

CA G'Ug'

8c'ã'(%  
906 02 Dojč, Slovakia  
bZc4 ca g'g.  
Hr": Ž(&%' (\*- ('\$, 9%  
:U: Ž(&%' (\*- ('\$, , ,

k k k "ca g][ \hjb[ "vša

OMS RIGHTLIGHT B8i CF-9

OMS®

RIGHTLIGHTINDUSTRIE

PRÄSENTATION UND EINZELHANDELSGESCHÄFT, EINKAUFSZENTRUM



INDUSTRIE UND TECHNIK, ARBEITEN IM FREIEN



BÜRO UND KOMMUNIKATION



HOTEL UND GASTRONOMIE



ARCHITEKTUR, FASSADE, STADTMARKETING UND VISUELLE PRÄSENTATION



STRASSEN, WEGE UND PLÄTZE



HAUS, WOHNUNG UND WOHNBEREICH



BILDUNG UND WISSENSCHAFT



GESUNDHEIT UND PFLEGE



SPORT, FREIZEIT UND WELLNESS



„Als Thomas Edison bis spät in die Nacht arbeitete, um das elektrische Licht zu entwickeln, musste er es im Schein einer Gaslampe oder Kerze tun. Ich bin mir sicher, dass diese Tatsache seine Arbeit um einiges dringender erscheinen ließ.“  
George Carlin

Glücklicherweise sind die Zeiten vorbei, in denen Handwerker gebückt und im flackernden Licht einer Kerze oder Petroleumlampe über ihren Werkstücken kauern mussten. Die Erfindung des Kunstlichts im Jahre 1789 bedeutete einen Durchbruch im technischen Bereich und machte aus „Licht“ ein verfügbares Produkt, unabhängig von der Jahres- oder Tageszeit. Zusammen mit anderen Erfindungen aus der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts spielte das elektrische Licht eine tragende Rolle bei der Industrialisierung. Denn als das künstliche Licht keine Luxusware mehr war, fand es seinen Weg dank der massiven Elektrifizierung auch in die Fabriken, wo der Mehrschichtbetrieb eine geradezu explosionsartige Zunahme der industriellen Fertigung auslöste. Die Notwendigkeit einer ständigen Suche nach wirtschaftlicheren Lösungen motivierte die Wissenschaftler und Erfinder dazu, immer bessere und ausgefeiltere Methoden zu entwickeln, wie man Kunstlicht erzeugen und verteilen konnte. Nach einiger Zeit begannen die Halogen- und Leuchtstofflampen mit den Glühbirnen zu konkurrieren, wie im Jahr 1962 schließlich auch die Vorgänger der LED-Dioden, die die derzeit effektivste und wirtschaftlichste Art der Lichtquelle darstellen. Zusammen mit der Entwicklung der Lichttechnologien nahm auch das Interesse der Wissenschaftler am Einfluss des Lichts auf den menschlichen Organismus zu. Die langjährigen Untersuchungen brachten viele interessante Erkenntnisse hervor, die immer häufiger auch in der Praxis wirksam angewendet werden. Die Tatsache, dass Menschen bis zu 80 % ihres produktiven Lebens auf der Arbeit verbringen, steigert die Bedeutung einer geeigneten und biologisch effizienten Beleuchtung am Arbeitsplatz. Im Produktionssektor und allen anderen Berufssparten kann sich ein richtig ausgelegtes Beleuchtungssystem positiv auf die Leistungseffizienz und Konzentration der Mitarbeiter in allen Arbeitsschichten auswirken, die Fehlerquote minimieren und das Verletzungsrisiko senken.

