die Struktur, die gesehen werden muss, um Informationen zu erlangen und zu reagieren. Die Elemente und Details der Sehaufgaben können sich unterscheiden in Größe, Kontrast, Bewegung, Dauer, Farbe, Form und Wichtigkeit.

### F1 – Sehen und Identifizieren von Details

Beschreibung:

Die Sichtbarkeit von Sehdetails ändert sich je nach Kontrast, Helligkeit, Größe und Darbietungsdauer. Ein einfaches Beispiel dafür ist die Größe der Details der Sehaufgabe: Je größer die Details, desto besser ist die Sichtbarkeit. Die Sichtbarkeit ist abhängig von der Entfernung und vom Betrachtungswinkel. So kann beispielsweise eine Schrift an der Tafel aus der ersten Sitzbankreihe noch einfach und gut lesbar sein, während sie aus der letzten Reihe nicht mehr sichtbar ist. Die Sichtbarkeit von Details hängt wesentlich von der individuellen Sehleistung ab. Unter Details versteht diese Schrift zweidimensionale Objekte.

Beispiele:

- Lesen einer Schrift
- Fehlerprüfung
- Qualitätskontrolle

Definition der Minimalanforderung:

Typische Sehaufgaben sollen mindestens hinsichtlich Größe und Kontrast ohne Mühe durchgeführt werden können.

### F2 – Sehen und Identifizieren von Formen (räumliche Formempfindung)

Beschreibung:

Wie Details müssen auch Formen sichtbar sein. Eine Form ist ein dreidimensionales Objekt in einem Raum.

Beispiele:

- Sehen eines Balls
- Sortieren von Gegenständen
- Erkennen von Gesichtern bei kommunikativen Aufgaben

Definition der Minimalanforderung:

Typische Formen sollen mindestens hinsichtlich Größe und Form ohne Mühe sichtbar sein.

### **F3 – Sehen und Identifizieren von Farben und Farbunterschieden (Farbempfindung)**

Beschreibung:

Farben erschließen sich als Informations- und Gestaltungselemente. Farben sollen in ihrer Vielfalt erkenn- und unterscheidbar sein. Die Sichtbarkeit hängt von der individuellen Farbsehtüchtigkeit ab.

Beispiele:

- Sehen der Farben, z. B. Rot, Grün und Blau
- Unterscheiden von ähnlichen Farbtönen
- Farb- und Qualitätsprüfung
- Farbabgleiche

Definition der Minimalanforderung:

Typische Farben sollen mindestens ohne Mühe erkennbar und unterscheidbar sein.

### **F4 – Schnelligkeit des Sehens und Identifizierens = Schnelligkeit der adäquaten Sichtbarkeit**

Beschreibung:

Details, Formen und Farben sind mit einer gewissen Schnelligkeit erkennbar.

Beispiele:

- Sehen einer kurzzeitig erscheinenden Störung in der Produktion
- Schnelles Erkennen von sicherheitsrelevanten Objekten

### **F5 – Sehen und Identifizieren über die Zeit/Visuelle Leistungsfähigkeit**

Beschreibung:

Die Sichtbarkeit muss über einen gewissen Zeitraum möglich bleiben. Lässt die Konzentration mit der Zeit nach, verringert sich oft auch die Sichtbarkeit.

Beispiele:

- Lesen über einen längeren Zeitraum
- Konzentriertes Arbeiten über den Tag hinweg

### **F6 – Aufmerksamkeitsführung**

Beschreibung:

Die Aufmerksamkeit wird geführt, sodass Objekte und Details ihrer Wichtigkeit nach geordnet werden können. Dies ist vor allem in multifunktionalen Räumen relevant. Die Fokussierung auf die Hauptsehaufgabe erleichtert das Arbeiten und die Konzentrationsfähigkeit.

Beispiele:

- Bewusste (zielführende) Stufung/Strukturierung nach Wichtigkeit der Sehaufgaben oder der wahrnehmungsrelevanten Details

- Da der erste visuelle Eindruck beim Betreten eines Raumes besonders wichtig ist, gezielte Lenkung des Blicks durch Lichtlinien und Lichtschwerpunkte
- Ordnen der Arbeitsumgebung hinsichtlich der Wichtigkeit oder Art der Tätigkeit

### **F7 – Ordnung/Unterscheidbarkeit**

Beschreibung:

Aufgrund der Sichtbarkeit können Dinge und Sehdetails unterschieden und geordnet werden.

Beispiel:

- Strukturierung nach Unterscheidbarkeit (nicht nach Wichtigkeit) der Art der Sehaufgabe

### **F8 – Physische Sicherheit**

Beschreibung:

Diese Anforderung bedeutet, dass Gefahrenpotenziale minimiert oder nicht vorhanden sind, ein Ausweichen möglich ist und subjektive Klarheit über die Sicherheit besteht. Gefahrenstellen sind schnell und problemlos zu identifizieren.

Beispiele:

- Erkennen sicherheitsrelevanter Details, z. B. Fluchtwege, Stufen etc.
- Erkennen von Objekten, die die tatsächliche Sicherheit gefährden könnten, z. B. automatische Transportwagen in Fertigungshallen

Definition der Minimalanforderung:

- Ausreichende Ausleuchtung von Gefahrenstellen (Treppen, Durchgänge etc.)
- Vermeidung dunkler Zonen
- Vermeidung von Blendquellen, wo Gefahrenstellen entstehen könnten
- Installation von Sicherheitsbeleuchtung nach EN 1838

### **F9 – Objektschutz**

Beschreibung:

Diese Anforderung meint den Schutz von Objekten gegen Schädigung durch Licht, Ultraviolett (UV)- oder Infrarot (IR)-Strahlung.

Beispiele:

- Ausbleichen von gefärbten Stoffen durch Sonnenlicht
- Veränderung der Materialität und der Farben von sensiblen Kunstobjekten durch photochemische Prozesse aufgrund von kurzwelligem blauen Licht und UV-Strahlung oder thermischen Schäden durch IR-Strahlung

Definition der Minimalanforderung:

- Vermeidung der Schädigung von Objekten durch UV-/IR-Strahlung
- Reduktion kurzwelliger sichtbarer Strahlungsspektren (Beeinflussung der Farbwiedergabe beachten)

## B 1.2 Biologische Anforderungen

Die biologischen Anforderungen betreffen vegetative Funktionen, die durch über das Auge aufgenommenes Licht ausgelöst werden. Der Nutzer bringt diese nicht-visuellen Effekte oftmals nicht mit der Wirkung des Lichts in Verbindung. So heißt es in der DIN SPEC 5031-100:

*»Seit dem Nachweis der melanopsinhaltigen Ganglienzellen beim Menschen und deren spektraler Empfindlichkeit im Blauen ist es nicht mehr ausreichend, optische Strahlung ausschließlich nach der in der DIN 5031-3 beschriebenen photometrischen Wirkungsfunktion zu bewerten. Schmalbandiges kurzwelliges Licht bewirkt abhängig vom Zeitpunkt der Einwirkung eine akute Unterdrückung der Melatoninausschüttung, einen Anstieg der Herzrate, beeinflusst die Thermoregulation, verstärkt Wachheit, verändert die Frequenz im Elektroenzephalogramm und verschiebt die Phase des circadianen Systems. Darüber hinaus gibt es sehr schnelle Reaktionen (innerhalb einiger Sekunden) auf kurzwelliges Licht wie z. B. den Pupillenreflex oder Veränderungen der Hirnaktivität.«*

### B1 – Aktivierung

Beschreibung:

Aktivierung beschreibt den Zustand der Wachheit, Aufnahme- und Leistungsbereitschaft. Die Konzentration ist hoch. Der Mensch fühlt sich einsatzbereit. Das Umfeld wirkt frisch und anregend.

Beispiele:

- Untersuchung eines Patienten durch einen Arzt
- Ausüben von Sport
- Beobachten von Bildschirmen und Anzeigen in Schaltwarten

### B2 – Erholung

Beschreibung:

Erholung ist ein Zustand der Entspannung und Regeneration. Unruhe wird vermieden. Das Umfeld wirkt beruhigend und entspannend.

Beispiele:

- Regeneration nach einer Behandlung im Krankenhaus
- Entspannung nach einer langen Konzentrationsphase im Anschluss an einen Arbeitstag oder einem Sporttraining

### B3 – Circadiane Rhythmik

Beschreibung:

Der Wechsel von Tag und Nacht führt zu einem Rhythmus der Aktivität und des Schlafens, der »zirka einen Tag lang« ist. Eine stabile circadiane Rhythmik hat großen Einfluss auf den allgemeinen Gesundheitszustand. Verschiedene Chronotypen, wie Früh- oder und Spättyp, haben unterschiedliche Bedürfnisse.

Beispiele:

- Stabilisierung des circadianen Rhythmus durch Zugang zu natürlichem Licht

- Nachempfinden der natürlichen Hell- und Dunkelphasen im Freien auch im Innenraum

Definition der Minimalanforderung:

- Genügend langer Aufenthalt im Tageslicht bzw. größere Helligkeiten am Vormittag
- Vermeidung großer Helligkeiten und hoher Farbtemperaturen vor der Einschlafzeit

Anmerkung:

- Die natürliche Rhythmik ist gestört durch fehlenden Zugang zu Tageslicht, beispielsweise im Altenheim durch mangelnde Mobilität oder am Arbeitsplatz in einem fensterlosen Raum.
- Bei Schichtarbeit wird der circadiane Rhythmus – meist negativ – beeinflusst, da die Synchronisation mit dem natürlichen Nacht-/Tagrhythmus sowie den gesellschaftlichen Vorgängen gestört ist.

## **B4 – Strahlungsschutz**

Beschreibung:

Schädliche Strahlung beeinträchtigt oder schädigt die Gesundheit und muss vermieden oder zumindest auf ein gesundheitlich unbedenkliches Maß reduziert werden (photobiologische Sicherheit).

Beispiel:

- Direkter und lange andauernder Blick in eine Lichtquelle mit schädlichem Spektralanteil

Definition der Minimalanforderung:

- Einhaltung der Grenzwerte der photobiologischen Sicherheit

## **B5 – Strahlungsphysiologische Wirkung**

Beschreibung:

Strahlung wirkt in verschiedenen Wellenlängenbereichen gesundheitsförderlich. UV-Strahlung dient z. B. der Vitamin-D3-Bildung. UV-Strahlung kann in dem gesundheitlich förderlichen Maß zugelassen werden.

Beispiele:

- Unterstützung der Knochenbildung mit Vitamin D3
- Nutzung der Wärmestrahlung zu therapeutischen Zwecken

## B 1.3 Psychologische Anforderungen

Die Erfüllung psychologischer Anforderungen gehört zu den grundlegenden individuellen Bedürfnissen des Menschen. Dazu zählt die Information über das Umfeld wie Ort, Zeit, Wetter, Geschehen sowie die Sicherheit und die Orientierung. Ein wichtiger Aspekt bei den psychologischen Anforderungen ist die Erwartungshaltung des Nutzers. So beurteilt ein Mensch einen Raum oder eine Information immer unter Berücksichtigung seines subjektiven, soziokulturellen Kontexts, seiner Erfahrungen und Erwartungen. In diesem Zusammenhang beschreibt der Begriff »mentales Konzept« die Erwartungshaltung eines Menschen und bezieht sich auf die anschließend vorgestellten Kriterien. Zu den psychologischen Anforderungen zählt auch das Bedürfnis nach Atmosphäre und Stimmung. Präferenz, Zufriedenheit, Entspannung oder Wohlbefinden werden durch Licht beeinflusst.

### P1 – Räumliche Orientierung

Beschreibung:

Für die räumliche Orientierung benötigen Personen Kenntnisse über den Ort. Ein vollkommen unbekannter Ort wird nach Elementen untersucht, die eine Orientierung geben.

Beispiele:

- Bezug nach außen/Ausblick
- Erfassung und Verstehen von Funktionen des Raumes auf einen Blick, beispielsweise Erkennen des Altars in einer Kirche oder der Warenpositionierung im Shop
- Geografischer Bezug
- Erkennen und Verstehen von Bereichen im Raum, beispielsweise Durchgänge, Verkehrs- und Aufenthaltszonen

Definition der Minimalanforderung:

- Erkennen und intuitives Verstehen der Funktion eines Raumes auf den ersten Blick sowie das Erkennen von Wegen und Öffnungen (siehe Beispiele)

### P2 – Zeitliche Orientierung

Beschreibung:

Die wichtigste zeitliche Orientierung bietet die Uhrzeit. Außerdem liefert das Tageslicht Informationen über die Zeit, da jeder Mensch bei Kenntnis des Kalendertages einen Bezug zwischen der Tageslichtsituation und der Uhrzeit herstellen kann. Die Erwartung an die Tageshelligkeit stellt eine Referenz dar, mit der die tatsächliche Helligkeit des Umfeldes abgeglichen wird. Es wird erwartet, dass es tagsüber draußen heller ist als im Innenraum, nachts dagegen genau anders herum.

Beispiele:

- Arbeitsbeginn am Morgen nach der Dämmerung
- Ausklingen des Arbeitstags und Beginn des Feierabends nach Sonnenuntergang

Definition der Minimalanforderung:

- Sicherstellen direkter oder indirekter Informationen über Tag und Nacht

### **P3 – Orientierung über das Geschehen**

Beschreibung:

Die Kenntnis über das Geschehen ist für das Gefühl der Sicherheit und die Orientierung einer Person notwendig.

Beispiele:

- Bezug zum Geschehen (politisch, repräsentativ, andächtig, usw.)
- Informationsbedarf z. B. über das Wetter
- Information über die Personen sowie deren Aufgaben und Handlungen im direkten Umfeld

### **P4 – Privatheit**

Beschreibung:

Der Mensch ist auf seine sozialen Kontakte, seine Gruppenzugehörigkeit und die Kommunikation mit seinen Mitmenschen angewiesen. Zu Zeiten, in denen es keinen Wunsch nach Austausch und Kommunikation gibt, sollte »Freiraum« zum Rückzug und zur Erholung angeboten werden.

Beispiele:

- Gemeinsame Abendessen in einem Restaurant
- Ausruhen im Hotelzimmer

Anmerkung zum besseren Verständnis:

Privatheit zeichnet sich durch folgende Kennzeichen aus:

- Wahlfreiheit: Es kann zwischen Unabhängigkeit und Zusammenarbeit gewählt werden.
- Territoriale Identität: Ein selbst kontrolliertes Territorium ermöglicht Beschäftigten, den Kontrollverlust bei Gruppenarbeit zu ertragen.
- Umweltkontrolle: Ein persönliches Territorium ist eine wichtige Voraussetzung für die Selbstdarstellung und individuelle Gestaltung, die den eigenen physiologischen Bedürfnissen entsprechen. Hierzu gehören unter anderem die Kontrolle über Licht, Luft und Lärm.
- Zugangskontrolle: Dies trägt dem Bedürfnis nach Vertraulichkeit und Informationsprivatheit Rechnung.

### **P5 – Persönliches Territorium**

Beschreibung:

Ein persönliches Territorium beschreibt einen abgegrenzten Bereich, der dem Handeln und der Bestimmung des Besitzers/Inhabers dient. Menschen zeigen generell die Tendenz, ihre Arbeits- und Lebensräume zu personalisieren.

Beispiele:

- Abgegrenzter Bereich mit persönlichen Gegenständen
- Gekennzeichnetes oder erkennbares Umfeld des eigenen Handelns
- Hoheit über Tätigkeit und Gestaltung des Umfeldes

## **P6 – Selbstdarstellung/Repräsentation**

Beschreibung:

Selbstdarstellung bezeichnet die Art der Darstellung der eigenen Person und ihrer Position. Das Herausstellen der Bedeutung und Funktion ist zugleich ein Signal an die soziale Umwelt.

Beispiele:

- Repräsentative Kleidung, z. B. Tragen oder Nicht-Tragen einer Krawatte
- Verdeutlichung der gesellschaftlichen/organisatorischen Stellung, beispielsweise das Aufführen von Titel und Führungsfunktion auf Visitenkarten oder in E-Mail-Signaturen
- Markendarstellung, z. B. durch Logos und Werbung

## **P7 – Sicherheitsgefühl**

Beschreibung:

Sicherheitsgefühl meint das Empfinden der Abwesenheit oder Vermeidung von Gefahren und Unsicherheiten in Räumlichkeiten.

Beispiele:

- Vollständiges Erfassen einer Raumsituation auch bei Gegenlichtsituationen
- Helle Bereiche mit klarer Erkennung

## **P8 – Eigene Kontrolle**

Beschreibung:

Dieser Aspekt bestimmt den Einfluss auf und das Verständnis für das direkte Umfeld.

Beispiele:

- Möglichkeit zum individuellen Eingriff in eine Situation z. B. durch das Ein- oder Ausschalten der Beleuchtung
- Ausgleich der Beeinträchtigungen der Sehleistung im Alter z. B. durch höhere Beleuchtungsstärken auf der Sehaufgabe

## **P9 – Mentale Aktivierung**

Beschreibung:

Mentale Aktivierung benennt die kognitive Anregung durch einen äußeren Einfluss.

Beispiele:

- Konzentration auf herausfordernde Aufgaben
- Steigerung des Interesses
- Geistige Fitness z. B. Creative Labs



## **P10 – Mentale Erholung**

Beschreibung:

Mentale Erholung bedeutet kognitive Entspannung als Folge äußerer Einflüsse oder der Abwesenheit von An- und Erregung.

Beispiele:

- Stressfreiheit
- Abwesenheit von ablenkenden Reizen

## **P11 – Vertrautheit**

Beschreibung:

Vertrautheit ist gekennzeichnet durch das Verstehen und Akzeptieren einer Situation. Neue oder unbekannte Situationen können statt dessen zu Verunsicherung, Angst und Panik führen.

Beispiele:

- Das bekannte häusliche Umfeld
- Eingespielte Abläufe des täglichen Lebens

## **B 1.4 Architektonische Anforderungen**

Das gebaute Umfeld ist der Raum, in dem sich Menschen bewegen. An diesen Raum werden bewusste und unbewusste Anforderungen gestellt.

*»Architektonische Anforderungen an eine Beleuchtungskonzeption ergeben sich aus den Strukturen der zu beleuchtenden Architektur. Aufgabe der Beleuchtung ist es dabei, die Gliederung des Raums, seine Formen, Rhythmen und Module zu verdeutlichen, architektonische Besonderheiten hervorzuheben und die geplante Stimmung des Gebäudes zu unterstützen. Sowohl durch die Anordnung der Leuchten als auch durch ihre Lichtwirkungen soll die Architektur also unterstützt, gegebenenfalls aber auch aktiv in ihrer Wirkung verändert werden.« (Ganslandt, Hofmann: Handbuch der Lichtplanung)*

## **A1 – Gliederung des Raumes nach Form**

Beschreibung:

Geometrische Formen und Strukturen gliedern und definieren einen Raum.

Beispiele:

- Auf die Raumgeometrie angepasste Leuchtengeometrie
- Markieren von Wegverläufen anhand der Leuchtenanordnung
- Anordnung der Leuchten gemäß Nutzungsbereichen

## **A2 – Gliederung des Raumes nach Rhythmik (räumlich und/oder zeitlich)**

Beschreibung:

Formen und Elemente des Raumes, die in einer – gleichmäßigen – räumlichen oder zeitlichen Folge zusammenhängend aufscheinen, werden hervorgehoben.

Beispiele:

- Wiederholung von Raumelementen
- Anordnung von Leuchten nach klaren Strukturen, z. B. Linien, Raster, Schachbrett, etc.
- Einbindung der Leuchtenanordnung in das Muster einer Moduldecke
- Zeitlich getaktete Anpassung der Beleuchtung

## **A3 – Gliederung des Raumes nach Zonen**

Beschreibung:

Zusammengehörende Zonen und Strukturelemente im Raum werden verdeutlicht.

Beispiele:

- Beleuchtung einer Sitzgruppe, z. B. im Wohnraum oder im Großraumbüro
- Hervorhebung von Wänden und – vertikalen – Raumelementen
- Beleuchtung der unterschiedlichen Elemente in einem Shop, z. B. Umkleiden, Regale, Displays, Kassen, Laufwege usw.

## **A4 – Unterstützung des Charakters der Architektur**

Beschreibung:

Der Charakter, die emotionale Wirkung und die auszulösende Stimmung, die von der Architektur ausgehen, werden übernommen und verdeutlicht.

