

# licht.wissen 21

Leitfaden Human Centric Lighting (HCL)



Freier Download auf  
[www.licht.de](http://www.licht.de)

# Vorwort

Mit der Erfindung des elektrischen Lichts und der damit einhergehenden industriellen Revolution am Anfang des 20. Jahrhunderts hat sich eine Gesellschaft entwickelt, die ohne diese Innovation nicht hätte entstehen können.

Der Schritt vom „konventionellen“ elektrischen Licht bis hin zur digitalen LED-Technologie ist ein Paradigmenwechsel, der sich in rasantem Tempo vollzieht. Für Planer bedeutet das, dass neben der Beherrschung physikalischer Größen und bekannter Kriterien, wie Kontrastwiedergabe und Blendung, auch neue „Qualitätsmerkmale“ hinzukommen. Mit dem Ansatz des **Human Centric Lighting (HCL)** spielen die Farbtemperatur des Lichts sowie die Intensität im Wechselspiel mit beleuchteten Materialien und der menschlichen Wahrnehmung eine neue Rolle. Neben der visuellen Wirkung und der Energieeffizienz gilt es nun, auch die biologischen und emotionalen Wirkungen des Lichts auf den Menschen zu optimieren.

Der Rezipient und seine individuellen Bedürfnisse stehen im Vordergrund. Architekten und Planer stehen vor neuen Herausforderungen, für die dieser Leitfaden Orientierung und Anleitung bieten soll. Um interessierten Planern und Architekten ein Werkzeug für die Umsetzung von HCL an die Hand zu geben, wurde dieser Leit-

faden entwickelt. Darin wird veranschaulicht, was der Terminus Human Centric Lighting beinhaltet. Praxisnahe Beispiele zeigen, wie Anwender ein HCL-Konzept für verschiedene Raumszenarien und Nutzungen wie Industrie, Schule, Büro oder auch im privaten Wohnbereich erstellen können. Zudem geht der Leitfaden auf die Anforderungen der modernen Gesellschaft mit flexiblen Arbeitstagen, der Schichtarbeit oder einem frühen Schulbeginn ein.

Licht ist mehr als ein Medium zum Sehen: Licht steuert unsere Grundstimmung und den Schlafrythmus, es aktiviert oder beruhigt. Es ist ganz wesentlich verantwortlich für unsere Akzeptanz der räumlichen Umgebung. Der Bedeutung der modernen Beleuchtung werden sich auch immer mehr Konsumenten wie Auftraggeber bewusst. Eine Marktstudie der internationalen Unternehmensberatung A.T. Kearney prognostiziert, dass Human Centric Lighting mittelfristig einen nicht zu vernachlässigenden Anteil am Beleuchtungsmarkt haben wird. Die Nachfrage steigt. Architekten und Planer müssen für die neuen Ansprüche ihrer Kunden gerüstet sein. Eine zeitgemäße Lichtplanung bedeutet einen HCL-konformen Planungsprozess – zielgerichtet und mit langfristiger Wirkung. Durch diese Planung und den HCL-konformen Betrieb können die Leistungsfähig-



keit und auch das Wohlbefinden der Menschen unterstützt werden. Wichtig hierbei ist, dass alle Faktoren, von der Farbtemperatur bis hin zur Lichtrichtung, ganzheitlich betrachtet und aufeinander abgestimmt werden. Neben den visuellen und biologischen Wirkungen müssen auch die emotionalen Wirkungen des Lichts im Raum eine hohe Gewichtung bekommen. Planer und Architekten sollen diese Faktoren kennen und in ihre Planungsprozesse von Anfang an integrieren.

Mit freundlichen Grüßen

Prof. Andreas Schulz  
Licht Kunst Licht; IALD

# Inhalt

Einleitung	<b>4</b>
Definition von Human Centric Lighting (HCL)	<b>5</b>
HCL-Konzept – näher betrachtet	<b>6</b>
Mit HCL über den Tag: Ein beispielhafter Tagesablauf	<b>7</b>
HCL – Planung und Betrieb	<b>14</b>
Für Planer: Template Informationsblatt zur HCL-Beleuchtung	<b>18</b>
Werte für die Wirkung des Lichts nach dem HCL-Konzept	<b>19</b>
Beispiele für vier Anwendungen	<b>24</b>
Büro	<b>26</b>
Schule	<b>28</b>
Industrie	<b>30</b>
Privat	<b>32</b>
Glossar	<b>34</b>
Die Schriftenreihe von licht.de	<b>38</b>
Alles über Beleuchtung!	<b>39</b>

# Einleitung

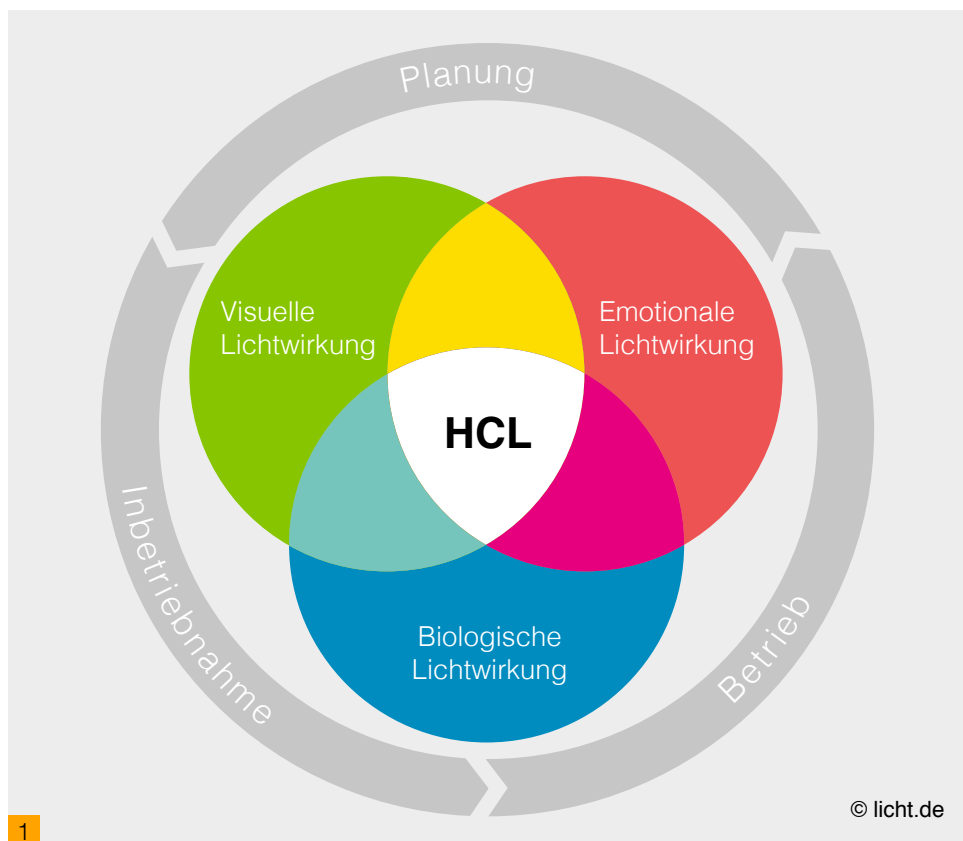
Sehen zu können ist ein Wunder der Evolution. Der Sehsinn ermöglicht uns die Orientierung im Raum, zielgerichtete Bewegungen, das Steuern der inneren Uhr, das Empfinden von Emotionen und die Kommunikation mittels Gesten, Zeichen und Schrift.

Das Auge ist Mittler für den Sehsinn. Die Zapfen ermöglichen das Sehen von Farben, sie benötigen dafür Licht in ausreichendem Maß. Bei wenig Licht funktionieren die Stäbchen, die auch bei geringen Helligkeiten Wahrnehmungen erlauben, dann allerdings ohne Farbeindruck.

Ein dritter Rezeptor wurde erst um die Jahrtausendwende entdeckt, welcher in direktem Zusammenhang mit der Taktung unserer inneren Uhr (SCN) steht. Diese speziellen Ganglienzellen reagieren auf sichtbares Licht im kurzwelligen „weiß/bläulichen“ Spektralbereich. Das in den Zellen enthaltene Protein Melanopsin wird durch dieses Licht angeregt, sodass der suprachiasmatische Nucleus, die im Gehirn enthaltene Schaltzentrale, einen Reiz erhält. Dieser Reiz wird über die Verbindung zwischen der Retina und dem Hypothalamus, wo sich der SCN befindet, transportiert. Von dort wird sowohl die innere Uhr als auch die Aktivität und Leistungsfähigkeit gesteuert.

In einem üblichen Rhythmus produziert die Epiphyse am Abend und in der Nacht Melatonin, welches unter anderem für einen gesunden Schlaf zuständig ist. Am Morgen und während des Tages geht das Melatonin zurück, andere Botenstoffe regen den Körper an. Dieser circadiane Rhythmus wird ganz wesentlich durch das Licht beeinflusst (Mehr hierzu findet sich in licht.wissen 19). Der dritte Rezeptor gibt also Impulse für den Schlaf-Wach-Rhythmus. Dieser Rhythmus wird üblicherweise vom natürlichen Tageslicht geprägt. Für die physische und psychische Gesundheit des Menschen ist es deswegen empfehlenswert, den Lebensrhythmus nach dem Tageslichtverlauf zu richten und natürliches Licht, wo immer möglich, zu nutzen.

Unsere Arbeitswelt verlangt von uns jedoch häufig vom natürlichen Tag-Nacht-Rhythmus abzuweichen. In nördlichen Breiten zieht sich auch im Winter die



Arbeitszeit über die dunklen Morgen- und Nachmittagstunden hin. Grundsätzlich verlängern künstliche Lichtquellen die Lichtphasen des Tages und erlauben eine „Rund-um-die-Uhr-Beschäftigung“. Licht hat die Arbeits- und Lebenswelt verändert, seit künstliche Beleuchtung jederzeit verfügbar ist und die Nacht zum Tage macht. Bis in die jüngste Zeit war und ist es gut, Licht anzuschalten, um gut zu sehen und um die Umwelt angenehm erlebbar zu machen. Oft gilt auch in der Nacht: je mehr Licht, desto mehr Aufmerksamkeit. Mit der Erkenntnis, dass Licht nicht nur besseres Sehen und eine eindrucksvollere Umwelt beschert, sondern auch die natürliche Ermüdung am Abend und sogar das Schlafverhalten in der Nacht beeinträchtigen kann, wird der richtigen Beleuchtung zu jeder Zeit mehr Sorgfalt abverlangt. Im Mittelpunkt einer Lichtlösung soll der

Mensch stehen. Mit Human-Centric-Lighting-Konzepten bietet sich nun die Chance, die Beleuchtung ganzheitlich zu entwerfen und besser mit dem natürlichen Rhythmus des Menschen in Einklang zu bringen.

In diesem Leitfaden werden die vielfältigen Eigenschaften von Licht und deren Wirkungen auf den Menschen – visuell, emotional und biologisch – näher betrachtet. Human-Centric-Lighting-Konzepte bieten eine Basis, das Zusammenspiel von künstlichem und Tageslicht bestmöglich zu gestalten. Dies setzt eine kompetente Planung voraus. Auch Installation und Betrieb folgen den Planungsvorgaben. Im Gesamtkontext weist dieser Leitfaden auch auf eine Nutzer- und Bedienungsinformation hin, um gezielt die Vorteile von Human Centric Lighting zu nutzen.

# Definition

Licht dient nicht nur visuellen Ansprüchen, sondern hat immer auch emotionale und biologische Wirkungen auf den Menschen. Beim Entwurf eines Lichtkonzepts steht der Mensch im Mittelpunkt – **Human Centric Lighting**, kurz: **HCL**.

**Human Centric Lighting (HCL)** steht für ein Beleuchtungskonzept, das dem Nutzer zu jeder Zeit das beabsichtigte Licht bereitstellt, welches seiner jeweiligen Lebens- oder Arbeitssituation angemessen ist. Kurz gesagt, ermöglichen HCL-Konzepte das richtige Licht für jede Zeit des Tages und des Jahres. HCL definiert sich wie folgt:

Licht wirkt vielfältig und immer – visuell, emotional und biologisch. Human Centric Lighting (HCL) unterstützt zielgerichtet und langfristig die Gesundheit, das Wohlbefinden und die Leistungsfähigkeit des Menschen durch ganzheitliche Planung und Umsetzung der visuellen, emotionalen und insbesondere der biologischen Wirkungen von Licht.

2

HCL-Konzepte sind frühzeitig im Projekt zu verankern und bilden die Grundlage für eine ganzheitliche interdisziplinäre Planung. Das natürliche Tageslicht, sofern architektonisch möglich, wird einbezogen. Die Beleuchtungsanlage wird entsprechend der Lichtplanung installiert und betrieben. Der Nutzer erhält darüber eine Information, damit er den Nutzen der Beleuchtung erkennt und das Licht bedienen kann.

Licht hat am Tag eine andere Wirkung als in der Nacht – darauf sollte das Lichtkonzept eingehen und eine entsprechende Veränderbarkeit bieten, was Voraussetzung für eine gute Beleuchtung ist, sodass die Vorgaben für gute visuelle Qualität erfüllt werden. Zudem gestaltet Licht Räume. Wenn kein Tageslicht vorhanden ist, entsteht eine Kunstlichtsituation mit einer eigenen Identität. Diese Kunstlichtsituation soll die vorhandene Raumwahrnehmung nicht verfremden. Schließlich wirkt Licht biologisch, während am Tage eher aktivierende Wirkungen erwartet werden, sollten diese am Abend eher vermieden werden, um den circadianen Rhythmus zu stabilisieren. Die

Beleuchtung sollte daher einen dynamischen Wechsel zwischen verschiedenen Beleuchtungsszenarien, vom Morgen über den Tag bis zum Abend und der Nacht, ermöglichen. Ein Sonderfall ist die Schichtarbeit in der Nacht (weitere Informationen zur Schichtarbeit auf Seite 22).

In vielen Fällen wird der Ansatz einer hellen und tageslichtähnlichen Beleuchtung am Tag und eines warmweißen, in der Helligkeit reduzierten Lichtniveaus am Abend verfolgt.

Näher betrachtet ist das HCL-Konzept wesentlich anspruchsvoller und geht deutlich über die bloße Anpassung von Beleuchtungsstärke und Farbtemperatur hinaus: Die Wirkung der Beleuchtung wird ganzheitlich betrachtet. Neben der Sehaufgabe und den biologischen Wirkungen wird daher auch berücksichtigt, in welchem Kontext die Beleuchtung eingesetzt wird. Handelt es sich um eine konzentrierte, leistungsorientierte Umgebung oder soll Licht eher entspannend wirken? Ändern sich die Anforderungen über den Tag? Gibt es unterschiedliche räumliche Bereiche für unterschiedliche Aufgaben? Auch andere Aspekte (z. B. Licht zur Förderung von Kreativität oder zur Beruhigung) können erweiterte Anforderungen an das Lichtkonzept stellen.

Der gezielte und fachliche Einsatz von Licht zu Therapiezwecken geht über ein HCL-Konzept hinaus und ist nicht Gegenstand dieses Leitfadens.

Letztlich soll Licht nach dem HCL-Konzept dem Nutzer dienen, von diesem bedient werden können und auf Dauer seine Erwartung erfüllen.

[1] Die Darstellung zeigt die drei Wirkungen, die für HCL-Konzepte ausschlaggebend sind. HCL-Konzepte müssen bereits in der Planung sowie bei Inbetriebnahme und im Betrieb beachtet werden.

[2] Definition des ZVEI zu Human Centric Lighting. Siehe Positionspapier des ZVEI vom September 2016 unter: [www.zvei.org/presse-medien/publikationen](http://www.zvei.org/presse-medien/publikationen)



# HCL-Konzept – näher betrachtet

Um eine Beleuchtung energieeffizient umzusetzen und die langfristige Wirkung auf den Menschen und Gesundheit, Wohlbefinden und Leistungsfähigkeit zu gewährleisten, sollte eine integrierende, ganzheitliche Licht- und Raumplanung sowie die entsprechende Installation und Inbetriebnahme sichergestellt werden. Die Nutzung und die Wirkung von Licht muss von Beginn an in den Planungsprozess einbezogen werden. Es gilt, alle Gewerke, Produkte und Materialien gut aufeinander abzustimmen. Nur eine langfristig, entsprechend den Planungsvorgaben, betriebene und funktionierende Beleuchtungsanlage erfüllt die Bedürfnisse der Menschen.

HCL dient der Erfüllung eines ganzheitlichen und zielgerichteten Ansatzes, mit dem Menschen im Mittelpunkt der Planung und des Betriebs einer Beleuchtungsanlage. Grundsätzlich wirkt Licht immer auf den Menschen – bewusst oder unbewusst. Die Wirkung kann geplant sein oder ungeplant erfolgen. Es ist daher erforderlich, dass nach „guten“ und damit bedarfsgerechten Kriterien geplant wird.

Laut Definition des HCL-Konzeptes setzen folgende Begrifflichkeiten Maßstäbe: visuell, emotional und biologisch sowie zielgerichtet und langfristig. Das bedeutet im Einzelnen:

## Visuell

Gute Erkennbarkeit erleichtert das Arbeiten. Dafür sind Mindestkriterien in normativen und gesetzlichen Regelwerken festgelegt, um die Erfüllung der Sehaufgaben bei verschiedenen Tätigkeiten in den Arbeitsbereichen zu ermöglichen. Normen wie die DIN EN 12464-1 „Beleuchtung von Arbeitsstätten“ bieten Planern Mindestwerte für die Auslegung einer Beleuchtungsanlage. Der Betreiber achtet auf die Einhaltung der Beleuchtungskriterien aufgrund der Verordnung für Arbeitsstätten und den Regeln für Arbeitsstätten ASR A 3.4. DGUV-Schriften bieten wertvolle Hinweise für den Betrieb der Beleuchtung.

Optimale visuelle Bedingungen sollten immer das Ziel der Planung und des Betriebs sein. Individuelle Besonderheiten, wie z. B. höherer Lichtbedarf bei älteren Menschen, müssen maßgeschneidert und passend geplant werden.

## Emotional

Architektonische, formalästhetische und wahrnehmungspsychologische Kriterien sowie Erwartungshaltungen sind zu berücksichtigen, um das Wohlbefinden des

Menschen in seinem sozialen Umfeld zu unterstützen. Diese Kriterien folgen Regeln und interdisziplinären Leitsätzen, die einer guten Praxis entspringen. Sie sind kaum in Zahlen zu fassen und nicht in Normen und Vorschriften zu finden. Beachtet man eine ansprechende erwartungskonforme Gestaltung des Raumes mit Licht und seinen formalen Elementen, kann von mehr Akzeptanz, Zufriedenheit und Wohlbefinden ausgegangen werden.

## Biologisch

Biologische Wirkungen müssen mit großer Sorgfalt berücksichtigt und geplant werden. Sie wirken auf den circadianen Rhythmus und können stabilisierend das Bedürfnis, einerseits nach Leistungsfähigkeit am Tage und andererseits nach gutem Schlaf in der Nacht, unterstützen. Kurzfristig können sie die Aufmerksamkeit und Wachheit erhöhen.

Empfehlungen und Hinweise zur Planung biologischer oder melanopischer Wirkungen sind in den Schriften der DIN SPEC 5031-100 und DIN SPEC 67600 sowie in der neuen DGUV-Information zur nicht-visuellen Wirkung von Licht im Rahmen des Arbeitsschutzes zu finden.

Nachteilige biologische Wirkungen durch falsches Licht zur entsprechenden Zeit können durch ein gutes HCL-Konzept vermieden werden.

## Zielgerichtet

Zielgerichtet bedeutet, dass durch HCL-Lichtkonzepte das Ziel verfolgt wird, eine positive Wirkung auf den Menschen zu erreichen, die sich an seinen Erwartungen orientiert und die er versteht und nutzt. Sie berücksichtigen umfassend die Wirkungen des Lichts.

## Langfristig

Langfristig bedeutet, dass die visuellen, emotionalen und biologischen Wirkungen sich nachhaltig und auf Dauer positiv auf den Menschen auswirken. Auch kurzzeitige Effekte, z. B. zur Erregung von Aufmerksamkeit, gehören dazu, sofern sie keine langfristig negativen Wirkungen haben, z. B. auf das Schlafverhalten. Darüber hinaus bedeutet „langfristig“ auch den Betrieb der Anlage entsprechend den Vorgaben der Planung langfristig sicher zu stellen oder weiter zu verbessern.

Über die Bedienung und die Wirkung des HCL-Konzeptes soll der Nutzer informiert sein.