# CONTENT

BELEUCHTUNG UND MENSCHEN	8	BELEUCHTUNG IN DER INDUSTRIE	64
<b>ERGONOMICS</b>	<b>10</b>	<b>INNENRAUM-ARBEITSPLÄTZE</b>	<b>68</b>
Farbwiedergabeindex (CRI)	12	Schwerindustrie	68
Blendung	14	Metallbearbeitung und -verarbeitung	70
Beleuchtungsniveau	16	Maschinen- und Anlagenbau	72
Homogenität der Beleuchtung	18	Automobilindustrie	76
Harmonische Verteilung der Helligkeit	20	Autowerkstätten	78
<b>EMOTION</b>	<b>24</b>	Lager	80
Biologischer Faktor der Beleuchtung	25	Kunststoffindustrie	86
Verfügbarkeit des Tageslichts	25	Holzbearbeitung und -verarbeitung	88
Blaulichtkomponente	26	Elektro- und Elektronikindustrie	90
Simulation des Tageslichts	28	Druckindustrie	92
Beleuchtung von Raumboberflächen	30	Reinraumbranche	94
<b>ECOLOGY</b>	<b>32</b>	Nahrungsmittelindustrie	96
Neueste Lampentechnologie	34	Metzgereien	98
Die Lichtausbeute von Leuchten und ihr Einfluss auf die Umwelt	36	Bäckereien	100
Thermische Leistung einer Lampe	37	Chemiebranche	102
Gehalt gefährlicher Materialien	38	Tiefgaragen	104
Lebensdauer und Instandhaltung des Produkts	38	Not- und Sicherheitsbeleuchtung	106
<b>EFFICIENCY</b>	<b>40</b>	<b>ARBEITSPLÄTZE IM FREIEN</b>	<b>110</b>
Automatisches Lichtmanagementsystem	42	Petrochemie und Energieversorgung	112
Tageslichtsensor	42	Lagerung und Logistik	114
Sensoren der konstanten Beleuchtungsstärke	46	Baustellen	116
Präsenzdetektor	48	Kanäle, Schleusen, Häfen, Werften und Docks	118
Kombiniertes Lichtmanagementsystem	52	Außenbeleuchtung und Parkplätze	120
Abruf von Beleuchtungsszenen	54	<b>SONDERANFRAGEN NACH LEUCHTEN, DIE IN DER INDUSTRIE EINGESETZT WERDEN</b>	<b>124</b>
OMS Lighting control	56	<b>AUSWAHL DER RICHTIGEN LICHTQUELLE</b>	<b>128</b>
DALI	57	<b>LED FÜR DIE INDUSTRIE</b>	<b>130</b>
<b>ESPRIT</b>	<b>58</b>	<b>GRUNDBEGRIFFE</b>	<b>136</b>
<b>EXCEPTIONALITY</b>	<b>60</b>	<b>PRODUKTE</b>	<b>140</b>



# BELEUCHTUNG UND MENSCHEN

## EINE NEUE ORDNUNG FÜR DIE BELEUCHTUNGSWELT

Beim Design von Beleuchtungssystemen im administrativen Raum muss der Lighting Designer neben gesetzlichen Normen viele weitere mehr oder weniger verbindliche Parameter beachten, die einen Einfluss auf die Qualität der gesamten Beleuchtungslösung eines Verwaltungsgebäudes haben. Die Zusammenfassung dieser Kriterien stellte bis in jüngster Zeit ein undurchschaubares System dar, das dem Kunden keine ausreichende Übersicht bot. Das Sechs-Punkte-System zur Bewertung der Beleuchtungsqualität - der durch das Unternehmen OMS spol. s.r.o. entwickelte Lighting Quality Standard, verleiht der chaotischen Lighting-Welt eine neue Ordnung.

Die Einhaltung von Regeln ist wichtig. Dass Gesetze befolgt werden müssen, steht außer Frage. Unsere Welt basiert seit uralten Zeiten auf Mustern und Ordnungen. Ohne sie würden wir auch heute noch hilflos durch das Chaos treiben, das unsere Zivilisation durchdringt. Ordnung oder Chaos - es wird wohl ein ewiges Mysterium bleiben, welches dieser beiden Konzepte das Richtige ist. Eines ist allerdings sicher: Wir von OMS mögen Ordnung viel lieber als Chaos. Deshalb haben wir einen ganz neuen Qualitätsstandard für Beleuchtung geschaffen, damit Kunden, Käufer und Konkurrenten Beleuchtungselemente und Lichtlösungen besser verstehen und bewerten können.

Bisher gab es in der Welt der Beleuchtung kein einheitliches System für die Bewertung von Leuchten oder Lichtlösungen, und jeder Hersteller verwendete sein eigenes System. Die Verbraucher verwirrt eine solche Vielzahl von Kriterien, so dass sie möglicherweise ganz auf den Vergleich von Produkten und Lösungen verzichten. OMS bringt Ordnung in dieses Chaos. Wir möchten erreichen, dass der LQS als einheitlicher Standard in der gesamten Beleuchtungsbranche verwendet wird. Der LQS ist ohne Übertreibung ein wichtiger Schritt in eine neue Richtung, und zwar nicht nur für unser Unternehmen, sondern auch für die gesamte Branche und die riesige Beleuchtungswelt.

Wir haben mehr als 20 objektiv quantifizierbare Kriterien ausgewählt und nutzen sie, um sowohl einzelne Leuchten als auch komplette Lichtlösungen für verschiedene Raumtypen zu evaluieren. Jedes Kriterium hat einen eigenen Wert, der in den LQS Index einfließt. Je höher der Index, desto besser eignet sich das Beleuchtungselement oder die Lösung zur Verwendung in einem bestimmten Raum. Der LQS Composer, ein einzigartiges Tool zur Bewertung jedes einzelnen Beleuchtungsprodukts, ermöglicht eine einfache und intuitive Umsetzung dieses Konzepts.