Das bedeutet:

- Übernahme historischer, kultureller oder soziologischer Aussagen, die von der Architektur vorgegeben sind
- Auswahl von Leuchten, die in Form, Art und Anordnung dem der Architektur zugrunde liegenden »mentalen Konzept« entsprechen

Beispiel:

- Auswahl passender Stilelemente, z. B. Kronleuchter im Ballsaal

## **A5 – Betonung architektonischer – gestalterischer – Besonderheiten**

Beschreibung:

Elemente oder Objekte, Module und Gliederungen des Raumes können durch Besonderheiten ergänzt, unterbrochen oder überlagert werden.

Beispiele:

- Beleuchtung kleiner Details der Architektur
- Anstrahlung von Bildern oder Plastiken
- Gleichmäßige Ausleuchtung einer Gewölbedecke

## B 2 Gewichtung der Anforderungen nach Anwendungen

Die Gewichtung der Anforderungen je nach Anwendung gilt für einen sehr breit definierten Nutzer (Kap. 1.1).

*Die individuellen Anforderungen unterscheiden sich je nach Hauptanwendung und ihren spezifische Unteranwendung. Sie werden beispielhaft und vorbestimmt gewichtet.*

Für jede Anwendung gelten zunächst grundlegende »typische« Anforderungen. Spezielle Raumformen und Tätigkeiten stellen spezifische Unteranwendungen dar. Diese Schrift behandelt folgende Anwendungen:

- Büro
- Bildung
- Krankenhaus
- Pflege
- Industrie
- Kunst und Kultur
- Hotel
- Shop

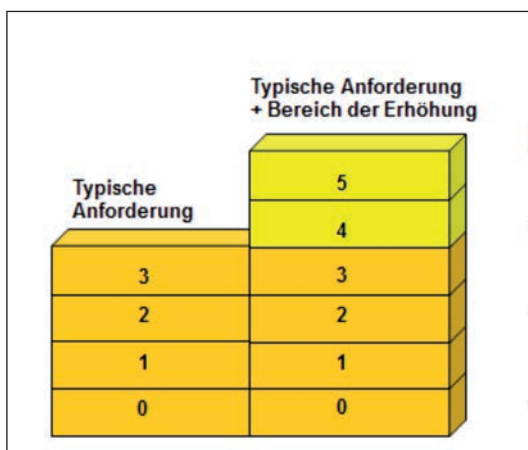
Die Bewertung erfolgt anhand der »Wichtigkeit« bzw. »Relevanz« zur Erfüllung der »typischen« Anforderung. Sie ist dreistufig aufgebaut:

- 1 = weniger relevant
- 2 = relevant
- 3 = sehr relevant

Eine Anforderung, die für eine Anwendung nicht relevant ist, wird mit dem Wert »0« bewertet.

### Abweichungen von der typischen Anforderung:

Spezifische Anwendungen, beispielsweise Raumtyp oder Tätigkeit, können mit Aspekten verbunden sein, die zu einer Verstärkung oder Abschwächung typischer Anforderungen führen. In diesen Fällen wird unabhängig vom Ausgangswert der der typischen Anordnung zugemessene Wert entweder um +1 erhöht oder um -1 verringert. Mit dem Wert 5 ist das Maximum der Erhöhung erreicht, mit dem Wert 0 das Minimum der Verringerung (Abbildung 6).



### Skalierung:

- 5 = Maximum
- 4-5 Spielraum zur Erhöhung der Anforderungen
- +1 durch Kriterien zur Erhöhung
- 1 durch Kriterien zur Verkleinerung
- 1-3 Band der typischen Anforderung
- 3 = sehr relevant
- 2 = relevant
- 1 = schwach relevant
- 0 = nicht anwendbar

**Abbildung 6:** Skalierung der Gewichtung zur Erfüllung der Anforderungen

Im Folgenden sind für jede Anwendung exemplarisch die spezifischen Unteranwendungen als Raumtypen und Tätigkeiten beschrieben. Die Tabellen 3 bis 10 zeigen die vorbestimmten Gewichtungen zur Erfüllung der »typischen« Anforderung der jeweiligen Anwendung und ihrer spezifischen Unteranwendungen. Der Nutzer hat darüber hinaus die Möglichkeit, die Anforderungen je nach Relevanz in einem Projekt selbst zu gewichten.

Anwendungen und Raumtypen sowie ihre einführenden Beschreibungen sind beispielhaft ausgewählt und erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

## B 2.1 Büro

Bürowelten lassen sich exemplarisch in folgende Kategorien gliedern:

### B 2.1.1 Chefbüro

Das Chefbüro hat meist einen Arbeitsplatz, an dem gewöhnliche Arbeiten verrichtet werden, und unterliegt damit den gleichen Anforderungen wie jeder andere Büroarbeitsplatz. Als Besonderheit sollte das Chefbüro auch einen repräsentativen Charakter haben. Dabei ist es wichtig, Aufmerksamkeitsschwerpunkte zu setzen und das persönliche Territorium zu kennzeichnen. Zeichnet sich ein Büro durch eine besonders hervorgehobene Architektur aus, so sollte die Beleuchtung architektonische Elemente betonen. Licht sollte zudem zeitliche Orientierung geben.

### B 2.1.2 Einzelbüro

Der Arbeitsplatz im Einzelbüro unterliegt den gleichen Anforderungen an die Beleuchtung wie das Chefbüro. Besondere Beachtung sollte aber auf die Privatheit und das persönliche Territorium gelegt werden. Konzentriertes Arbeiten in einem Einzelbüro ist nur möglich, wenn auch Phasen der – allgemeinen und mentalen – Aktivierung und Erholung sichergestellt werden.

### B 2.1.3 Gruppenbüro

Ein Gruppenbüro besteht aus einzelnen Arbeitsplätzen, die die gleichen Anforderungen haben wie Arbeitsplätze in einem Einzelbüro. Der Einzelne wird sich in der Regel ein persönliches Territorium schaffen. Kommunikation sollte unterstützt werden. Allgemeine und mentale Aktivierung und Erholung sind im Arbeitsalltag wesentlich. Daneben ist im Gruppenbüro die zeitliche und räumliche Orientierung wichtig.

### B 2.1.4 Großraumbüro

Auch ein Großraumbüro besteht aus einzelnen Arbeitsplätzen. Darüber hinaus gibt es dort häufig Begegnungs- und Bewegungszonen. Geräusche, Unruhe und Ablenkung spielen eine große Rolle. Individuell unterschiedlich kann der Wunsch nach einem persönlichen Territorium sein. Räumliche sowie zeitliche Orientierung sind sehr wichtig. Dies gilt insbesondere bei Arbeitsplätzen in der Raumtiefe. Gliederungen von Raum oder Mobiliar können durch die Beleuchtung aufgegriffen werden und sorgen so für Orientierung.

### B 2.1.5 Besprechungsraum

Ein Besprechungsraum wird in der Regel für kürzere Zeitabschnitte genutzt. Selten verbringt man dort einen ganzen Arbeitstag. Besonders wichtig ist hier die Unterstützung von Kommunikation und der Einsatz von Präsentationsmedien. Es sollten aber auch gelegentliche konzentrierte Schreib- und Leseaufgaben unterstützt werden. Zeitliche Orientierung, besonders hinsichtlich der Verweildauer, ist wichtig. Je nach Nutzung, beispielsweise für eine interne Besprechung, Kundengespräche oder in repräsentativer Absicht, spielen architektonische Anforderungen eine wesentliche Rolle. Besondere Bedeutung kommt der Bedienung der Beleuchtung zu: Bediengeräte müssen leicht zu erkennen und intuitiv bedienbar sein, die Lichtsituation sollte spontan verständlich sein.

**Tabelle 12:**

Büro: Gewichtung der typischen Anforderungen sowie Gewichtung der Anforderungen in einzelnen Raumtypen.

3 = sehr relevant;  
 2 = relevant;  
 1 = schwach relevant;  
 0 = nicht anwendbar

		Typische Anforderung Büro	Chefbüro	Einzelbüro	Gruppenbüro	Großraumbüro	Besprechungsraum	Eigene Anforderungen
<b>Funktionale Anforderungen</b>								
F1	Sehen und Identifizieren von Details	2	2	2	2	2	1	
F2	Sehen und Identifizieren von Formen	2	2	2	2	2	2	
F3	Sehen und Identifizieren von Farben	2	2	2	2	2	2	
F4	Schnelligkeit von Sehen und Identifizieren	2	2	2	2	2	2	
F5	Sehen und Identifizieren über die Zeit/ Visuelle Leistungsfähigkeit	3	2	3	3	3	2	
F6	Aufmerksamkeitsführung	1	2	2	1	1	1	
F7	Ordnung/Unterscheidbarkeit	2	2	2	2	2	1	
F8	Physische Sicherheit	1	1	1	1	1	1	
F9	Objektschutz	0	0	0	0	0	0	
<b>Biologische Anforderungen</b>								
B1	Aktivierung	3	3	3	3	3	3	
B2	Erholung	3	3	3	3	3	3	
B3	Circadiane Rhythmik	3	3	3	3	3	2	
B4	Strahlungsschutz	1	1	1	1	1	1	
B5	Strahlungsphysiologische Wirkung	1	1	1	1	1	1	
<b>Psychologische Anforderungen</b>								
P1	Räumliche Orientierung	2	2	2	3	3	2	
P2	Zeitliche Orientierung	3	3	3	3	3	2	
P3	Orientierung über das Geschehen	2	2	2	2	2	2	
P4	Privatheit	2	2	2	3	3	1	
P5	Persönliches Territorium	2	2	2	3	3	1	
P6	Selbstdarstellung/Repräsentation	1	3	3	2	2	2	
P7	Sicherheitsgefühl	2	2	2	2	2	2	
P8	Eigene Kontrolle	2	2	2	1	1	3	
P9	Mentale Aktivierung	3	3	3	3	3	3	
P10	Mentale Erholung	3	3	3	3	3	3	
P11	Vertrautheit	2	2	2	2	2	1	
<b>Architektonische Anforderungen</b>								
A1	Gliederung des Raumes nach Form	1	2	1	1	1	2	
A2	Gliederung des Raumes nach Rhythmik	1	1	1	2	2	1	
A3	Gliederung des Raumes nach Zonen	2	1	1	2	2	1	
A4	Charakter der Architektur unterstützen	1	2	1	1	1	2	
A5	Architektonische (gestalterische) Besonderheiten betonen	1	2	1	1	1	2	

## B 2.2 Bildung

Räume des Bildungswesens lassen sich exemplarisch in folgende Kategorien gliedern:

### B 2.2.1 Unterrichtsraum (Kinder)

Kinder müssen oft früh aufstehen und über einen längeren Zeitraum hinweg konzentriert lernen. Daher sollte eine adäquate Sichtbarkeit sehr unterschiedlicher Sehaufgaben während des Unterrichts gegeben sein. Räume sollten Orientierung bieten und ein Gefühl der Vertrautheit schaffen. Das Licht sollte allgemein und mental aktivieren sowie Erholung bieten. Guter Bezug zum Tageslicht ist notwendig für die circadiane Rhythmik und vermittelt zeitliche Orientierung.

### B 2.2.2 Unterrichtsraum (Erwachsene)

Erwachsene, seien es Studierende an Hochschulen oder Teilnehmer an nebenberuflichen Weiterbildungsmaßnahmen, nutzen Unterrichtsräume sowohl tagsüber als auch bis in spätere Abendstunden hinein. Die Sehaufgaben umfassen Schreiben und Lesen, Verfolgen von (Beamer-) Präsentationen sowie Erkennen der Gesprächspartner. Die Konzentration sollte gefördert werden. Allgemeine und mentale Aktivierung über längere Zeiträume und auch am Abend sind zusätzliche Ziele.

### B 2.2.3 Werkraum

Ein Werkraum dient der handwerklichen Arbeit. Die Anforderung, Details, Formen und Farben zu erkennen, ist hier besonders hoch. Dunkle Raumzonen sollten vermieden werden, so dass auch die physische Sicherheit gewährleistet und das subjektive Sicherheitsgefühl unterstützt werden.

### B 2.2.4 Computerraum

Ein Computerraum sollte das störungsfreie Arbeiten an Bildschirmen in allen Raumbereichen ermöglichen. Vor allem sollten Spiegelungen und Reflexe auf Bildschirmoberflächen reduziert bzw. vermieden werden. Das Beleuchtungsniveau sollte auf die jeweilige Tätigkeit angepasst werden können.

### B 2.2.5 Hörsaal

Ein Hörsaal sollte die dort üblichen grundlegenden Tätigkeiten wie Lesen und Schreiben in allen Raumbereichen leicht ermöglichen. Dazu zählt auch das Schreiben auf der Tafel sowie das Lesen von der Tafel bzw. der Inhalte einer Beamer-Präsentation. Die Beleuchtung sollte an die jeweilige Sehaufgabe angepasst werden können und die räumliche Ausrichtung im Sinne der Aufmerksamkeitsführung unterstützen.

### B 2.2.6 Sporthalle

In der Sporthalle kommt es darauf an, auf der gesamten Fläche gleichmäßige Bedingungen vorzufinden. Je nach Sportart sollte die Beleuchtung ausreichend hell sein. Zusätzlich ist in Sporthallen die Schnelligkeit der Sichtbarkeit für den sportlichen Erfolg und auch zur Vermeidung von Verletzungsrisiken wichtig. In Abhängigkeit der ausgeübten Sportart sind mögliche unterschiedliche Blickrichtungen zu berücksichtigen.

### B 2.2.7 Lehrerzimmer

Das Lehrerzimmer dient vielen sehr unterschiedlichen Tätigkeiten. Die Bandbreite reicht von Besprechungen über die konzentrierte Vorbereitung auf die nächste Stunde bis hin zur Entspannung. Somit muss die Beleuchtung flexibel sein und unterschiedlichsten Anforderungen gerecht werden.

### B 2.2.8 Bibliothek

In der Bibliothek ist die wesentliche Sehaufgabe das Lesen sowohl an Tischen als auch auf Buchrücken in Regalen. Da dort oft über eine längere Zeit konzentriert gearbeitet wird, steht die geistige Aktivierung hier im Vordergrund. Weitere wichtige Anforderungen sind die Ermöglichung von Rückzug und Privatheit. Neben der zeitlichen Orientierung sollte auch die räumliche Orientierung unterstützt werden.

**Tabelle 13:**  
Bildung: Gewichtung der typischen Anforderungen sowie Gewichtung der Anforderungen in einzelnen Raumtypen.  
4 = erhöht;  
3 = sehr relevant;  
2 = relevant;  
1 = schwach relevant;  
0 = nicht anwendbar

		Typische Anforderung Bildung	Unterrichtraum (Kinder)	Unterrichtsraum (Erwachsene)	Werkraum	Computerraum	Hörsaal	Sporthalle	Lehrerzimmer	Bibliothek	Eigene Anforderungen
<b>Funktionale Anforderungen</b>											
F1	Sehen und Identifizieren von Details	2	2	2	3	2	2	2	2	3	
F2	Sehen und Identifizieren von Formen	2	2	2	3	2	2	3	2	2	
F3	Sehen und Identifizieren von Farben	2	2	2	3	2	2	2	2	2	
F4	Schnelligkeit von Sehen und Identifizieren	2	2	2	3	2	2	4	2	2	
F5	Sehen und Identifizieren über die Zeit/ Visuelle Leistungsfähigkeit	3	3	3	2	2	2	2	2	3	
F6	Aufmerksamkeitsführung	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
F7	Ordnung/Unterscheidbarkeit	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
F8	Physische Sicherheit	2	2	2	4	2	2	3	2	2	
F9	Objektschutz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>Biologische Anforderungen</b>											
B1	Aktivierung	3	3	3	3	2	2	4	2	2	
B2	Erholung	3	3	3	2	2	2	2	3	2	
B3	Circadiane Rhythmik	3	4	4	1	2	2	1	3	3	
B4	Strahlungsschutz	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
B5	Strahlungsphysiologische Wirkung	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
<b>Psychologische Anforderungen</b>											
P1	Räumliche Orientierung	2	2	2	2	2	2	2	2	3	
P2	Zeitliche Orientierung	3	3	3	2	2	3	2	2	3	
P3	Orientierung über das Geschehen	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
P4	Privatheit	1	1	1	1	2	1	0	2	3	
P5	Persönliches Territorium	1	1	1	1	1	1	0	1	3	
P6	Selbstdarstellung/Repräsentation	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
P7	Sicherheitsgefühl	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
P8	Eigene Kontrolle	1	1	2	1	2	2	1	2	1	



P9	Mentale Aktivierung	3	3	3	2	2	3	2	2	4
P10	Mentale Erholung	3	3	3	2	2	3	2	3	3
P11	Vertrautheit	2	3	2	2	2	2	2	2	2
<b>Architektonische Anforderungen</b>										
A1	Gliederung des Raumes nach Form	1	1	1	1	1	2	1	1	2
A2	Gliederung des Raumes nach Rhythmik	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A3	Gliederung des Raumes nach Zonen	1	2	2	1	1	1	1	1	2
A4	Charakter der Architektur unterstützen	1	1	1	1	1	2	1	1	2
A5	Architektonische (gestalterische) Besonderheiten betonen	1	1	1	1	1	2	1	1	2

## B 2.3 Krankenhaus

Räume in Krankenhäusern lassen sich exemplarisch in folgende Kategorien gliedern:

### B 2.3.1 Patientenzimmer

Die Anforderungen an die Beleuchtung in einem Patientenzimmer sind sehr unterschiedlich und müssen flexibel anpassbar sein. Für den Patienten stehen Wohlbefinden und Erholung im Vordergrund. Beim tageweisen Aufenthalt in einem Raum sollte die künstliche Beleuchtung den circadianen Rhythmus stabilisieren. In Mehrbettzimmern und für die Besucher sollte auf ein Mindestmaß an Privatheit geachtet werden. Bei Arztvisiten, Untersuchungen und Behandlungen muss die Beleuchtung vor allem funktionalen Anforderungen entsprechen: Für Arzt und Pflegepersonal steht das Erkennen der Sehaufgaben im Vordergrund. Orientierung und Sicherheit sind auch in der Nacht gefordert.

### B 2.3.2 Intermediate Care

Die Anforderungen an die Beleuchtung für Intermediate Care sind dem des normalen Patientenzimmers recht ähnlich. Für die gesteigerte Überwachung durch das Pflegepersonal sollte funktionale Beleuchtung wählbar sein. Die Ermöglichung von Privatheit ist hier weniger relevant.

### B 2.3.3 Intensivpflege

Neben der funktionalen Beleuchtung für Beobachtung und Untersuchung sind die Unterstützung der circadianen Rhythmik und der zeitlichen Orientierung in der Intensivpflege ein besonders wichtiges Kriterium. Dies ergibt sich aus dem häufig fehlenden Bezug zum Tageslicht.

### B 2.3.4 Behandlungsraum

Die Beleuchtung im Behandlungsraum muss verschiedenen Anforderungen gerecht werden. Zum einen geht es darum, das »Wohlbefinden« der Patienten zu steigern und das Aufkommen von Ängsten zu reduzieren, beispielsweise wenn eine Diagnose noch unklar ist. Darunter sollte das funktionale Licht nicht leiden, da im Behandlungsraum das Erkennen von Farben, Formen und Strukturen als Teil der Sehaufgabe wichtig und notwendig ist.

### B 2.3.5 Warteraum

Viel Zeit verbringt man im Krankenhaus oder beim Arzt im Warteraum. Der Mensch neigt dazu, in diesen Situationen eher unruhig zu sein. Die Beleuchtung in Wartezo-

nen kann helfen, Ängste zu reduzieren und Vertrautheit und Wohlbefinden zu schaffen.

### B 2.3.6 OP

Im Operationssaal sind die funktionalen Anforderungen an die Beleuchtung besonders wichtig: Farben, Formen und Strukturen müssen sichtbar und leicht zu unterscheiden sein. Dies gilt ganz besonders für sehr geringe Kontraste, die einfach und vor allem schnell erkannt werden müssen. Da Operationen vielfach über Stunden andauern können, sollte die Beleuchtung in diesen Fällen helfen, der Ermüdung vorzubeugen und die mentale Aktivität auf hohem Niveau zu halten.