# Mit HCL über den Tag

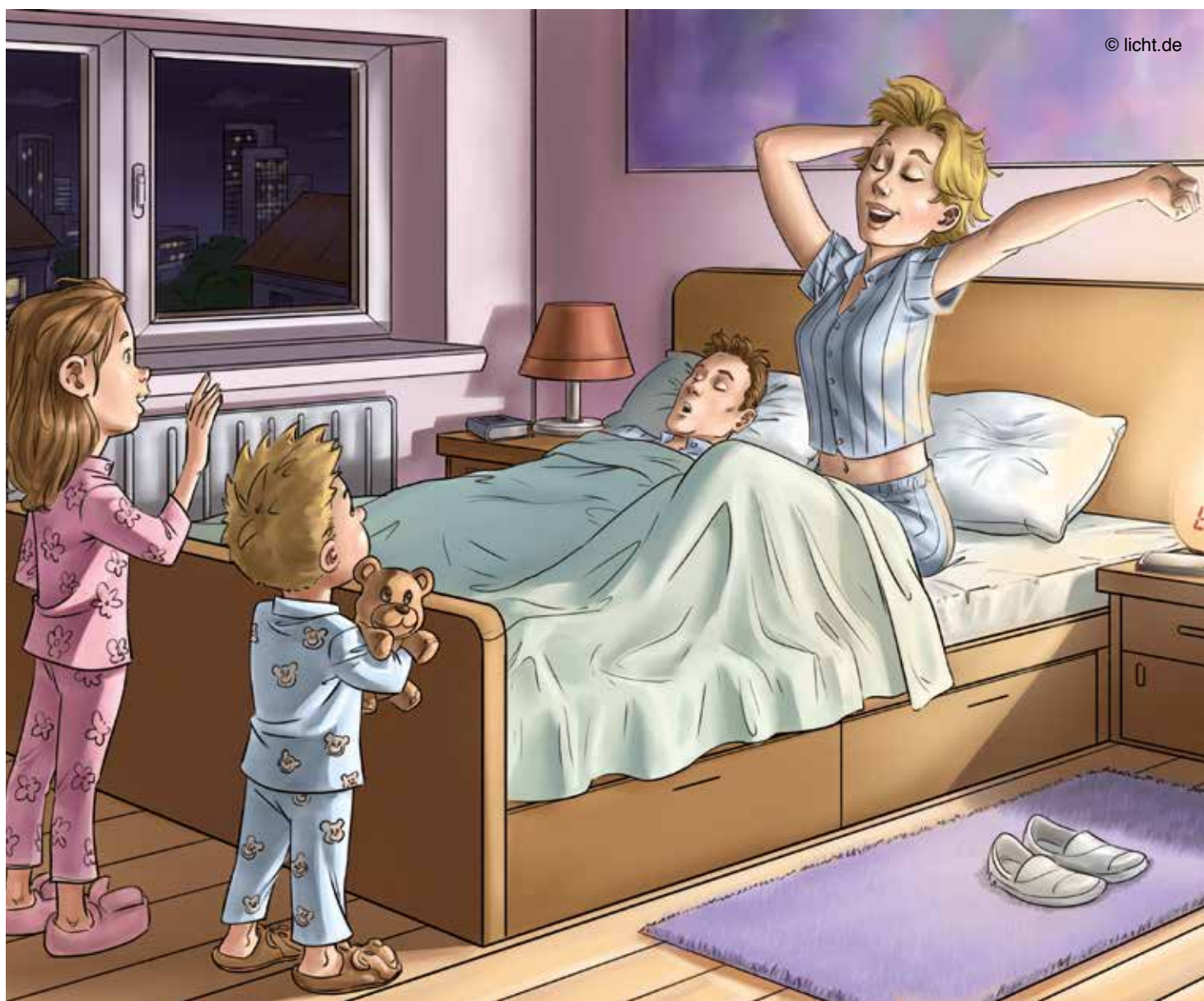
## Ein beispielhafter Tagesablauf

Licht wirkt immer: visuell, emotional und biologisch. Mit Human Centric Lighting erlebt der Nutzer zu verschiedenen Tages- und Jahreszeiten das richtige Licht zur richtigen Zeit. Der Mensch bemerkt die Wirkung bewusst oder erlebt sie unbewusst. Ein typisches Merkmal eines

HCL-Beleuchtungskonzepts ist die am natürlichen Tageslichtverlauf orientierte dynamische Beleuchtung mit einem Wechsel zwischen verschiedenen Beleuchtungsszenarien. Der Tagesablauf des Menschen ist ursprünglich geprägt vom Helligkeitsverlauf des Tageslichts. Allerdings können wir diesen nur noch sehr selten bei der Arbeit

auf natürliche Art erfahren. Meistens verbringt der Mensch den Tag in geschlossenen Räumen und mit einem Zeitdiktat, das sich nicht am Tageslicht orientiert.

Wie erlebt ein Mensch einen Tag, wenn ihn das künstliche Licht bestmöglich unterstützt?



**6.00 Uhr:** Am Morgen wiederholt sich für die meisten Menschen unter der Woche das Aufstehen etwa zur gleichen Zeit. Bei manchen schon um fünf Uhr, für andere wiederum erst um acht Uhr. In vielen Fällen wacht man durch

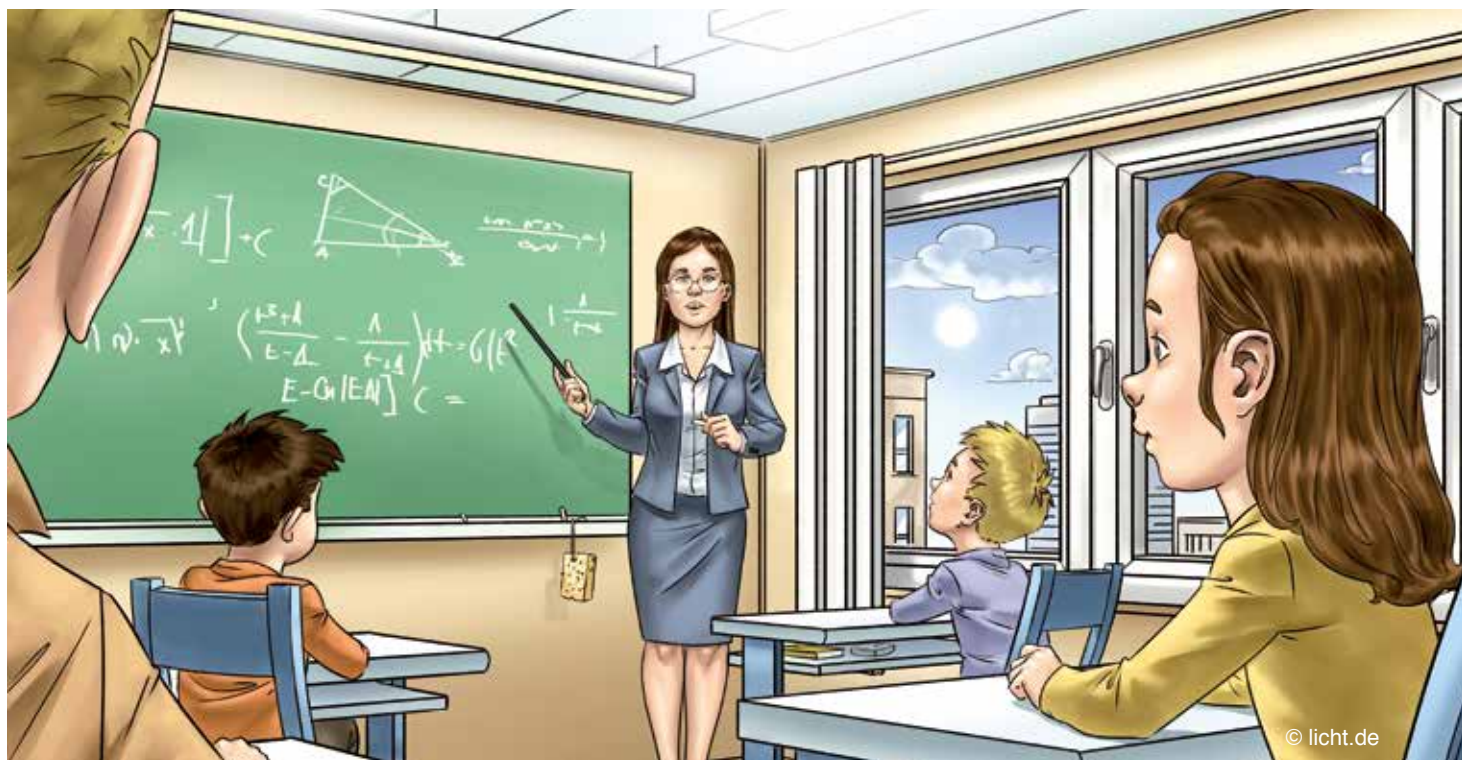
einen Wecker auf, oft zu einer Zeit, die nicht dem eigenen natürlichen Schlafrythmus entspricht und zu der man je nach Chronotyp, noch nicht ausgeschlafen hat. Künstliches Licht kann durch sanft ansteigende Helligkeit das

Aufwachen erleichtern und helfen, in den Tag zu kommen. Das künstliche Licht kann auch dabei helfen, den persönlichen Schlafrythmus an die gewünschte Aufwachzeit anzunähern (Tageslichtwecker).





**7.00 Uhr:** Schon beim Frühstück kann ein helleres und aktivierendes Licht in Tageslichtqualität (mit höheren Blauanteilen) einen zügigen Start in den Tag fördern. Lichtquellen, wie Flächenleuchten an den Wänden (Wallwasher) verteilen das künstliche Licht und schaffen somit eine angenehme Atmosphäre, in der man bei Kaffee und warmen Brötchen wach werden kann.



**8.00 Uhr:** Der Arbeits- oder Unterrichtsbeginn – sommers wie winters zur gleichen Zeit – kann durch helles, flächiges Licht unterstützt werden. Visuell, mit der normativ erforderlichen Beleuchtungsstärke für die Sehaufga-

be; biologisch, mit einer am Tageslicht orientierten Lichtfarbe und entsprechender vertikaler Helligkeit am Auge, vorzugsweise großflächig aus Richtung Raumdecke oder Wand strahlend. Das richtige Licht unterstützt

die Schüler und Schülerinnen beim Lernen: Die Konzentration wird gesteigert und das gemeinsame Lernen wird leichter und macht Spaß.





**9.00 Uhr:** Während des Arbeitstages unterstützt das Licht den Menschen bei der Arbeit. In einem modernen Arbeitsumfeld werden sowohl die visuellen als auch die emotionalen Wirkungen von Licht beachtet. Moderne, dem Umfeld angepasste Lichtkonzepte, erleichtern die Arbeit, erhöhen die Konzentration und sind perfekt auf die Sehaufgaben der Mitarbeiter ausgerichtet. Es sollte darauf geachtet werden, die Mindestwerte am Auge durch eine ausreichende vertikale Beleuchtungsstärke einzuhalten. Höhere Beleuchtungsstärken und Lichtfarben über 5.500 Kelvin helfen dabei, die Leistungs- und Konzentrationsfähigkeit länger aufrechtzuerhalten.

**10.00 Uhr:** Optimale Produktionsergebnisse hängen wesentlich von der Leistungsbereitschaft der Mitarbeiter ab. Richtiges Licht hilft, die Motivation zu steigern, beugt Ermüdung vor, erhält die Gesundheit und hilft dabei, Arbeitsunfälle zu vermeiden. Auch bei der Hallenbeleuchtung gilt es, die Beleuchtung den Anwendungsbereichen zuzordnen. Hier kommt hinzu, dass u. a. in der Industrie verschiedene Arbeitsmodelle (Früh-, Spät-, Nachtschicht) bei der Planung und Umsetzung von Beleuchtungskonzepten zu berücksichtigen sind.





**12.30 Uhr:** Auch Pausenräume, z. B. in der Schule und im Kindergarten oder in der Produktion, sollten ansprechend gestaltet sein und durchaus „schönes“ und motivierendes oder auch entspannendes Licht bieten. Grundsätzlich gilt: Pausen im Freien zu genießen ist zu empfehlen. Ist dieses nicht möglich, kann es im Innenraum fast genauso schön sein wie draußen. Voraussetzung ist, dass die Innenräume eine tageslichtähnliche Atmosphäre bieten. Hierzu sollten hohe Farbtemperaturen genutzt werden, dann machen Lesen und Spielen fast so viel Spaß wie im Freien.



© licht.de



© licht.de

**14.00 Uhr:** Für Besprechungen, Meetings und Präsentationen gilt: angenehm gestaltete Räume, motivierende Lichtstimmung für Diskussionen, fokussierendes Licht für Präsentationen. Helle Lichtflächen und entsprechende vertikale Beleuchtungsstärken wirken der natürlichen Müdigkeit entgegen, die in gedimmtem Licht entstehen kann. Die verschiedenen Lichtstimmungen, je nach Bedarf, können durch Kunstlicht von selbstleuchtenden Flächen, hell beleuchteten Wandflächen oder großflächigen Deckenleuchten, erzeugt werden.





© licht.de

**17.00 Uhr:** Die Begleitung in den Feierabend erfolgt ebenfalls mit Licht. Nach einem intensiven Arbeitstag signalisiert der Wechsel zu warmen Lichtfarben den kommenden Abend. Spättypen, die morgens später anfangen und dafür am Abend länger aktiv

bleiben, können die natürliche Tageshelligkeit an kurzen Tagen im Winter auch über den Sonnenuntergang hinaus mit künstlicher Beleuchtung verlängern. Die Lichtzeiten sollten einer gewissen Regelmäßigkeit unterliegen. Am frühen Morgen ist es für das circa-

diane System einer Eule „unnatürlich“ das Arbeiten zu beginnen und für eine Lerche am späten Abend mithilfe von Licht das Arbeiten zu ermöglichen. Einzelne Ausnahmen sind unproblematisch. Ein ständiger Wechsel sollte vermieden werden.

**18.00 Uhr:** Abendliche Unternehmungen, sei es Einkaufen, Essengehen oder andere Aktivitäten, sollten durch geeignetes Licht unterstützt werden. Supermärkte und Einkaufszentren sollten warme Lichtfarben am späten Abend nutzen, aber eine ausreichende Beleuchtungsstärke bieten, um die Sehauflagen zu erfüllen. In Restaurants kommt dann gedämpfte Beleuchtung mit warmen Farben zum Einsatz, um eine angenehme, entspannende Atmosphäre zu schaffen. Eine einladene Atmosphäre gilt auch für die Einkaufsläden und unterstützt nicht nur das Einkaufen nach dem Alltagsstress, sondern auch die Vorfreude auf das gemeinsame Abendbrot mit der Familie.



© licht.de



**19.00 Uhr:** Zu Hause klingt der Tag mit warmen Lichtfarben aus. Licht soll nun genau so hell sein, dass man sich wohlfühlt und gut zurechtfindet. Die Entspannung steht jetzt meist im Vordergrund!



**20.00 Uhr:** Seit Jahren gibt es Software, die auf PCs installiert werden kann und die die Hintergrundfarbe des Bildschirms der Tageszeit anpasst. Auch für iOS und Android gibt es inzwischen Apps wie „Nightshift“ oder „Night Mode“, die bei Sonnenuntergang den Bildschirmhintergrund auf wärmere Farben umstellen. Das reduziert die Lichtwirkung auf das biologische System um 60 bis 70 Prozent und unterstützt dabei, negative Wirkungen von Licht auf Schlaf und Erholung zu reduzieren.

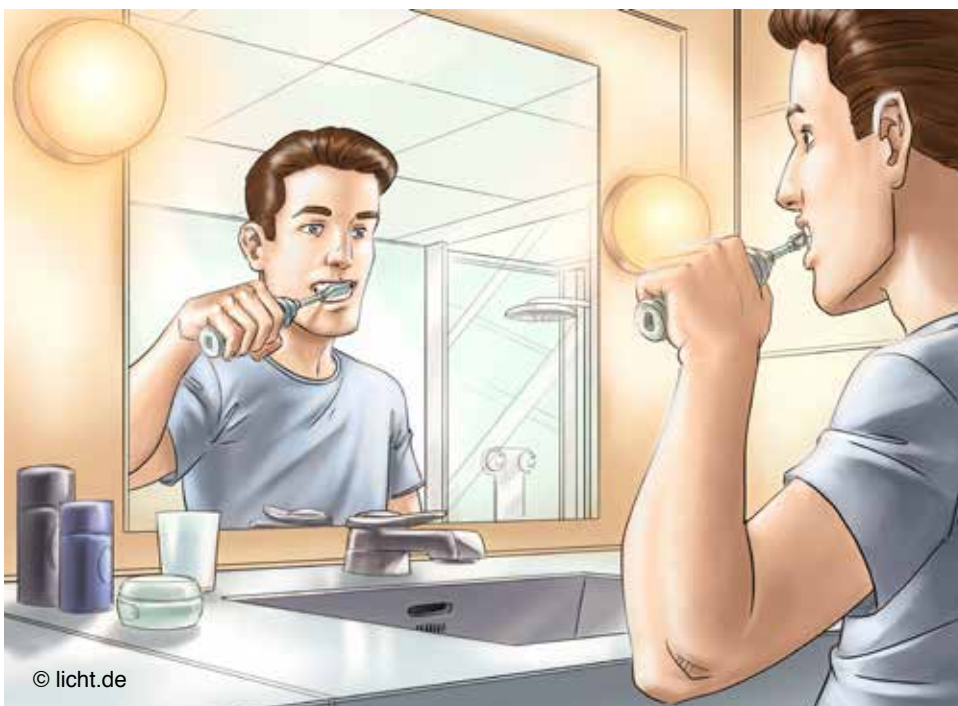


© licht.de

**21.00 Uhr:** Das Licht des Fernsehers beeinflusst die Melatoninausschüttung deutlich weniger als der Blick

auf Desktop-Bildschirme oder Tablets, da durch die größere Entfernung und weniger helle Inhalte des Bildschirms

nur geringe Beleuchtungsstärken am Auge entstehen.



© licht.de

**23.00 Uhr:** Abends beim Zähneputzen empfiehlt sich ein warmweißes, nicht zu helles Licht (Farbtemperatur 2.700-3.000 K) im Badezimmer. Auch hier gilt: Zu viele Blauanteile im Licht wirken aktivierend und können das Einschlafen erschweren.



# HCL – Planung und Betrieb

Eine sorgfältige und verantwortliche Planung für ein HCL-Konzept nimmt auf alle Wirkungen von Licht Rücksicht, zumal sich diese gegenseitig beeinflussen. So hat z. B. eine Beleuchtung zur Erfüllung der Sehaufgabe immer auch eine biologische und eine emotionale Wirkung. Umgekehrt kann eine Planung nicht nur nach emotionalen bzw. biologischen Kriterien erfolgen, da sie meist auch die Erfüllung der visuellen Anforderungen sicherstellen muss. Das setzt ein Einhalten der normativen und gesetzlichen Anforderungen voraus. Gegenüber den bisher üblichen Planungen einer statischen Beleuchtung zeichnen sich HCL-Konzepte dadurch aus, dass sie dynamisch ausgelegt sind und zielgerichtet und langfristig betrachtet werden.

## Der Planungsprozess

Die Verbindung der drei Wirkungen von Licht geschieht durch eine zielgerichtete Fachplanung für den langfristigen Betrieb. Licht hat zu unterschiedlichen Zeiten verschiedene Wirkungen. So hat tageslichtweißes Licht am Abend und in der Nacht andere Wirkungen auf den Menschen als am Tag. Die Planung bezieht diesen zeitlichen Verlauf der Lichtwirkung mit ein. In fast allen Fällen werden Lichtsteuerungen verwendet, sogenannte Light Management Systems (LMS). Der Prozess, der die Planung eines LMS beschreibt, wird in der neuen Technischen Spezifikation prEN/TS 17165 dokumentiert (geplante Veröffentlichung im Herbst 2018). Er bietet eine sehr gute Grundlage für die zielgerichtete Planung nach dem HCL-Konzept.

Das Lichtkonzept muss daher die gesamte Nutzungszeit des Gebäudes berücksichtigen. Auch die Zeiten und Bereiche, die nicht im unmittelbaren Fokus stehen, müssen bedacht und berücksichtigt werden. Sie sind in die Hinweise für den Nutzer (siehe Informationsblatt auf Seite 18) aufzunehmen, denn Licht wirkt immer, überall und zu jeder Zeit. Diese Tatsache macht es erforderlich, dass eine Lichtplanung ganzheitlich und interdisziplinär mit allen relevanten Gewerken, beteiligten Fachplanern und natürlich den Nutzern abgestimmt ist.

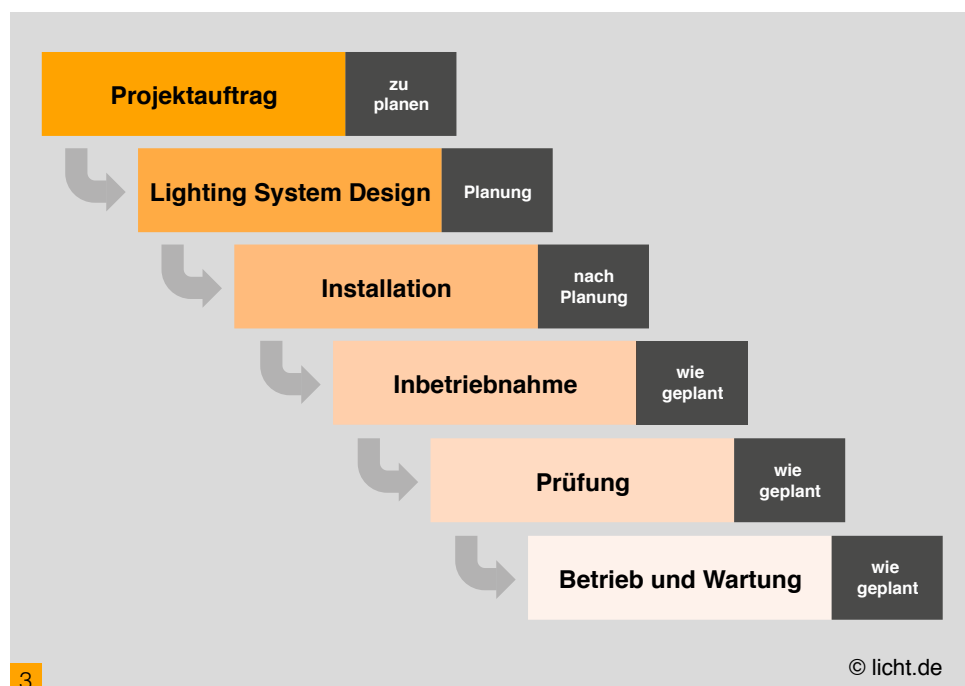
Eine gute Hilfestellung zur Ermittlung der Anforderungen bietet die Schrift „Lichtqualität – Ein Prozess statt einer Kennzahl“ der LiTG ([www.litg.de](http://www.litg.de)). Erst wenn die Beleuchtung den Kriterien der Anforderung entspricht, die den Nutzer in den Mittelpunkt stellen, kann die Qualität der Lichtlösung bewertet werden.