Hinter der Abkürzung „LQS“ versteckt sich ein sechsteiliges Programm. Die einzelnen Kapitel heißen **ERGONOMICS, EMOTION, ECOLOGY, EFFICIENCY, ESPRIT** und **EXCEPTIONALITY** oder **einfach nur die „6 Es“**.

Wenn Sie sich das Programm bildlich als ein Haus vorstellen, handelt es sich bei den ersten vier Kapiteln um starke Säulen, also um Kriterien, die in der Beleuchtungswelt wohlbekannt sind. Die verbleibenden zwei Kapitel sind das Dach, ein leistungsfähiger Überbau, der von den Säulen getragen wird. Zusammen bilden sie eine untrennbare Einheit, deren Einzelteile unabhängig voneinander nicht wahrgenommen werden können und nur als Komplex vorstellbar sind. Das ist die grundlegende Philosophie des LQS. Tauchen Sie ein in die „6 Es“ und träumen Sie vom Leben an einem Ort, an dem es glasklare Regeln gibt.

### THE KEY IS 6 E's

#### ERGONOMICS

*Untersuchen Sie, welchen Einfluss Licht auf das menschliche Auge hat.*

Die Fähigkeit einer Lichtquelle, Farben verschiedener Objekte im Vergleich mit idealen oder natürlichen Lichtverhältnissen realistisch wiederzugeben, ist die Kunst, um die sich in der Beleuchtungswelt alles dreht.

#### EFFICIENCY

*Nutzen Sie Innovationen in den Bereichen Lichtmanagement und Beleuchtungssteuerung.*

Wählen Sie die richtige Schnittstelle für einen gewünschten Beleuchtungseffekt aus einer breiten Palette an Möglichkeiten aus. Für diese Entscheidung spielt der Raum, der jeweils beleuchtet werden soll, eine große Rolle.

#### EMOTION

*Entdecken Sie den Einfluss von Licht auf die menschlichen Emotionen.*

Stichhaltige wissenschaftliche Beweise belegen die Wirkung, die Faktoren wie Farbmischung, biologisch wirksames Licht oder die Beleuchtung von Raumflächen auf unsere Stimmung und Wahrnehmung haben.

#### ESPRIT

*Es kommt dabei durchaus auf Äußerlichkeiten an, so dass es Ihnen nicht peinlich sein muss, wenn Sie auch über das Design der Leuchten nachdenken.*

Aus der Perspektive eines Architekten stellt die ästhetisch ansprechende Form eines Objekts ein wichtiges innenarchitektonisches Element dar.

#### ECOLOGY

*Kontrollieren Sie den Energieverbrauch und die Umweltbelastungen, die durch die Nutzung von Licht entstehen.*

Die Effizienz einer Lichtquelle wird am Verhältnis von verbrauchter Energie und gewonnenem Licht gemessen. Mithilfe dieser Daten kann eine Verlängerung des Produktlebenszyklus bei gleichzeitiger Reduzierung der Wartungskosten erreicht werden.

#### EXCEPTIONALITY

*Betrachten Sie jeden Kunden als ein einzigartiges Individuum.*

Eine maßgeschneiderte Lösung bedeutet Wertsteigerung und mehr Komfort. Die Beleuchtungswelt braucht vertrauenswürdige Partner, die auf eine instabile Zukunft des Markts und Veränderungen im Wirtschaftssystem vorbereitet sind.

# ERGONOMIE

Die Ergonomie untersucht, welchen Einfluss Licht auf das menschliche Auge hat.

Durch angemessene Beleuchtung können wir unerwünschte Blendung reduzieren, die Leistungs- und Konzentrationsfähigkeit steigern und Sehschäden sowie Stress- und Gefahrensituationen verhindern. Nirgendwo sonst erweist sich heutzutage die Beachtung von ergonomischen Standards so wichtig wie am Arbeitsplatz.

Bei der Planung der Beleuchtungslösung ermöglicht die Kenntnis von Prinzipien der Ergonomie dem Lichtdesigner, bei der Beleuchtungsinstallation und der Lichtquelle sowie deren Verteilung im jeweiligen Raum die richtige Wahl zu treffen.

Die folgenden Grundgrößen werden von der Ergonomie bei der Schaffung optimaler Beleuchtungsbedingungen beachtet: der Farbwiedergabeindex („Colour Rendering Index“, kurz CRI), der Blendschutz, der Ausleuchtungsgrad des Aufgabenbereichs und der Umgebung, die Homogenität der Beleuchtung und die harmonische Verteilung der Helligkeit.



PRESTIGE LED 151



Aus praktischer Sicht ist der Farbwiedergabeindex einer der wichtigsten Aspekte bei der Auswahl der Lichtquelle.