**Tabelle 14:**

Krankenhaus:  
Gewichtung der typischen Anforderungen sowie Gewichtung der Anforderungen in einzelnen Raumtypen.  
5 = Maximum  
4 = erhöht  
3 = sehr relevant;  
2 = relevant;  
1 = schwach relevant;  
0 = nicht anwendbar

		Typische Anforderung Krankenhaus	Patientenzimmer	Intermediate Care	Intensivpflege	Behandlungsraum	Wartezimmer	OP	Eigene Anforderung
<b>Funktionale Anforderungen</b>									
F1	Sehen und Identifizieren von Details	3	3	3	4	3	1	5	
F2	Sehen und Identifizieren von Formen	3	3	3	3	3	2	4	
F3	Sehen und Identifizieren von Farben	3	3	3	3	3	1	5	
F4	Schnelligkeit von Sehen und Identifizieren	3	3	3	3	3	1	5	
F5	Sehen und Identifizieren über die Zeit/Visuelle Leistungsfähigkeit	2	1	1	1	3	1	4	
F6	Aufmerksamkeitsführung	2	2	2	1	2	2	3	
F7	Ordnung/Unterscheidbarkeit	2	2	2	1	2	2	2	
F8	Physische Sicherheit	2	2	2	2	2	2	4	
F9	Objektschutz	0	0	0	0	0	0	0	
<b>Biologische Anforderungen</b>									
B1	Aktivierung	3	2	3	3	2	2	4	
B2	Erholung	3	3	4	4	2	2	3	
B3	Circadiane Rhythmik	3	4	4	5	2	2	4	
B4	Strahlungsschutz	1	1	1	1	1	1	1	
B5	Strahlungsphysiologische Wirkung	1	1	1	1	1	1	1	
<b>Psychologische Anforderungen</b>									
P1	Räumliche Orientierung	2	2	1	1	2	2	2	
P2	Zeitliche Orientierung	3	3	3	4	2	3	4	
P3	Orientierung über das Geschehen	3	3	2	2	2	3	2	
P4	Privatheit	3	3	3	3	1	1	1	
P5	Persönliches Territorium	1	1	1	1	1	1	1	

P6	Selbstdarstellung/Repräsentation	1	1	1	1	1	1	1	
P7	Sicherheitsgefühl	3	3	3	3	3	3	3	
P8	Eigene Kontrolle	2	3	2	1	2	1	3	
P9	Mentale Aktivierung	2	2	2	3	3	1	5	
P10	Mentale Erholung	3	3	3	3	1	3	3	
P11	Vertrautheit	3	3	3	2	2	3	1	
<b>Architektonische Anforderungen</b>									
A1	Gliederung des Raumes nach Form	2	2	1	1	1	2	1	
A2	Gliederung des Raumes nach Rhythmik	1	1	1	1	1	1	1	
A3	Gliederung des Raumes nach Zonen	1	1	1	1	1	1	1	
A4	Charakter der Architektur unterstützen	2	2	1	1	2	3	1	
A5	Architektonische (gestalterische) Besonderheiten betonen	2	2	1	1	1	2	1	

## B 2.4 Pflege

Räume für den Pflegebereich lassen sich exemplarisch in folgende Kategorien gliedern:

### B 2.4.1 Gemeinschaftsraum

Der Gemeinschaftsraum ist das Herz bzw. das Kommunikationszentrum in Pflegeeinrichtungen meist älterer Personen. Es ist gewünscht, dass sich die Bewohner hier über den Tag hinweg aufhalten. Tagesaktivität hilft, den nächtlichen Schlaf zu verbessern. So wird der circadiane Rhythmus stabilisiert. Zum Rhythmus zählen die allgemeine und mentale Erholung einerseits und die Aktivierung andererseits. Das richtige Licht bietet zudem Informationen über die Tages- und Jahreszeit.

### B 2.4.2 Korridor

Der Korridor ist nicht nur der Verbindungsgang zwischen den individuell eingerichteten Bewohnerzimmern und dem Gemeinschaftsraum aller Bewohner, sondern auch Versorgungsweg für die Pfleger und Treffpunkt für Bewohner, Pfleger und Besucher. Entsprechend breit gefächert sind die Anforderungen an die Beleuchtung. Dazu zählen das Erfüllen der Sehauftgaben Lesen und Erkennen von Personen, Führen, Schaffen von Sicherheit und Orientierung. Durch falsche Beleuchtung kann es schnell zu störenden Spiegelungen und Fehlwahrnehmungen kommen, die Hemmschwellen bilden. Die Vermittlung eines Sicherheitsgefühls und die Gewährleistung physischer Sicherheit sind also elementar. Das Erkennen von Formen reduziert Ängste.

### B 2.4.3 Bewohnerzimmer

Das Bewohnerzimmer stellt das persönliche Territorium eines Bewohners dar und sollte vor allem Privatheit und Vertrautheit unterstützen. Das Zimmer als Rückzugsort sollte eine Atmosphäre der Erholung ausstrahlen. Gegenstände sollten einfach gefunden werden können.

### B 2.4.4 Schwesternzimmer

Die Tätigkeiten im Schwesternzimmer sind vielfältig, ebenso vielfältig sind die Anforderungen an die Beleuchtung: Lesen und Schreiben, Arbeiten an Bildschirmen,

aber auch Entspannung und Kommunikation sollen möglich sein. Dass er nahezu rund um die Uhr genutzt wird, macht den Arbeitsplatz besonders. Das Pflegepersonal sollte sich einerseits erholen, andererseits aber auch ganz besonders in der Nacht konzentriert arbeiten können.

### B 2.4.5 Eingang/Foyer

Der Eingangsbereich bzw. das Foyer sollte in Pflegeeinrichtungen einen einladenden, repräsentativen Charakter haben. Architektonische Elemente sollten betont und die Orientierung speziell für Besucher unterstützt werden.

**Tabelle 15:**  
Pflege: Gewichtung der typischen Anforderungen sowie Gewichtung der Anforderungen in einzelnen Raumtypen.  
4 = erhöht  
3 = sehr relevant;  
2 = relevant;  
1 = schwach relevant;  
0 = nicht anwendbar

		Typische Anforderung Pflege	Gemeinschaftsraum	Korridor	Bewohnerzimmer	Schwesternzimmer	Eingang/Foyer	Eigene Anforderung
<b>Funktionale Anforderungen</b>								
F1	Sehen und Identifizieren von Details	2	2	1	2	2	1	
F2	Sehen und Identifizieren von Formen	2	3	3	2	2	2	
F3	Sehen und Identifizieren von Farben	2	2	2	2	2	1	
F4	Schnelligkeit von Sehen und Identifizieren	1	1	1	1	1	1	
F5	Sehen und Identifizieren über die Zeit/ Visuelle Leistungsfähigkeit	2	2	1	2	3	1	
F6	Aufmerksamkeitsführung	2	2	3	2	1	2	
F7	Ordnung/Unterscheidbarkeit	2	3	2	3	1	1	
F8	Physische Sicherheit	3	3	3	3	1	2	
F9	Objektschutz	0	0	0	0	0	0	
<b>Biologische Anforderungen</b>								
B1	Aktivierung	3	4	2	2	3	1	
B2	Erholung	3	4	2	4	3	1	
B3	Circadiane Rhythmik	3	5	3	4	3	1	
B4	Strahlungsschutz	1	1	1	1	1	1	
B5	Strahlungsphysiologische Wirkung	1	1	1	1	1	1	
<b>Psychologische Anforderungen</b>								
P1	Räumliche Orientierung	3	3	4	3	2	2	
P2	Zeitliche Orientierung	3	3	3	3	3	1	
P3	Orientierung über das Geschehen	3	3	2	2	3	1	
P4	Privatheit	2	2	1	3	2	1	
P5	Persönliches Territorium	2	1	1	3	2	1	
P6	Selbstdarstellung/Repräsentation	1	1	1	1	1	3	
P7	Sicherheitsgefühl	3	3	4	3	1	1	

P8	Eigene Kontrolle	2	1	1	3	3	2	
P9	Mentale Aktivierung	3	4	2	2	4	1	
P10	Mentale Erholung	3	3	2	4	4	1	
P11	Vertrautheit	3	3	2	4	2	1	
<b>Architektonische Anforderungen</b>								
A1	Gliederung des Raumes nach Form	2	2	3	1	1	2	
A2	Gliederung des Raumes nach Rhythmik	1	1	2	1	1	1	
A3	Gliederung des Raumes nach Zonen	2	2	1	3	1	2	
A4	Charakter der Architektur unterstützen	2	2	1	1	1	3	
A5	Architektonische (gestalterische) Besonderheiten betonen	2	2	1	1	1	3	

## B 2.5 Industrie

Durch industrielle Anwendungen genutzte Räume lassen sich exemplarisch in folgende Kategorien gliedern:

### B 2.5.1 Montagehalle

In der Montagehalle sind vor allem die funktionalen Anforderungen zu beachten. Die Sehaufgabe muss definiert werden. Je nach Sehaufgabe ergeben sich unterschiedliche Anforderungen an die Sichtbarkeit von Details, Formen und Farben. In der Regel sollen die Sehaufgaben hier über einen längeren Zeitraum erfüllt werden. Der dort Arbeitende sollte dafür allgemein und mental aktiviert werden.

### B 2.5.2 Feine Arbeiten

Besteht die Sehaufgabe in dem Erkennen besonders kleiner, feiner Details, so erhöhen sich die Anforderungen an die visuelle Leistung des Arbeitenden. Auch schwache Kontraste müssen sicher und schnell erkannt werden. Eine Beleuchtung, die die Aufmerksamkeit führt, sorgt für den richtigen Lichtschwerpunkt am Ort der feinsten Sehaufgabe und der höchsten Konzentration.

### B 2.5.3 Arbeitsplatz in Nahrungsmittel- oder chemischer Industrie

In der Nahrungsmittel- bzw. chemischen Industrie sind die Anforderungen an die Beleuchtung ebenfalls an die Sehaufgabe anzupassen, wie die Abschnitte B 2.5.1 und B 2.5.2 beschreiben. Zusätzlich erhöhen sich aber die Anforderungen an die Sicherheit und an die Hygiene. Bei der Beleuchtung ist auf eine sehr gute Wiedergabe von Farben zu achten.

### B 2.5.4 Maschinenarbeiten

Bei Maschinenarbeiten überwiegen automatisierte Arbeitsprozesse. Der Mensch hat eher eine qualitätsprüfende Kontrollfunktion. Beim Einsatz von Maschinen hat die Gewährleistung der physischen Sicherheit der Menschen durch schnelles und sicheres Erkennen von Gefahren große Bedeutung. Stroboskopische Effekte bei rotierenden Teilen sollten vermieden werden.

### B 2.5.5 Kontrollarbeitsplätze

Kontrollarbeitsplätze stellen nahezu ausschließlich funktionale Anforderungen: Die Sehaufgabe besteht im schnellen und sicheren Erkennen von Details, Formen und Farben, Materialfehlern und Qualitätsmängeln. Die Konzentration sollte über einen

längeren Zeitraum erhalten bleiben. Andere Anforderungen treten zurück.

### B 2.5.6 Lager

Das Lager wird in der Regel nur zeitweise betreten. Auf eine gleichmäßige vertikale Beleuchtung zum Erkennen der Waren und ihren Beschriftungen in den Lager- und Regalflächen muss geachtet werden. Zur Vermeidung von Unfällen müssen Objekte und Bewegungen innerhalb der Verkehrswege schnell und zuverlässig erkannt werden. Befinden sich keine Personen im Lager, empfiehlt es sich, die Beleuchtung auszuschalten.

### B 2.5.7 Logistik

Neben den funktionalen Anforderungen, die Abschnitt B 2.5.6 beschreibt, sollte in der Logistik vor allem die Orientierung unterstützt werden.

**Tabelle 16:**

Industrie: Gewichtung der typischen Anforderungen sowie Gewichtung der Anforderungen in einzelnen Raumtypen.  
 5 = Maximum  
 4 = erhöht  
 3 = sehr relevant;  
 2 = relevant;  
 1 = schwach relevant;  
 0 = nicht anwendbar

		Typische Anforderung Industrie	Montagehalle	Feine Arbeiten	Arbeitsplatz in Nahrungsmittel- oder chemischer Industrie	Maschinenarbeiten	Kontrollarbeitsplätze	Lager	Logistik	Eigene Anforderung
<b>Funktionale Anforderungen</b>										
F1	Sehen und Identifizieren von Details	3	3	5	3	3	5	2	2	
F2	Sehen und Identifizieren von Formen	3	3	3	3	3	5	2	2	
F3	Sehen und Identifizieren von Farben	2	2	3	4	2	5	1	1	
F4	Schnelligkeit von Sehen und Identifizieren	3	3	3	3	4	4	3	3	
F5	Sehen und Identifizieren über die Zeit/ Visuelle Leistungsfähigkeit	3	3	4	4	2	5	1	1	
F6	Aufmerksamkeitsführung	2	2	2	2	2	4	2	2	
F7	Ordnung/Unterscheidbarkeit	2	2	3	3	2	3	2	2	
F8	Physische Sicherheit	3	3	2	3	4	1	2	2	
F9	Objektschutz	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>Biologische Anforderungen</b>										
B1	Aktivierung	3	3	4	3	2	4	1	1	
B2	Erholung	2	2	2	2	2	2	1	1	
B3	Circadiane Rhythmik	3	3	3	3	3	3	1	1	
B4	Strahlungsschutz	1	1	1	1	1	1	1	1	
B5	Strahlungsphysiologische Wirkung	1	1	1	1	1	1	1	1	
<b>Psychologische Anforderungen</b>										
P1	Räumliche Orientierung	2	2	2	2	2	2	3	3	
P2	Zeitliche Orientierung	3	3	3	3	3	3	1	2	
P3	Orientierung über das Geschehen	1	2	1	2	2	1	2	3	

P4	Privatheit	1	1	1	1	1	1	1	1
P5	Persönliches Territorium	1	1	1	1	1	1	1	1
P6	Selbstdarstellung/Repräsentation	1	1	1	1	1	1	1	1
P7	Sicherheitsgefühl	2	2	2	3	3	2	2	2
P8	Eigene Kontrolle	2	2	3	2	2	4	1	1
P9	Mentale Aktivierung	3	3	4	4	3	4	1	2
P10	Mentale Erholung	2	2	2	2	2	2	1	2
P11	Vertrautheit	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Architektonische Anforderungen</b>									
A1	Gliederung des Raumes nach Form	1	1	1	1	1	1	1	1
A2	Gliederung des Raumes nach Rhythmik	1	1	1	1	1	1	1	1
A3	Gliederung des Raumes nach Zonen	2	3	2	2	2	1	2	2
A4	Charakter der Architektur unterstützen	1	1	1	1	1	1	1	1
A5	Architektonische (gestalterische) Besonderheiten betonen	1	1	1	1	1	1	1	1

## B 2.6 Kunst und Kultur

Für Kunst und Kultur genutzte Räume lassen sich exemplarisch in folgende Kategorien gliedern:

### B 2.6.1 Museum

Im Ausstellungsraum eines Museums oder einer Galerie steht die perfekte Sichtbarkeit und Präsentation ausgedellter Objekte, beispielsweise Gemälde und Plastiken, im Mittelpunkt. Die Kunstgegenstände reagieren oftmals sensibel auf kurzweilige (UV) und langweilige (IR) Strahlung und sollten materialabhängig schonend beleuchtet werden. Zudem haben die Kuratoren oft konkrete Vorstellungen über die Präsentation der Exponate hinsichtlich der Licht- und Farbgestaltung. Auch die Architektur spielt für die Beleuchtung von Museen und Ausstellungen als Einflussgröße eine wesentliche Rolle. Eine klare Gliederung nach Raum und Rhythmik sowie die Betonung architektonischer Besonderheiten sind gefordert.

### B 2.6.2 Theater

Diese Publikation bezieht sich nicht auf die Bühnenbeleuchtung, sondern auf das Theater als Veranstaltungsort. Betrachtet wird der Bau, insbesondere das Foyer und der Zuschauerraum. Viele Theater sind historische Gebäude, bei denen die Betonung der Architektur und die räumliche Orientierung im Vordergrund stehen. Die Beleuchtung sollte eine angenehme Schattigkeit zum Wahrnehmen von Gesichtern und plastischen Objekten sowie zur Aufmerksamkeitsführung beachten.

### B 2.6.3 Messe und Ausstellungshalle

In räumlich großzügigen offenen Hallen, wie sie z. B. Messehallen darstellen, ist die Ordnung und Unterscheidbarkeit von Bereichen und Nutzungszonen zu beachten. Die Anforderung der Ermöglichung einer räumlichen Orientierung sowie die Ausrichtung auf das Geschehen ist besonders hoch.

## B 2.6.4 Sakralbauten

Sakralbauten sind Orte der Ruhe und Besinnung, aber auch der festlichen Rituale und Zeremonien. Die Beleuchtung sollte den Charakter des sakralen Raums und der unterschiedlicher Stimmungen sakraler Handlungen adäquat unterstützen.

**Tabelle 17:**

Kunst und Kultur:  
Gewichtung der typischen Anforderungen sowie Gewichtung der Anforderungen in einzelnen Raumtypen.

5 = Maximum

4 = erhöht

3 = sehr relevant;

2 = relevant;

1 = schwach relevant;

0 = nicht

anwendbar

		Typische Anforderung Kunst und Kultur	Museum	Theater	Messe und Ausstellungshalle	Sakralbauten	Eigene Anforderung
<b>Funktionale Anforderungen</b>							
F1	Sehen und Identifizieren von Details	2	4	2	2	1	
F2	Sehen und Identifizieren von Formen	3	4	3	3	2	
F3	Sehen und Identifizieren von Farben	2	4	2	2	1	
F4	Schnelligkeit von Sehen und Identifizieren	1	1	1	1	1	
F5	Sehen und Identifizieren über die Zeit/Visuelle Leistungsfähigkeit	1	1	1	1	1	
F6	Aufmerksamkeitsführung	3	5	3	3	3	
F7	Ordnung/Unterscheidbarkeit	2	3	2	2	2	
F8	Physische Sicherheit	2	2	2	2	2	
F9	Objektschutz	3	4	2	1	3	
<b>Biologische Anforderungen</b>							
B1	Aktivierung	1	1	1	2	1	
B2	Erholung	3	3	3	1	2	
B3	Circadiane Rhythmik	1	1	1	1	1	
B4	Strahlungsschutz	1	1	1	1	1	
B5	Strahlungsphysiologische Wirkung	1	1	1	1	1	
<b>Psychologische Anforderungen</b>							
P1	Räumliche Orientierung	3	3	4	4	2	
P2	Zeitliche Orientierung	2	2	2	2	1	
P3	Orientierung über das Geschehen	2	2	3	3	2	
P4	Privatheit	1	1	1	1	3	
P5	Persönliches Territorium	1	1	1	1	1	
P6	Selbstdarstellung/Repräsentation	1	1	1	2	1	
P7	Sicherheitsgefühl	2	2	2	2	1	
P8	Eigene Kontrolle	1	1	1	1	1	
P9	Mentale Aktivierung	2	2	2	2	1	
P10	Mentale Erholung	2	2	3	1	3	
P11	Vertrautheit	2	2	2	1	4	



Architektonische Anforderungen							
A1	Gliederung des Raumes nach Form	3	3	3	3	2	
A2	Gliederung des Raumes nach Rhythmik	3	3	3	3	2	
A3	Gliederung des Raumes nach Zonen	3	3	4	2	3	
A4	Charakter der Architektur unterstützen	3	5	4	2	5	
A5	Architektonische (gestalterische) Besonderheiten betonen	3	4	5	3	5	

## B 2.7 Hotel und Restaurant

Als Teile von Hotels und Restaurants genutzte Räume lassen sich exemplarisch in folgende Kategorien gliedern:

### B 2.7.1 Restaurant, Speisesaal

Im Restaurant sind Atmosphäre und Charakter ausschlaggebend für das Wohlbefinden der Gäste. In der Regel soll ein Restaurant zum Entspannen einladen und eine private, wenn nicht gar vertraute Atmosphäre bieten. Neben diesen Anforderungen ist es natürlich auch notwendig, die Farben der Speisen und Getränke, aber auch die der Tischpartner natürlich und unverfälscht zu erkennen.