## Dokumentation der Planung

Eine gute Planung beinhaltet eine ausführliche Dokumentation und macht sie nachvollziehbar und wertvoll. Auch hier gibt der Lighting-System-Design-Prozess eine strukturelle Hilfestellung, sodass die entworfenen Grundlagen von

- visuellen
- emotionalen und
- biologischen Aspekten

bis hin zur Inbetriebnahme konsequent nachverfolgt werden können, ohne die Energieeffizienz dabei aus den Augen zu verlieren. Das gilt für den Dienstleistungssektor gleichermaßen wie für Industrie, Schule, Gesundheitswesen, Büro und sogar im eigenen Wohnbereich.



[3] Ablauf des Lighting-System-Design-Prozess: Projektauftrag – Planung – Errichtung – Betrieb.

[4] Projektplanung und Dokumentation.



Die Ausführungsplanung für das Beleuchtungssystem berücksichtigt die normativen und gesetzlichen Vorgaben sowie die Prüfanforderungen. Dadurch wird beispielsweise sichergestellt, dass der erwartete Energieverbrauch ohne Gefährdung der erforderlichen Beleuchtungsbedingungen erfüllt wird. Betriebstechnische Anforderungen an die Beleuchtung werden in diesem Dokument nicht behandelt.

### Aufgaben des Planers

Übernimmt ein Planer ein HCL-Beleuchtungskonzept in seine Planung, so stellt er sich gegenüber seinem Auftraggeber einer besonderen Herausforderung. Der Unternehmer trägt die Verantwortung für seine Angestellten. Ein Lichtkonzept, welches die Menschen unterstützt, muss schließlich im Interesse des Unternehmers liegen. Parameter wie Anwendungsnutzung, Gebäude, Tageslichtsituation, Steuerung und Lichttechnik sind nach den Bedürfnissen des Nutzers festzulegen. Die nutzerspezifischen Anforderungen an die HCL-Lösung dagegen sind unter arbeitsphysiologischen, psychologischen und biologischen Gesichtspunkten zu bewerten.

Auf Basis dieses Wissens entwickelt der Lichtplaner das ganzheitliche Konzept. Mit

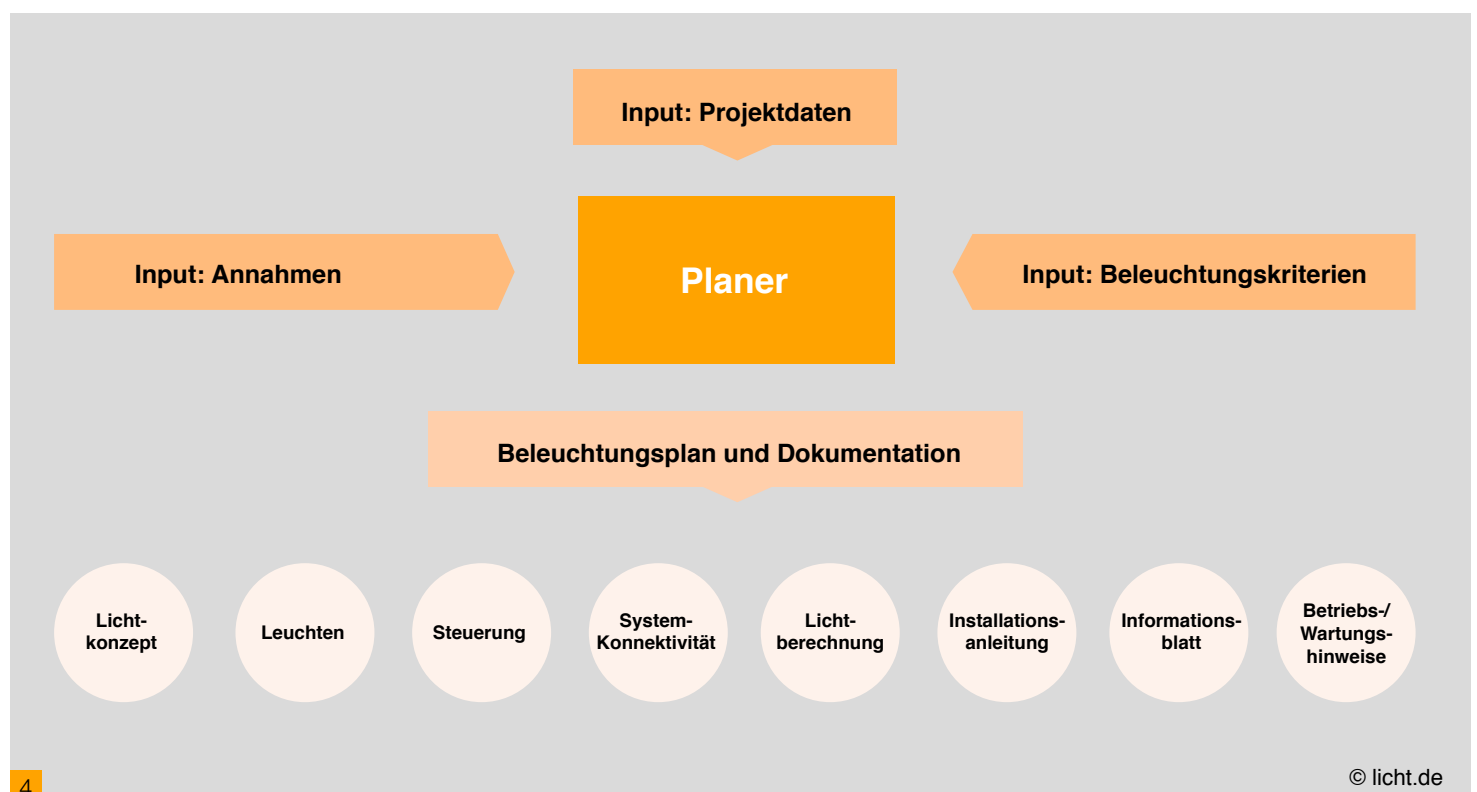
Abschluss seiner Planung stellt der Planer als Dokumentation die wesentlichen Unterlagen (Lichtberechnung, Visualisierung, Datenblätter, Lichtszenen usw.) für die Umsetzung zusammen. Eine Dokumentation kann folgende Punkte beinhalten:

### Objektanalyse (und Bedarfsanalyse)

- Anforderungen durch die Arbeitsaufgabe
- Anforderungen der Projektbereiche
- Bedürfnisse und Anforderungen der Menschen (Nutzer)
- Anforderungen durch die Architektur
- Analyse physiologischer und psychologischer Anforderungen

### Erstellung eines Lichtkonzeptes

- Abstimmung der Lichtstimmungen und Beleuchtungsstrategie (Lichtverteilung und Richtung im Raum)
- Materialgerechtes Licht
- Erfüllung der Objektanalyse
- Spezifikation der lichttechnischen Anforderungen an Leuchten
- Festlegen der Leuchtenanordnung
- Spezifikation hinsichtlich Lichtszenen und Lichtsteuerung
- Erstellung von Plänen und Dokumentationen



**Planungsparameter**

Für die Planung sind die Nutzeranforderungen zu ermitteln. Der Mensch steht im Mittelpunkt der Überlegungen. Die Nutzeranforderungen und deren Gewichtung für die Anwendung sind eine grundlegende Voraussetzung für die Planung.

Einige Aspekte, die als Planungsparameter beachtet werden sollten, sind im Folgenden ohne Anspruch auf Vollständigkeit aufgeführt. Sie lassen sich in vier Gruppen gliedern:

**Nutzer**

- Seh- und Arbeitsaufgaben
- Bedürfnisse des Nutzers
- Nutzungszeit und -dauer
- Demografische Gegebenheiten

**Gebäude/Räume**

- Nutzungsanforderungen (einschließlich ihrer Besonderheiten)
- Oberflächen und deren Beschaffenheit (Reflexionswerte)
- Objekte (Schränke/Schreibtische/Maschinen) im Raum
- Größe und Orientierung der Fenster bzw. Tageslichtöffnungen, einschließlich Lichtschutzvorrichtungen
- Bereiche mit besonderen Sehaufgaben oder Anforderungen, (z. B. Farbwieder-

gabe, Lichtrichtung)

- Wege und räumliche Abläufe (Orientierung und Führung durch Licht)

**Lichttechnik und Wechselwirkungen**

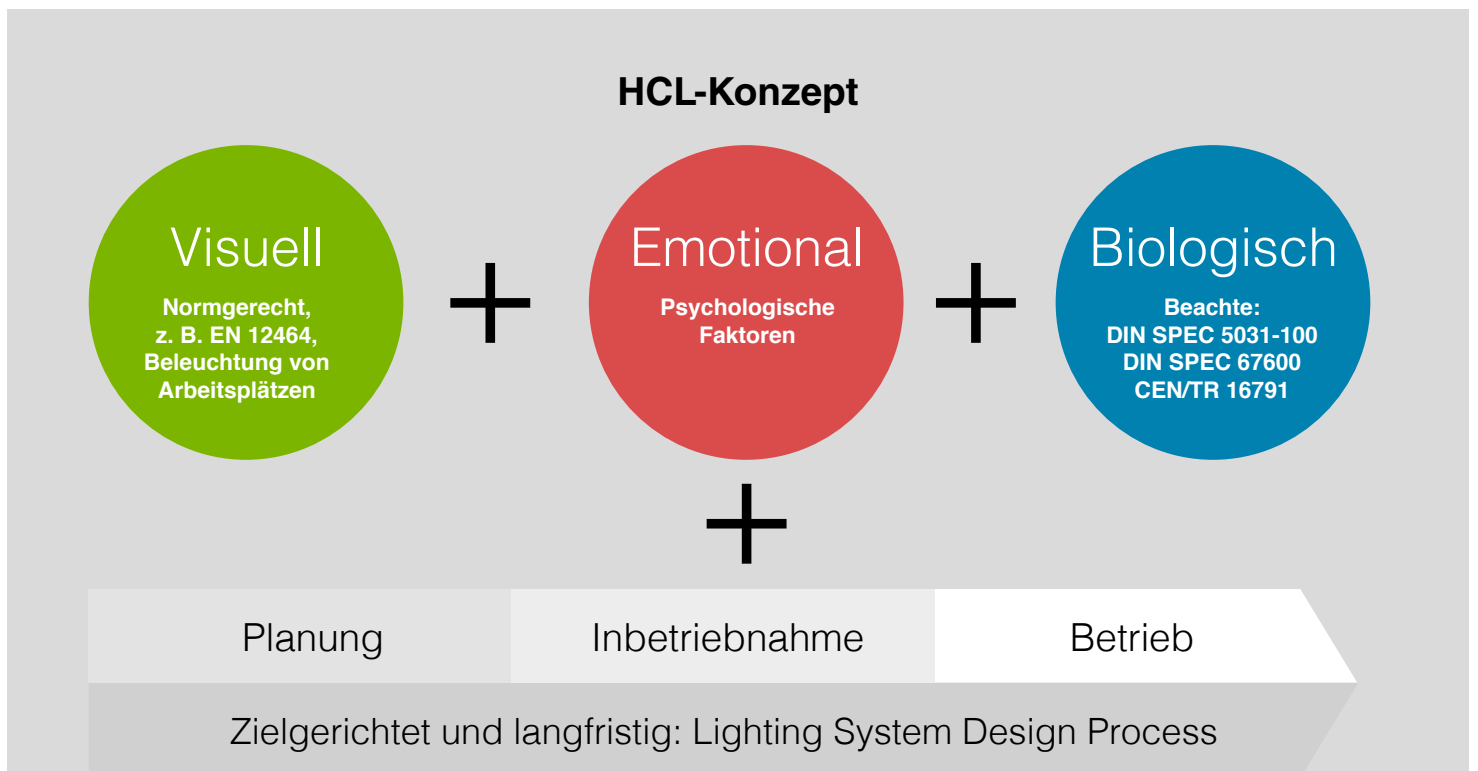
- Beleuchtungsstärken auf Sehaufgaben (z .B. DIN EN 12464-1)
- Melanopische tageslichtäquivalente Beleuchtungsstärken am Auge (z. B. DIN SPEC 67600)
- Dynamiken von Beleuchtungsstärke und/oder Farbtemperatur
- Positionierung der Leuchten
- Zusammenspiel von Leuchten (Lichtstimmungen)
- Räumliche Lichtverteilung (und -änderung)
- Leuchtdichten (großflächige Leuchten)
- Leuchtdichten der Lichtquellen
- Akzentuierung (fokussierendes Licht)
- Lichtrichtungen auf den Sehaufgaben/den Oberflächen im Raum
- Dauer und zeitliche Abfolge
- Materialien und deren Wirkung im Licht (Reflexion/Transmission)
- Berücksichtigung von Tageslicht
- Wirkung des Blendungs-/Sonnen-schutzes

**Organisation/Steuerung**

- Nutzung von Räumen
- Arbeitszeiten
- Anordnung der Bediengeräte
- Tages-, wochen-, monats-, jahresabhängige Szenarien
- Präsenzabhängige Steuerung
- Manuell durch den Nutzer wählbare und auslösbare Szenarien/Sequenzen – zentral oder dezentral
- Befugnis der Eingabe/Veränderung der Szenarien
- Anzeige der Wirksamkeit/Durchführung der Szenarien (auch Fernanzeige)
- Information der Nutzer

**Betrieb der Beleuchtungsanlage**

Bei der Planung werden die visuellen, emotionalen und biologischen Wirkungen des Lichts herangezogen, die dann bei der Installation und im Betrieb sicherzustellen sind. Die Bedürfnisse der Nutzer sind bereits in der Planung zu berücksichtigen und sollten im Betrieb erfüllt werden. Es ist besonders wichtig, die Beleuchtungsanlage auf ihren einwandfreien und planungsgemäßen Betrieb regelmäßig zu überprüfen. Fehler in der Funktion kann der Nutzer manchmal nicht direkt erkennen. Daher ist die Beleuchtung, und besonders die Lichtsteuerung, regelmäßig zu warten.



Zeitlich sich ändernde und nutzungsbezogene Lichtszenen, z. B. zu unterschiedlichen Arbeitszeiten oder in Besprechungsräumen, sollten regelmäßig auf ihre korrekte Funktion überprüft werden.

### **Nutzerempfehlungen und Wirkungen**

Der Nutzer muss darüber informiert werden, wie die Anlage funktioniert und wie diese richtig zu bedienen ist. Hierfür gibt ein Informationsblatt (Beispiel Grafik 6 Informationsblatt) Antworten, das folgende Punkte beinhalten sollte:

- Hinweise für die Bedienung der Beleuchtung
- Der Nutzen der elektrischen Beleuchtung sowie des Tageslichts

Dabei sollte auch die Bedienung von Jalousien und Lichtschutzvorrichtungen aufgeführt werden.

Hinter jeder fachlich geplanten HCL-Lösung steht eine Lichtstrategie mit ihren Anwendungsszenarien, welche die Anforderungen aus der Nutzungsanalyse berücksichtigt. Der Planer soll den Nutzer auf Wechselwirkungen und Einflüsse hinweisen, um falsche Lichtwirkungen zu vermeiden. So kann z. B. eine tageslichtweiße Beleuchtung zu Hause am Abend kurz vor dem Zubettgehen die positive und auf den Schlaf vorbereitende Wirkung einer warmweißen Beleuchtung am Arbeitsplatz zunichtemachen.

Die richtige Benutzung von HCL-Lösungen kann schon in kürzester Zeit positive Effekte haben. Um morgens die Konzentration am Arbeitsplatz oder bei Schülern und Schülerinnen zu erhöhen, kann die Verwendung von tageslichtweißem Licht, auch kurzfristig, aktivierend sein. Verwendet man hingegen warmweißes Licht, wenn es unruhig im Klassenzimmer wird, kann sich dieses kurzfristig beruhigend und entspannend auswirken. Daher ist es wichtig, dem Anwender Informationshinweise und Bedienungsanleitungen für die richtige Benutzung zur Verfügung zu stellen, damit dieser die Möglichkeiten der Beleuchtungsanlage richtig nutzen kann. Für die Nutzer einer Beleuchtungsanlage nach dem HCL-Konzept soll durch den Planer ein Informationsblatt erstellt werden, das über den Nutzen und die Wirkung der Beleuchtung aufklärt.

## **Inhalte für ein Informationsblatt**

### **1) Die Bedienung der Beleuchtung**

- Wo befinden sich die Bediengeräte?
- Welche Möglichkeiten der Bedienung bestehen.
- Wenn es keine Bedienmöglichkeit gibt: Was macht die Automatik?
  - a: Der Planer erstellt einen automatischen Ablauf (eventuell gemäß eines Musters).
  - b: Die Beleuchtung läuft nach einem vorgegebenen Ablauf (Kurve); der Nutzer kann jedoch individuelle Bedürfnisse manuell übersteuern (Ausdehnen, Entspannen, Konzentrieren, Pause usw.).

### **2) Der Nutzen der Beleuchtung**

- Normgerechte Beleuchtung zur Erfüllung der Sehaufgaben.
- Beleuchtung unterstützt das Wohlbefinden durch zeitliche Veränderung von Helligkeit und Lichtfarbe.
- Die Beleuchtung bewirkt einen positiven Eindruck und fördert die Tagesstruktur des Nutzers.
- Eventuelle Risiken sind adäquat anzuführen.

6

[5] HCL ist ein zielgerichteter und auf langfristige Wirkung ausgelegter Planungsprozess, der sowohl die visuellen als auch die biologischen und die emotionalen Wirkungen des Lichts im Raum berücksichtigt.

[6] Vorlage zu Inhalten, die ein Informationsblatt beinhalten sollte, um den Nutzer vollumfänglich über eine HCL-Beleuchtung zu informieren.



# Für Planer: Muster Informationsblatt

Im Folgenden finden Sie ein Muster, wie ein Informationsblatt aufgebaut sein und welche Informationen es beinhalten könnte, sodass der Nutzer der HCL-Beleuchtung über Nutzen und Wirkung aufgeklärt ist:

## Informationsblatt zu Ihrer HCL-Beleuchtung

Dieses Informationsblatt soll Ihnen die Wirkung der Beleuchtung näherbringen und die Bedienung erleichtern.

### Licht wirkt vielfältig und immer – visuell, emotional und biologisch.

Human Centric Lighting (HCL) unterstützt zielgerichtet und langfristig die Gesundheit, das Wohlbefinden und die Leistungsfähigkeit des Menschen durch ganzheitliche Planung und Umsetzung der visuellen, emotionalen und insbesondere der biologischen Wirkungen des Lichts. Durch Veränderung der Lichtfarbe und Beleuchtungsstärke führt Ihre HCL-Lichtlösung Sie durch den Tag, hilft Ihnen Ihre Arbeit leichter zu verrichten oder sich zu entspannen, wo es notwendig ist, und bietet Ihnen „Ihr Licht“

**Aber vergessen Sie nicht:** Verbringen Sie nach Möglichkeit mindestens 30 Minuten im Tageslicht!

### 1) Bedienung der Beleuchtung

Hier können Sie Angaben machen, wo sich die Bediengeräte befinden, welche Lichtszenen erstellt wurden und was diese bewirken. Die einzelnen Tasten sollten verständlich gekennzeichnet sein (z. B. Tageslichtautomatik, Konzentration, Entspannung, etc.). Beispiele können wie folgt aussehen:

a) Beispiel Büro: An der Eingangstür befindet sich ein Schalter, an dem Sie drei Lichtszenen aufrufen können:

- **(1) Szene 1** (z. B. Tageslichtautomatik: sanfte Veränderung der Lichtstimmung über den Tag und das Jahr im Einklang mit dem einfallenden Tageslicht)
- **(2) Szene 2** (z. B. Konzentration: bitte nur kurzfristig, nicht nach 22 Uhr)
- **(3) Szene 3** (z. B. Pausenlicht zur Entspannung)
- **(4) Ein/Aus**

b) Beispiel Industriearbeitsplatz: Am Arbeitsplatz befindet sich ein Bediengerät an dem Sie „Ihr Licht“, je nach Bedarf, auswählen können.

- **(1) Tätigkeit 1** (z. B. Montieren)
- **(2) Tätigkeit 2** (z. B. Prüfen)
- **(3) Ein/Aus**

### Weitere Hinweise:

Hier können Sie noch weitere Hinweise je nach HCL-Lösung und Anwendungsbereich formulieren. In den folgenden Beispielen werden Möglichkeiten skizziert.

- Im Raum sind direkt und indirekt strahlende Leuchten angebracht: Der indirekte Anteil gibt einen automatischen Tagesablauf vor. Die Direktbeleuchtung stellt Ihnen das normgerechte Arbeitslicht zur Verfügung. Dieses Licht der Leuchte kann gedimmt werden.
- Sie können das Licht an Ihrem Arbeitsplatz auch mit dem Smartphone ein-

stellen. (Hier: Info zur Download-Adresse: [http:// ...](http://...)). So können Sie zusätzliche Lichtszenen einstellen.

- Sie können die Jalousien von Hand zu jeder Zeit bedienen. Bei Sonnenlicht fährt die Jalousie automatisch herunter, um Blendung und Überhitzung zu vermeiden.

### 2) Nutzen der Beleuchtung

Hier soll deutlich gemacht werden, welchen Nutzen die Beleuchtung für die Benutzer hat. Die Formulierung sollte für die jeweilige Umgebung, in der die HCL-Lösung umgesetzt wurde, angepasst werden. Im folgenden Beispiel finden Sie eine allgemeine Formulierung:

Die Beleuchtung unterstützt die Tagesstruktur und das Wohlbefinden der Nutzer durch sanfte Veränderung über die Tages- und Jahreszeit. Das Arbeiten fällt ihnen leichter; Konzentration und Entspannungsphasen werden mit dem richtigen Licht gefördert. Das Licht ist genau auf den jeweiligen Bedarf abgestimmt. Zusätzlich haben Sie die Entscheidung über „Ihr Licht“ in ihrer Hand.