### B 2.7.2 Kassen

Für die Beleuchtung der Kassen gelten die gleichen Anforderungen wie für die Beleuchtung von Arbeitsplätzen in Kapitel B 2.1. Auf die natürliche Farbigekeit von Speisen ist auch an der Kasse zu achten.

### B 2.7.3 Küche

In der Küche sind die Anforderungen an die Sicherheit und an die Hygiene besonders hoch. Außerdem sollten die visuellen Anforderungen an das Erkennen von Details, Formen und Farben erfüllt werden. Die visuelle Leistung des Personals sollte über die gesamte Arbeitszeit hoch sein.

### B 2.7.4 Hotelzimmer

Ein Hotelzimmer ist für den Gast für die – vorübergehende – Dauer seines Aufenthalts ein privater Raum. Wohlbefinden, Erholung und Privatheit stehen im Vordergrund. Die persönliche Kontrolle über die Raum- und Lichtsituation steigert die Akzeptanz.

### B 2.7.5 Empfang/Lobby

Empfangsbereich und Rezeption müssen verschiedenen wesentlichen Aufgaben gerecht werden. Zunächst ist das Erkennen der Sehaufgabe, d.h. Schreiben, Lesen und Computerarbeit an der Rezeption sowie das wechselseitige Erkennen von Gesichtern, zu gewährleisten. Neben der Fassade dienen Foyer und Empfangsbereich als Visitenkarte eines Hotels und stellen Anforderungen an die Architektur.

### B 2.7.6 Korridor

In den Korridoren eines Hotels steht die räumliche Orientierung an oberster Stelle. Zimmer und Fluchtwege sollen schnell und zuverlässig gefunden werden.

**Tabelle 18:**

Hotel und Restaurant: Gewichtung der typischen Anforderungen sowie Gewichtung der Anforderungen in einzelnen Raumtypen.  
 5 = Maximum  
 4 = erhöht  
 3 = sehr relevant;  
 2 = relevant;  
 1 = schwach relevant;  
 0 = nicht anwendbar

		Typische Anforderung Hotel	Restaurant Speisesaal	Kassen	Küche	Hotelzimmer	Empfang/Lobby	Korridor	Eigene Anforderung
<b>Funktionale Anforderungen</b>									
F1	Sehen und Identifizieren von Details	2	2	3	3	1	1	1	
F2	Sehen und Identifizieren von Formen	2	3	2	3	2	2	2	
F3	Sehen und Identifizieren von Farben	2	3	2	3	2	1	1	
F4	Schnelligkeit von Sehen und Identifizieren	1	1	1	3	1	1	1	
F5	Sehen und Identifizieren über die Zeit/Visuelle Leistungsfähigkeit	1	1	1	2	1	1	1	
F6	Aufmerksamkeitsführung	2	3	2	1	3	3	2	
F7	Ordnung/Unterscheidbarkeit	2	2	2	3	2	2	1	
F8	Physische Sicherheit	1	1	1	3	1	1	3	
F9	Objektschutz	0	0	0	0	0	0	0	
<b>Biologische Anforderungen</b>									
B1	Aktivierung	1	1	2	4	1	1	1	
B2	Erholung	3	4	1	1	5	2	1	
B3	Circadiane Rhythmik	1	1	1	2	2	1	1	
B4	Strahlungsschutz	1	1	1	1	1	1	1	
B5	Strahlungsphysiologische Wirkung	1	1	1	1	1	1	1	
<b>Psychologische Anforderungen</b>									
P1	Räumliche Orientierung	3	3	2	2	3	3	3	
P2	Zeitliche Orientierung	1	1	1	2	2	1	1	
P3	Orientierung über das Geschehen	3	2	2	2	1	3	2	
P4	Privatheit	3	4	1	1	5	2	2	
P5	Persönliches Territorium	3	3	1	1	3	1	1	
P6	Selbstdarstellung/Repräsentation	1	1	1	1	1	3	1	
P7	Sicherheitsgefühl	1	1	1	1	2	1	2	
P8	Eigene Kontrolle	3	1	1	1	5	3	1	
P9	Mentale Aktivierung	1	1	2	4	1	1	1	
P10	Mentale Erholung	3	3	1	1	5	2	1	
P11	Vertrautheit	2	3	1	1	4	3	2	
<b>Architektonische Anforderungen</b>									
A1	Gliederung des Raumes nach Form	2	2	1	1	2	3	2	
A2	Gliederung des Raumes nach Rhythmik	2	2	1	1	2	2	2	
A3	Gliederung des Raumes nach Zonen	2	3	1	1	3	2	2	

<b>A4</b>	<b>Charakter der Architektur unterstützen</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	
<b>A5</b>	<b>Architektonische (gestalterische) Besonderheiten betonen</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	

## B 2.8 Shop

Im Shop genutzte Räume lassen sich exemplarisch in folgende Kategorien gliedern:

### B 2.8.1 Verkaufsbereich

Im Verkaufsbereich steht die Warenpräsentation im Vordergrund. Die Waren, ihre Farben, Details und Formen, sollen schnell und gut erkennbar sein. Die Beleuchtung kann helfen, die Aufmerksamkeit zu lenken, Aufmerksamkeitsschwerpunkte zu setzen und die räumliche Orientierung zu unterstützen. Waren sollen vor schädigender Strahlung geschützt werden.

### B 2.8.2 Kassenbereich

In den Kassenbereichen soll das Licht den funktionalen Anforderungen wie in Kapitel B 2.7.2 dargestellt entsprechen.

### B 2.8.3 Lager

Für Lager gelten die in Kapitel B 2.5.6 aufgelisteten Anforderungen.

### B 2.8.4 Schaufenster

Ein Schaufenster soll so gestaltet und beleuchtet sein, dass es die Aufmerksamkeit und das Interesse eines Betrachters innerhalb weniger Sekunden des Anschauens weckt, sodass er den Shop betritt. Das schnelle Erkennen von Form, Farbe und Objekt sind maßgeblich.

### B 2.8.5 Umkleidekabine

In der Umkleidekabine fällt oft die Kaufentscheidung für ein Kleidungsstück. Wichtig ist die sehr gute Erkennbarkeit der Farben und der Formen. Mensch und Kleidung sollen vorteilhaft und natürlich erscheinen. Die Kabine soll einladend sein.

### B 2.8.6 Supermarkt

Das Einkaufen im Supermarkt gehört für viele zum Alltag. Die schnelle Orientierung und Führung, das gute und sichere Identifizieren der Waren, das Lenken der Aufmerksamkeit auf besondere Angebote und das vertraute Erscheinungsbild stehen im Vordergrund. Farben und Formen sollten klar erkannt werden können.

**Tabelle 19:**

Shop: Gewichtung der typischen Anforderungen sowie Gewichtung der Anforderungen in einzelnen Raumtypen.  
 5 = Maximum  
 4 = erhöht  
 3 = sehr relevant;  
 2 = relevant;  
 1 = schwach relevant;  
 0 = nicht anwendbar

		Typische Anforderung Shop	Verkaufsbereich	Kassenbereich	Lager	Schaufenster	Umkleidekabine	Supermarkt	Eigene Anforderung
<b>Funktionale Anforderungen</b>									
F1	Sehen und Identifizieren von Details	2	3	2	2	2	3	3	
F2	Sehen und Identifizieren von Formen	3	3	2	2	3	3	3	
F3	Sehen und Identifizieren von Farben	3	5	3	1	4	5	5	
F4	Schnelligkeit von Sehen und Identifizieren	2	2	1	2	3	2	2	
F5	Sehen und Identifizieren über die Zeit/ Visuelle Leistungsfähigkeit	1	1	2	1	1	1	1	

F6	Aufmerksamkeitsführung	3	5	1	2	5	3	4
F7	Ordnung/Unterscheidbarkeit	3	3	1	2	3	2	4
F8	Physische Sicherheit	1	1	1	2	1	1	1
F9	Objektschutz	3	3	1	2	2	2	3
<b>Biologische Anforderungen</b>								
B1	Aktivierung	1	2	2	1	1	2	1
B2	Erholung	1	2	1	1	1	2	1
B3	Circadiane Rhythmik	1	1	1	1	1	1	1
B4	Strahlungsschutz	1	1	1	1	1	1	1
B5	Strahlungsphysiologische Wirkung	1	1	1	1	1	1	1
<b>Psychologische Anforderungen</b>								
P1	Räumliche Orientierung	3	4	2	3	2	2	4
P2	Zeitliche Orientierung	2	2	1	1	2	2	1
P3	Orientierung über das Geschehen	3	3	2	2	1	3	3
P4	Privatheit	1	1	1	1	1	3	1
P5	Persönliches Territorium	1	1	1	1	1	3	1
P6	Selbstdarstellung/Repräsentation	2	3	1	1	3	2	2
P7	Sicherheitsgefühl	2	2	1	2	1	2	2
P8	Eigene Kontrolle	1	2	1	1	3	2	2
P9	Mentale Aktivierung	2	2	2	1	2	2	2
P10	Mentale Erholung	1	1	1	1	1	1	1
P11	Vertrautheit	1	2	1	1	1	3	2
<b>Architektonische Anforderungen</b>								
A1	Gliederung des Raumes nach Form	2	2	1	1	1	2	2
A2	Gliederung des Raumes nach Rhythmik	2	2	1	1	1	2	3
A3	Gliederung des Raumes nach Zonen	2	3	1	1	2	2	3
A4	Charakter der Architektur unterstützen	3	3	1	1	2	2	3
A5	Architektonische (gestalterische) Besonderheiten betonen	3	3	1	1	2	2	2

## B 3 Gestaltungsmittel der Lichtlösung und Maßnahmen zur Erfüllung der Anforderungen

Dem Lichtplaner stehen verschiedene Gestaltungsmittel für Planung und Realisierung von Lichtlösungen zur Verfügung. Acht Gestaltungsmittel zur Erfüllung der Anforderungen des Nutzers werden näher betrachtet.

- B 3.1 Lichtstrom der Lichtquelle
- B 3.2 Relative Größe der Lichtaustrittsfläche
- B 3.3 Anzahl, Anordnung und Position der Lichtquelle(n)
- B 3.4 Lichtfarbe
- B 3.5 Lichtverteilung
- B 3.6 Spektrum der Lichtquelle
- B 3.7 Regel- und Steuerbarkeit der Beleuchtung
- B 3.8 Bedienung der Beleuchtung

**Tabelle 20:**  
Individuelle Anforderungen und die anzuwendenden Gestaltungsmittel im Überblick

Anforderungen (siehe Anhang B1)		Gestaltungsmittel (siehe Anhang B 3)							
		Lichtstrom der Lichtquelle	Relative Größe der Lichtaustrittsfläche	Anzahl, Anordnung und Position der Lichtquelle	Lichtfarbe	Lichtverteilung	Spektrum der Lichtquelle	Regel- oder Steuerbarkeit der Beleuchtung	Bedienung der Beleuchtung
<b>Funktionale Anforderungen</b>									
F1	Sehen und Identifizieren von Details	■		■		■			
F2	Sehen und Identifizieren von Formen			■		■			
F3	Sehen und Identifizieren von Farben				■		■		
F4	Schnelligkeit von Sehen und Identifizieren	■				■			
F5	Sehen und Identifizieren über die Zeit/ Visuelle Leistungsfähigkeit							■	
F6	Aufmerksamkeitsführung	■	■	■	■	■		■	
F7	Ordnung/Unterscheidbarkeit	■		■	■				
F8	Physische Sicherheit	■						■	
F9	Objektschutz	■					■		
<b>Biologische Anforderungen</b>									
B1	Aktivierung	■	■	■	■	■	■	■	
B2	Erholung	■			■	■	■	■	

B3	Circadiane Rhythmik	■		■	■	■	■	■	
B4	Strahlungsschutz						■		
B5	Strahlungsphysiologische Wirkung						■		
<b>Psychologische Anforderungen</b>									
P1	Räumliche Orientierung	■		■	■				
P2	Zeitliche Orientierung	■			■	■		■	
P3	Orientierung über das Geschehen	■							
P4	Privatheit	■		■		■			■
P5	Persönliches Territorium	■	■	■		■		■	■
P6	Selbstdarstellung/Repräsentation	■		■		■		■	■
P7	Sicherheitsgefühl	■				■			
P8	Eigene Kontrolle							■	■
P9	Mentale Aktivierung	■	■		■	■	■	■	
P10	Mentale Erholung	■	■		■	■	■	■	
P11	Vertrautheit	■		■	■	■			■
<b>Architektonische Anforderungen</b>									
A1	Gliederung des Raumes nach Form		■	■					
A2	Gliederung des Raumes nach Rhythmik		■	■	■				
A3	Gliederung des Raumes nach Zonen		■	■	■				
A4	Charakter der Architektur unterstützen	■	■		■	■		■	
A5	Architektonische (gestalterische) Besonderheiten betonen		■	■	■	■			
<b>Maßnahmen zur Erfüllung der Anforderungen</b>		<b>Tab. 21</b>	<b>Tab. 22</b>	<b>Tab. 23</b>	<b>Tab. 24</b>	<b>Tab. 25</b>	<b>Tab. 26</b>	<b>Tab. 27</b>	<b>Tab. 28</b>

Die Gestaltungsmittel (Anhang B 3, oberste Zeile) stehen zur Verfügung, um die Anforderungen (Anhang B 1, linke Spalte) zu erfüllen. Grau hinterlegt sind die Kombinationen, die relevant sind. Dabei steht ein graues Feld für eine gewichtete Anforderung je Anwendung (Anhang B 2) sowie Maßnahmen (Anhang B 3, Tabellen 21 bis 28) und Merkmalen zur Bewertung (Anhang B 4).

Die Gestaltungsmittel und ihr genereller Einfluss auf die Bewertung der Lichtqualität werden allgemeinverständlich beschrieben. Weitere Gestaltungsmittel, wie z. B. die Wahl des Oberflächenreflexionsgrads, lassen sich im gleichen Sinne anwenden. In einer vertiefenden Betrachtung können den Gestaltungsmitteln lichttechnische Größen zugeordnet werden, die sie bewert- oder messbar machen. Diese Zuordnung und die Erläuterung der lichttechnischen Größen finden sich im Anhang A 1. Die Tabellen ordnen die Gestaltungsmittel jeweils den Nutzeranforderungen zu, die sie vorrangig erfüllen können. Mit 30 Anforderungen und acht Gestaltungsmitteln ergeben sich potenziell 240 Kombinationen. Ausgewählt wurden 101 relevante Kombinationen, bei denen sich die Anforderungen mit den aufgeführten Gestaltungsmitteln sinnvoll erfüllen lassen (siehe Tabelle 20).

Darauf aufbauend werden für jedes Gestaltungsmittel konkrete *Maßnahmen* zur Erfüllung der ausgewählten relevanten Anforderungen zusammengefasst (Anhang B3, Tabellen 21 bis 28). Die Beschreibungen sind exemplarisch und vertiefen zum besseren Verständnis den allgemeinen Einfluss auf die Lichtqualität. Sie erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Mit Blick auf den folgenden Schritt werden bereits Merkmale zur Bewertung der Lichtqualität aufgeführt.

### B 3.1 Lichtstrom der Lichtquelle

#### Beschreibung

Ein wichtiges Gestaltungsmittel in der Lichtplanung ist die Wahl des Lichtstroms.

**Tabelle 21:**  
Maßnahmen zur Erfüllung der Anforderungen für das Gestaltungsmittel »Lichtstrom der Lichtquelle«

Maßnahmen zur Erfüllung der Anforderungen			Merkmale zur Bewertung der Lichtqualität (siehe Anhang B 4)
<b>Funktionale Anforderungen</b>			
F1	Sehen und Identifizieren von Details	Die Wahl der Beleuchtungsstärke hängt von der Größe der Details ab (Werte siehe DIN EN 12464-1). Eine höhere Beleuchtungsstärke verbessert die Erkennbarkeit von Details.	<i>E</i> <i>FI</i>
F4	Schnelligkeit von Sehen und Identifizieren	Bei höheren Beleuchtungsstärken können Details schneller erkannt werden.	<i>E</i> <i>FI</i>
F6	Aufmerksamkeitsführung	Beleuchtungsstärken müssen strukturiert nach Wichtigkeit der Sehaufgabe abgestuft sein.	<i>E</i>
F7	Ordnung/ Unterscheidbarkeit	Unterschiedliche Beleuchtungsstärken ordnen oder strukturieren einen Raum (z. B. in unterschiedliche Zonen: Arbeitszone = hohe Beleuchtungsstärke; Gangbereich = niedrigere Beleuchtungsstärke).	<i>E</i>
F8	Physische Sicherheit	Eine Mindestbeleuchtungsstärke an Orten, wo Gefahren oder Hindernisse (z. B. Stufen oder Treppen) vorkommen, ist notwendig, um Unfälle zu vermeiden.	<i>E</i>
F9	Objektschutz	Niedrigere Beleuchtungsstärken verlangsamen die mögliche Schädigung von Objekten.	<i>E</i> <i>H<sub>dm</sub></i>
<b>Biologische Anforderungen</b>			
B1	Aktivierung	Eine Erhöhung der Beleuchtungsstärke wirkt aktivierend für den menschlichen Körper.	<i>E</i>
B2	Erholung	Niedrigere Beleuchtungsstärken wirken entspannend für den menschlichen Körper.	<i>E</i>
B3	Circadiane Rhythmik	Mit einer Variation der Beleuchtungsstärke über 24 Stunden hinweg, entsprechend dem nächtlichen Schlaf- und den täglichen Aktivitäts- und Erholungsphasen, kann der circadiane Rhythmus stabilisiert werden.	<i>E</i>



Psychologische Anforderungen			
P1	Räumliche Orientierung	Mittels Leuchtdichten (Helligkeiten) können Ein- und Ausgänge oder Wege hervorgehoben werden.	<i>E</i> <i>HK</i>
P2	Zeitliche Orientierung	Angelehnt an den veränderlichen Lichtstrom des Tageslichts übernimmt der Lichtstrom auch in tageslichtlosen Räumen eine zeitgebende Funktion: So signalisiert ein niedrigeres Beleuchtungsniveau den Tagesanfang oder das Tagesende, ein höheres Beleuchtungsniveau die Mittagszeit.	<i>E</i>
P3	Orientierung über das Geschehen	Führung durch Helligkeitsunterschiede erleichtert das Erfassen von Abläufen und Handlungen.	<i>E</i> <i>HK</i>
P4	Privatheit	Ein reduziertes und abgrenzendes Beleuchtungsniveau schafft visuell einen Rückzugsraum.	<i>E</i> <i>HK</i>
P5	Persönliches Territorium	Eine ortsbezogene Zusatzbeleuchtung oder eine örtlich begrenzte höhere Beleuchtungsstärke grenzt ein persönliches Territorium von den Allgemeinbereichen ab.	<i>E</i> <i>HK</i>
P6	Selbstdarstellung/ Repräsentation	Ein Lichtschwerpunkt durch eine besonders hohe Beleuchtungsstärke unterstützt die Selbstdarstellung oder Repräsentation von Räumen, Menschen, Waren oder Objekten.	<i>E</i> <i>HK</i>
P7	Sicherheitsgefühl	Keine dunklen Stellen und ein ausreichendes Beleuchtungsniveau in allen Raumecken sorgen für ein erhöhtes Sicherheitsgefühl.	<i>E</i>
P9	Mentale Aktivierung	Eine Erhöhung der Beleuchtungsstärke sorgt für eine höhere geistige Aktivierung/Konzentrations- und Leistungsfähigkeit.	<i>E</i>
P10	Mentale Erholung	Eine niedrigere Beleuchtungsstärke hilft bei der geistigen Erholung und fördert die Regenerierung.	<i>E</i>
P11	Vertrautheit	Der Lichtstrom sollte in einem natürlichen und gewohnten Ausmaß zur Verfügung stehen, um für den Anwender Vertrautheit zu wecken.	<i>E</i>
Architektonische Anforderungen			
A4	Charakter der Architektur unterstützen	Die Beleuchtungsstärke sollte sich an den Charakter der Architektur anpassen. Ruhige Bereiche, z. B. Kirchen, sollten eher mit einem niedrigeren Beleuchtungsniveau beleuchtet sein.	<i>E</i>

### **Einfluss auf die Bewertung der Lichtqualität**

Der Lichtstrom der Lichtquelle

- auf der Sehaufgabe beeinflusst deren Sichtbarkeit (Beleuchtungsstärken);
- bewirkt über deren sichtbare Flächen und über die Reflexionen an Oberflächen den Helligkeitseindruck (Leuchtdichten);
- kann eine biologische Wirkung erzeugen;
- kann zu störenden oder beeinträchtigenden Wirkungen wie psychologische oder physiologische Blendung führen (Leuchtdichten);
- kann mit seiner Verteilung einen Raum gliedern (Beleuchtungsstärken, Reflexionsgrade).

### B 3.2 Relative Größe der Lichtaustrittsfläche

#### **Beschreibung**

Die lichttechnisch relevante Abmessung der Lichtquelle ist die geometrische Ausdehnung der wirksamen Lichtaustrittsfläche. Die relative Größe der Lichtaustrittsfläche bezieht sich auf das Verhältnis zwischen der Größe der Lichtquelle und ihrem Abstand und Betrachtungswinkel zur beleuchteten Fläche. Von einer punktförmigen Lichtquelle ist die Rede, wenn sie im Verhältnis zur Raumgröße als klein zu betrachten ist. Dies gilt z. B. für Hochdruckentladungslampen, LEDs und Halogenlampen mit nicht wesentlich größeren Gehäusen.

#### **Einfluss auf die Bewertung der Lichtqualität**

Die Größe der Lichtquelle

- wirkt auf das Blendempfinden: Je kleiner die Lichtquelle bei gleichem Lichtstrom, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit von Blendung;
- wirkt auf die Art von Schatten: Je kleiner die Lichtaustrittsfläche, desto schärfer sind die Schattenkanten von Objekten. So erzeugt jede einzelne punktförmige Lichtquelle einen scharfen Schatten. Je größer die Lichtquelle, desto eher lösen sich die Schattenkanten auf;
- wirkt auf die Gleichmäßigkeit: Mehrere größere Lichtquellen liefern eine bessere Gleichmäßigkeit (siehe B 4.2);
- kann biologische Wirkung erzeugen.

		Maßnahmen zur Erfüllung der Anforderungen	Merkmale zur Bewertung der Lichtqualität (siehe Anhang B 4)
<b>Funktionale Anforderungen</b>			
F6	Aufmerksamkeitsführung	Große Lichtquellen im Innenraum lenken die Aufmerksamkeit auf sich, kleine Lichtquellen treten zurück und wirken durch ihre gemeinsame Anordnung (siehe B 3.3).	Q
<b>Biologische Anforderungen</b>			
B1	Aktivierung	Je großflächiger die Lichtaustrittsfläche, desto mehr Rezeptoren auf der Netzhaut werden angeregt. So kann die körperliche Aktivierung gesteigert werden.	Q
<b>Psychologische Anforderungen</b>			
P5	Persönliches Territorium	Leuchten mit unterschiedlich großen Lichtaustrittsflächen kennzeichnen den persönlichen Bereich.	Q
P9	Mentale Aktivierung	Große Lichtflächen sind visuell wahrnehmbar und unterstützen die Konzentrations- und Leistungsfähigkeit.	Q
P10	Mentale Erholung	Kleinere Lichtflächen treten zurück und fördern das Wohlbefinden und die Erholung.	Q
<b>Architektonische Anforderungen</b>			
A1	Gliederung des Raumes nach Form	Die Größe der Lichtaustrittsfläche bemisst sich an der Proportion des Raumes.	Q
A2	Gliederung des Raumes nach Rhythmik	Die Rhythmik des Raumes kann durch die Rhythmik der Größen der Lichtaustrittsflächen wiedergespiegelt werden.	Q
A3	Gliederung des Raumes nach Modulen	Die Größen der Lichtaustrittsflächen sind den Modulen des Raumes angepasst.	Q
A4	Charakter und Stimmung der Architektur unterstützen	Die Größe der Fläche bestimmt den Charakter und die Stimmung einer Architektur, z. B. Großzügigkeit durch große Lichtflächen.	Q
A5	Architektonische (gestalterische) Besonderheiten betonen	Die Form und Größe der Lichtaustrittsfläche kann selbst eine gestalterische Besonderheit darstellen oder die architektonischen Besonderheiten betonen.	Q

**Tabelle 22:**  
Maßnahmen zur Erfüllung der Anforderungen für das Gestaltungsmittel »Relative Größe der Lichtaustrittsfläche«

### B 3.3 Anzahl, Anordnung und Position der Lichtquelle(n)

#### Beschreibung

Die Anzahl der Lichtquellen steht in direktem Zusammenhang mit dem gewählten Lichtstrom. Die Anordnung der Lichtquellen zueinander folgt in der Regel einer geometrischen Vorgabe und kann einem bestimmten Muster (z. B. Linie, Reihe, Quadrat, Schachbrett, unregelmäßig usw.) oder vorgegebenen Raumgeometrien folgen. Durch die Position der Lichtquelle und ihre Ausrichtung lässt sich eine Einstrahlrichtung auf eine Sehaufgabe oder ein Objekt erreichen.

#### Einfluss auf die Bewertung der Lichtqualität

Die Anzahl der Lichtquellen

- bestimmt die Anzahl der Schatten. Jede punktförmige Lichtquelle erzeugt an jedem Objekt einen scharfen Schatten. Großflächige Lichtquellen erzeugen weiche bis keine Schatten;
- beeinflusst die Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke.

Anordnung und Position der Lichtquelle(n)

- bestimmen die Richtung der Schatten bzw. des Schattens;
- bestimmen die Länge der Schatten: Je flacher die Lichtrichtung, desto länger der Schatten;
- beeinflussen die Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärken;
- dienen der Gestaltung des Raumes.

Abhängig von Anzahl, Kantenausprägung und Länge können Schatten stören. Vollkommene Schattenfreiheit verhindert das Wahrnehmen der Plastizität und kann zu Eintönigkeit und einer flachen Raumerscheinung führen.

**Tabelle 23:**  
Maßnahmen zur Erfüllung der Anforderungen für das Gestaltungsmittel »Anzahl, Anordnung und Position der Lichtquelle(n)«

		Maßnahmen zur Erfüllung der Anforderungen	Merkmale zur Bewertung der Lichtqualität (siehe Anhang B 4)
<b>Funktionale Anforderungen</b>			
F1	Sehen und Identifizieren von Details	Mehrere punktförmige Lichtquellen sind zu vermeiden, da sie Mehrfachschatten erzeugen und die Sichtbarkeit stören.	$U_o$ $B_{Re}$ CRF SS
F2	Sehen und Identifizieren von Formen	Die gerichtete Anstrahlung von Objekten betont ihre plastische Form.	SS Mod
F6	Aufmerksamkeitsführung	Die Anordnung lenkt den Blick in der Reihenfolge der Wichtigkeit der Sehaufgaben.	HK Q
F7	Ordnung/ Unterscheidbarkeit	Die Position und Richtung der Lichtquelle hebt Sehaufgaben hervor.	HK Q

Biologische Anforderungen			
B1	Aktivierung	Lichtquellen im oberen Gesichtsfeld unterstützen die biologische Wirksamkeit, da die melatoninproduzierenden Ganglienzellen im nasalen und unteren Bereich der Netzhaut am empfindlichsten sind.	<i>Q</i>
B3	Circadiane Rhythmik	Angepasst an den circadianen Rhythmus sollte zu Zeiten der Aktivierung das Licht überwiegend aus großflächigen Lichtquellen im oberen Gesichtsfeld bereitgestellt werden (siehe Aktivierung).	<i>Q</i>
Psychologische Anforderungen			
P1	Räumliche Orientierung	Zuordnung der Lichtquellen zu den Strukturen des Raumes, z. B. um auf Wege, Türen usw. hinzuweisen.	<i>HK</i> <i>Q</i>
P4	Privatheit	Zuordnung von Lichtquellen zur Abgrenzung eines privaten Bereiches.	<i>HK</i> <i>Q</i>
P5	Persönliches Territorium	Zuordnung von Lichtquellen zum Kennzeichnen des eigenen Bereiches.	<i>HK</i> <i>Q</i>
P6	Selbstdarstellung/ Repräsentation	Zuordnung und Anstrahlung zum Hervorheben des eigenen Bereiches.	<i>HK</i> <i>Q</i>
P11	Vertrautheit	Verwendung bekannter Formen bei der Anordnung (z. B. Darstellung von Symbolen) oder Anstrahlung bekannter Formen und Objekte.	<i>Q</i>
Architektonische Anforderungen			
A1	Gliederung des Raumes nach Form	Unterstützung der Raumform durch die Anordnung der Lichtquellen oder durch Anstrahlung.	<i>Q</i>
A2	Gliederung des Raumes nach Rhythmik	Unterstützung der Raumrhythmik durch die Anordnung der Lichtquellen oder durch Anstrahlung.	<i>HK</i> <i>U</i> <i>Q</i>
A3	Gliederung des Raumes nach Zonen	Unterstützung der Raummodule durch die Anordnung der Lichtquellen oder durch Anstrahlung.	<i>HK</i> <i>U</i> <i>Q</i>
A5	Architektonische (gestalterische) Besonderheiten betonen	Anpassung der Anordnung von Lichtquellen oder Anstrahlung von Besonderheiten der Architektur.	<i>Q</i>

### B 3.4 Lichtfarbe

#### Beschreibung

Die Lichtfarbe bezeichnet den Farbton von weißem Licht. Sie wird unterschieden in warmweiß (ähnlichste Farbtemperatur unter 3.300 K), neutralweiß (zwischen 3.300 K und 5.000 K) und tageslichtweiß (über 5.000 K). Gleiche Lichtfarben können sich aus unterschiedlichen spektralen Anteilen zusammensetzen.

#### Einfluss auf die Bewertung der Lichtqualität

Die Lichtfarbe hängt von der Anwendung und der beabsichtigten Wirkung ab:

- Warmweiße Lichtfarben vermitteln einen wohnlichen Charakter.
- Tageslichtweiße Lichtfarben stehen für kühle und sachliche Umgebungen.
- Die farbliche Erscheinung des Lichts sollte auf den Farbton der beleuchtenden Gegenstände abgestimmt sein, beispielsweise warme Lichtfarben bei Back- oder Fleischwaren, tageslichtweiße Lichtfarben bei Fischereiwaren.
- Warmweiße Lichtfarben vermitteln Ruhe und Entspannung.
- Neutralweiße Lichtfarben stehen für konzentriertes und kreatives Arbeiten.
- Tageslichtweiße Lichtfarben wirken aktivierend und sauber.
- Der biologische Rhythmus lässt sich durch den Einsatz von »kühleren« Lichtfarben am Tage und »wärmeren« Lichtfarben am Abend stabilisieren. Eine hohe Farbtemperatur in den Abendstunden kann den Melatoninspiegel und in der Folge die Schlafqualität senken.

**Tabelle 24:**  
Maßnahmen zur Erfüllung der Anforderungen für das Gestaltungsmittel »Lichtfarbe«

Maßnahmen zur Erfüllung der Anforderungen			Merkmale zur Bewertung der Lichtqualität (siehe Anhang B 4)
<b>Funktionale Anforderungen</b>			
F3	Adäquate Sichtbarkeit von Farben	Die Wahl der Lichtfarbe und auch der spektralen Zusammensetzung der Lichtquelle sind entscheidend für die Sichtbarkeit von Farben. Objekte mit Rot- und Orangetönen werden besser mit warmweißem Licht beleuchtet (z. B. Holz). Objekte mit Blau- und Grüntönen werden besser mit tageslichtweißem Licht beleuchtet (z. B. Stahl).	$R_a$ $CCT$
F6	Aufmerksamkeitsführung	Farbkontraste, d. h. die getrennte Beleuchtung mit zwei verschiedenen Farbtemperaturen, lenkt die Wahrnehmung und schafft Aufmerksamkeitsschwerpunkte.	$FK$
F7	Ordnung/ Unterscheidbarkeit	Durch die Wahl der geeigneten Lichtfarbe beispielsweise für eine Sehaufgabe oder eine Raumfunktion kann die Ordnung des Raumes oder die Unterscheidbarkeit von Funktionen unterstützt werden.	$Q$
<b>Biologische Anforderungen</b>			
B1	Aktivierung	Der Einsatz von Tageslichtweiß begünstigt die allgemeine Aktivierung.	$CCT$
B2	Erholung	Der Einsatz von Warmweiß begünstigt die allgemeine Erholung.	$CCT$

B3	Circadiane Rhythmik	Höhere Farbtemperaturen am Tage und niedrige Farbtemperaturen am Abend und gegebenenfalls in der Nacht stabilisieren den circadianen Rhythmus.	<i>CCT</i>
<b>Psychologische Anforderungen</b>			
P1	Räumliche Orientierung	Mit der Lichtfarbe kann die räumliche Orientierung und die Wahrnehmung von Größen und Distanzen unterstützt werden. Eine tageslichtweiße Beleuchtung signalisiert Größe, räumliche Tiefe und weite Distanzen, während warmweiß eher kurze Distanzen und Nähe bedeutet. Kühlere Lichtfarben werden tendenziell in südlichen, mediterranen, wärmere Lichtfarben in nördlichen, skandinavischen Regionen bevorzugt.	<i>CCT</i> <i>Q</i>
P2	Zeitliche Orientierung	Die Wahl der Lichtfarbe entsprechend der Tageszeit kann vor allem in Räumen, in denen kein Tageslicht zur Verfügung steht, der zeitlichen Orientierung dienen. So signalisiert die Beleuchtung mit warmweißer Lichtfarbe den Morgen und den Abend, während tageslichtweiß mit der Mittagszeit assoziiert wird. Wärmere Lichtfarben werden im Winter, kühlere im Sommer bevorzugt.	<i>CCT</i> <i>Q</i>
P9	Mentale Aktivierung	Tageslichtweiße Beleuchtung unterstützt die Konzentrations- und Leistungsfähigkeit (geistige Aktivierung).	<i>CCT</i>
P10	Mentale Erholung	Warmweiße Beleuchtung fördert das Wohlbefinden, die Ruhe und die geistige Erholung.	<i>CCT</i>
P11	Vertrautheit	Vor allem warme und neutrale Lichtfarben werden als vertraut wahrgenommen.	<i>CCT</i>
<b>Architektonische Anforderungen</b>			
A2	Gliederung des Raumes nach Rhythmik	Die Rhythmik (auch die zeitliche Rhythmik) eines Raumes kann durch die Beleuchtung mit unterschiedlichen Lichtfarben erzielt werden.	<i>FK</i> <i>Q</i>
A3	Gliederung des Raumes nach Modulen	Unterschiedliche Lichtfarben für die verschiedenen Module gliedern und strukturieren den Raum.	<i>FK</i> <i>Q</i>
A4	Charakter und Stimmung der Architektur unterstützen	Die Lichtfarbe sollte den Charakter der Architektur unterstützen. So wird z. B. in wohnlichen Umgebungen (Hotel, Theater etc.) warmweiße Beleuchtung eingesetzt.	<i>CCT</i> <i>Q</i>
A5	Architektonische (gestalterische) Besonderheiten betonen	Die passende Lichtfarbe betont Material und Gestalt von architektonischen Besonderheiten.	<i>CCT</i> <i>Q</i>

## B 3.5 Lichtverteilung

### Beschreibung

Die Lichtverteilung beschreibt, wie eine Lichtquelle, insbesondere eine Leuchte, das Licht abstrahlt.

### Einfluss auf die Bewertung der Lichtqualität

Die Lichtverteilung legt dar, wie sich das Licht, ausgehend von den Leuchten, im Raum verteilt. Daraus folgen die Helligkeiten auf den Oberflächen und die Gleichmäßigkeiten im Raum:

- Direktes Licht lenkt die Helligkeit auf horizontale Oberflächen. Decken und Wände bleiben oft im Dunkeln – so kann ein »Höhlencharakter« entstehen.
- Indirektes Licht lenkt die Helligkeit auf Decken und erzeugt diffuses schattenarmes Licht mit erhöhtem Energieeinsatz.
- Direkt/indirektes Licht hat an Arbeitsstätten die höchste Akzeptanz.
- Diffus abstrahlende Leuchten verhindern scharf begrenzte Schatten.
- Gerichtetes Licht erzeugt Schatten, wobei die Schattenkante von der Größe der Lichtquelle abhängt.
- Ein gutes Verhältnis zwischen diffusem und gerichtetem Licht ergibt im Raum ein gutes Modelling und verbessert die plastische Wahrnehmung von Personen und Gegenständen im Raum.
- Abschirmung und Begrenzung der Lichtstärke im direkten Lichtanteil begrenzt die Blendung durch die Leuchte.

**Tabelle 25:**  
Maßnahmen zur Erfüllung der Anforderungen für das Gestaltungsmittel »Lichtverteilung«

		Maßnahmen zur Erfüllung der Anforderungen	Merkmale zur Bewertung der Lichtqualität (siehe Anhang B 4)
<b>Funktionale Anforderungen</b>			
F1	Sehen und Identifizieren von Details	Durch gerichtetes Licht können Details auf Oberflächen besser sichtbar werden.	$U_o$ $Bal$ $B_{psy}$ $B_{phy}$ $SS$
F2	Adäquate Sichtbarkeit von Formen	Direkte gerichtete Anteile der Lichtverteilung verbessern die Plastizität.	$Bal$ $Mod$
F4	Schnelligkeit der adäquaten Sichtbarkeit	Ein gutes Verhältnis von direkten gerichteten und indirekten diffusen Lichtanteilen verbessert die schnelle Wahrnehmung.	$Bal$ $Mod$
F6	Aufmerksamkeitsführung	Direktes gerichtetes Licht setzt Aufmerksamkeitsschwerpunkte.	$Q$
<b>Biologische Anforderungen</b>			
B1	Aktivierung	Indirektes Licht und helle Decken sowie große diffuse Flächen stehen für Aktivierung.	$Bal$
B2	Erholung	Direktes (zurückgenommenes) Licht und dunkle Decken stehen für Erholung.	$Bal$



B3	Circadiane Rhythmik	Indirektes oder diffus großflächiges Licht am Tag und direktes Licht und dunkle Decken in der Nacht unterstützen die circadiane Rhythmik.	<i>Bal</i>
<b>Psychologische Anforderungen</b>			
P2	Zeitliche Orientierung	Mit direktem gerichtetem Licht wird ein Bezug zu frühen Morgen- und späten Abendstunden hergestellt, während diffuses indirektes Licht eher die Tagesmitte kennzeichnet.	<i>Bal</i>
P4	Privatheit	Direktes Licht steht für Privatheit.	<i>Bal</i> <i>Q</i>
P5	Persönliches Territorium	Auf einen Bereich bezogenes gerichtetes Licht kennzeichnet das persönliche Territorium.	<i>Bal</i> <i>Q</i>
P6	Selbstdarstellung/ Repräsentation	Große diffuse Lichtquellen oder ein hoher Indirektanteil haben einen repräsentativen Charakter.	<i>Bal</i> <i>Q</i>
P7	Sicherheitsgefühl	Das Sicherheitsgefühl wird durch ein gutes Verhältnis von direktem und indirektem Licht unterstützt. Dunkle Stellen sollten vermieden werden.	<i>Uo</i> <i>Bal</i> <i>Q</i>
P9	Mentale Aktivierung	Indirektes Licht und helle Decken sowie große diffuse Flächen stehen für Aktivierung.	<i>Bal</i>
P10	Mentale Erholung	Direktes (zurückgenommenes) Licht und dunkle Decken stehen für Erholung.	<i>Bal</i>
P11	Vertrautheit	Ein ausgewogenes Verhältnis von direkter und indirekter Beleuchtung sowie gerichteten und diffusen Lichtanteilen wird als vertraut wahrgenommen.	<i>Bal</i> <i>Q</i>
<b>Architektonische Anforderungen</b>			
A4	Charakter der Architektur unterstützen	Offene Architektur wird durch indirekte Lichtanteile, geschlossene Architektur durch direkte Beleuchtung betont.	<i>Bal</i> <i>Q</i>
A5	Architektonische (gestalterische) Besonderheiten betonen	Direkt/indirekte Leuchten sind in der Regel Objekte und gestaltende Elemente im Raum.	<i>Q</i>

## **B 3.6 Spektrum der Lichtquelle**

### **Beschreibung**

Das Spektrum einer Lichtquelle beschreibt die spektrale Zusammensetzung der Strahlungsleistung der Lichtquelle. Häufig werden neben dem sichtbaren Anteil auch die angrenzenden Bereiche der IR- und UV-Strahlung mit dargestellt.