### 3) Kontakt bei Fragen

Falls der Nutzer Fragen zu seiner HCL-Lösung hat, sollte ein Kontakt bereit gestellt werden.

Bei Fragen stehen wir Ihnen unter (0123) XXXXXX zur Verfügung.

© licht.de

7

#### Beispiel Bediengerät im Büro

Tageslichtautomatik

Konzentration

Pause

Ein  Aus

#### Beispiel Bediengerät Industriearbeitsplatz

Montieren

Prüfen

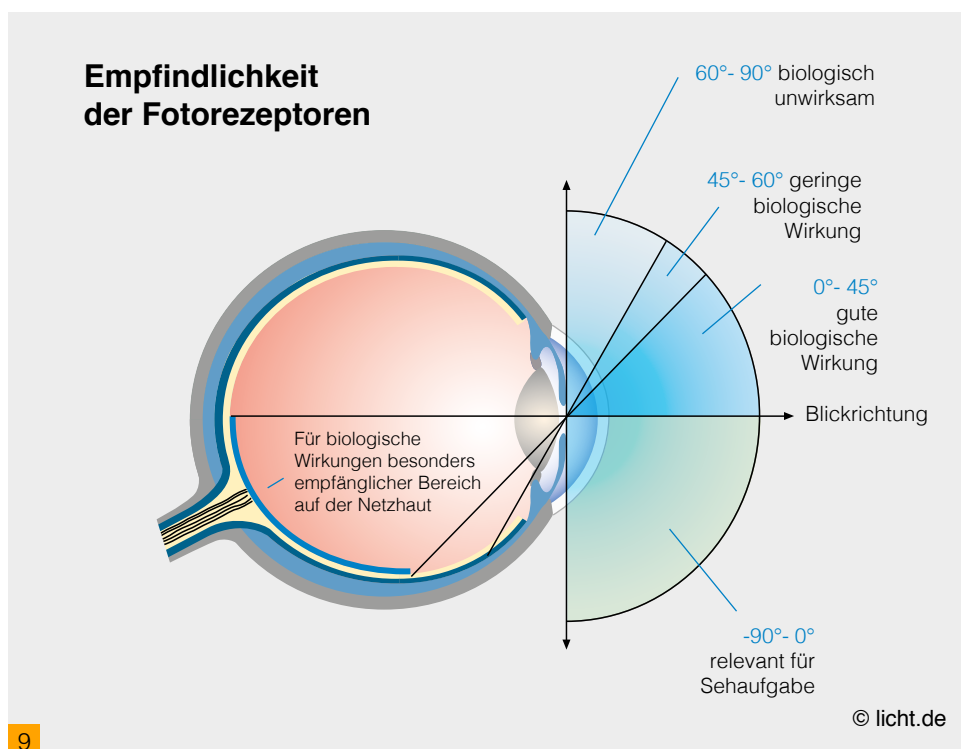
Ein  Aus

© licht.de

8

# Werte für die Wirkungen des Lichts nach dem HCL-Konzept

Damit eine Beleuchtungslösung nach dem HCL-Konzept wirkungsvoll ist, führen Lichtfarbe und Helligkeit den Tagesverlauf nach. Für eine aktivierende Wirkung ist der „blaue Himmel“ das Vorbild aus der Natur. Somit wirken große leuchtende Flächen mit Kaltlicht aktivierend, während Warmton-Lichtfarben entspannend wirken. Neben der biologischen wird aber auch die visuelle und emotionale Lichtwirkung beschrieben.



## Die visuellen Wirkungen

Die visuellen Wirkungen ermöglichen in erster Linie die Erfüllung von Sehaufgaben. Um eine Sehaufgabe gut erfüllen zu können, sind zunächst die Beleuchtungsstärke sowie die Lichtfarbe, die Farbwiedergabe, die zylindrischen Beleuchtungsverhältnisse im Raum und die Lichtrichtung sowie Reflexionseigenschaften von Raumflächen zu berücksichtigen. Hierfür stehen der Lichtplanung etablierte Kriterien zur Verfügung.

Die Anforderungen an die Beleuchtung von Arbeitsstätten sind in der Verordnung für Arbeitsstätten (ArbStättV) verankert und werden durch die Technische Regel für Arbeitsstätten „Beleuchtung“ (ASR A3.4) konkretisiert. Für die Planung und Ausführung von Beleuchtungsanlagen werden diese in relevanten Standards, wie der Normenreihe DIN EN 12464 sinnvoll ergänzt.

In der Norm zur Beleuchtung von Arbeitsstätten wird Folgendes beschrieben: „Diese europäische Norm legt Anforderungen an die Beleuchtung von Arbeitsstätten in Innenräumen fest, die den Erfordernissen für Sehkomfort und Sehleistung für Menschen mit normalem Sehvermögen gerecht werden. Alle üblichen Sehaufgaben, einschließlich derjenigen am Bildschirm, werden berücksichtigt.“ (DIN EN 12464-1)

**Nachfolgende Aspekte der Beleuchtung sind die Voraussetzung für eine gute Beleuchtungsqualität:**

- Lichtumgebung
- Leuchtdichteverteilung
- Reflexionsgrade auf Oberflächen
- Beleuchtungsstärkeskala
- Bereich der Sehaufgabe
- Unmittelbare Umgebung
- Hintergrundbereich
- Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke

[7] Template eines Informationsblattes für Planer.

[8] Beispiele für Bediengeräte, an denen der Nutzer verschiedene Lichtszenen einstellen kann.

[9] Darstellung optimalen Lichteinfalls von biologisch wirksamem Licht.

- Beleuchtungsstärkeraster
- Physiologische Blendung (Abschirmung)
- Psychologische Blendung
- Reflexblendung
- Zylindrische Beleuchtungsstärke
- Modellierung
- Gerichtete Beleuchtung
- Lichtfarbe
- Farbwiedergabe
- Flimmern und stroboskopische Effekte
- Beleuchtung von Bildschirmarbeitsplätzen
- Wartungsfaktor
- Energieeffizienzanforderungen
- Tageslicht
- Veränderlichkeit von Licht

## Die emotionalen Wirkungen

Die positive Wahrnehmung einer gut gestalteten Beleuchtung ist seit Langem bekannt. Dabei geht es nicht nur um das angenehme Erscheinungsbild der Leuchten, es geht vielmehr um den beleuchteten Raum und das Licht auf Oberflächen und Objekten.

Das richtige Licht bringt die Materialität im Raum erst zur gewollten Geltung. Neben der Farbe des Lichts (Warmton, Kaltlicht, RGB-Farbstimmungen) wirken Lichtrichtung (Wallwasher/Wandaufhellung, Spots/Streiflicht) besonders stimmungsvoll. Im Außenbereich finden wir viele „Illuminationen“, die stimmungsvolle Anblicke bieten (Fassade, Parks, öffentliche Plätze). In Innenbereichen bietet die Architektur eines Raumes Gestaltungsspielraum, von einer „sachlichen Ausleuchtung“ (Erfüllung der Normen) bis hin zu einer „stilvollen, spielerischen oder künstlerischen Beleuchtung“ (Kreativraum, Wohlfühlbeleuchtung, Shops, interaktive Bereiche von Museen,...).

## Die biologische Wirkung

Heute ist sehr viel über die biologische Wirkung des Lichts bekannt (siehe licht.wissen 19). Mit diesen Kenntnissen ist es möglich, die Lichtqualität in Innenräumen deutlich zu verbessern.

Neben den visuellen Wirkungen haben Beleuchtungsstärken und Lichtfarben auch eine melanopisch bewertete Wirkung (weitere Informationen auf Seite 37 – Melanopsien, melanopische Wirkung).

## Beleuchtungsstärken

Passende Beleuchtungsstärken erlauben das Erfüllen der Sehaufgabe. Für individuelle Besonderheiten können passgenaue Lichtlösungen entwickelt werden. Ältere Menschen – das ist bekannt – benötigen mehr Licht als jüngere, um das Sehen, Erkennen und die Orientierung zu verbessern. Obwohl sich die „Lichtwelt“ auf Standards geeinigt hat, müssen im Einzelfall oder für bestimmte Nutzergruppen maßgeschneiderte Lösungen gefunden werden. Dies gilt auch für die biologische Wirkung des Lichts. Ein 60-Jähriger benötigt im Durchschnitt 30 bis 50 % höhere Lichtniveaus als ein 30-Jähriger. Auch die im Alter auftretende Linsentrübung ist im Planungsprozess zu berücksichtigen (DIN SPEC 5031-100).

## Lichtrichtung

Für die biologische Wirkung ist es in erster Linie die vertikale Beleuchtungsstärke am Auge, die zu bewerten ist. Die Richtung, aus der Licht ins Auge fällt, ist daher von besonderer Bedeutung. Das Gesichtsfeld des Menschen erstreckt sich in Innenräumen auf einen Winkelbereich von etwa 70° unterhalb bis 55° oberhalb der Blickrichtung (Sloney and Wolbarsht, 1980, vgl. Bild

10). Der Blick ist nicht statisch, aber im Mittel leicht nach unten gerichtet, da die Sehaufgabe im Allgemeinen eher im unteren Bereich angeordnet ist. Da im Bereich der Sehaufgabe die Beleuchtung primär visuellen Anforderungen genügen muss, ist es nicht sinnvoll, für diesen Bereich

## Infokasten zur biologischen Wirkung

Um eine optimale biologische Wirkung zu erreichen, werden folgende Beleuchtungsstärken und Farbtemperaturen empfohlen.

### Unterstützung von Konzentration und Aufmerksamkeit tagsüber

- Beleuchtungsstärken von 300 bis 500 lx am Auge über den gesamten Arbeitstag halten
- Lichtniveau soll der Tageslichtqualität entsprechen
- Farbtemperatur soll bis zum frühen Nachmittag mindestens 5.500 K aufweisen

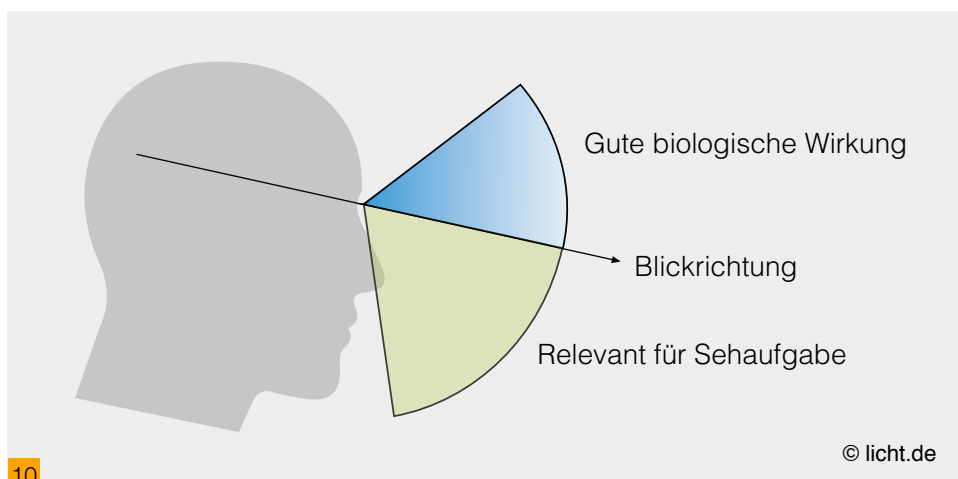
### Hinweis:

Individuell ausgelegte Lichtmanagementsysteme mit applikationsgerechter Sensorik können hier einen wesentlichen Anteil leisten, den Energiebedarf einer HCL-Lösung gering zu halten.

- Ausschließlich warmweiße Beleuchtung erzeugt am Tag im Zusammenspiel mit Tageslicht unpassende Lichtstimmungen. Zu den Tagesstunden sollten mindestens neutralweiße Lichtfarben verwendet werden.

### Zum Ende des Tages

- Biologisch wirksame Blauanteile auf ein Minimum reduzieren
- Warmweißes Licht mit 2.700 K oder maximal 3.000 K verwenden. Auch bei normgerechten Beleuchtungsstärken zur Erfüllung von Sehaufgaben ist das ein guter Kompromiss zwischen guter Sehqualität und nicht zu hoher biologischer Wirkung.





### Definition: Auszug aus DIN SPEC 5031-100

Der Umrechnungsfaktor  $m_{v, mel, D65}$  ermöglicht eine direkte Umrechnung einer photopisch nach  $V(\lambda)$  bewerteten lichttechnischen Größe in die entsprechende melanopisch bewertete lichttechnische Größe.

Lichtquelle	Umrechnungsfaktor $m_{v, mel, D65}$ (vom Spektrum der Lichtquelle abhängig)	Beispiel für Beleuchtungsstärke am Auge	Melanopisch wirksame Beleuchtungsstärke am Auge
LED, 2.700 K	0,41	50 lx	20 lx
LED, 4.000 K	0,63	380 lx	240 lx
LED, 6.500 K	0,80	300 lx	240 lx
Leuchtstofflampe, 8.000 K	0,96	250 lx	240 lx

12

© licht.de

zusätzlich Licht für biologische Wirkungen einzuplanen. Berücksichtigt man weiterhin, dass die Empfindlichkeit der Fotorezeptoren für biologische Lichtwirkungen im unteren Bereich der Netzhaut höher ist (Bild 9), ergibt sich ein Bereich von etwa  $-15^\circ$  bis  $+45^\circ$  gegenüber der Horizontalen, in dem biologisch wirksames Licht die höchste Effizienz hat. In kleineren Räumen oder, wenn der Blick in Richtung von Wänden geht, bilden diese eine sinnvoll nutzbare zu beleuchtende Fläche als sekundäre Lichtquelle. Dafür müssen die Wände hell sein und Licht diffus reflektieren können. Generell ist zu berücksichtigen, dass jede Fläche im Raum, die Licht reflektiert, auch einen Einfluss auf das Lichtspektrum hat. In größeren Räumen oder, wenn die Wände nicht nutzbar sind, stellen auch die Raumdecken eine nutzbare Fläche dar.

Bei der Nutzung von hellen Flächen sollen sichtbare Leuchtdichten von ca. 500 bis  $1.000 \text{ cd/m}^2$  nicht überschritten werden, damit kein Blendungsrisiko entsteht. Daher sollten helle Flächen möglichst groß sein, um auch ohne zu hohe Leuchtdichte ausreichend Licht reflektieren zu können.

Eines ist allerdings wichtig: Eine direkte Anstrahlung von Personen soll aus Blendungsgründen vermieden werden.

### Spektrum

„Kaltweißes“ Licht mit einer hohen Farbtemperatur wirkt bei gleicher Beleuchtungsstärke intensiver auf das biologische System, da es im melanopisch wirksamen blauen Bereich höhere Anteile hat, als

warmweißes Licht. Über das Wirkungsspektrum für melanopische Lichtwirkungen  $S_{mel}(\lambda)$  wird der Zusammenhang zwischen Lichtspektrum und biologischer Wirkung beschrieben (siehe dazu auch DIN SPEC 5031-100).

Beleuchtungsstärke und spektrale Verteilung bestimmen gemeinsam die Wirksamkeit. In der DIN SPEC 5031-100 ist ein Umrechnungsfaktor definiert, der es erlaubt, aus der photopisch bewerteten lichttechnischen Größe auf die melanopisch bewertete Größe umzurechnen. (Siehe Tabelle/Bild 12).

### Synchronisierung des Tag-Nacht-Rhythmus

Zur Synchronisierung des Tag-Nacht-Rhythmus ist eine ausreichende Stimulation des biologischen Systems am Vormittag erforderlich. Es ist wichtig, dass das biologisch wirksame Lichtniveau höher ist, als Licht, das am Nachmittag oder Abend einwirkt. Bleibt über den Tag das melanopische Beleuchtungsniveau gering, so kann ein höheres melanopisches Beleuchtungsniveau am Abend zu einer Störung des circadianen Systems führen. Beleuchtungsstärken von 300 bis 500 lx am Auge mit einer tageslichtähnlichen Lichtfarbe über ein paar Stunden am Vormittag sind ausreichend, eine circadiane Synchronisierung zu gewährleisten. Je höher das Risiko und das Niveau einer störenden Beleuchtung am Abend sind, desto höher muss auch das stabilisierende Lichtniveau am Vormittag sein (siehe hierzu auch DIN SPEC 67600).

[10] Gesichtsfeld des Menschen in Innenräumen.

[11] Empfehlung zu Beleuchtungsstärken und Farbtemperaturen, um eine optimale biologische Wirkung zu erreichen.

[12] Die Tabelle zeigt einen Faktor, mit dem photopisch bewertete Größen in melanopisch bewertete umgerechnet werden können.

### **Beleuchtung zur Aktivierung**

Eine Beleuchtung zur Aktivierung und Unterstützung von Leistungsfähigkeit und Konzentration erfordert höhere Lichtniveaus. In einzelnen Studien wurde dies mit 1.000 bis 2.000 lx sehr schnell erreicht, allerdings stehen solche Lichtniveaus den Anforderungen an einen sensiblen Umgang mit dem Energieverbrauch entgegen. Dieser kann durch ein entsprechendes Lichtmanagementsystem wiederum positiv beeinflusst werden. In etwa 20 Minuten stellt sich eine aktivierende Wirkung von Licht ein, um nach weiteren 20 Minuten wieder abzuklingen, wenn das Lichtniveau reduziert wird. Eine aktivierende Wirkung sollte auf festgelegte Zeiten am Tag begrenzt werden, einerseits, um einen Gewöhnungseffekt zu vermeiden, andererseits um den Energiebedarf in Grenzen zu halten.

### **Beleuchtung am Ende des Tages/ zur Entspannung**

Zum Ende des Tages sollte die Beleuchtung nur noch eine möglichst geringe Wirkung auf das biologische System haben. Die Beleuchtung sollte zwei Stunden vor dem Zubettgehen auf eine möglichst geringe Beleuchtungsstärke am Auge wechseln. Nur noch die Sehaufgabe und – soweit für den Sehkomfort erforderlich – das Umfeld sollten beleuchtet werden, und zwar so hell, wie für gutes Sehen entsprechend gültiger Normen erforderlich ist. Die biologisch wirksamen Blauanteile sollten auf ein Minimum reduziert werden. Warmweißes Licht mit 2.700 K oder maximal 3.000 K hat sich als ein guter Kompromiss bei guter Sehqualität bewährt.

### **„Verlängerte Tage“ und Schichtarbeit**

Das „richtige Licht zur richtigen Zeit“ bezieht sich auf einen „typischen“ Berufsalltag eines am Tage arbeitenden Menschen, wie er sich in vielen Anwendungsfällen widerspiegelt: Sei es bei der Arbeit in einem typischen Büro oder auch an Tagesarbeitsplätzen in der industriellen Produktion, im Fall von Schülern oder Studenten genauso wie bei Arbeiten im häuslichen Bereich. In diesen Fällen kann man sich zur Frage, welches Licht „richtig“ ist, am durchschnittlichen Verlauf des natürlichen Tageslichts orientieren. Der Mensch hat sich in einer natürlichen Lichtumgebung mit durchschnittlich 12 Stunden Tageslicht und 12 Stunden nächtlicher Dunkelheit evolutionär entwickelt. Das ist eine

natürliche und damit auch gesunde Basis, an der sich die künstliche Beleuchtung orientieren kann. Dabei ist es durchaus zulässig, in unseren nördlichen Breiten kurze Tage im Winter mit Kunstlicht in Richtung einer erwünschten, der Gesundheit zuträglichen, Tageslänge auszudehnen. Beispiel: In Schulen beginnt der Unterricht häufig zu jeder Jahreszeit um 8.00 Uhr. Einerseits ist bekannt, dass dies für viele Schüler und ihren circadianen Rhythmus zu früh ist. Andererseits nimmt der Beginn keine Rücksicht auf jahreszeitlich bedingte Schwankungen im persönlichen Rhythmus. Da der natürliche „Lichtimpuls“ am Morgen fehlt, kann künstliche Beleuchtung diesen Lichtimpuls ersetzen und das Wachwerden, z. B. am Morgen im Winter, beschleunigen. Der natürliche Tagesverlauf kann auch bei Arbeitsplätzen in abends geöffneten Supermärkten sowie in Krankenhäusern oder Polizeistationen herangezogen werden.

## **Empfehlungen**

Damit künstliches Licht die geplante nichtvisuelle, biologische Wirkung erfüllen kann, sollten bestimmte Mindestwerte für die melanopisch bewertete Bestrahlungsstärke am Auge erreicht werden. Details dieser Bewertung sind in DIN SPEC 5031-100 festgelegt. Für Leuchtstofflampen mit einer Farbtemperatur von 8.000 K wird eine (photometrische) Mindestbeleuchtungsstärke am Auge von 240 lx empfohlen. Für 6.500-K-LED ergeben sich mindestens 300 lx, die erreicht werden sollten. Bei niedrigerer Farbtemperatur wäre die (photometrische) Mindestbeleuchtungsstärke höher; z. B. 380 lx am Auge bei einer 4.000-K-LED-Lichtquelle. Umgekehrt sollten bestimmte Maximalwerte nicht überschritten werden, wenn melanopische Wirkungen sehr gering bleiben sollen. Dann gilt es, z. B. 50 lx am Auge bei 2.700 K nicht zu überschreiten.

### **Bemerkungen zur reinen Nachtschicht**

Rund 15 % aller Beschäftigten arbeiten regelmäßig nachts, bis zu 25 % gelegentlich. Für diese Gruppe ist die Empfehlung des richtigen Lichts zur richtigen Zeit nicht einfach. Problematisch sind insbesondere Drei-Schicht-Systeme mit Nachtschicht, die auf einem regelmäßigen Wechsel der Schichten basieren. Es muss davon ausgegangen werden, dass ein solcher Wechsel das circadiane System in einem Maße stört, dass auch mit Licht eine Anpassung der inneren Uhr an die Arbeitszeiten nicht möglich ist.