### **Einfluss auf die Bewertung der Lichtqualität**

Das Spektrum einer Lichtquelle

- bestimmt die Güte der Farbwiedergabe;
- beeinflusst den Reflexionsgrad von farbigen Oberflächen;
- kennzeichnet den Anteil von UV und IR;
- kann die biologische Wirksamkeit unterstützen.

Maßnahmen zur Erfüllung der Anforderungen			Merkmale zur Bewertung der Lichtqualität (siehe Anhang B 4)
<b>Funktionale Anforderungen</b>			
F3	Adäquate Sichtbarkeit von Farben	Ein möglichst kontinuierliches und vollständiges Farbspektrum ermöglicht eine adäquate Sichtbarkeit von Farben und lässt auch Farbprüfungen zu.	$R_a$
F9	Objektschutz	Für die Objektsicherheit gilt es, ein Lichtspektrum zu wählen, das möglichst einen geringen kurzwelligen Lichtanteil hat. UV und IR sind zu vermeiden.	$H_{dm}$
<b>Biologische Anforderungen</b>			
B1	Aktivierung	Vor allem die kurzwelligen Spektralanteile sorgen für eine körperliche Aktivierung.	$a_{mel,y}$
B2	Erholung	Langwellige Spektralanteile unterstützen das Wohlbefinden und die körperliche Erholung.	$a_{mel,y}$
B3	Circadiane Rhythmik	Die Veränderung der Spektralanteile entsprechend der natürlichen Aktivitäts- (tags) und Erholungsphasen (nachts) unterstützen den circadianen Rhythmus.	$a_{mel,y}$
B4	Strahlungsschutz	Bei der Wahl des Lichtspektrums ist auf die Vermeidung von IR und UV Anteilen zu achten.	$H_{dm}$ $Q$
B5	Strahlungsphysiologische Wirkung	Das richtige Lichtspektrum hat auch eine physiologische Wirkung. So sorgt ein UVB-Anteil z. B. für die Produktion von Vitamin D oder die Bräunung der Haut.	$Q$
<b>Psychologische Anforderungen</b>			
P9	Mentale Aktivierung	Beleuchtung mit kurzwelligen Spektralanteilen fördert die geistige Aktivierung.	$a_{mel,y}$
P10	Mentale Erholung	Beleuchtung mit langwelligen Spektralanteilen fördert die geistige Erholung.	$a_{mel,y}$
<b>Architektonische Anforderungen</b>			

**Tabelle 26:**  
Maßnahmen zur Erfüllung der Anforderungen für das Gestaltungsmittel »Spektrum einer Lichtquelle«

### B 3.7 Regel- oder Steuerbarkeit der Beleuchtung

#### **Beschreibung**

Regeln und Steuern bewirken, dass die Beleuchtung auf äußere Einflüsse reagiert und sich das Licht ändert. Beim Regeln der Beleuchtung wird das Licht einer Lichtquelle über einen Sensor gemessen, mit einem Sollwert verglichen und auf diesen eingestellt. Beim Steuern der Beleuchtung nimmt ein Sensor ein Signal auf und die Lichtquelle reagiert nach einer voreingestellten Funktion, z. B. über eine Steuerkennlinie. Steuern und Regeln erlauben es, die Beleuchtung dynamisch zu gestalten und an Vorgaben anzupassen. In der Regel lassen sich Lichtstrom, Lichtverteilung und Lichtfarbe beeinflussen.

Die häufigsten Möglichkeiten sind:

- Schalten und Dimmen der Leuchten
- tageslichtabhängiges Steuern und Regeln
- an- bzw. abwesenheitsabhängiges Steuern und Regeln
- Konstantlichtregelung oder -steuerung
- zeitabhängige Steuerung
- Lastbegrenzung
- tätigkeitsbezogene Steuerung
- dynamische Beleuchtung anhand voreingestellter Steuerungskurven
- Szenensteuerung anhand vorprogrammierter Szenen

#### **Einfluss auf die Bewertung der Lichtqualität**

Die Regel- oder Steuerbarkeit der Beleuchtung

- beeinflusst die Akzeptanz der Beleuchtung durch verständliche Veränderungen;
- passt die Beleuchtung an die individuellen Anforderungen an;
- reagiert auf zeitlich veränderliche Anforderungen;
- unterstützt die biologische Wirksamkeit (und auch Produktivität) der Beleuchtung.

Maßnahmen zur Erfüllung der Anforderungen			Merkmale zur Bewertung der Lichtqualität (siehe Anhang B 4)
<b>Funktionale Anforderungen</b>			
F5	Adäquate Sichtbarkeit über die Zeit/Visuelle Leistungsfähigkeit	Vorgeplante Lichtsituationen für unterschiedliche Anforderungen über die Zeit vorsehen und einstellbar machen.	Q
F6	Aufmerksamkeitsführung	Automatische (Zeit, Szenen) oder über Sensoren (Präsenz) reagierende Beleuchtung.	Q
F8	Physische Sicherheit	Präsenzgesteuertes Licht bei ansonsten dunklen Räumen.	Q FI
<b>Biologische Anforderungen</b>			
B1	Aktivierung	Voreingestellte Lichtszenen und dynamische Abläufe mit höheren Beleuchtungsstärken und höheren Farbtemperaturen zu Tageszeiten.	Q
B2	Erholung	Voreingestellte Lichtszenen und dynamische Abläufe mit niedrigeren Beleuchtungsstärken und niedrigeren Farbtemperaturen zu Abendzeiten.	Q
B3	Circadiane Rhythmik	Die Veränderung der Beleuchtung in Farbtemperatur und Lichtstrom entsprechend der natürlichen Aktivitäts- (tags) und Erholungsphasen (nachts) unterstützen den circadianen Rhythmus.	Q
<b>Psychologische Anforderungen</b>			
P2	Zeitliche Orientierung	Steuern anhand von Zeitmanagement und zeitlich zugeordneten veränderlichen Lichtsituationen.	Q
P5	Persönliches Territorium	Individuelle Einflussmöglichkeit auf persönliche Lichtsituation.	Q
P6	Selbstdarstellung/ Repräsentation	Persönliche Einstellmöglichkeit einer eigenen Lichtsituation.	Q
P8	Eigene Kontrolle	Individuelle Bedienmöglichkeit der eigenen Lichtsituation.	Q
P9	Mentale Aktivierung	Voreingestellte Lichtszenen und dynamische Abläufe mit höheren Beleuchtungsstärken und höheren Farbtemperaturen zu Tagzeiten.	Q
P10	Mentale Erholung	Voreingestellte Lichtszenen und dynamische Abläufe mit niedrigeren Beleuchtungsstärken und niedrigeren Farbtemperaturen zu Abendzeiten.	Q
<b>Architektonische Anforderungen</b>			
A4	Charakter der Architektur unterstützen	Voreingestellte Szenen betonen unterschiedliche Architekturelemente.	Q

**Tabelle 27:** Maßnahmen zur Erfüllung der Anforderungen für das Gestaltungsmittel »Regel- oder Steuerbarkeit der Beleuchtung«

### **B 3.8 Bedienung der Beleuchtung**

#### **Beschreibung**

Die Bedienung der Beleuchtung kann über direkt zugängliche Bediengeräte oder automatisch ohne direkten Nutzereinfluss erfolgen.

#### **Einfluss auf die Bewertung der Lichtqualität**

Die Bedienung der Beleuchtung hat vor allem Einfluss auf die Akzeptanz, die durch folgende Aspekte hervorgerufen wird:

- Individuelle Einflussnahme
- Zugänglichkeit der Bediengeräte
- Verständlichkeit der Bediengeräte
- logische Veränderung des Lichts, wenn die Beleuchtung automatisch gesteuert wird
- Einstellbarkeit der Regel- und Steuerabläufe gegebenenfalls durch einen Spezialisten, die durch die Bedienung ausgelöst werden

Maßnahmen zur Erfüllung der Anforderungen			Merkmale zur Bewertung der Lichtqualität (siehe Anhang B 4)
<b>Funktionale Anforderungen</b>			
<b>Biologische Anforderungen</b>			
<b>Psychologische Anforderungen</b>			
P4	Privatheit	Eine manuelle Bedienung an einem Arbeitsplatz oder einer privaten Umgebung unterstützt die Privatheit.	Q
P5	Persönliches Territorium	Über eine Lichtsteuerung oder einen Schalter lässt sich der eigene Bereich, das persönliche Territorium separat schalten.	Q
P6	Selbstdarstellung/ Repräsentation	Zusätzliche (sichtbare) Bediengeräte für den eigenen Bereich oder eine Bedienung, die sich automatisch an den Nutzer anpasst, fördert die Selbstdarstellung und Repräsentation.	Q
P8	Eigene Kontrolle	Der einfache (verständliche, intuitive) Zugang oder die Zuordnung von Bedienelementen zu Raum- oder Funktionsbereichen unterstützt die Anforderung nach eigener Kontrolle.	Q
P11	Vertrautheit	Bediengeräte, die mit bekannten Symbolen gekennzeichnet oder beschriftet oder an gewohnten Orten positioniert sind, sorgen für eine erhöhte Akzeptanz und eine Vertrautheit bei der Bedienung.	Q
<b>Architektonische Anforderungen</b>			

**Tabelle 28:**  
Maßnahmen zur Erfüllung der Anforderungen für das Gestaltungsmittel »Bedienung der Beleuchtung«

## B 4 Merkmale zur Bewertung einer Lichtqualität

Die Merkmale zur Bewertung der Lichtqualität wurden bereits in den Tabellen aus Kapitel B 2 den Anforderungen (gemäß Kapitel B 1) und deren Gewichtung (Kapitel B 2) zugeordnet. Viele der Merkmale sind aus der Lichttechnik bekannt und definiert. Sie bieten ein Maßsystem.

- B 4.1 Beleuchtungsstärke im Bereich der Sehaufgabe ( $E$ )
- B 4.2 Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke ( $U_o$ )
- B 4.3 Farbkontrast ( $FK$ )
- B 4.4 Helligkeitskontrast (gestalterisch) ( $HK$ )
- B 4.5 Psychologische Blendung ( $B_{psy}$ )
- B 4.6 Physiologische Blendung ( $B_{phy}$ )
- B 4.7 Reflexblendung ( $B_{Re}$ )
- B 4.8 Lichtfarbe ( $CCT$ )
- B 4.9 Farbwiedergabe ( $R_a$ )
- B 4.10 Kontrastwiedergabe ( $CRF$ )
- B 4.11 Schlagschatten ( $SS$ )
- B 4.12 (Ausgewogene) Leuchtdichteverteilung ( $Bal$ )
- B 4.13 Modelling ( $Mod$ )
- B 4.14 Fehlen von Flackern/Flimmern ( $Fl$ )
- B 4.15. Melanopischer Wirkungsfaktor ( $a_{mel,v}$ )
- B 4.16 Schädigungspotenzial ( $H_{dm}$ )
- B 4.17 Qualitative Faktoren ( $Q$ )

Für jedes zur Bewertung herangezogene Merkmal zur Erfüllung der Anforderungen werden Grenzen vorgegeben, die einzuhalten sind, allerdings nicht unbedingt ein Optimum darstellen.

Mithilfe der Merkmale lässt sich ermitteln, inwieweit die zuvor definierten Anforderungen des Nutzers erfüllt wurden. Die Rückmeldungen können zur Verbesserung der Gesamtlösung verwendet werden.

*Die Größe der Merkmale legt ein Experte fest, der dazu auf einschlägige Richtlinien, Normen, Leitfäden und Erfahrungen zurückgreift.*

Auf nachfolgend zusammengestellte Unterlagen greift ein Experte vorrangig zu. Die Auflistung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit:

### **Richtlinien**

- Richtlinien zur Energieeffizienz von Produkten und in Gebäuden
- ASR A 3.4: Regel für Arbeitsstätten

### **Normen**

- DIN EN 12464: Beleuchtung von Arbeitsstätten im Innen- und im Außenraum, die die grundlegenden Kriterien der Beleuchtung und Grenzwerte beinhalten
- DIN EN 12193: Sportstättenbeleuchtung
- DIN 5035-7: Beleuchtung von Räumen mit Bildschirmarbeitsplätzen, die Beleuchtungsarten und Beleuchtungskonzepte auführen



## **Leitfäden**

- BGI 856: Beleuchtung im Büro, Anleitung der Unfallversicherungsträger mit Beispielen zur Gestaltung von Büroarbeitsplätzen
- DGUV-1 215-211: Tageslicht am Arbeitsplatz
- DGUV-I: Schriftenreihe, in der die richtige Anwendung von Licht in verschiedenen Anwendungen aufgeführt ist

## **Schriften**

- DIN SPEC 67600: Planungsempfehlungen für biologisch wirksame Beleuchtung
- LiTG-Publikationen: Anwendungsschriften zu verschiedenen Themen wie z. B. Blendung, Kontrastwiedergabe, Messung, Farbqualität;  
[www.litg.de/publikationen](http://www.litg.de/publikationen)
- CIE-Publikationen: Anwendungsschriften in englischer Sprache;  
[www.cie.co.at/publications](http://www.cie.co.at/publications)
- Licht.wissen 1–20: Anwendungsinformationen in allgemein verständlicher Art mit vielen praxisnahen Beispielen, Grafiken und Bildern;  
[www.licht.de](http://www.licht.de);
- Leitfaden zur DIN EN 12464-1: Schrift, die die Aspekte der DIN und der ASR gemeinsam berücksichtigt;  
[www.licht.de](http://www.licht.de)
- VDE ZVEI: Photobiologische Sicherheit in der Beleuchtung;  
[www.licht.de](http://www.licht.de)
- ZVEI: Planungssicherheit in der LED-Beleuchtung;  
[www.licht.de](http://www.licht.de)

**Tabelle 29:**

Zuordnung der Merkmale zu den Gestaltungsmitteln, die zur Bewertung der Anforderungen herangezogen werden:  
 graues Feld = relevante Kombinationen

		Gestaltungsmittel (siehe Anhang B 3)							
Anforderungen (siehe Anhang B1)		Lichtstrom der Lichtquelle	Relative Größe der Lichtaustrittsfläche	Anzahl, Anordnung und Position der Lichtquelle	Lichtfarbe	Lichtverteilung	Spektrum der Lichtquelle	Regel- oder Steuerbarkeit der Beleuchtung	Bedienung der Beleuchtung
<b>Funktionale Anforderungen</b>									
F1	Sehen und Identifizieren von Details	<i>E</i> <i>Fl</i>		<i>U<sub>o</sub></i> <i>B<sub>Re</sub></i> <i>CRF</i> <i>SS</i>		<i>U<sub>o</sub></i> <i>Bal</i> <i>B<sub>psy</sub></i> <i>B<sub>phy</sub></i> <i>SS</i>			
F2	Sehen und Identifizieren von Formen			<i>SS</i> <i>Mod</i>		<i>Bal</i> <i>Mod</i>			
F3	Sehen und Identifizieren von Farben				<i>R<sub>a</sub></i> <i>CCT</i>		<i>R<sub>a</sub></i>		
F4	Schnelligkeit von Sehen und Identifizieren	<i>E</i> <i>Fl</i>				<i>Bal</i> <i>Mod</i>			
F5	Sehen und Identifizieren über die Zeit							<i>Q</i>	
F6	Aufmerksamkeitsführung	<i>E</i>	<i>Q</i>	<i>HK</i> <i>Q</i>	<i>FK</i>	<i>Q</i>		<i>Q</i>	
F7	Ordnung/ Unterscheidbarkeit	<i>E</i>		<i>HK</i> <i>Q</i>	<i>Q</i>				
F8	Physische Sicherheit	<i>E</i>						<i>Q</i> <i>Fl</i>	
F9	Objektschutz	<i>E</i> <i>H<sub>dm</sub></i>					<i>H<sub>dm</sub></i>		
<b>Biologische Anforderungen</b>									
B1	Aktivierung	<i>E</i>	<i>Q</i>	<i>Q</i>	<i>CCT</i>	<i>Bal</i>	<i>a<sub>mel,y</sub></i>	<i>Q</i>	
B2	Erholung	<i>E</i>			<i>CCT</i>	<i>Bal</i>	<i>a<sub>mel,y</sub></i>	<i>Q</i>	
B3	Circadiane Rhythmik	<i>E</i>		<i>Q</i>	<i>CCT</i>	<i>Bal</i>	<i>a<sub>mel,y</sub></i>	<i>Q</i>	
B4	Strahlungsschutz						<i>H<sub>dm</sub></i> <i>Q</i>		
B5	Strahlungsphys. Wirkung						<i>Q</i>		

Psychologische Anforderungen									
P1	Räumliche Orientierung	<i>E</i> <i>HK</i>		<i>HK</i> <i>Q</i>	<i>CCT</i> <i>Q</i>				
P2	Zeitliche Orientierung	<i>E</i>			<i>CCT</i> <i>Q</i>	<i>Bal</i>		<i>Q</i>	
P3	Orientierung über das Geschehen	<i>E</i> <i>HK</i>							
P4	Privatheit	<i>E</i> <i>HK</i>		<i>HK</i> <i>Q</i>		<i>Bal</i> <i>Q</i>			<i>Q</i>
P5	Persönliches Territorium	<i>E</i> <i>HK</i>	<i>Q</i>	<i>HK</i> <i>Q</i>		<i>Bal</i> <i>Q</i>		<i>Q</i>	<i>Q</i>
P6	Selbstdarstellung/ Repräsentation	<i>E</i> <i>HK</i>		<i>HK</i> <i>Q</i>		<i>Bal</i> <i>Q</i>		<i>Q</i>	<i>Q</i>
P7	Sicherheitsgefühl	<i>E</i>				<i>U<sub>o</sub></i> <i>Bal</i> <i>Q</i>			
P8	Eigene Kontrolle							<i>Q</i>	<i>Q</i>
P9	Mentale Aktivierung	<i>E</i>	<i>Q</i>		<i>CCT</i>	<i>Bal</i>	<i>a<sub>mel,v</sub></i>	<i>Q</i>	
P10	Mentale Erholung	<i>E</i>	<i>Q</i>		<i>CCT</i>	<i>Bal</i>	<i>a<sub>mel,v</sub></i>	<i>Q</i>	
P11	Vertrautheit	<i>E</i>		<i>Q</i>	<i>CCT</i>	<i>Bal</i> <i>Q</i>			<i>Q</i>
Architektonische Anforderungen									
A1	Gliederung des Raumes nach Form		<i>Q</i>	<i>Q</i>					
A2	Gliederung des Raumes nach Rhythmik		<i>Q</i>	<i>HK</i> <i>U<sub>o</sub></i> <i>Q</i>	<i>FK</i> <i>Q</i>				
A3	Gliederung des Raumes nach Zonen		<i>Q</i>	<i>HK</i> <i>U<sub>o</sub></i> <i>Q</i>	<i>FK</i> <i>Q</i>				
A4	Charakter der Architektur unterstützen	<i>E</i>	<i>Q</i>		<i>CCT</i> <i>Q</i>	<i>Bal</i> <i>Q</i>		<i>Q</i>	
A5	Architektonische (gestalterische) Besonderheiten betonen		<i>Q</i>	<i>Q</i>	<i>CCT</i> <i>Q</i>	<i>Q</i>			

## B 4.1 Beleuchtungsstärke im Bereich der Sehaufgabe (E)

### Beschreibung

Die Beleuchtungsstärke mit der Maßeinheit Lux (lx) beschreibt den Lichtstrom, der auf eine bestimmte Fläche trifft und auf diese bezogen wird. Die Beleuchtungsstärke ist eine grundlegende Voraussetzung zur Erfüllung einer Sehaufgabe. Als Maß dient die Beleuchtungsstärke im Bereich der Sehaufgabe. Unterschiedliche Sehbedingungen haben Einfluss auf das im Bereich der Sehaufgabe benötigte Beleuchtungs-niveau. Dies hat eine wesentliche Wirkung auf die Arbeitsleistung, Produktivität und Arbeitssicherheit. Je schwieriger die zu beleuchtende Sehaufgabe und je größer die Konsequenzen und Kosten einer fehlerhaften Lösung, desto höher soll die Beleuchtungsstärke sein.

Die Beleuchtungsstärke ist eine sehr wichtige Planungsgröße. Grundsätzlich wird bei der Planung der Beleuchtungsstärke bereits die Verschmutzung der Anlage über den Wartungsfaktor berücksichtigt. Die Normen-Reihe DIN EN 12464 legt Wartungswerte der Beleuchtungsstärke für sehr viele Arbeitsstätten fest. Diese Wartungswerte dürfen zu keiner Zeit unterschritten werden.

### Grenzwerte

- Der Wartungswert der Beleuchtungsstärke im Bereich der Sehaufgabe, im Tätigkeitsbereich oder im Raumbereich ist in den Tabellen der Reihe DIN EN 12464 für Arbeitsstätten festgelegt. Direkt verknüpft sind die Beleuchtungsstärken für den Umgebungs- und den Hintergrundbereich.
- Bei Nicht-Arbeitsstätten soll sich die Mindestbeleuchtungsstärke an den Werten orientieren, die für ähnliche Sehaufgaben bei Arbeitsstätten gelten.
- Zur Unterstützung der biologischen Wirkung ist die DIN SPEC 67600 zu Rate zu ziehen.

## B 4.2 Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke ( $U_0$ )

### Beschreibung

Die Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke ist das Verhältnis zwischen minimaler und mittlerer Beleuchtungsstärke im Bewertungsbereich. Die Gleichmäßigkeit ist auf einer bestimmten Fläche einzuhalten. Besonders im Bereich der Sehaufgabe soll die Gleichmäßigkeit hoch sein, um die Erfüllung der Sehaufgabe zu erleichtern. In größeren Bereichen, z. B. in Klassenzimmern, ist durch die Gleichmäßigkeit im Raum auch erfasst, wie hoch die Beleuchtungsstärke am schlechtesten Lernplatz ist. Zum Beispiel: Bei einem Wartungswert von 300 lx und einer Gleichmäßigkeit von 0,6 beträgt die geringste Beleuchtungsstärke 180 lx. Lichtzonen und die damit verbundene Ungleichheit sind wichtige Raumgestaltungsmittel. Eine zu gleichmäßige Beleuchtung eines ganzen Raumes ohne Kontraste erschwert die Orientierung.

### Grenzwerte

- Die Gleichmäßigkeit der Beleuchtung von Arbeitsstätten ist in den Tabellen der Reihe DIN EN 12464 festgelegt.
- Bei Akzentuierung als Gestaltungselement sind keine Regeln für die Gleichmäßigkeit festgesetzt.

### B 4.3 Farbkontrast (FK)

#### **Beschreibung**

Der Farbkontrast ist die subjektive Bewertung des Farbunterschieds zwischen zwei oder mehreren Flächen, die gleichzeitig oder aufeinander folgend gesehen werden. Der Farbkontrast spielt für die Sichtbarkeit einer Sehaufgabe eine Rolle, wenn diese im Erkennen und Unterscheiden von Farben besteht. Der Farbkontrast und unterschiedliche Farben sind inszenierende Elemente. Zum Beispiel: Blaue Schrift auf rotem Hintergrund führt im Auge zu unterschiedlichen Entfernungseinstellungen (Akkommodationen), was die Lesbarkeit negativ beeinflusst.

#### **Grenzwerte**

- Für den Farbkontrast gibt es keine Festlegungen.

### B 4.4 Helligkeitskontrast (gestalterisch) (HK)

#### **Beschreibung**

Der Helligkeitskontrast ist die subjektive Bewertung des Helligkeitsunterschieds zwischen zwei oder mehreren Flächen, die gleichzeitig oder aufeinander folgend gesehen werden. Der Helligkeitskontrast spielt für die Sichtbarkeit einer Sehaufgabe eine Rolle, wenn diese im Erkennen und Unterscheiden von Helligkeiten besteht. Helligkeiten und der Unterschied von Helligkeiten sind inszenierende Elemente. Die Helligkeiten von größeren Flächen im Gesichtsfeld bestimmen das Adaptationsniveau und haben so einen Einfluss auf die Erkennbarkeit kleiner Kontrastunterschiede.

#### **Grenzwerte**

- Für den Helligkeitskontrast gibt es keine Festlegungen.

#### B 4.5 Psychologische Blendung ( $B_{psy}$ )

##### Beschreibung

Die psychologische Blendung durch Fenster und Leuchten ist eine Störung durch hohe Leuchtdichten, eine ungünstige Leuchtdichteverteilung oder zu hohe Kontraste im Gesichtsfeld, die als unangenehm empfunden werden. Die psychologische Blendung kann auf Dauer zu Ermüdung, körperlicher Fehlstellung und damit verbunden zu Schmerzen führen.

Zur Bewertung der Blendung durch Leuchten wurde das UGR-Verfahren eingeführt: UGR ist die Abkürzung für »Unified Glare Rating« – zu Deutsch »vereinheitlichte Blendungsbewertung«. Das UGR-Verfahren ist in der DIN EN 12464-1 als Methode zur Bewertung und Begrenzung der psychologischen Direktblendung verbindlich festgelegt. Der Zahlenwert UGR entspricht einem Blendurteil des Beobachters. Typische Werte liegen, in Dreier-Stufen, zwischen <13 und <28, wobei die Blendungsempfindung näherungsweise linear mit dem UGR-Wert ansteigt. Die Bewertung der Blendung zur Beleuchtung von Arbeitsstätten ist eine wichtige Bewertungsgröße.

In repräsentativen Umgebungen können hohe Kontraste als Gestaltungselement erwünscht sein. In dem Fall werden sie in der Regel nicht als störend empfunden (z. B. Kronleuchter im Opernfoyer).

##### Grenzwerte

- Der UGR-Grenzwert im Bereich der Sehaufgabe, im Tätigkeitsbereich oder im Raumbereich ist in den Tabellen der DIN EN 12464-1 für Arbeitsstätten festgelegt und darf nicht überschritten werden.

#### B 4.6 Physiologische Blendung ( $B_{phy}$ )

##### Beschreibung

Die physiologische Blendung ist eine Herabsetzung der Sehleistung, die durch zu hohe Leuchtdichten im Gesichtsfeld verursacht wird. Sie entsteht bei sehr hohen Leuchtdichten von Lichtquellen und Fenstern im Gesichtsfeld, die Streulicht innerhalb des Auges verursachen, das die wahrnehmbaren Kontraste reduziert. Sie muss auf jeden Fall durch Entblendungselemente, wie z. B. Jalousien oder Abschirmung bei Leuchten, vermieden werden.

##### Grenzwerte

- Die Abschirmung der Lichtquellen ist erforderlich.

#### B 4.7 Reflexblendung ( $B_{re}$ )

##### Beschreibung

Reflexe sind hohe Leuchtdichten im Bereich der Sehaufgabe, die das Erkennen des eigentlichen Sehdetails stören oder verhindern. Reflexe erzeugen Leuchtdichtekontraste und Kontrastminderung. Sind die Leuchtdichtekontraste informationslos oder überlagern sie wichtige Informationen, können bereits geringe Leuchtdichtekontraste psychologische Blendung hervorrufen. Dieser Effekt kann sowohl bei der direkten Blendung durch zu helle Leuchten im Gesichtsfeld auftreten als auch als Reflexblendung. Diese entsteht, wenn sich auf spiegelnden Oberflächen die Spiegelbilder von Leuchten abzeichnen. Reflexe sind besonders störend bei Bildschirmen oder glänzenden Arbeitsunterlagen. Die Begrenzung der Reflexblendung auf Bildschirmen ist

eine wichtige Bewertungsgröße. Reflexblendung lässt sich vermeiden durch Reduktion der Leuchtdichten von Leuchten und Fenstern, deren Spiegelbilder sich auf spiegelnden Fläche abzeichnen, oder durch den Einsatz rein matter Oberflächen. Reflexe können als Gestaltungselement erwünscht sein, z. B. um das Glänzen eines Glases zu verstärken.

#### **Grenzwerte**

- Nach DIN EN 12464-1 sollen bei stehenden Bildschirmgeräten mit einer Neigung zur Vertikalen bis 15° die sich spiegelnden Leuchtdichten von Leuchten unter einem Grenzausstrahlwinkel von 65° kleiner sein als 1.500 cd/m<sup>2</sup>, bzw. 3.000 cd/m<sup>2</sup> bei Bildschirmen mit Eigenhelligkeit > 200 cd/m<sup>2</sup>.

### **B 4.8 Lichtfarbe (CCT)**

#### **Beschreibung**

Die Lichtfarbe einer Lampe bezieht sich auf die farbliche Erscheinung (Farbart) des abgestrahlten weißen Lichts. Die Lichtfarbe ist eine Eigenschaft der Lichtquelle. Sie ist für die subjektive Akzeptanz der Raumerscheinung entscheidend. Rötliche Farben stehen für eine gemütliche Atmosphäre, bläuliche Farben für Klarheit und Aktivität. Die Sehleistung ist unabhängig von der Lichtfarbe.

#### **Grenzwerte**

- Farbtemperaturen zwischen 3.000 K und 4.000 K sind üblich.
- Farbtemperaturen über 5.000 K sollten nur tagsüber verwendet werden.

### **B 4.9 Farbwiedergabe ( $R_a$ )**

#### **Beschreibung**

Die Farbwiedergabe beschreibt die Auswirkung einer Lichtart auf den Farbeindruck von Objekten, die mit ihr beleuchtet werden, im bewussten oder unbewussten Vergleich zum Farbeindruck der gleichen Objekte unter einer Bezugslichtart gleicher Lichtfarbe. Die Farbwiedergabe ist eine Eigenschaft der Lichtquelle. Sie ist für die umfassende Erkenn- und Unterscheidbarkeit der Farben entscheidend.

#### **Grenzwerte**

- Der mindest-erforderliche allgemeine Farbwiedergabeindex im Bereich der Sehaufgabe, im Tätigkeitsbereich oder im Raumbereich ist in den Tabellen der DIN EN 12464-1 für Arbeitsstätten festgelegt und darf nicht unterschritten werden.

#### B 4.10 Kontrastwiedergabe (CRF)

##### **Beschreibung**

Die Kontrastwiedergabe beschreibt die Fähigkeit, Helligkeitskontraste wahrzunehmen. Der Kontrastwiedergabefaktor CRF beurteilt die Reflexblendung, die durch Lampen, Leuchten oder zu helle Fenster hervorgerufen wird und an spiegelnden oder glänzenden Oberflächen auftritt. Er ist ein Maß dafür, wie stark Reflexe auf glänzenden Oberflächen störend wirken. Er wird bestimmt aus der Helligkeit einer glänzenden schwarzen Oberfläche im Vergleich zu einer weißen diffusen Oberfläche. Hohe Leuchtdichten, die sich im glänzenden Schwarz in Richtung des Betrachters spiegelnd, erzeugen Störungen – bezogen auf diffuse Weiß.

##### **Grenzwerte**

- Derzeit gibt es keine normativen Festlegungen.

#### B 4.11 Schlagschatten (SS)

##### **Beschreibung**

Schlagschatten werden durch starke punktförmige Lichtquellen erzeugt, die ein Objekt aus einer Richtung anstrahlen. Schlagschatten sind störend, wenn sie die Sichtbarkeit der Sehaufgabe oder den Eindruck des Raumes beeinträchtigen. Bei künstlicher Beleuchtung ist zu beachten, dass jede punktförmige Lichtquelle potenziell einen Schlagschatten erzeugt.

##### **Grenzwerte**

- Derzeit gibt es keine normativen Festlegungen.

#### B 4.12 (Ausgewogene) Leuchtdichteverteilung (Bal)

##### **Beschreibung**

Die Leuchtdichteverteilung im Gesichtsfeld regelt den Adaptationszustand der Augen, der sich auf die Sichtbarkeit der Aufgabe auswirkt. Um eine ausgewogene Leuchtdichteverteilung zu schaffen, sind die Leuchtdichten aller Oberflächen zu beachten. Sie werden vom Reflexionsgrad der Oberflächen und der Beleuchtungsstärke auf den Oberflächen bestimmt. Um den Eindruck von Düsternis besonders an Arbeitsplätzen zu vermeiden und sowohl das Adaptationsniveau als auch den Sehkomfort anzuheben, sind – insbesondere an Wänden und Decken – helle Raumbooberflächen anzustreben (siehe auch den Abschnitt Helligkeitskontrast in Abschnitt B 4.4). Die Leuchtdichteverteilung ist auch ein Gestaltungselement.

##### **Grenzwerte**

- Das Leuchtdichteverhältnis zwischen der Sehaufgabe und dem nahen Umfeld sollte 3:1, zum weiteren Umfeld 10:1 nicht überschreiten.



### B 4.13 Modelling (Mod)

#### Beschreibung

Modelling beschreibt die Ausgewogenheit zwischen diffusem und gerichtetem Licht. Das allgemeine Erscheinungsbild eines Innenraumes verbessert sich, wenn seine baulichen Merkmale, die Menschen sowie die Gegenstände im Raum so beleuchtet werden, dass Form und Struktur deutlich und gefällig vermittelt werden. Die Beleuchtung sollte nicht zu stark gerichtet sein, weil sich sonst zu harte Schatten bilden. Sie sollte auch nicht zu diffus sein, da sonst der Modelling-Effekt völlig verloren geht, was zu einer sehr ausdrucksarmen Lichtumgebung führt. Starke Mehrfachschatten, die durch gerichtetes Licht aus mehr als einer Position erzeugt werden, sind zu vermeiden, da sie zu verwirrenden visuellen Effekten führen können. Das Verhältnis zwischen zylindrischer und horizontaler Beleuchtungsstärke in einem Punkt ist ein guter Modelling-Indikator. Die Rasterpunkte für zylindrische und horizontale Beleuchtungsstärken müssen bei einer Lichtplanung übereinstimmen.

#### Grenzwerte

- Für regelmäßige Anordnungen von Leuchten oder Dachoberlichtern ist ein Wert zwischen 0,30 und 0,60 ein Indikator für gutes Modelling.
- Von Fenstern breitet sich Tageslicht hauptsächlich horizontal aus. Die zusätzlichen Vorteile von Tageslicht können den Einfluss auf den Modelling-Wert kompensieren. Modelling-Werte für Tageslicht können daher von dem angegebenen Wertebereich abweichen.

### B 4.14 Fehlen von Flackern / Flimmern (Fl)

#### Beschreibung

Flackern ist das kurzzeitige Aufblitzen von Lampen beim Einschalten oder beim Betrieb defekter Leuchten. Flimmern beschreibt ständige periodische Schwankungen in der Helligkeit. Flimmern verursacht Störungen und kann physiologische Effekte wie Kopfschmerzen hervorrufen. Stroboskopeffekte können zu gefährlichen Situationen führen, indem sie die wahrgenommene Bewegung rotierender oder sich hin- und her bewogender Maschinenteile verändern. Beleuchtungssysteme sollten so geplant werden, dass Flimmern und Stroboskopeffekte vermieden werden.

#### Grenzwerte

- Flackern muss verhindert werden.
- Die Ein-/ Ausschaltfrequenzen bei Lichtquellen sollen über 400 Hz liegen.

#### B 4.15 Melanopischer Wirkungsfaktor ( $a_{mel,v}$ )

##### **Beschreibung**

Die circadiane Wirkung einer Lichtquelle gibt der melanopische Wirkungsfaktor an. Die Formel dazu ist in der DIN SPEC 5031-100:2014 beschrieben. Höhere Blauanteile tragen zur Unterdrückung des Hormons Melatonin in den Abend- und Nachtstunden bei, was zu einer Störung des Schlafes führen kann und vermieden werden soll. Am Tage unterstützen höhere Blauanteile die Aktivierung.

##### **Grenzwerte**

- Die entsprechenden Werte finden sich in der DIN SPEC 67600.

#### B 4.16 Schädigungspotenzial ( $H_{dm}$ )

##### **Beschreibung**

Das Schädigungspotenzial, wie es der Technische Report CIE157:2004 definiert, beschreibt das feste Verhältnis der wirksamen Strahlung ( $E_{dm}$ ) und der Beleuchtungsstärke ( $E$ ). Es gilt für eine Beleuchtungssituation und ein Objekt oder Material.

##### **Grenzwerte**

- Die entsprechenden Werte finden sich im Technischen Report CIE 157:2004.

#### B 4.17 Qualitative Faktoren ( $Q$ )

##### **Beschreibung**

Einige Aspekte der Lichtqualität bzw. Nutzeranforderungen lassen sich nicht durch lichttechnische oder numerische Größen bewerten. In der vorliegenden Schrift werden diese als qualitative Faktoren zusammengefasst. Die Bewertung ist subjektiv und muss von einem Experten vorgenommen werden.

##### **Grenzwerte**

- Derzeit gibt es keine normativen Festlegungen.

# Anhang C: Gestaltungsmittel und ihre zugeordneten lichttechnischen Größen

Den Gestaltungsmitteln einer Lichtlösung (Anhang B 3) können lichttechnische Größen zugeordnet werden, die sie bewert- und messbar machen.

Genauere Definitionen der lichttechnischen Größen sind im Internationalen Licht-Wörterbuch der CIE bzw. in der Norm EN 12665 nachzulesen. Diese Definitionen werden in dieser Publikation allgemeinverständlich vereinfacht wieder gegeben.

## C 1 Lichtstrom der Lichtquelle (siehe auch B 3.1)

Hier ist zu unterscheiden zwischen dem abgestrahlten Lichtstrom bezogen auf eine Lichtquelle und dem einstrahlenden Lichtstrom bezogen auf eine Fläche.

### Lichtstrom bezogen auf eine Lichtquelle

Zugeordnete Größen:

- Der Lichtstrom mit der Einheit Lumen (lm) ist die von einer Lichtquelle (Lampe) ausgestrahlte Lichtleistung.
- Die Lichtausbeute mit der Einheit Lumen pro Watt (lm/W) ist der Lichtstrom der Lampe bezogen auf die zugeführte elektrische Leistung.
- Der Leuchtenbetriebswirkungsgrad ( $\eta_{LB}$ ) ist das Verhältnis des Lichtstroms einer Leuchte zum Lichtstrom der eingesetzten Lampe(n) und beschreibt die Effizienz einer Leuchte.
- Die Leuchtenlichtausbeute mit der Einheit (lm/W) ist der Lichtstrom der Leuchte bezogen auf die zugeführte elektrische Leistung.

### Lichtstrom bezogen auf eine Fläche

Zugeordnete Größen:

- Die Beleuchtungsstärke mit der Einheit Lux (lx) ist der Lichtstrom pro Fläche, auf die er trifft (lm/m<sup>2</sup>).
- Die Leuchtdichte einer Lichtquelle mit der Einheit Candela pro Quadratmeter (cd/m<sup>2</sup>) ist der von der Lichtquelle in eine bestimmte Richtung abgegebene Lichtstrom, bezogen auf die aus dieser Richtung »gesehene Fläche« der Lichtquelle. Die Leuchtdichte einer diffus reflektierenden Oberfläche ist proportional zum Produkt aus Beleuchtungsstärke und Reflexionsgrad der Oberfläche.
- Die Helligkeit einer Lichtquelle ist die vom Betrachter subjektiv wahrgenommene Leuchtdichte, die vom Adaptationszustand des Auges mitbestimmt wird.
- Die Helligkeit einer Oberfläche ist der Helligkeitseindruck, der durch die Bewertung von Leuchtdichten zueinander entsteht. Dabei werden die Materialeigenschaften, insbesondere die Reflexionsgrade, berücksichtigt.
- Der Reflexionsgrad ist das Verhältnis zwischen einfallendem und zurückgeworfenem Lichtstrom. Er ist vom Spektrum des einfallenden Lichts abhängig.

Die Leuchtdichte einer Fläche, die nicht vollkommen diffus reflektiert, wird richtungsabhängig durch die Mischung der Anteile der gerichteten und der diffusen Reflexion bezogen auf die Einstrahlrichtung der Lichtquelle ermittelt.

Der Begriff Lichtquelle wird nicht einheitlich verwendet, er beschreibt in der Regel die Lampe und gelegentlich die gesamte Leuchte.

## **C 2 Relative Größe der Lichtaustrittsfläche (siehe auch B 3.2)**

Zugeordnete Größen:

- Die Lichtaustrittsfläche hat die Einheit ( $m^2$ ).
- Projizierte Lichtaustrittsfläche ( $m^2$ ) wird folgendermaßen dargestellt: Fläche  $\times \cos \gamma$  [ $m^2$ ]. Dies beschreibt die relative Größe der Lichtaustrittsfläche, wenn sie unter einem Einblickwinkel  $\gamma$  betrachtet wird.