Zwei-Schicht-Systeme, bei denen lediglich zwischen Früh- und Spätschicht gewechselt wird, lassen sich hingegen gut mit Licht unterstützen. Der circadiane Rhythmus lässt sich mit Licht pro Tag um etwa 2 bis 3 Stunden verschieben. Da in der Regel nach 2 oder 3 Tagen zur nächst späteren Schicht gewechselt wird, ist eine Synchronisierung im Drei-Schicht-System nicht möglich. Eine kaltweiße, tageslichtähnliche Beleuchtung in der Nachtschicht führt deswegen eher zu erheblichen Störungen des Tag-Nacht-Rhythmus. Wissenschaftler favorisieren daher, das circadiane System auch bei rotierender Schichtarbeit möglichst gut mit dem natürlichen äußeren Tag-Nacht-Rhythmus zu synchronisieren. Dies kann erreicht werden, indem auch bei Schichtarbeitern tagsüber Licht mit hohen und nachts mit geringen Blauanteilen eingesetzt wird. Eine ausreichende Helligkeit auch während der Nachtschicht muss gutes Sehen sicherstellen und Ermüdung verhindern. Welches die dafür optimalen Helligkeiten und Farbtemperaturen sind, ist Gegenstand aktueller Forschungsarbeiten.

Die Aussagen von Wissenschaftlern stimmen darin überein, dass sowohl eine statische „Standardbeleuchtung“ für Tag- und Nachtschicht als auch eine helle, tageslichtweiße Beleuchtung für die Nachtschicht bei rotierender Schichtarbeit nicht geeignet sind. Diese Thematik bedarf allerdings weiterer Forschungsarbeiten und die hier gegebenen Empfehlungen können noch nicht abschließend als allgemeingültig angesehen werden. Beleuchtung für Arbeitsplätze bei rotierender Schichtarbeit sollte immer unter Berücksichtigung der spezifischen Randbedingungen mit den Vertretern der betroffenen Mitarbeiter, dem lokalen Gesundheitsmanagement und den

für Arbeitsschutz und Arbeitssicherheit verantwortlichen Stellen geplant werden.

### **Infokasten Abend- und Nachtschicht**

Die Forschungen zur Lichtwirkung bei Schichtarbeit sind noch nicht abgeschlossen. Derzeit wird von Wissenschaftlern Folgendes empfohlen:

- Lichtfarben und Beleuchtungsstärken, die am Tag wünschenswert und sinnvoll sind, können bei Einsatz in der Nacht Störungen des Tag-Nacht-Rhythmus verursachen. Umgekehrt sind Lichtszenarien, die für die Abend- und Nachtschicht geeignet sind, für den Einsatz am Tag meistens ungeeignet. Daher ist eine Lichtsteuerung sinnvoll, die einen Wechsel zwischen Tag- und Nachtbeleuchtung ermöglicht.
- Tageslichtweiße Beleuchtung in der Nacht vermeiden, wenn keine dauerhafte Verschiebung des circadianen Systems möglich ist (ggf. bei Dauernachtschicht, wenn die Nacht immer zum Tag wird).
- Warmweiße Lichtfarben am Abend und in der Nacht – durchaus bei hohen Beleuchtungsstärken – verwenden.

14

[13] Empfehlung für die melanopisch bewertete Bestrahlungsstärke am Auge.

[14] Wie Licht bei Schichtarbeit wirkt, ist noch nicht zu 100 % erforscht, doch können bereits Empfehlungen zur Lichtnutzung ausgesprochen werden.

# Beispiele für vier Anwendungen

Im Folgenden werden beispielhafte Umsetzungen von HCL-Lösungen vorgestellt.

Das grundlegende Vorgehen folgt dem Lighting-System-Design-Prozess. Eine Bedarfsanalyse steht am Beginn: Der Lichtplaner verschafft sich Klarheit über die Bedürfnisse und Anforderungen der Nutzer. Er analysiert die Sehaufgaben am Arbeitsplatz, wie Konzentration, Kommunikation, Arbeiten am Computer, Detailarbeiten, Workshopsituationen o. Ä., und in welchen räumlichen Bereichen diese Aufgaben zu welcher Zeit und durch wen ausgeführt werden. Wichtig ist dabei auch die Kenntnis über (technische) Ausstattung, Flexibilität der Arbeitsplätze, Ergonomie- und mögliche Gesundheitsaspekte. Welche Formen eines Lichtkonzeptes sind geeignet für die jeweilige Arbeitssituation und damit innerhalb des Arbeits- und Lebensumfeldes? Licht wird immer mehr zu einem wichtigen Baustein bei der ganzheitlichen Betrachtung des Systems Arbeitsplatz.

Bei jeder Planung sind die normativ festgelegten Wartungswerte der Beleuchtungsstärke und die weiteren Kriterien der Beleuchtung (s. Seite 19, „Werte für die Wirkung des Lichts nach dem HCL-Konzept“) einzuhalten, um den Erfordernissen für Sehkomfort und Sehleistung des Menschen gerecht zu werden. Damit werden die visuellen Anforderungen zur Erfüllung der gestellten Sehaufgaben abgedeckt.

Die Beleuchtung ist so gestaltet, dass sie architektonische, formal-ästhetische und wahrnehmungspsychologische Kriterien erfasst und das Wohlfühlen unterstützt. So werden die emotionalen Wirkungen berücksichtigt. Die Planung geht dabei davon aus, dass die Beleuchtung durch Tageslicht, künstliches Licht oder eine Kombination von beiden erfolgen kann (DIN EN 12464-1).

Der natürliche Tagesverlauf des Lichts gilt in der Regel als ideal und bildet die Referenz unseres Verständnisses zur Lichtqualität. Die spektrale Zusammensetzung, Helligkeit und Lichtrichtung variieren über die Zeit. Daher sollte sich der Tagesrhythmus so weit wie möglich in den Beleuch-

tungslösungen und Steuerungskonzepten widerspiegeln, um eine optimale biologische Wirkung sicherzustellen.

Beispielhafte Grundregeln sind: Vom Vormittag bis zum frühen Nachmittag wird der circadiane Rhythmus des Menschen mit Tageslicht hoher Beleuchtungsstärke stimuliert. Abends und nachts sind Störungen des circadianen Rhythmus hingegen zu vermeiden oder wenigstens zu minimieren, indem warmweiße Lichtfarben und geringere Beleuchtungsstärken verwendet werden. Lichtstimmungen am Tag werden eher durch großflächiges Licht von Leuchten bzw. von Decken und Wänden bestimmt, während am Abend direktes und häufig auch punktförmiges Licht verwendet wird. Zu den Aufgaben des Fachplaners gehört auch, Informationen mit Hintergründen bereitzustellen (s. Informationsblatt auf Seite 18), um die Nutzer zu befähigen, mit der Beleuchtung sachgerecht umzugehen. In diesen Zusammenhang gehören Empfehlungen zum Umgang mit dem Licht, beispielsweise bei Gleitzeitarbeit oder in Großraumbüros. Ein entsprechendes Informationsblatt stellt einerseits die Bedienmöglichkeit der Beleuchtung vor, andererseits klärt es über die Wirkung der Lichtlösung auf.

## Die Dynamik der Beleuchtung zur Tages- und Jahreszeit

Für den Nutzer sind einzelne Lichtstimmungen entweder aktiv wählbar oder sie laufen automatisch ab. Bei Räumen, in denen sich mehrere Menschen aufhalten, ist ein automatischer Ablauf meist zielführender. Die Bedienung kann an zentraler Stelle im Raum oder auch über individuelle Smartphone-Bedienung erfolgen. Auch Schalter für eine einfache Wahl einer Szene sind eine Option.

Das Lichtkonzept führt zur Auswahl der Leuchten und deren Anordnung sowie zu einem Bedienkonzept. Das Lichtkonzept wird in einem Grundriss zur Raumgestaltung dargestellt. Ein Lichttableau zeigt die Auswahl der Lichtstimmungen.

Individuell ausgelegte Lichtmanagementsysteme mit applikationsgerechter Sensorik können einen wesentlichen Anteil leisten, den Energiebedarf einer HCL-Lösung zu senken.



### Natürlicher Tageslichtverlauf und Lichtverlauf einer HCL-Lösung

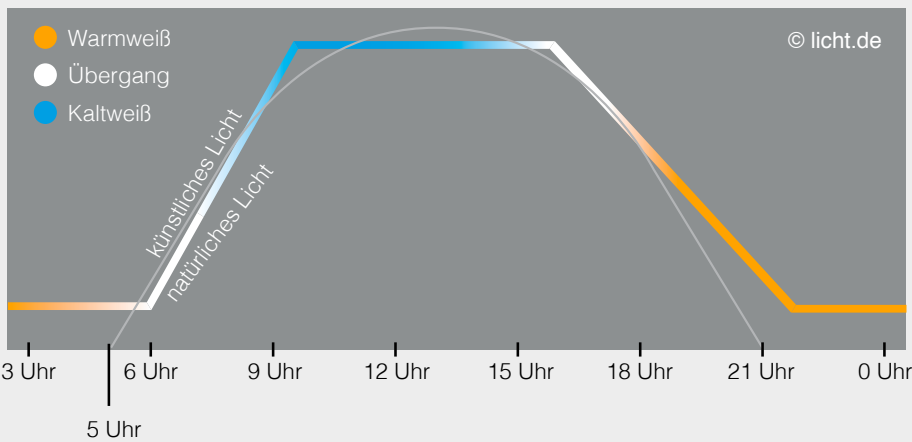
Die folgenden beiden Beispiele zeigen den natürlichen Tageslichtverlauf im Sommer (obere Abbildung) und im Winter (untere Abbildung). Die jeweils zweite Kurve zeigt eine Basislösung des künstlichen Lichtverlaufs nach HCL.

Im Sommer richtet sich die Kurve des künstlichen Lichtverlaufs stark nach dem Tageslichtverlauf. Im Winter hingegen ver-

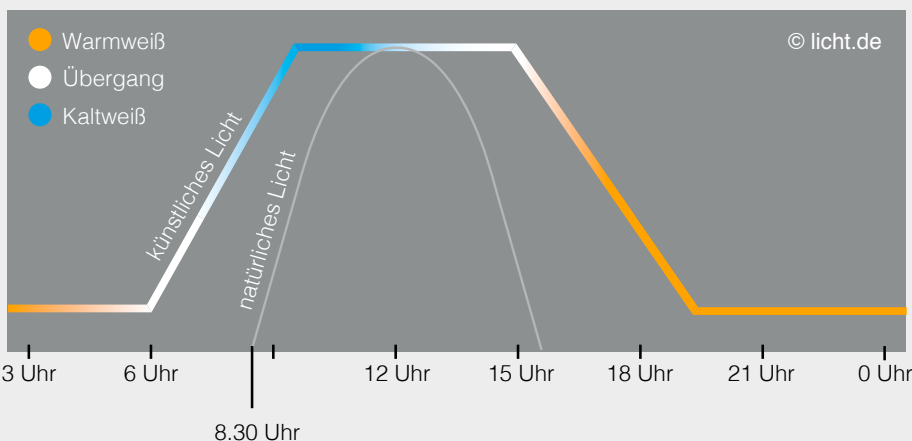
längert sie den Tag. Dabei orientiert sich die künstliche Beleuchtung an der natürlichen und für den Menschen gesunden Tageslänge.

In den Beispielen auf den folgenden Seiten wurden die Kurven an die Anforderungen der jeweiligen Szenarien angepasst.

#### Beispiel Sommer



#### Beispiel Winter



#### Begriffserläuterung zu den folgenden Anwendungsbeispielen

- $\bar{E}_h$ : Wertungswert der mittleren horizontalen Beleuchtungsstärke, im Bereich der Sehaufgabe
- $\bar{E}_v$ : Wertungswert der mittleren vertikalen Beleuchtungsstärke, auf den Wänden und der Tafel
- $\bar{E}_z$ : Wertungswert der mittleren zylindrischen Beleuchtungsstärke
- $\bar{E}_{\text{Auge}}$ : Wertungswert der Beleuchtungsstärke am Auge, in der Regel vertikal

# Büro

Moderne Bürokonzepte sind zunehmend von vernetzten digitalen Technologien und der globalen 24/7-Arbeitswelt geprägt. Flexible Arbeitszeiten im Büro, von früh morgens bis zum späten Abend, und sehr unterschiedliche Tätigkeiten sind die Folge. Daher ist es nicht verwunderlich, dass das Ausstattungsniveau moderner Büroräume ergonomisch optimiert und mittlerweile gezielt auf Akzeptanz und Wohlbefinden ausgerichtet wird. Hier hat ein HCL-Lichtkonzept einen positiven Effekt für die Mitarbeiter.

Das Beispiel ist für ein 2-Personen-Büro ausgearbeitet, mit Belegungszeit von 7.00 bis 20.00 Uhr. Das Beispiel ist aber auch auf größere Bürobereiche (Mehrpersonen, Großraumbüro) übertragbar. Dabei sind Wände weniger dominant, hingegen werden Decken und Raumobjekte wichtiger.

## Anforderungen an den Arbeitsplatz

Moderne Raumkonzepte interpretieren die Büroformen neu: Das Büro wird heute als Lebensraum verstanden, der Bereiche für Arbeit, Kommunikation und Regeneration bietet. Beleuchtung muss sowohl die Voraussetzung für gutes Sehen und Zufriedenheit am Arbeitsplatz sicherstellen und zugleich als Gestaltungsmittel im Zusammenhang mit Raum, Möblierung, Akustik und Kommunikationstechnik funktionieren. Zudem erfordern neue flexible Raumkonzepte flexible Lösungen mit dynamischem Licht und hoher Beleuchtungsqualität. Diese müssen bedarfsgerecht reguliert werden können. Folgende Anforderungen sind zu erfüllen:

- Sehaufgaben, Konzentration, Kommunikation, Arbeiten am Computer
- Flexible Anordnung der Arbeitsplätze
- Licht als Teil des Systems Büroarbeitsplatz
- Ergonomie und Gesundheit
- Anpassen der Beleuchtung an Tages- und Jahreszeiten

- Anpassung des Lichts an die individuellen Bedürfnisse der Nutzer

## Lichtwirkung

Visuell

- Anforderungen an die Beleuchtungsstärken nach DIN EN 12464-1
  - a: In den Bereichen der Sehaufgaben
  - b: Auf Wänden und Decken
  - c: Zylindrische Beleuchtungsstärke im Raum

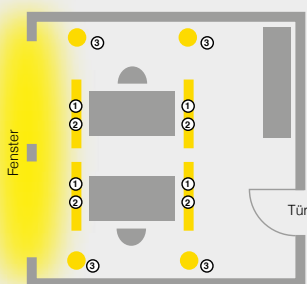
Emotional

- Inszenierung des Arbeitsumfeldes mit Tages- und Kunstlicht
- Ansprechende Auswahl und Anordnung der Leuchten

Biologisch

- Spektrale Anteile zu definierten Zeiten am Auge des Nutzers, um den biologischen Rhythmus optimal zu unterstützen
- Biologisch wirksame Beleuchtungsstärken über den Tag, um Aktivität und Leistungsfähigkeit optimal zu unterstützen

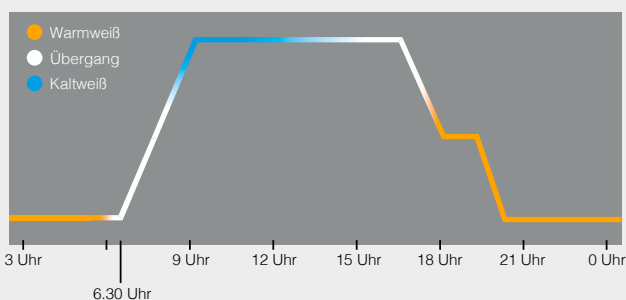
## Raumgestaltung



Legende

- ① Pendelleuchten direkt
- ② Pendelleuchten indirekt
- ③ Wandfluter

## Langfristiger Betrieb „Tageslichtautomatik“



## Planen

© licht.de

### Visuell

- $\bar{E}_h$ : 500 lx ① + ②
- $E_z$ : 200-300 lx ① + ②

### Emotional

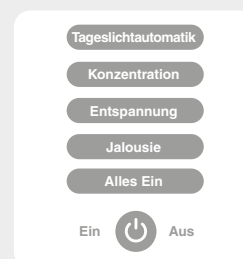
- $\bar{E}_v$ : 200-300 lx ② + ③
- Entspannen ② + ③

### Biologisch

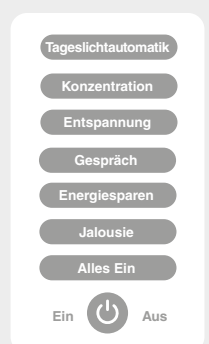
- ① + ② + ③
- $\bar{E}_h$ : 800-1.000 lx
- $E_{\text{Auge}}$ : 250 lx

## Lichtszenen

Bediengerät Eingang:



Bediengerät Smartphone zusätzlich:



## Informationsblatt zu Ihrer HCL-Beleuchtung am Büroarbeitsplatz

Dieses Informationsblatt soll Ihnen die Wirkung näherbringen und die Bedienung erleichtern.

### Licht wirkt vielfältig und immer – visuell, emotional und biologisch.

Human Centric Lighting (HCL) unterstützt zielgerichtet und langfristig die Gesundheit, das Wohlbefinden und die Leistungsfähigkeit des Menschen durch ganzheitliche Planung und Umsetzung der visuellen, emotionalen und insbesondere der biologischen Wirkungen des Lichts. Durch Veränderung der Lichtfarbe und Beleuchtungsstärke führt Ihre HCL-Lichtlösung Sie durch den Tag, hilft Ihnen Ihre Arbeit leichter zu verrichten oder sich zu entspannen, wo es notwendig ist, und bietet Ihnen „Ihr Licht“.

**Aber vergessen Sie nicht:** Verbringen Sie nach Möglichkeit mindestens 30 Minuten im Tageslicht!

### 1) Bedienung der Beleuchtung

- An der Eingangstür befindet sich ein Schalter, an dem Sie vier Lichtstimmungen aufrufen können.
  - Tageslichtautomatik: sanfte Veränderung der Lichtszenen über den Tag und das Jahr im Einklang mit dem einfallenden Tageslicht

- Helles Arbeitslicht zur Konzentration (bitte nur kurzfristig, nicht nach 22 Uhr)
- Pausenlicht zur Entspannung
- Jalousie: manuelles Auf- und Zu

Sie können die Jalousien von Hand zu jeder Zeit bedienen. Bei Sonnenlicht fährt die Jalousie herunter, um Blendung und Überhitzung zu vermeiden.

- Die direkt und indirekt strahlende Leuchte gibt durch die Indirektbeleuchtung einen automatischen Tagesablauf vor. Dies kann mittels Schalterfunktion an der Leuchte übersteuert werden (z. B. Ausdehnfunktion). Die Direktbeleuchtung stellt Ihnen das normgerechte Arbeitslicht zur Verfügung. Dieses kann an der Leuchte gedimmt werden.
- Sie können das Licht an Ihrem Arbeitsplatz auch mit dem Smartphone einstellen. (Hier eine Info zur Download-Adresse: [http:// ...](http://...)). So können Sie zusätzliche Lichtszenen einstellen.

### 2) Nutzen der Beleuchtung

Die Beleuchtung schafft beste Voraussetzungen für die Büroarbeit; Durch sanfte Veränderung über die Tages- und Jahreszeit unterstützt sie Ihr Wohlbefinden. Zusätzlich haben Sie die Entscheidung über „Ihr Licht“ in Ihrer Hand. Das Arbeiten fällt Ihnen leichter.

Bei Fragen stehen wir Ihnen unter (0123) XXXXXX zur Verfügung.

## Licht-Design-Konzept

- Raumausleuchtung, räumliche Helligkeitsverteilung von Leuchtdichten [ $\text{cd}/\text{m}^2$ ] und Beleuchtungsstärken [ $\text{lx}$ ]
- Ausleuchtung der Arbeitsbereiche: Erkennen der Sehaufgaben, störungsfreies Sehen, Förderung von Sehleistung und Sehkomfort (DIN EN 12464-1)
- Zylindrische Beleuchtungsstärken für bessere Kommunikation und Raumwahrnehmung
- Aufhellung von Wand und Deckenflächen, um Höhleneffekte zu vermeiden
- Lichtakzente für emotionale Lichtstimmungen
- Optimale Farbwiedergaben von Material und Oberflächen
- Ausreichende vertikale Beleuchtungsstärken am Auge
- Vordefinierte dynamische, am Tageslichtverlauf orientierte Abläufe
- Voreingestellte Szenen
- Manuelle Einstellmöglichkeit für die Mitarbeiter (höhere Beleuchtungsstärken bei anspruchsvollen Sehaufgaben und bei älteren Mitarbeitern)
- Anpassungsmöglichkeit der Direktkomponente bei höhenverstellbaren Schreibtischen
- Integration des Tageslichts und Nutzung verschiedener Jalousiestellungen

## Leuchten und Steuerung

Auswahlkriterien für Leuchten:

- Pendelleuchten, direkt/indirekt strahlend, für die zugeordnete Arbeitsplatzbeleuchtung
- breit strahlende Flächenleuchte mit indirekter Deckenbeleuchtung zur Unterstützung der zylindrischen Beleuchtung im Raum

- Ausreichender Direktanteil für die Nutzebene
- Direktanteile reflexblendungsfrei positionieren
- Vertikale Beleuchtung auf Wänden durch Wandfluter, heller Raumeindruck
- Wandfluter und Pendelleuchten – mit Farbtemperaturänderung = tunable white (warmweiß – tageslichtweiß)
- Vertikale Beleuchtungsstärken am Auge

Hier sind Varianten möglich: Eigenschaften innerhalb einer Leuchte oder verteilt auf mehrere Leuchten

### Eigenschaften der Steuerung

Steuerungskreise:

- Pro Arbeitsplatz zwei Pendelleuchten
- Direkt- und Indirektanteil getrennt steuerbar, jeweils tunable white
- Jalousie

Eingabe:

- Tageslichtsensor
- Anwesenheitssensor
- Steuerprogramm
- Bediengerät

Steuerungautomatik:

- Programmierung folgt der Tageslichtkurve über das Jahr. Im Winter wird die Tageshelligkeit zum Morgen und zum Abend gedehnt. → Wirkt auf den Indirektanteil der Pendelleuchten und die Wandfluter
- Der Indirektanteil wird zusätzlich über einen Tageslichtsensor dem einfallenden Tageslicht angepasst.
- Der Direktanteil der Pendelleuchten wird bei Anwesenheit über einen Anwesenheitssensor eingeschaltet.