## **C 3 Anzahl, Anordnung und Position der Lichtquelle(n) (siehe auch B 3.3)**

Zugeordnete Größen:

- Berücksichtigt werden die Anzahl der Lichtquellen, ihre geometrischen Positionen und die relativen Abstände der Lichtquellen zueinander.
- Die Lichtrichtung einer gerichteten Beleuchtung wird bestimmt durch die räumliche Position der Lichtquelle zum beleuchteten Objekt.

## **C 4 Lichtfarbe (siehe auch B 3.4)**

Zugeordnete Größen:

- Die ähnlichste Farbtemperatur mit der Einheit Kelvin (K) ist die Temperatur des thermischen Strahlers mit der ähnlichsten Lichtfarbe.

## **C 5 Lichtverteilung (siehe auch B 3.5)**

Zugeordnete Größen:

- Die Lichtstärke mit der Einheit Candela (cd) beschreibt den Lichtstrom pro Raumwinkelelement in eine bestimmte Richtung.
- Die Lichtstärkeverteilungskurve (LVK), meist dargestellt in einem Polardiagramm, zeigt, in welche Richtungen eine Lichtquelle das Licht abgibt.
- Die Beleuchtungsart beschreibt die vornehmliche Verteilung des Lichts aus der Leuchte in den unteren bzw. oberen Halbraum. Bei direkter Beleuchtung wird das Licht ausschließlich in den unteren Halbraum, d.h. nach unten zur Arbeitsfläche abgestrahlt. Eine indirekte Beleuchtung gibt das Licht ausschließlich in den oberen Halbraum, d. h. nach oben zur Decke ab. Eine direkt/indirekte Beleuchtung strahlt nach unten und oben.
- Die Abstrahlcharakteristik der Lichtquelle beschreibt die Art der direkten bzw. indirekten Abstrahlung. Die Abstrahlcharakteristik reicht von vollkommen diffus

bis stark gerichtet. Sie hängt ab von der Größe der eingesetzten Lampe (punktförmig oder linienförmig mit diffuser oder klarer Oberfläche), den Reflektormaterialien (diffus streuend bis stark spiegelnd) und der Abdeckung (diffus bzw. lenkend bis klar). Dabei ist auch die Größe der Lichtaustrittsfläche von Bedeutung.

- Das Modelling beschreibt die Ausgewogenheit zwischen gerichteten und diffusen Lichtanteilen.

## C 6 Spektrum der Lichtquelle (siehe auch B 3.6)

Zugeordnete Größen:

- Die Wellenlänge der optischen Strahlung hat die Einheit Nanometer (nm).
- Spektrale Verteilung der Strahlung einer Lichtquelle ergibt sich aus den Wellenlängen. Das Spektrum wird üblicherweise als relative Verteilung dargestellt.
- Der Farbwiedergabeindex  $R_a$  ist der Wert einer Lichtquelle und gibt den Farbeindruck von Körperfarben (acht Testfarben verglichen mit einer Bezugslichtquelle) an.
- Die spektralen Anteile bestimmen den Farbort. Die Darstellung des Farbortes erfolgt beispielsweise in Farbkoordinaten auf der Normfarbtafel.

## C 7 Regel- und Steuerbarkeit der Beleuchtung (siehe auch B 3.7)

Zugeordnete Größen:

- Die Reaktionsgeschwindigkeit beschreibt den Zeitraum, in dem bei Schalten oder Dimmen der Beleuchtung eine Veränderung zwischen zwei Zuständen wahrnehmbar ist. Der Zeitraum sollte im Bereich zwischen 300 ms und 500 ms liegen.
- Die Veränderungsgeschwindigkeit beschreibt die Geschwindigkeit, in der zwischen zwei Zuständen stetig variiert wird. Die Veränderung sollte möglichst nicht wahrnehmbar und auf keinen Fall störend sein. Der Zeitraum liegt im Bereich mehrerer Minuten.
- Mit der Verfügbarkeit ist sichergestellt, dass auch bei Einsatz von Regel- oder Steuerungssystemen das notwendige Licht zum richtigen Zeitpunkt am richtigen Ort zur Verfügung steht. So muss das Licht beispielsweise beim Betreten eines Raumes schon vorher durch den Präsenzmelder eingeschaltet werden, nicht erst, wenn der Nutzer im Raum steht.

## C 8 Bedienung der Beleuchtung (siehe auch B 3.8)

Zugeordnete Größen:

- Die Verständlichkeit der Bedienung kann über klar erkennbare Symboliken oder Beschriftungen sichergestellt werden.
- Die Größe von Bedienfeldern hat Einfluss auf die Lesbarkeit und Bedienbarkeit.
- Die Anzahl an Auswahlmöglichkeiten soll in einem guten Verhältnis zwischen Einstellmöglichkeiten durch den Nutzer und Erfassbarkeit stehen. Erfahrungswerte sagen, dass fünf bis acht Bedienmöglichkeiten geeignet sind.
- Die räumliche Erreichbarkeit beschreibt die Positionierung und Flexibilität der Bedienelemente.

## Literaturverzeichnis

- [1] Bean, A. R., Bell, R. I. (1992): The CSP index: A practical measure of office lighting quality as perceived by the office worker. *Lighting Research and Technology*, 24, 215-225.
- [2] Boyce, P. R. (2003): *Human factors in lighting*. 2. Auflage, Taylor and Francis, London/New York
- [3] Burger, J. M. (1989): Negative responses to increases in perceived personal control. *Journal of Personality and Social Psychology*, 56, 246-256
- [4] CIE 157:2004 (2004): Control of damage to museum objects by optical radiation. Commission Internationale de L'Éclairage, Technical Report, Wien
- [5] CIE 158:2009 (2009): Ocular lighting effects on human physiology and behaviour. Commission Internationale de L'Éclairage, Technical Report, Wien
- [6] CIE S 17/E:2011 (2011): ILV – International lighting vocabulary. Commission Internationale de L'Éclairage, Technical Report, Wien
- [7] CIE 222:2017 (2017): Decision scheme for lighting controls in non-residential buildings, Commission Internationale de L'Éclairage, Technical Report, Wien
- [8] CIE TN 003 (2015): Report on the first international workshop on circadian and neurophysiological photometry 2013. Commission Internationale de L'Éclairage, Wien
- [9] Cuttle, C. (2003): *Lighting by Design*, 1. Auflage, Architectural Press, Princeton
- [10] Dehoff, P. (2012): Entscheidungskriterien für Lichtmanagement – ein Bericht zum Sachstand. Tagungsband, *Licht 2012*, Berlin, 67-70
- [11] DIN EN 12464-1 (2011): Beleuchtung von Arbeitsstätten im Innenraum
- [12] DIN EN 12464-2 (2014): Beleuchtung von Arbeitsstätten im Freien
- [13] DIN EN 12665 (2011): Grundlegende Begriffe und Kriterien für die Festlegung von Anforderungen an die Beleuchtung
- [14] DIN EN 15193 (2014): Energetische Bewertung von Gebäuden – Energetische Anforderungen an die Beleuchtung
- [15] DIN EN 1838 (2013): Angewandte Lichttechnik – Notbeleuchtung
- [16] DIN SPEC 5031-100 (2015): Strahlungsphysik im optischen Bereich und Lichttechnik, Teil 100: Über das Auge vermittelte, melanopische Wirkung des Lichts auf den Menschen – Größen, Formelzeichen und Wirkungsspektren
- [17] DIN EN 62471, VDE 0837-471 (2009): Photobiologische Sicherheit von Lampen und Lampensystemen (IEC 62471:2006, modifiziert)

- [18] DIN SPEC 67600 (2013): Biologisch wirksame Beleuchtung – Planungsempfehlungen
- [19] Flynn, J. E., Hendrick, C., Spencer, T., Martyniuk, O. (1979): A guide to methodology procedures for measuring subjective impressions in lighting. *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 8, 95–110.
- [20] Ghiselli, E. E., Campbell, J. P., Zedeck, S. (1981): *Measurement theory for the behavioral sciences*. W. H. Freeman and Company, San Francisco, 491
- [21] Guth, S. K. (1951): Brightness relationships for comfortable seeing. *JOSA*, 41(4), 235–244
- [22] Guth, S. K., Eastman, A. A., McNelis, J. G. (1956): Lighting requirements for older workers. *Illuminating Engineering*, 51, 656–660
- [23] Ganslandt, R., Hofmann, H; (1992): *Handbuch der Lichtplanung*. Erco, 1. Auflage, Vieweg + Teubner Verlag, Braunschweig/Wiesbaden
- [24] Hopkinson, R. G., Collins, J. B. (1970): *The ergonomics of lighting*. Macdonald & Co., London
- [25] Illuminating Engineering Society (IES) (1912): *Light: Its use and misuse*. New York
- [26] Illuminating Engineering Society (IES) (2000): *Lighting Handbook*, 9. Auflage
- [27] Illuminating Engineering Society (IES) DG-18-08 (2009): *Light + Design: A guide to designing quality lighting for people and buildings*
- [28] Kelly, R. (1952): Lighting as an integral part of architecture. *College Art Journal*, 24–30
- [29] Kramer, H., v. Lom, W. (2002): *Licht – Bauen mit Licht*. Müller, Köln
- [30] Lam, W. M. C. (1977): *Perception and lighting as formgivers for architecture*. McGraw-Hill, New York
- [31] Licht.wissen 1 – 20, <http://www.licht.de>
- [32] LiTG-Publikation 13 (1991): Der Kontrastwiedergabefaktor CRF – ein Güte-merkmal der Innenraumbeleuchtung
- [33] LiTG-Publikation 20 (2003): Das UGR-Verfahren zur Bewertung der Direktblendung der künstlichen Beleuchtung in Innenräumen
- [34] LiTG-Publikation 25 (2011): Beurteilung der photobiologischen Sicherheit von Lampen und Leuchten
- [35] LiTG-Publikation 28 (2012): Farbwiedergabe für moderne Lichtquellen
- [36] LiTG-Publikation 30 (2013): Leitfaden zur Beleuchtung von Unterrichts- und Vortragsräumen

- [37] LiTG-Publikation 31 (2015): Farbqualität: Definition und Anwendungen
- [38] LiTG-Publikation 32 (2015): Über die nicht-visuelle Wirkung des Lichts auf den Menschen
- [39] Loe, D. L., Mansfield, K. P., Rowlands, E., (2000): A step in quantifying the appearance of a lit scene. *Lighting Research and Technology*, 32(4), 213–222
- [40] Newsham, G. R. et al., (2005): Task lighting effects on office worker satisfaction and performance and energy efficiency. *LEUKOS – Journal of Illuminating Engineering Society of North America*, 1(4), 7–26
- [41] Newsham, G. R., Marchand, R. G., Veitch, J. A., (2002): Preferred surface luminances in offices by evolution: a pilot study. *Proceedings of the IESNA Annual Conference, Salt Lake City*, 375–398
- [42] Rowlands, E., Loe, D. L., McIntosh, R. M., Mansfield, K. P. (1985): Lighting adequacy and quality in office interiors by consideration of subjective assessment and a physical measurement. *CIE Journal*, 4, 23–37
- [43] Sanders, P. A., Collings, B. L. (1996): Post-occupancy evaluations of the forrestal of the fonestal building. *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 24(2), 89–103
- [44] Schierz, C. (1995): Wahrnehmung und Bewertung künstlich beleuchteter Räume. Studie im Auftrag der Zumtobel AG
- [45] Stein, B., Reynolds, J. S., McGuinness, W. J. (1986): *Mechanical and electrical equipment for buildings*, 7. Auflage, Wiley, New York
- [46] Tabuchi, Y., Matsushima, K., Nakamura, H. (1995): Preferred illuminances on surrounding surfaces in relation to task illuminance in office room using task ambient lighting. *Journal of Light and the Visual Environment*, 19, 28–39
- [47] Tayler, L. H., Sucov, E. W., Shafferm D. H. (1975): Office lighting and performance. *Lighting Design and Application*, 5(5), 30–36
- [48] Tralau, B. (2007): Bewertung der Lichtqualität mit dem Ergonomic Lighting Indicator. Diplomarbeit, TU Ilmenau
- [49] Veitch, J. A., Newsham, G. R. (1998): Determination of lighting quality I: state of the science. *Journal of the Illumination Engineering Society*, 27(1), 92–106
- [50] Veitch, J. A., Guy, R. (1996): Determinants of lighting quality I: state of the science. *Annual Conference of the Illuminating Engineering Society (IES)*, Cleveland
- [51] Veitch, J. A. (2001): Psychological processes influencing lighting quality. NRCC-42469
- [52] Veitch, J. A., Newsham, G. R. (2006): Quantifying lighting quality based on experimental investigations of end user performance and preference. NRCC-38940



- [53] Veitch, J. A, Newsham, G. R., (2000): Preferred luminous conditions in open-plan offices: research and practice recommendations. *Lighting Research and Technology*, 32(4), 199–212
- [54] Veitch, J. A. et al. (2010): Lighting and office renovation effects on employee and organizational well-being. IRC-RR-306

## Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1 Prozessschritte und Methoden zur Beschreibung der Lichtqualität
- Abbildung 2 Gruppenbüro von der Beleuchtungsplanung
- Abbildung 3 Visualisierung von Lichtlösung 1 mit Deckeneinbauleuchten
- Abbildung 4 Visualisierung von Lichtlösung 2 mit farbtemperaturveränderlichen Direkt/Indirektleuchten und zusätzlichen Downlights
- Abbildung 5 Prozessschritte und Methoden zur Beschreibung der Lichtqualität
- Abbildung 6 Skalierung der Gewichtung zur Erfüllung der Anforderungen

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Überblick über die Aspekte der Lichtqualität
Tabelle 2	Individuelle Anforderungen und die anzuwendenden Gestaltungsfelder im Überblick
Tabelle 3	Soll/Ist-Vergleich der Bewertungsgrößen für Lichtlösung 1
Tabelle 4	Soll/Ist-Vergleich der Bewertungsgrößen für Lichtlösung 2
Tabelle 5	Überblick über die projektspezifischen Nutzeranforderungen für das Beispiel des Gruppenbüros
Tabelle 6	Tabellarische Darstellung der »sehr relevanten« und »relevanten« Gestaltungsmittel zur Erfüllung der Anforderungen
Tabelle 7	Soll/Ist-Vergleich der Bewertungsgrößen der Lichtlösung 1
Tabelle 8	Bewertungsgrößen für Lichtlösung 1 im Detail
Tabelle 9	Soll/Ist-Vergleich der Bewertungsgrößen der Lichtlösung 2
Tabelle 10	Bewertungsgrößen für Lichtlösung 2 im Detail
Tabelle 11	Überblick über die Anforderungen
Tabelle 12	Büro: Gewichtung der typischen Anforderungen sowie Gewichtung der Anforderungen in einzelnen Raumtypen
Tabelle 13	Bildung: Gewichtung der typischen Anforderungen sowie Gewichtung der Anforderungen in einzelnen Raumtypen
Tabelle 14	Krankenhaus: Gewichtung der typischen Anforderungen sowie Gewichtung der Anforderungen in einzelnen Raumtypen
Tabelle 15	Pflege: Gewichtung der typischen Anforderungen sowie Gewichtung der Anforderungen in einzelnen Raumtypen
Tabelle 16	Industrie: Gewichtung der typischen Anforderungen sowie Gewichtung der Anforderungen in einzelnen Raumtypen
Tabelle 17	Kunst und Kultur: Gewichtung der typischen Anforderungen sowie Gewichtung der Anforderungen in einzelnen Raumtypen
Tabelle 18	Hotel und Restaurant: Gewichtung der typischen Anforderungen sowie Gewichtung der Anforderungen in einzelnen Raumtypen
Tabelle 19	Shop: Gewichtung der typischen Anforderungen sowie Gewichtung der Anforderungen in einzelnen Raumtypen
Tabelle 20	Individuelle Anforderungen und die anzuwendenden Gestaltungsmittel im Überblick
Tabelle 21	Maßnahmen zur Erfüllung der Anforderungen für das Gestaltungsmittel »Lichtstrom der Lichtquelle«
Tabelle 22	Maßnahmen zur Erfüllung der Anforderungen für das Gestaltungsmittel »Relative Größe der Lichtaustrittsfläche«
Tabelle 23	Maßnahmen zur Erfüllung der Anforderungen für das Gestaltungsmittel »Anzahl, Anordnung und Position der Lichtquelle(n)«
Tabelle 24	Maßnahmen zur Erfüllung der Anforderungen für das Gestaltungsmittel »Lichtfarbe«
Tabelle 25	Maßnahmen zur Erfüllung der Anforderungen für das Gestaltungsmittel »Lichtverteilung«
Tabelle 26	Maßnahmen zur Erfüllung der Anforderungen für das Gestaltungsmittel »Spektrum einer Lichtquelle«
Tabelle 27	Maßnahmen zur Erfüllung der Anforderungen für das Gestaltungsmittel »Regel- oder Steuerbarkeit der Beleuchtung«
Tabelle 28	Maßnahmen zur Erfüllung der Anforderungen für das Gestaltungsmittel »Bedienung der Beleuchtung«
Tabelle 29	Zuordnung der Merkmale zu den Gestaltungsmitteln, die zur Bewertung der Anforderungen herangezogen



Die **Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e.V. (LiTG)** mit über 100-jähriger Tradition versteht sich als dynamisches Netzwerk und Wissensplattform für alle Licht-Interessierten. Sie gliedert sich in 16 Bezirksvertretungen mit rund 2300 Mitgliedern. Sie wird geleitet durch einen Vorstand und einen Vorstandsrat. Fachliche Belange behandelt der Technisch-Wissenschaftliche Ausschuss (TWA).

Die **LiTG** verbindet Wissenschaftler aus Forschung und Lehre, Ingenieure und Techniker aus Entwicklung, Fertigung, Projektierung und Vertrieb, Mitarbeiter aus Bundes- und Landesministerien sowie Kommunalverwaltungen, Architekten, Innenarchitekten, Lichtplaner, Elektrofachplaner, Handwerker, Produktdesigner, Mediziner, Künstler und Studierende. Zu ihren korporativen Mitgliedern zählen wissenschaftliche Institutionen, Fachverbände und Organisationen, Unternehmen aus allen Bereichen der Lichtindustrie, Stadtverwaltungen, Energieversorger, Architektur-, Ingenieur- und Lichtplanungsbüros.

Die **LiTG** fördert die Lichttechnik in Theorie und Praxis auf regionaler, nationaler und internationaler Ebene. Sie engagiert sich mit ihrer Fortbildung »Geprüfter Lichtexperte (LiTG)« auf Basis des europäischen Bildungsstandards »European Lighting Expert (ELE)« in der fachlichen Aus- und Weiterbildung und in der Forschung. Sie bietet ein breitgefächertes Programm aus Vorträgen, Diskussionen und

Exkursionen, das über innovative Anwendungen, Produkte, Dienstleistungen, Forschungsvorhaben und Normen und Gesetze informiert.

Die **LiTG** beteiligt sich an der Erarbeitung nationaler und internationaler Normen und Vorschriften und kooperiert dazu mit nationalen und internationalen Fachorganisationen (z. B. DIN, CEN, ISO, CIE) sowie den lichttechnischen Gesellschaften aus aller Welt. Sie veranstaltet wissenschaftliche Fachtagungen zu aktuellen Themen auf nationaler und internationaler Ebene.

Die **LiTG** erstellt und verbreitet Arbeits- und Forschungsergebnisse mit neuesten lichttechnischen Erkenntnissen in Form allgemein verständlicher technisch-wissenschaftlicher Publikationen zu folgenden Schwerpunkten:

- **Außenbeleuchtung**
- **Melanopische Lichtwirkungen**
- **Lichtmanagement**
- **Fahrzeugbeleuchtung**
- **Farbe**
- **Innenbeleuchtung**
- **Lichtarchitektur**
- **Lichtquellen und Leuchten**
- **Messen, Bewerten und Berechnen**
- **Physiologie und Wahrnehmung**
- **Tageslicht**

LiTG-Publikationen sind frei von kommerziellen Zielen.



**Deutsche Lichttechnische  
Gesellschaft e.V.**

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)