## Lichtszenen

- Alles Ein: alle Leuchten auf 100 %
- Konzentration: hauptsächlich Direktanteil, indirekt um 50 % reduziert
- Gespräch: ausgewogener Direkt-/Indirektanteil, gleichmäßige Wandhelligkeit
- Entspannung: direkt und indirekt auf 20 %, hauptsächlich Wandfluter, unterschiedlich gedimmt
- Energiesparen: nur Indirektanteil folgt Tageslichtautomatik, Direktanteil anwesenheits- und tageslichtabhängig (auf konstante Beleuchtungsstärke) gesteuert
- Das Sonnenschutzkonzept (Jalousien) soll mit dem HCL-Lichtkonzept abgestimmt werden.

## Bedienung des Lichts

Das Bediengerät erlaubt die Auswahl von Lichtszenen, es überschreibt die Automatik. Hinweis: Das System muss es ermöglichen, bei Unterbrechung der Automatik wieder in den automatischen Lauf an der lichttechnisch korrekten Stelle einzusteigen.

Ein Bediengerät ist am Eingang angebracht, über das Smartphone sind zusätzliche Stimmungen wählbar:

Bediengerät Eingang:

- Tageslichtautomatik
- Konzentration
- Entspannung
- Jalousie
- Alles Ein

Bediengerät Smartphone, zusätzlich zu o. g. Szenen:

- Gespräch
- Energiesparen

# Schule

Wer lernt, braucht gutes Licht. Das unterstützt den Lernerfolg. Schüler sitzen nicht nur am Tisch, sie präsentieren, kommunizieren und diskutieren. Sie schreiben Arbeiten, wollen aber auch einmal Entspannung.

Allerdings sind vormittags viele Schüler noch halb im Schlafmodus, denn der Zeitplan der Schule tickt anders als die innere Uhr der Schüler. So sind Jugendliche häufig noch spätabends hellwach, kommen morgens aber nur schwer aus dem Bett und sind zum Lernen wenig motiviert. Sie sind im „sozialen Jetlag“.

Das Beispiel ist für ein Klassenzimmer einer höheren Schule mit Abendunterricht ausgearbeitet. Die Unterrichtszeiten beginnen um 8.00 Uhr und enden gegen 21.00 Uhr.

## Anforderungen an das Klassenzimmer

Schüler befinden sich permanent in bestimmten Lernsituationen. Je besser das Licht an diese Lernsituationen angepasst ist, desto mehr Informationen können aufgenommen, verarbeitet und abgespeichert werden. Das richtige Licht motiviert und die Schüler können sich länger konzentrieren. Eine ausgewogene Beleuchtungssituation schafft ideale Voraussetzungen für die Wissensvermittlung. Folgende Anforderungen sind zu erfüllen:

- Lernen, lesen, lauschen (Vortrag, Beamer, Übungen)
- Interaktives Arbeiten, mit und ohne neue Medien wie Tablet
- Flexible Anordnung der Tische
- Präsentationen der Schülerinnen und Schüler
- Gleiche Lernbedingungen zu jeder Uhr- und Jahreszeit
- Gruppen- und Einzelarbeiten

## Lichtwirkung

Visuell

- Beleuchtungsstärken nach DIN EN 12464
  - a: In den Bereichen der Sehaufgaben
  - b: Auf Wänden und Decken
  - c: Zylindrische Beleuchtungsstärke im Raum

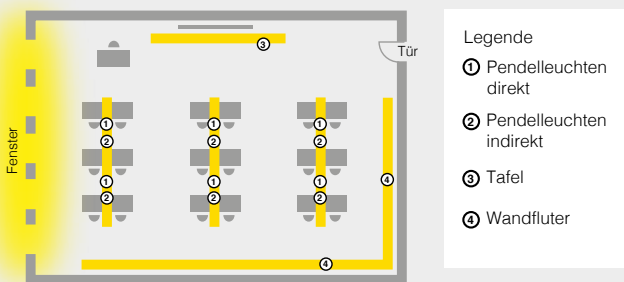
Emotional

- Unterschiedliche Stimmungen
- Optimale Arbeitsunterstützung durch die Lichtlösung (aktivieren/beruhigen)
- Inszenierung des Umfeldes mit Tages- und Kunstlicht
- Ansprechende Lichtstimmungen

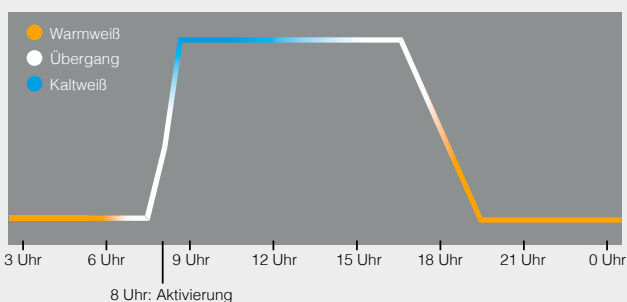
Biologisch

- Spektrale Anteile zu definierten Zeiten am Auge des Nutzers, um den biologischen Rhythmus optimal zu unterstützen
- Biologisch wirksame Beleuchtungsstärken über den Tag, um Aktivität und Leistungsfähigkeit optimal zu unterstützen

## Raumgestaltung



## Langfristiger Betrieb „Tageslichtautomatik“



## Planen

© licht.de

### Visuell

- $\dot{E}_h$ : 300-500 lx ① + ②
- $\dot{E}_v$ : 500 lx (Tafel und Wände) ③ + ④
- $E_z$ : 200-300 lx

### Emotional

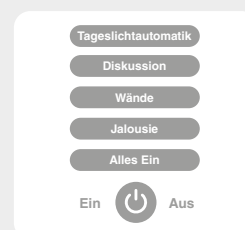
- $\dot{E}_v$ : 200 lx ② + ④

### Biologisch

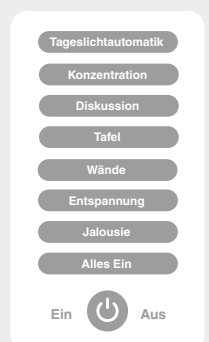
- ① + ② + ④
- $\dot{E}_h$ : 800-1.000 lx
- $E_{\text{Auge}}$ : 250 lx

## Lichtsszenen

Ein Bediengerät an der Tür:



Ein Bediengerät beim Lehrer:





## Informationsblatt zu Ihrer HCL-Beleuchtung in der Schule

Dieses Informationsblatt soll Ihnen die Wirkung näherbringen und die Bedienung erleichtern.

### Licht wirkt vielfältig und immer – visuell, emotional und biologisch.

Human Centric Lighting (HCL) unterstützt zielgerichtet und langfristig die Gesundheit, das Wohlbefinden und die Leistungsfähigkeit des Menschen durch ganzheitliche Planung und Umsetzung der visuellen, emotionalen und insbesondere der biologischen Wirkungen des Lichts.

Durch Veränderung der Lichtfarbe und Beleuchtungsstärke führt Ihre HCL-Lichtlösung Sie durch den Tag, hilft Ihnen Ihre Aufgaben leichter zu verrichten oder sich zu entspannen, wo es notwendig ist, und bietet Ihnen „Ihr Licht“.

**Aber vergessen Sie nicht:** Verbringen Sie nach Möglichkeit mindestens 30 Minuten im Tageslicht!

### 1) Bedienung der Beleuchtung

- a) An der Eingangstür befindet sich ein Schalter, an dem Sie vier Lichtszenen aufrufen können:
- Tageslichtautomatik
  - Diskussion: helles Licht, motiviert
  - Wände: Beleuchtung der Wandflächen, gedimmtes Allgemeinlicht
  - Jalousie: manuelles Auf- und Zu

b) Am Lehrerpult befindet sich ein weiteres Lichttableau, mit dem Sie weitere Lichtszenen abrufen können:

- Tageslichtautomatik
- Konzentration: mehr Licht auf die Tische, z. B: bei Klassenarbeiten
- Diskussion: helles Licht, motiviert
- Tafel: Beleuchtung der Tafel, wenig reduziertes, eher indirektes Raumlicht
- Wände: Beleuchtung der Wandflächen, gedimmtes Allgemeinlicht
- Entspannung: gedimhte ruhige Lichtatmosphäre
- Jalousie: manuelles Auf- und Zu
- Alles Ein

Sie können die Jalousien von Hand zu jeder Zeit bedienen. Bei Sonnenlicht fährt die Jalousie herunter, um Blendung und Überhitzung zu vermeiden.

### 2) Nutzen der Beleuchtung

Die Beleuchtung schafft beste Voraussetzungen für die Schule: Durch sanfte Veränderung über die Tages- und Jahreszeit unterstützt sie das Wohlbefinden. Zusätzlich haben Lehrer, Schülerinnen und Schüler die Entscheidung über „Ihr Licht“ in ihrer Hand. Das Arbeiten und Lernen fällt ihnen leichter.

Bei Fragen stehen wir Ihnen unter (0123) XXXXXX zur Verfügung.

## Licht-Design-Konzept

- Tafel – schreiben/lesen (DIN EN 12464) – vertikale Beleuchtung
- Beamer/Whiteboard
- Tische – lesen (DIN EN 12464-1) – horizontale Beleuchtung
- Wände (Pinnwand) – vertikale Beleuchtung
- Lehrer (Gesichtserkennung/Mimik)
- Gruppenarbeit/kommunizieren (zylindrische Werte)
- Basteln
- Beamer-Präsentationen möglichst ermüdungsfrei verfolgen
- Tablet/PC ohne störende Reflexe
- Aktivieren am Morgen zum Schulbeginn (optional) – flächiges Licht
- Beruhigung/Entspannung situativ
- Intuitive Bedienung durch Lehrer und Schüler
- Szenensteuerung (Tür – einfach)
- Szenensteuerung (Lehrer – umfassend)

## Leuchten und Steuerung

Auswahlkriterien für Leuchten:

- Raumbezogene direkt/indirekt strahlende Pendelleuchten
- Breit strahlender blendfreier Direktanteil zur Unterstützung der zylindrischen Beleuchtung im Raum
- Indirekte Deckenbeleuchtung
- Tafelbeleuchtung
- Beleuchtung der Wandflächen (Flächen für Poster und Bilder)
- Vertikal – Beamer/Whiteboard: Projektionsfläche/Wand gezielt ausblenden
- Flächen- und Wandleuchten – mit Farbtemperaturänderung = tunable white (warmweiß – tageslichtweiß)

## Eigenschaften der Steuerung

Steuerungskreise:

- Alle Pendelleuchten Direkt- und Indirektanteil getrennt steuerbar, jeweils tunable white
- Tafelbeleuchtung
- Wandfluter, tunable white
- Jalousie

Eingabe:

- Tageslichtsensor
- Steuerprogramm
- Anwesenheitssensor
- Bediengerät

Steuerungsautomatik:

- Programmierung folgt der Tageslichtkurve über das Jahr. Im Winter wird die Tageshelligkeit zum Morgen gedehnt. → Wirkt auf den Indirektanteil der Pendelleuchten und die Wandfluter
- Der Direktanteil wird zusätzlich über einen Tageslichtsensor dem einfallenden Tageslicht angepasst.
- Bei Abwesenheit wird die gesamte Beleuchtung ausgeschaltet.

## Lichtszenen

- Alles Ein: alle Leuchten auf 100 %
- Konzentration: hauptsächlich Direktanteil, indirekt um 50 % reduziert
- Diskussion: hoher Indirektanteil, Direktanteil reduziert, mittlere Wandhelligkeit
- Tafel
- Alle Wände
- Entspannung: nur indirekt auf 50 %, Wände 30 %

## Bedienung des Lichts

Das Bediengerät erlaubt die Auswahl von Lichtszenen, es überschreibt die Automatik.

Ein Bediengerät an der Tür:

- Tageslichtautomatik
- Diskussion
- Wände
- Jalousie
- Alles Ein

Ein Bediengerät beim Lehrer zusätzlich:

- Konzentration
- Diskussion
- Tafel
- Wände
- Entspannung
- Jalousie
- Alles Ein

[15] Diese Darstellung zeigt exemplarisch ein HCL-Lichtkonzept, inklusive Raumgestaltung, Parameter für die Planung und den Betrieb im Büro.

[16] Auch in der Schule kann ein HCL-Lichtkonzept das Wohlbefinden, die Motivation sowie Konzentration der Schüler positiv beeinflussen.

# Industrie

Bestehende Beleuchtungsanlagen in der Industrie sind in der Regel in Übereinstimmung mit den älteren Beleuchtungsnormen geplant. Zwischenzeitlich hat sich der Anspruch an die Lichtqualität an Industriearbeitsplätzen aber deutlich verändert.

Neue dynamische Beleuchtungsanlagen in Industriebetrieben belegen bereits, dass eine Beleuchtung mit biologisch wirksamem Licht sich mehrfach positiv auswirkt:

- Das Wohlbefinden bei der täglichen Arbeit steigt ebenso wie die Schlafqualität in den Nächten.
- Die Konzentration bleibt erhalten und damit auch die Sicherheit am Arbeitsplatz.
- Die Mitarbeiter sind motivierter und die Ergonomie am Arbeitsplatz wird unterstützt.

Das Beispiel ist für eine Montagehalle mit typischem Montagearbeitsplatz und Pausenraum für Tages-, Früh- und Spätschicht ausgearbeitet. Die Nachtschicht wird in diesem Beispiel nicht dargestellt.

## Anforderungen an die Montagehalle

Hochspezifische Arbeitsaufgaben einerseits, hoher Automatisierungsgrad andererseits sind die Regel. Folgende Anforderungen in den unterschiedlichen Räumlichkeiten sind zu erfüllen:

### Montagearbeitsplatz

- Konzentriertes Sehen und Bearbeiten
- Gleiche Bedingungen zu jeder Uhr- und Jahreszeit
- Beleuchtung der Arbeitsplätze zur unfallfreien Montage, zusätzlicher Beitrag der Beleuchtung zur Entspannung in den Pausenräumen
- Licht als Werkzeug, zur Unterstützung individueller Anforderungen/Prozesse

### Halle

- Sichern der Verkehrswege
- Gleichmäßige Ausleuchtung der Arbeitsbereiche
- Erfüllung der gestellten Sehaufgaben (DIN EN 12464-1)
- Sicherheitsaspekte (Gefahrenerkennung)
- Licht als Mittel, dem Arbeitsplatz einen Raum zu geben (Sicherheit, Wohlbefinden)

### Pausenbereich

- Wohlfühlatmosphäre
- Entspannungsbereich (kein Aufputsbereich)
- Regeneration

### Lichtwirkung

#### Visuell

- Beleuchtungsstärken nach DIN EN 12464
  - a: In den Bereichen der Sehaufgaben
  - b: Teilweise zylindrische Beleuchtungsstärke im Raum

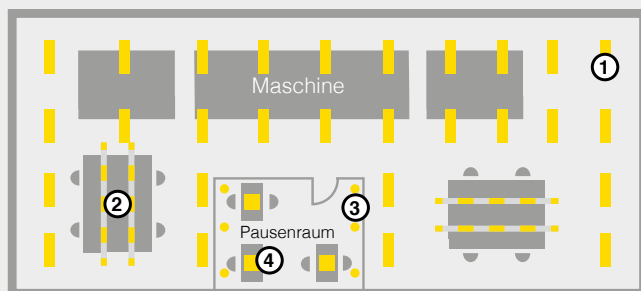
#### Emotional

- Inszenierung des Arbeitsumfeldes mit Tages- und Kunstlicht
- Optimale Arbeitsunterstützung durch die Lichtlösung (aktivieren/beruhigen)
- Im Pausenraum entspannend, Tageslichtnutzung

#### Biologisch

- Spektrale Anteile zu definierten Zeiten am Auge des Nutzers, um den biologischen Rhythmus optimal zu unterstützen
- Biologisch wirksame Beleuchtungs-

## Raumgestaltung



- Legende
- ① Hallenbeleuchtung
  - ② Lichtbänder
  - ③ Spots
  - ④ Flächenleuchten

## Planen

© licht.de

### Visuell

- $\bar{E}_h$ : 500-1.000 lx ① + ②
- $E_z$ : 200-300 lx ① + ②

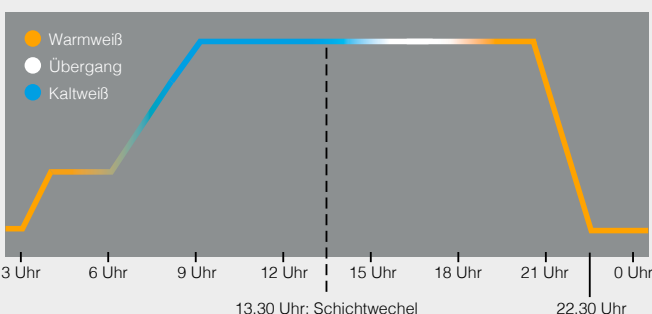
### Emotional

- $\bar{E}_v$ : 200 lx

### Biologisch (tagsüber)

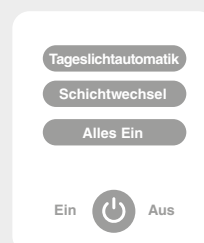
- $\bar{E}_h$ : 800-1.000 lx
- $E_{Auge}$ : 250 lx

## Langfristiger Betrieb „Tageslichtautomatik“

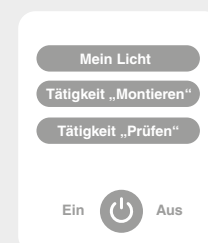


## Lichtszenen

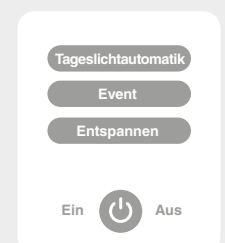
Ein Bediengerät beim Produktionsleiter:



Bediengerät am Arbeitsplatz:



Bediengerät im Pausenraum:



## Informationsblatt zu Ihrer HCL-Beleuchtung

Dieses Informationsblatt soll Ihnen die Wirkung näherbringen und die Bedienung erleichtern.

### Licht wirkt vielfältig und immer – visuell, emotional und biologisch.

Human Centric Lighting (HCL) unterstützt zielgerichtet und langfristig die Gesundheit, das Wohlbefinden und die Leistungsfähigkeit des Menschen durch ganzheitliche Planung und Umsetzung der visuellen, emotionalen und insbesondere der biologischen Wirkungen des Lichts. Durch Veränderung der Lichtfarbe und Beleuchtungsstärke führt Ihre HCL-Lichtlösung Sie durch den Tag, hilft Ihnen Ihre Arbeit leichter zu verrichten oder sich zu entspannen, wo es notwendig ist, und bietet Ihnen „Ihr Licht“.

**Aber vergessen Sie nicht:** Verbringen Sie nach Möglichkeit mindestens 30 Minuten im Tageslicht!

### 1) Bedienung der Beleuchtung

Die Raumbeleuchtung gibt einen automatischen Ablauf vor.

- a) Im Büro des Produktionsleiters für die gesamte Hallenbeleuchtung:
- Tageslichtautomatik: sanfte Veränderung der Lichtstimmung über den Tag und das Jahr im Einklang mit dem einfallenden Tageslicht
  - Schichtwechsel: stimmungsvolles Licht unterstützt den Wechsel
  - Alles Ein

- b) Am Arbeitsplatz:
- Mein Licht
  - Tätigkeit „Montieren“
  - Tätigkeit „Prüfen“

c) Im Pausenraum:

- Tageslichtautomatik: sanfte Veränderung der Lichtstimmung über den Tag und das Jahr im Einklang mit dem einfallenden Tageslicht
- Event: stimmungsvolles Licht für kleine Feiern
- Entspannen: Lichtfarbe und Stimmungen für die Pause

Der Benutzer kann lediglich die individuelle Beleuchtung, die speziell seinem Arbeitsplatz zugeordnet ist, nach den individuellen Bedürfnissen anpassen. Diese werden speziell vom Arbeitsplatz aus gesteuert. In Pausenräumen herrscht eine entspannende Lichtstimmung vor.

### 2) Nutzen der Beleuchtung

Die Beleuchtung schafft beste Voraussetzungen für die Arbeit am Industriearbeitsplatz und unterstützt die Tagesstruktur und das Wohlbefinden der Nutzer durch sanfte Veränderung der Tages- und Jahreszeit. Das Arbeiten fällt den Mitarbeitern leichter; die Konzentration wird gefördert. Das Licht ist genau auf die jeweilige Schicht abgestimmt. In den Nachtstunden soll so wenig wie möglich aktivierende Lichtwirkung erzielt werden. Am besten wird die Lichtfarbe  $\leq 3.000$  K eingesetzt. In den Pausenbereichen steht die Erholung und Entspannung im Vordergrund.

Bei Fragen stehen wir Ihnen unter (0123) XXXXXX zur Verfügung.

stärken über den Tag, um Aktivität und Leistungsfähigkeit zu unterstützen

### Licht-Design-Konzept

- Verkehrswege normgerecht beleuchten (DIN EN 12464-1)
- Arbeitsplätze für unfallfreies Arbeiten beleuchten (ASR beachten)
- Mögliche Gefahrenbereiche hervorheben
- Blendfreie Beleuchtung einsetzen
- Kontraste nicht zu groß und nicht zu klein
- Zonierungen im Raum schaffen
- Möglichkeiten für flexible Anordnung der AP schaffen
- Berücksichtigen der DIN SPEC 67600
- Aktivieren, analog zur Arbeitsphase (Früh- und Spätschicht angepasst)
- Nach den Pausen (viel Licht und hoher Blauanteil, bessere Konzentration)
- Reduzierung der aktivierenden Lichtanteile zum Abend hin (geringere Beleuchtungsstärken und erhebliche Reduzierung des Blauanteils)

### Leuchten und Steuerung

Auswahlkriterien für Leuchten:

- Horizontal – Verkehrswege: Lichtband, Hallenstrahler, Schutzarten bei hohen Emissionen beachten
- Horizontal – Arbeitsbereiche: Lichtband, Hallenstrahler, Schutzarten bei hohen Emissionen beachten
- Zylindrisch im Pausenraum: breit strahlende Flächenleuchten
- Wohlfühlatmosphäre (im Pausenraum Emotionen wecken, ähnlich Wellnessbereiche bzw. private Wohnbereiche, warmweißes Licht, z. B. 2.700 K)

- Gerichtetes Licht zur Erkennung von Oberflächenstrukturen: Strahler
- Farbtemperaturänderungen = tunable white (warmweiß – tageslichtweiß)
- Energieeffizienz (Tageslichtabhängigkeit und Präsenzsteuerung)

Hier sind Varianten möglich: Eigenschaften innerhalb einer Leuchte oder verteilt auf mehrere Leuchten

### Eigenschaften der Steuerung

Steuerungskreise:

- Bereichsbezogene Zuordnung
- Im Pausenraum: Gruppen

Eingabe:

- Tageslichtsensor
- Steuerprogramm
- Anwesenheitssensor
- Bediengerät

Steuerungsalgorithmus:

- Programmierung folgt der Tageslichtkurve über das Jahr, angepasst an die Arbeitszeiten.
- An temporär genutzten Arbeitsplätzen und im Pausenraum über Anwesenheitssensoren

Weitere Möglichkeiten:

- Voreingestellte Szenen (z. B. Reduzierung des Blauanteils zum Schichtende hin, aber Aktivierung bei Arbeitsbeginn)
- Anpassung der voreingestellten nutzungsspezifischen Lichtszenen nur durch eingewiesene Fachkraft
- Task-bezogene manuelle Einstellmög-

lichkeit für den Mitarbeiter (höhere Beleuchtungsstärken bei anspruchsvollen Sehaufgaben und bei älteren Mitarbeitern)

- Energieeffizienz/-sparen, wenn möglich
- Tageslichtnutzung
- Datenmanagement/Nutzungsanalysen zur Optimierung von Prozessen und der Beleuchtung

### Lichtszenen

- Alles Ein
- Ein/Aus: am einzelnen Arbeitsplatz
- Pause: entsprechend der Tageszeit, Lichtfarbe und Stimmung
- Optional: Schichtwechsel: dynamischer Lichtwechsel

### Bedienung des Lichts

Das Bediengerät erlaubt die Auswahl von Lichtszenen, es überschreibt die Automatik.

Ein Bediengerät beim Produktionsleiter:

- Tageslichtautomatik
- Schichtwechsel
- Alles Ein

Bediengerät am Arbeitsplatz:

- Mein Licht (individuell angepasstes Arbeitslicht)
- Tätigkeit „Montieren“
- Tätigkeit „Prüfen“

Bediengerät im Pausenraum

- Tageslichtautomatik
- Event
- Entspannen

# Privat

Für das Wohlbefinden in den eigenen vier Wänden ist das richtige Licht zur richtigen Zeit ausschlaggebend. Auch wer abends lange vor dem Computerbildschirm sitzt, schläft möglicherweise nicht so gut, weil das Monitorlicht hohe Blauanteile hat, die aktivierend wirken. Inzwischen gibt es Hilfsprogramme, die auch an Bildschirmen warmweiße Hintergrundbeleuchtung für den Abend einstellen. Besser wäre es, am Abend mehr entspannendes warmweißes Licht zu haben. Am Morgen hilft intensives kaltweißes Licht beim Wachwerden und lässt einen schneller in den Tag starten. Mit einer dynamischen Beleuchtung durch verschiedene Leuchten und Lampen kann der persönliche Schlaf-Wach-Rhythmus individuell gesteuert und positiv beeinflusst werden. Die Menschen unterscheiden sich in ihren Chronotypen. Wenn individuelle Beleuchtungssituationen möglich sind, können die Chronotypen ihren passenden Lichtverlauf realisieren.

Das Beispiel ist für eine Wohnung mit mehreren Zimmern, Küche, Bad und Flur ausgearbeitet.

## Anforderungen an das Zuhause

Essen, lesen, fernsehen, arbeiten oder entspannen – die Beleuchtung muss vor allem in den eigenen vier Wänden vielen Wünschen gerecht werden. Hier gilt es, die Anforderungen für die unterschiedlichen Räume zu kennen und diese in einem Lichtkonzept umzusetzen. Folgende Anforderungen sollten beachtet werden:

### Schlafzimmer

- Schlafen
- Lesen zu unterschiedlichen Zeiten
- Ankleiden/Auswahl Kleidung
- Stimmungsbeleuchtung
- Tageslichweißes Aufwachlicht

### Bad

- Waschen/Schönheitspflege
- Nutzung: am Morgen, am Abend, nachts

### Küche

- Essen in gemütlicher Runde/ schnelles Frühstück
- Essen zubereiten
- Spielen
- Zeitung lesen

- Kommunikation

### Arbeitszimmer

- Lesen und Texte schreiben (siehe Büro)
- Arbeiten am Computer und mit anderen elektronischen Medien

### Wohnzimmer

- Fernsehen
- Zusammensein
- Lesen
- Spielen

### Lichtwirkung

Visuell

- Beleuchtungsstärken in den Bereichen der Sehaufgaben, Sicherheitsaspekte

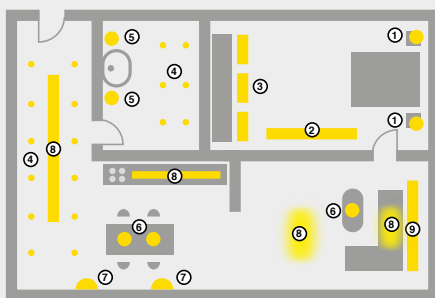
Emotional

- Kreative Lichtgestaltung/Inszenierung Einrichtung/Lichtinseln

Biologisch

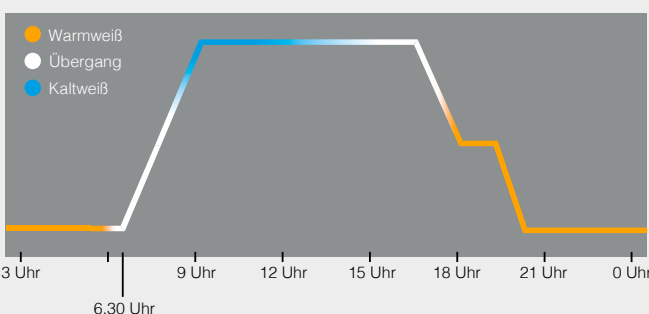
- Spektrale Anteile und biologisch wirksame/unwirksame Beleuchtungsstärken zu definierten Zeiten am Auge des Nutzers

## Raumgestaltung



- Legende
- ① Aufwach-/Leselicht
  - ② Emotionales Licht
  - ③ Schranklicht
  - ④ Spot
  - ⑤ Spiegellicht
  - ⑥ Esstischleuchte
  - ⑦ Wandleuchte
  - ⑧ Deckenlicht
  - ⑨ Voute
  - ⑩ Wohnzimmertisch-/Stehleuchte

## Langfristiger Betrieb



## Planen

© licht.de

### Visuell

Individuell für die Sehaufgabe

### Emotional

Individuell

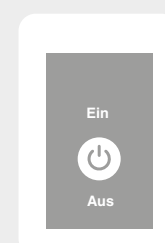
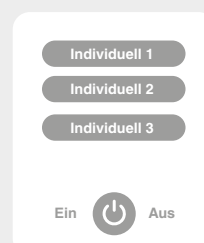
### Biologisch

$E_{\text{Auge}}$ : 250 lx  
Sonst individuell, abends geringer und nur warmweiß

## Lichtszenen

Ein Bediengerät pro Raum:

Bedienung über Smartphone:





## Informationsblatt zu Ihrer HCL-Beleuchtung zu Hause

Dieses Informationsblatt soll Ihnen die Wirkung näherbringen und die Bedienung erleichtern.

**Licht wirkt vielfältig und immer – visuell, emotional und biologisch.**

Human Centric Lighting (HCL) unterstützt zielgerichtet und langfristig die Gesundheit, das Wohlbefinden und die Leistungsfähigkeit des Menschen durch ganzheitliche Planung und Umsetzung der visuellen, emotionalen und insbesondere der biologischen Wirkungen des Lichts.

Durch Veränderung der Lichtfarbe und Beleuchtungsstärke führt Ihre HCL-Lichtlösung Sie durch den Tag, hilft Ihnen Ihre Arbeit leichter zu verrichten oder sich zu entspannen, wo es notwendig ist, und bietet Ihnen „Ihr Licht“.

**Aber vergessen Sie nicht:** Verbringen Sie nach Möglichkeit mindestens 30 Minuten im Tageslicht!

### 1) Bedienung der Beleuchtung

Die Raumbelichtung gibt einen automatischen Ablauf vor.

- a) Im Flur
  - Alles: Ein/Aus
- b) In der Küche
  - Alles: Ein/Aus
  - Kochen
  - Essen
  - Feiern
- c) Im Wohnzimmer
  - Alles: Ein/Aus
  - Lesen
  - Fernsehen
  - Entspannen
  - Feiern
- d) Im Schlafzimmer
  - Alles: Ein/Aus
  - Ankleiden
  - Lesen
  - Kuscheln
- e) Im Bad
  - Alles: Ein/Aus
  - Schminken und rasieren
  - Chillen
- f) Außen
  - Alles: Ein/Aus

### 2) Nutzen der Beleuchtung

Die Beleuchtung schafft beste Voraussetzungen für Ihr Zuhause; Sie haben die Entscheidung über „Ihr Licht“ in Ihrer Hand.

## Design-Konzept

- Verschiedene Beleuchtungssysteme
- Akzentuierung/Inszenierung der Räume
- Erledigung spezieller Sehaufgaben
- Bereitstellung vertikaler Beleuchtungsstärken in Küche, Bad, Wohnzimmer und vor Schrank im Schlafzimmer
- Licht im Gesicht am Spiegel
- Helligkeits- und Farbsteuerung der Beleuchtung in Abhängigkeit zur Tageszeit
- Abends und nachts → Reduzierung des blauen Lichtanteils, um den circadianen Rhythmus nicht zu stören

## Leuchten und Steuerung

Kriterien für Leuchten:

- Verschiedene Leuchtensysteme
- Bedienung über Taster/Schalter oder Smartphone/Fernbedienung/Sprache
- Helles blendfreies Arbeitslicht bis gemütliches Licht
- Unterstützung des Tageslichtverlaufes in Farbtemperatur und Beleuchtungsstärke

### Eigenschaften der Steuerung

Steuerungskreise:

- Raumbezogene Zuordnung

Eingabe:

- Steuerprogramm
- Anwesenheitssensor
- Bediengeräte pro Raum

Steuerungsautomatik:

- Programmierung folgt der Tageslichtkurve über das Jahr, angepasst an die Anwesenheitszeiten.
- Anwesenheitssensorik in wenig frequentierten Räumen

## Lichtszenen

- Individuell in den Räumen zu planen

### Bedienung des Lichts

Das Bediengerät erlaubt die Auswahl von Lichtszenen, es überschreibt die Automatik.

- Ein Bediengerät pro Raum
- Bedienung über Smartphone

[17] Ein HCL-Lichtkonzept in der Industrie muss an die unterschiedlichsten Anforderungen angepasst werden.

[18] Ob morgens beim Aufstehen, beim Abendessen oder beim Zähneputzen: HCL-Lichtkonzepte zu Hause können auch hier das Wohlbefinden steigern.

# Glossar

**Biologische Lichtwirkungen** – Licht hat immer biologische Wirkungen, ebenso wie es auch immer eine visuelle Wahrnehmung ermöglicht. Wir unterscheiden daher nicht zwischen biologisch wirksamer oder visuell wirksamer Beleuchtung. Beides ist nicht trennbar.

Dennoch sollte die HCL-Beleuchtung unter besonderer Berücksichtigung der biologischen Lichtwirkungen geplant und betrieben werden, ebenso wie auch die Vorgaben an die visuellen Aspekte zu berücksichtigen sind.

Mit dem Begriff „biologische“ Wirkungen von Licht werden in dieser Schrift die nicht-visuellen Wirkungen auf physiologische und psychische Prozesse beim Menschen bezeichnet. Wohl wissend, dass auch der Sehvorgang ein biologischer Prozess ist, dient dies sprachlich zur Unterscheidung zwischen visuellen und nicht visuellen Wirkungen.

**Blauanteil, Farbtemperatur und ihr Zusammenhang mit biologischen Wirkungen** – Im Zusammenhang mit dieser Schrift wird der Begriff „Blauanteil“ als Synonym für die biologisch wirksamen Strahlungsanteile des sichtbaren Lichts verwendet. Diese liegen im Wesentlichen im Spektralbereich zwischen 450 und 530 nm, der dem Menschen als blau bis blaugrün erscheint, mit einem Maximum bei 490 nm. Obwohl das Maximum der Empfindlichkeit für die visuelle Wahrnehmung von blauem Licht bei 450 nm eher im kurzwelligeren Bereich liegt, werden die für biologische Wirkungen verantwortlichen spektralen Anteile meistens wegen des Farbeindrucks des dafür relevanten Lichts als „Blauanteil“ oder „blaues Licht“ bezeichnet, obwohl das Licht selbst häufig weiß erscheint.

Im Zusammenhang mit möglichen Netzhautschädigungen durch Blue Light Hazard wird der Begriff „Blauanteil“ ebenfalls verwendet. In beiden Fällen ist der Begriff nicht wirklich korrekt, da die Wirkung nichts mit dem visuellen Vorgang des Farbsehens zu tun hat.

Bei „normalen“ Lichtquellen, wie sie in der Allgemeinbeleuchtung zum Einsatz kommen, korreliert der genannte Blauanteil – zumindest innerhalb einer Klasse von Lichtquellen – direkt mit der Farbtemperatur. Im Bereich zwischen 3.000 K und etwa 6.000 K ist dieser Zusammenhang annähernd linear. Daher ist es richtig, bei weißem Licht für kaltweiße oder tageslichtweiße Beleuchtung höhere Blauanteile und damit stärkere biologische Wirkungen zu erwarten als für warmweiße Beleuchtung.

**Blue Light Hazard, Blaulichtgefährdung** – In diesem Fall sind mögliche Netzhautschäden durch Spektralanteile mit einer maximalen Empfindlichkeit bei 440 nm und einem Bereich von ca. 410 bis 480 nm (Halbwertsbreite) gemeint, wobei sich bei sehr hohen spektralen Strahldichten die potenziell schädigenden Spektralanteile bis ins Rote hin erstrecken (z. B. Laserpointer).

In der Allgemeinbeleuchtung spielt das Risiko für Blaulichtschäden keine Rolle. Dies wird durch verschiedene unabhängige wissenschaftliche bzw. für Arbeitsschutz verantwortliche Gremien (z. B. LiTG, SCENIHR, DGUV) bestätigt. Ebenso ganz aktuell auch durch die im Juli 2017 veröffentlichte „preliminary opinion“ (Scientific Committee on Health, Environmental and Emerging Risks) der wissenschaftlichen Kommission SCHEER, die von der Europäischen Kommission mit einer Risikobewertung von LED beauftragt wurde.

Dies gilt auch für Arbeitsplätze, die mit einer HCL-Beleuchtung ausgestattet sind. Daher ist auch im Kontext mit Human Centric Lighting keine weitere Betrachtung dieses Aspektes erforderlich.

An spezifischen Arbeitsplätzen, bei denen Licht ein Arbeits- oder Prüfmittel darstellt, ist eine Gefährdungsbeurteilung hinsichtlich photobiologischer Sicherheit vorgeschrieben.

Auch beim therapeutischen Einsatz sehr heller Lichtquellen (z. B. zur Lichttherapie) kann eine gesonderte Bewertung sinnvoll sein.

**Chronotyp** – Es gibt Menschen, die bevorzugt früh aufstehen, auch ohne Wecker wach werden und am Morgen schnell zu ihrer maximalen Leistungsfähigkeit kommen (Frühaufsteher, Frühtyp, Morgentyp, Lerchen), und solche, die lieber länger schlafen, meistens nicht ohne Wecker wach werden und ihre Anlaufschwierigkeiten haben (Spätaufsteher). Sie werden oft auch Eulen genannt, weil sie wie diese noch bis zum späten Abend wach, aktiv und leistungsfähig sind. Zwischen diesen Extremtypen gibt es graduell viele Abstufungen. Der Chronotyp ist ein Ansatz, diese Eigenschaft zu quantifizieren. Der Chronotyp hat mit der Schlafdauer nichts zu tun.

Der Chronotyp kann mit Fragebögen ermittelt werden. Eine Methode für Schichtarbeiter ist der D-MEQ (Deutsche Version des „Morningness-Eveningness-Questionnaire“). Ein weiterer Fragebogen, mit dem man den Chronotyp erheben kann, ist der MCTQ (Munich Chronotype Questionnaire).

Ein gesunder und erholsamer Schlaf – ebenso wie eine angemessene Leistungsfähigkeit zu Wachzeiten – ist nur möglich, wenn Arbeits- und Schlafzeiten mit dem Chronotyp im Einklang sind. Dazu muss der circadiane Rhythmus täglich neu synchronisiert werden. Licht ist der stärkste Einflussfaktor für diese tägliche Synchronisierung.

**Circadianer Rhythmus** – Ein biologischer Rhythmus mit einer Periode von etwa 24 Stunden (lateinisch: circa = ungefähr, dies = Tag). Licht ist beim Menschen der wichtigste Zeitgeber für den circadianen Rhythmus. Der prägnanteste dieser Rhythmen ist der Wach-Schlaf-Rhythmus. Aber auch andere Rhythmen, z. B. Essen oder Verdauung, sind leicht erkennbare circadiane Rhythmen. Viele andere circadiane Rhythmen beim Menschen sind nicht direkt erkennbar: Körpertemperatur, Hormonspiegel, sogar Atmung und Kreislauf unterliegen circadianen Rhythmen, die letztlich bis in die Stoffwechselfvorgänge jeder einzelnen Körperzelle reichen. Die Abstimmung dieser Rhythmen mit dem natürlichen Verlauf von Tag und Nacht ist wesentlich

für die Gesundheit des Menschen. Licht ist der wesentliche Einflussfaktor für diese Abstimmung.

**Cortisol** – Hydrocortison – wird häufig als „Stresshormon“ bezeichnet, da es auch bei Stress ausgeschüttet wird. Es hat anregende Wirkungen auf verschiedene Körperfunktionen und sollte vielleicht eher als Aktivitätshormon bezeichnet werden. Ohne den Anstieg des Cortisolspiegels würde uns das Aufstehen am Morgen sehr schwer fallen und Aktivitäten wären generell anstrengender. Auch der Cortisolspiegel unterliegt einem circadianen Rhythmus mit einem morgendlichen Maximum.

**Human Centric Lighting** – Der Begriff „Human Centric Lighting“ steht für ein Beleuchtungskonzept, das neben den visuellen Aspekten von Wahrnehmung und Sehkomfort auch biologische und emotionale Gesichtspunkte in gleichwertiger Weise berücksichtigt (siehe auch die Definition im Einführungsteil dieser Schrift oder im ZVEI-Positionspapier zu Human Centric Lighting). Der Begriff taucht seit dem Jahre 2010 vermehrt auf und gelangte mit der Veröffentlichung der Studie „Going Beyond Energy Efficiency“ der Unternehmensberatung A.T. Kearney im Jahre 2013 zu einer weiten Verbreitung. Da der Begriff hauptsächlich vonseiten der Lichtindustrie genutzt wurde, entstand bei Wissenschaftlern eine gewisse Hemmung, ihn zu übernehmen. Hauptsächlich deshalb hat die CIE den Begriff „Integrative Lighting“ als Synonym eingeführt. Beide Begriffe sind gleichwertig.

Wissenschaftler beziehen sich meistens auf die Wirkungen des Lichts und sprechen dann von „nicht visueller Wirkung“ oder „nicht bildgebender Wirkung“, wenn sie die über das Visuelle hinausgehenden Wirkungen des Lichts beschreiben. Visuelle und nicht visuelle Wirkungen werden auf wissenschaftlicher Ebene eher selten gleichzeitig behandelt. Daher ist diese Unterscheidung dort sinnvoll.

Ursprünglich war vom Fachnormungsausschuss für Licht (FNL 27) mit der DIN V 5031-100 und der

DIN SPEC 5031-100 der Begriff „biologisch wirksame Beleuchtung“ eingeführt worden. Dies war zunächst, ebenso wie der Begriff „nicht visuell“, als Abgrenzung zu einer nur am Visuellen orientierten Beleuchtung gedacht. Es hat aber dazu geführt, dass beides auch in der täglichen Beleuchtungspraxis als unabhängig voneinander betrachtet wurde. Inzwischen ist es allgemein akzeptiertes Basiswissen, dass jede Beleuchtung zu jeder Zeit ihre visuellen und nicht visuellen (= biologischen) Wirkungen entfaltet.

**Integrative Lighting** – Dieser Begriff wurde von der CIE als Alternative zu Human Centric Lighting eingeführt (siehe unter Human Centric Lighting).

**ipRGC, retinale Ganglienzellen, dritter Photorezeptor** – ipRGC ist die Abkürzung für intrinsic photosensitive Retinal Ganglion Cells. Es gibt neben den zum Sehen notwendigen Photorezeptoren (Zapfen und Stäbchen) in der Netzhaut auch Ganglienzellen, welche die Signale dieser Photorezeptoren aufnehmen und an den Sehnerv weiterleiten. Etwa 2 bis 3 % aller Ganglienzellen in der Netzhaut enthalten darüber hinaus das Photopigment Melanopsin und sind damit selbst (intrinsisch) lichtempfindlich – insgesamt nur etwa 2.000 pro Auge. Diese Zellen leiten somit nicht nur dann Signale weiter, wenn sie diese Information von anderen Photorezeptoren erhalten, sondern reagieren aus sich selbst heraus auf Licht. Diese Reaktion ist die wesentliche Grundlage für nicht visuelle Wirkungen von Licht auf Menschen. IpRGC sind immer an den biologischen Wirkungen beteiligt, selbst wenn manche Wirkungen auch von anderen Photorezeptoren beeinflusst werden.

**Lichtfarben** – In der Allgemeinbeleuchtung kommt in der Regel weißes Licht zum Einsatz, wenn man von dekorativen Farbakzenten absieht. Weißes Licht kann durch seine Farbtemperatur (genauer „ähnlichste Farbtemperatur“) beschrieben werden. Die ähnlichste Farbtemperatur einer weißen Lichtquelle entspricht der Temperatur eines schwarzen Strahlers, bei der dessen Strahlung den gleichen Farb-

eindruck wie die entsprechende Lichtquelle erweckt.

**Warmweiß:** Niedrige Farbtemperaturen, i. A. um 3.000 K oder niedriger. Unterhalb 2.500 K erscheint das Licht eher orange-farbig bis rötlich, obwohl es definitionsgemäß noch „weiß“ ist.

Warmweiße Lichtquellen werden bevorzugt im privaten, häuslichen Bereich verwendet oder in Räumen, in denen eine angenehme, entspannende Atmosphäre geschaffen werden soll (Restaurants, Hotels u. Ä.). Warmweißes Licht hat üblicherweise eine geringere biologische Wirkung als Licht mit höherer Farbtemperatur, bei einer 3.000-K-Standard-LED etwa ein Drittel der Wirkung von Tageslicht bei gleicher Beleuchtungsstärke am Auge. Daher wird bei Leuchten, die für HCL-Anlagen eingesetzt werden, eine biologisch gering wirksame Beleuchtung i. A. mit warmweißen Lichtquellen realisiert.

**Neutralweiß:** Farbtemperaturen im Bereich um 4.000 K. Die in Mitteleuropa verbreitetste Lichtfarbe für Büro- und Industriebeleuchtung. Wirkt deutlich kälter als warmweißes Licht mit 3.000 K.

Bei gleicher Helligkeit hat 4.000-K-Licht etwa 50 % der Wirkung von Tageslicht auf das biologische System. Neutralweiß wird in der englischsprachigen Literatur meistens als „cool white“ bezeichnet. Daraus entsteht ein Risiko für Verwechslungen mit dem Begriff „kaltweiß“, der für höhere Farbtemperaturen steht.

**Kaltweiß:** Relativ unspezifische Bezeichnung für Farbtemperaturen oberhalb etwa 5.000 K. Im häuslichen Bereich oder in einem Restaurant kann allerdings auch eine 4.000-K-Beleuchtung bereits „kalt“ wirken. Daher sollte der Begriff mit Vorsicht verwendet werden. Eine genauere Spezifikation ist sinnvoller.

**Tageslichtweiß:** Dies sind Lichtfarben oberhalb 5.500 K. Eine typische „Daylight“-Lichtfarbe ist 6.500 K. Sie kommt vom Farbeindruck der Normlichtart D65, die als standardisierte Repräsentation



## Glossar

des Tageslichts gilt, am nächsten. Das menschliche Farbempfinden kann bei solch kalten Lichtfarben Unterschiede im Bereich von weniger als etwa 500 K nicht wahrnehmen.

Die biologischen Wirkungen kommen bei tageslichtweißer Beleuchtung auch dem natürlichen Tageslicht am nächsten. Licht aus Standard-LEDs mit 6.500 K liegt bei etwa 85 % der Wirkung von Tageslicht D65.

Noch höhere Farbtemperaturen werden im Allgemeinen als sehr unangenehm und unnatürlich empfunden, wenn sie als alleinige Lichtquelle zum Einsatz kommen. In Kombination mit direkter oder indirekter Beleuchtung kann die Raumdecke mit sehr kaltweißem Licht aufgehellt werden, ohne dass dies störend wirkt, solange eine weniger kaltweiße Direktbeleuchtung zum Einsatz kommt. Dies gibt den Eindruck eines künstlichen Himmels.

**Lichtmanagement** – Human Centric Lighting steht konsequent in Verbindung mit einem intelligenten Lichtmanagementsystem.

Moderne Lichtkonzepte, wie Human Centric Lighting, entstehen aus Nutzer- und Nutzungsbedürfnissen und kombinieren die Planungsgrundsätze von visuellen, nicht visuellen und emotionalen Lichtqualitäten. Bei der Übergabe dieser Aufgabe an einen Fachplaner muss dieser verantwortungsbewusst einerseits die geeignete Lichtlösung entwickeln und andererseits das passende Lichtszenario spezifizieren. Traditionell wird die Beschreibung der Lichtlösung der erste Schritt im Planungsprozess sein. Damit werden die Wirkung und die Aufgabe des Lichts in der entsprechenden Anwendung (Raum) aufgezeigt. Im Laufe des kreativen Lighting-System-Design-Prozess entstehen hierbei vorzugsweise verschiedene Lichtszenarien, die für die Planungsgrundsätze notwendig und sinnvoll sind.

Für HCL-Anwendungen bedeutet dies die Realisierung dynamischer Lichtszenarien mit sich verändernden Lichtfarben, räumlichen Lichtverteilungen und angepassten

Helligkeitsniveaus über den Tag. Selbstverständlich sollte der Lichtplaner auch individuelle Lichtwünsche berücksichtigen, damit diese bei Bedarf situativ und flexibel vom Nutzer eingeschaltet werden können. Das Tageslicht, sofern baulich ausreichend vorhanden, sollte sich – auch aus energetischen Gründen – ebenfalls in das Lichtkonzept integrieren und nutzen lassen.

An dieser Stelle muss der Lichtplaner, falls er nicht selbst die Fachkompetenz mitbringt, einen Elektroplaner für Systemintegration einbeziehen. Oder der verantwortliche Projektmanager hat bereits ein Team an Fachkapazitäten zusammengestellt, das interdisziplinär und integral die verschiedenen Technologiegewerke im Gebäude über geeignete Schnittstellen verbindet.

Zur Umsetzung eines HCL-Konzeptes stellen Licht- und Elektroindustrie, aber auch die IT-Branche, ein umfassendes Repertoire an Gebäudeautomationssystemen mit passender Anwendungssoftware zur Verfügung. Je nach Spezifikation der umzusetzenden Lichtszenarien durch den Lichtplaner und der damit gebäudeseitig zu planenden (oder bereits vorhandenen) Automation hat der Elektroplaner die Aufgabe, das passende System auszuwählen.

Als klassische drahtgebundene Systeme im Bereich der Lichtsteuerung haben sich Technologien wie Digital Addressable Lighting Interface (DALI), Digital Multiplex Lighting Interface (DMX) oder KNX seit Langem bewährt. In den letzten Jahren sind mehr und mehr Systeme dazugekommen, die auf Funkbasis (ZigBee, Bluetooth, EnOcean, WLAN oder LAN/Ethernet) aufsetzen. In naher Zukunft werden sämtliche elektrotechnisch, aber auch autark funktionierenden Komponenten in einem Gebäude oder im öffentlichen Raum bereits mit einer individuellen IP-Adresse ausgestattet und in der IoT-Welt angekommen sein.

Spannend, durchaus komplex, aber sehr sinnvoll sind kompatible Schnittstellen, um verschiedene Systeme

miteinander zu vernetzen. Lösungen für HCL-Anwendungen müssen vor allem Zeitbausteine beinhalten, damit eine „circadiane“ Tagessequenz vollautomatisch und dynamisch ablaufen kann. Damit der Programmierer die HCL-Anlage in Betrieb nehmen kann, muss dieser durch den Lichtplaner eindeutig gebrieft werden, z. B. welche Lichteinstellungen zu welcher Zeit wie spezifiziert sind.

Moderne Lichtmanagementsysteme, kurz LMS, spielen ihre Leistungsstärke auch durch den Einsatz intelligenter Sensorik (z. B. Umweltdaten) und Software aus. Der Einsatz und die Anwendung eines professionellen LMS bedeutet auch eine deutliche Differenzierung im Wettbewerb, beispielsweise in Form einer auf HCL ausgelegten Beleuchtung im Gesundheitswesen, die nicht nur durch die passenden Lichtszenarien ein räumliches Erlebnis schafft und die Menschen positiv beeinflusst, sondern nebenbei auch noch Energiesparen und Datenanalysen ermöglichen kann.

Aber – Lichtsteuerungssysteme müssen vor allem bedienbar bleiben. Schon in der Konzeptionierungsphase sollte der Systemintegrator dieses Ziel sicherstellen. Über eine leicht verständliche Bedienschnittstelle, z. B. mittels einer logischen App für Lichtszenarien, lässt sich dies unkompliziert ermöglichen. Im Kern sind Lichtmanagementsysteme höchst komplex, doch mit der entsprechend intuitiv bedienbaren Steuerung steht einer Nutzerfreundlichkeit nichts im Wege.

**LSDP – Lighting-System-Design-Prozess** – Der sogenannte Lighting-System-Design-Prozess (LSDP) wird in der prEN TS 17165 beschrieben.

Bei dem Entwicklungsprozess für das Beleuchtungssystem handelt es sich um einen iterativen Vorgang. In diesem Leitfaden werden die wichtigsten im Umfang aufgeführten Konstruktionsaspekte des Vorgangs für gute Qualität, energieeffiziente und effektive Beleuchtungssysteme für Großprojekte im Dienstleistungssektor beschrieben. Das fertig konstruierte Be-

leuchtungssystem sollte eine effiziente, effektive und hochwertige Beleuchtung bieten, die die Anforderungen der Nutzer erfüllt. Die Lösung sollte eine Sicherheits-/Notfallbeleuchtung auf der Grundlage einer Risikoanalyse bzw. gemäß der Gesetzgebung umfassen, die während des Konsultationsprozesses ermittelt wird. Die Elemente dieses Konstruktionsprozesses können unter Umständen auch für kleinere Beleuchtungskonzepte verwendet werden.

Der vollständige Planungsprozess für das Beleuchtungssystem unterstützt die Umsetzung von Regulierungsmaßnahmen sowie die Entwicklung von Prüfanforderungen. Dadurch wird sichergestellt, dass die erwarteten Energieeinsparungen ohne Gefährdung der erforderlichen Beleuchtungsbedingungen erfüllt werden.

#### **Melanopsin, melanopische Wirkungen**

– Melanopsin ist das Photopigment, das für die Lichtempfindlichkeit der retinalen Ganglienzellen (ipRGC) verantwortlich ist. Seine höchste Empfindlichkeit liegt im Bereich zwischen 450 und 530 nm (Halbwertsbreite) mit einem Maximum bei 490 nm. Über die Anregung dieses Farbstoffmoleküls durch Licht geben die ipRGC Nervensignale ab, die biologische Lichtwirkungen auslösen. Wenngleich es verschiedene Subtypen von ipRGC gibt und nach heutigem Kenntnisstand auch die anderen in der Netzhaut befindlichen Photorezeptorzellen an biologischen Wirkungen beteiligt sind, tragen melanopsinhaltige Ganglienzellen am meisten zu den biologischen Wirkungen von Licht bei. Weil biologische Wirkungen wesentlich auf der Anregung der melanopsinhaltigen Ganglienzellen beruhen, werden diese auch melanopische Wirkungen genannt. In dieser Schrift nutzen wir die Bezeichnung „biologische“ Wirkungen.

**Melatonin** – Hormon, das in der Zirbeldrüse gebildet und am Abend und in der Nacht in den Blutkreislauf gegeben wird. Melatonin wirkt beim Menschen schlaffördernd. Licht kann am Abend und in der Nacht die Sekretion von Melatonin ins Blut unterdrücken und damit die schlaffördernde Wirkung aufheben.

Am Tag ist bei einem „normalen“ circadianen Rhythmus praktisch kein Melatonin im Blut nachweisbar. Die aktivierende Wirkung von Licht am Tag ist daher auch ein anderer Prozess, der mit Melatoninunterdrückung in der Nacht nichts zu tun hat.

Da Melatonin der wichtigste außen messbare Marker für die circadianen Phasen der inneren Uhr ist, wird die melatoninunterdrückende Wirkung im Allgemeinen gleichgesetzt mit der circadianen Wirkung, d. h. der biologischen Wirkung von Licht auf die innere Uhr.

Licht, das in der Nacht in der Lage ist, Melatonin zu unterdrücken, kann im Allgemeinen auch andere biologische Wirkungen (auch am Tag, wie z. B. Aktivierung) auslösen, da all diesen Wirkungen die Anregung des Melanopsins in den ipRGC zugrunde liegt.

**Serotonin** – Serotonin ist ein Botenstoff, der Signale zwischen Nervenzellen überträgt (Neurotransmitter). Serotonin wird oft auch als „Glückshormon“ bezeichnet, weil es stimmungsaufhellend wirkt. Serotonin ist das Molekül, aus dem Melatonin gebildet wird. Serotonin kann nur im Körper gebildet werden – hauptsächlich im Gehirn selbst. Helles Licht fördert die Bildung von Serotonin.

**Tageslicht** – Der Begriff wird hier verwendet, um das Licht zu bezeichnen, das im Freien, aber in einem vor direkter Sonneneinstrahlung geschützten Bereich vorherrscht. Insbesondere bezieht sich der Begriff dabei auch nur auf die sichtbaren Anteile (Licht) und ignoriert UV- oder Infrarot-Strahlungsanteile. Diese sind für die hier behandelten biologischen Wirkungen ohne Bedeutung und werden daher im Zusammenhang mit HCL nicht berücksichtigt. Im Gegensatz dazu weist die direkte Sonnenstrahlung auch UV- und IR-Anteile auf, die für die menschliche Gesundheit wichtig sind. Da UV- und IR-Anteile auch gesundheitliche Risiken mit sich bringen, ist eine getrennte Behandlung dieser Thematik erforderlich. Natürliches Tageslicht gilt als die Lichtquelle, die eine optimale Versorgung mit den biologisch wirksamen

Blauanteilen sicherstellt. Für die Bewertung künstlicher Lichtquellen wurde daher Tageslicht D65 als Referenzlicht gewählt, auf das sich die biologisch wirksamen Strahlungsanteile beziehen.

Details dazu finden sich in DIN SPEC 5031-100 und in CEN TR 16791. Es bleibt eine wichtige Fragestellung, ob bei modernen mit Isolier- und Sonnenschutzverglasung versehenen Gebäuden, die im natürlichen Tageslicht enthaltenen Blauanteile noch in ausreichendem Maße durch die Gläser dringen können, um die erwünschte biologische Wirkung sicherzustellen. Ein über solche Fenster vermeintlich „gut“ mit Tageslicht versorgter Raum könnte unter Umständen weniger biologisch wirksame blaue Lichtanteile enthalten als ein gleichartiger mit künstlicher, tageslichtähnlicher Beleuchtung realisierter Raum.

Jedes Heft!

€ 10,-

## Die Schriftenreihe von licht.de

### licht.wissen 19

Wirkung des Lichts auf den Menschen

56 Seiten über die biologische Wirkung des Lichts: Heft 19 informiert über den aktuellen Stand der Forschung und erläutert anhand von Praxisbeispielen den Umgang mit melanopischen Lichtwirkungen.



**[licht.wissen 01]** Lange Zeit stand nur das natürliche Tageslicht zur Verfügung, bis die Menschen künstliches Licht nutzen konnten. Heft 01 zeigt, wie moderne Beleuchtungskonzepte beide Lichtquellen für mehr Wohlbefinden kombinieren.



**[licht.wissen 05]** 60 Seiten über Licht für Arbeitsplätze in Industrie und Handwerk: Heft 05 zeigt, wie optimale Beleuchtungsanlagen ergonomisches Arbeiten ermöglichen und dabei zugleich Energie und Kosten gespart werden können.



**[licht.wissen 12]** Clevere Lichtplanung sorgt für einen möglichst effizienten und bedarfsgerechten Einsatz von Licht. Das passende Lichtmanagement reduziert Energiekosten und ist optimal auf die jeweilige Sehaufgabe abgestimmt.



**[licht.wissen 17]** 56 Seiten Informationen zu LEDs: Langlebig und effizient erobern LEDs die Beleuchtung. Heft 17 zeigt aktuelle Beispiele aus der Praxis, erklärt Funktionsweise und Qualitätsmerkmale der Dioden.

licht.wissen – per Post oder als kostenfreie PDF-Datei (Download) unter [www.licht.de/lichtwissen](http://www.licht.de/lichtwissen)

01 Die Beleuchtung mit künstlichem Licht (2016)  
02 Besser lernen mit gutem Licht (2012)  
03 Straßen, Wege und Plätze (2014)  
04 Licht im Büro, motivierend und effizient (2012)  
05 Industrie und Handwerk (2018)  
06 Shopbeleuchtung, attraktiv und effizient (2011)  
07 Gesundheitsfaktor Licht (2012)

08 Sport und Freizeit (2010)  
09 Sanierung in Handel, Gewerbe und Verwaltung (2014)  
10 Notbeleuchtung, Sicherheitsbeleuchtung (2016)  
11 Gutes Licht für Hotellerie und Gastronomie (2005)  
12 Beleuchtungsqualität mit Elektronik (2003)  
13 Arbeitsplätze im Freien (2007)  
14 Ideen für Gutes Licht zum Wohnen (2009)

15 Gute Beleuchtung rund ums Haus (2009)  
16 Stadtmarketing mit Licht (2010)  
17 LED: Grundlagen - Applikationen - Wirkung (2018)  
18 Licht für Museen und Ausstellungen (2016)  
19 Wirkung des Lichts auf den Menschen (2014)  
20 Nachhaltige Beleuchtung (2014)  
21 Leitfaden Human Centric Lighting (HCL) (2018)

Booklets are also available in english as PDFs, free download at [en.licht.de/en](http://en.licht.de/en)



# Alles über Beleuchtung!

## Herstellernerneutrale Informationen

licht.de informiert über die Vorteile guter Beleuchtung. Die Fördergemeinschaft Gutes Licht hält zu allen Fragen des künstlichen Lichts und seiner richtigen Anwendung umfangreiches Informationsmaterial bereit. Die Informationen sind herstellerneutral und basieren auf den relevanten technischen Regelwerken nach DIN und VDE.

## licht.wissen

Die Hefte 1 bis 21 der Schriftenreihe licht.wissen geben Informationen zur Lichtanwendung. Diese Themenhefte erläutern lichttechnische Grundlagen und zeigen beispielhafte Lösungen. Sie erleichtern damit auch die Zusammenarbeit mit Fachleuten der Licht- und Elektrotechnik. Alle lichttechnischen Aussagen sind grundsätzlicher Art.

## licht.forum

licht.forum behandelt aktuelle Fragen der Lichtenwendung und stellt Beleuchtungstrends vor. Diese kompakten Fachinformationen erscheinen in loser Folge.

## www.licht.de

Ihr umfangreiches Lichtwissen präsentiert die Brancheninitiative auch im Internet unter [www.licht.de](http://www.licht.de). Architekten, Planer, Installateure und Endverbraucher finden hier auf rund 5.000 Seiten praxisorientierte Tipps, viele Lichtenwendungen und aktuelle Informationen zu Licht und Beleuchtung. Eine Datenbank mit umfangreichen Produktübersichten weist den direkten Weg zum Hersteller.



[www.twitter.com/licht\\_de](https://www.twitter.com/licht_de)  
[www.twitter.com/all\\_about\\_light](https://www.twitter.com/all_about_light)



[www.facebook.de/lichtde](https://www.facebook.de/lichtde)

## Impressum

### Herausgeber

licht.de  
Fördergemeinschaft Gutes Licht  
– eine Brancheninitiative des ZVEI e.V. –  
Lyoner Straße 9, 60528 Frankfurt am Main  
Tel. 069 6302-353, Fax 069 6302-400  
[licht.de@zvei.org](mailto:licht.de@zvei.org), [www.licht.de](http://www.licht.de)

### Redaktion und Gestaltung

Uhura Digital, Berlin

ISBN-Nummer Druckausgabe 978-3-945220-21-4  
ISBN-Nummer PDF-Ausgabe 978-3-945220-22-1  
05/18/00/211

Berücksichtigt wurden die bei Herausgabe gültigen DIN-Normen und VDE-Vorschriften, wiedergegeben mit Erlaubnis des DIN, Deutsches Institut für Normung e.V. Maßgebend für das Anwenden der DIN-Norm ist deren jeweils aktuellste Fassung, erhältlich bei der Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin.

Der komplette oder auszugsweise Nachdruck von licht.wissen 21 ist nur mit Genehmigung des Herausgebers gestattet.

Gedruckt mit mineralölfreien Farben



## licht.wissen 21

### Leitfaden Human Centric Lighting (HCL)



© licht.de

**licht.de**

Förderungsgemeinschaft Gutes Licht  
Lyoner Straße 9  
60528 Frankfurt am Main  
Germany  
Tel. +49 (0)69 63 02-353  
Fax +49 (0)69 63 02-400  
licht.de@zvei.org  
www.licht.de