## FARBWIEDERGABEINDEX

Die korrekte Wahrnehmung von Farben spielt in vielen Industriezweigen eine entscheidende Rolle. Die Gewährleistung einer angemessenen Farbwiedergabe ist daher eine der zentralen Aufgaben eines Lichtdesigners bei der Planung des Beleuchtungssystems.

Der Einfluss einer künstlichen Lichtquelle auf die Wahrnehmung farbiger Objekte wird durch den Farbwiedergabeindex (CRI) ausgedrückt, der indiziert, wie naturgetreu einzelne Lichtquellen die Farblichkeit eines Objekts im Vergleich zum natürlichen Tageslicht kopieren können. Der CRI-Wert einer Leuchte drückt den Durchschnitt der Werte der ersten acht Indizes R1-R8 aus fünfzehn Farbmustern aus, die zuerst von einer Referenzlichtquelle mit Idealwert (CRI = 100) und danach von einer getesteten Lichtquelle beleuchtet werden. Je größer der Unterschied der naturgetreuen Reproduktion der Farben ist, desto niedriger ist der Wert des Farbwiedergabeindex der getesteten Lichtquelle und damit



auch ihre Fähigkeit, die Farblichkeit von Objekten naturgetreu wiederzugeben.

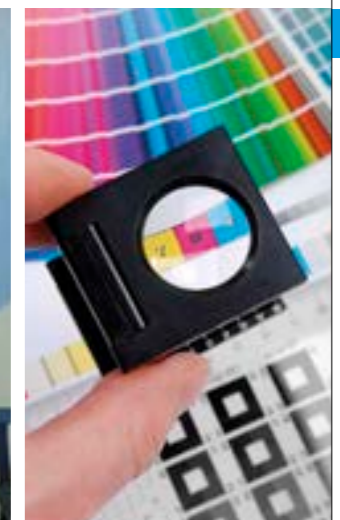
Aus praktischer Sicht ist der Farbwiedergabeindex einer der wichtigsten Aspekte bei der Auswahl einer Lichtquelle. Die Europäische Norm EN 12 464-1 schreibt bei handelsüblichen Office-Leuchten einen Farbwiedergabeindex von mindestens 80 vor, geringere Werte lässt sie nur für Wohnräume, Korridore und Lagerräume zu. Aus Sicht des LQS werden die höchsten Bewertungen für Lichtquellen mit einem CRI von 90 und mehr vergeben.

Aus Sicht des LQS werden die höchsten Bewertungen für Lichtquellen mit einem CRI von 90 und mehr vergeben.

Für mehrfarbige Druckverfahren und die Überprüfung von Vorgängen sind Lichtquellen mit einem Farbwiedergabeindex CRI ≥ 90 zur korrekten Erkennung der Farben erforderlich.



Vergleich von CRI-Farbwiedergabeindizes. Links: CRI 70. Rechts: CRI 93.



TORNADO PC

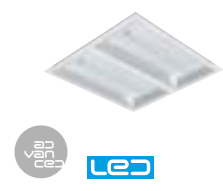
147

## LQS VALUE

Colour rendering index (CRI)

CRI	LQS Value
>90	5
80-90	4
70-80	3
60-70	2
40-60	1
20-40	0





## GLARE PREVENTION

Blendung ist eine negative visuelle Wahrnehmung, hervorgerufen durch helle Flächen im Sichtfeld. Ihre Verhinderung oder Minimalisierung ist außerordentlich wichtig nicht nur hinsichtlich des visuellen Komforts, sondern auch der Sicherheit. Übermäßige direkte oder indirekte Blendung (direct or reflected glare) am Arbeitsplatz kann zu Müdigkeit, Beeinträchtigung des Sehvermögens und zu verminderter Konzentrationsfähigkeit führen; sie erschwert die Lesbarkeit von Text auf PC-Monitoren, aber auch von gedrucktem Text auf glänzendem Papier. Die Vermeidung von störender Blendung gehört deshalb zu den Grundaufgaben des Designers bei der Planung der Beleuchtungslösung.

In administrativen Räumen wird eine Blendung in Räumen mit installierten Monitoren (Visual Display Units, VDU) für besonders unerwünscht erachtet. Übermäßiges Licht kann den Bildkontrast auf VDUs durch schleierartige Reflexionen verringern, die durch eine Beleuchtung der Bildschirmoberfläche sowie

durch gleißendes Licht und helle Oberflächen verursacht werden, die sich auf dem Bildschirm widerspiegeln. Die Anforderungen an die visuelle Qualität von Bildschirmen betreffend unerwünschter Reflexionen bestimmt die Europäische Norm EN ISO 9241-307.

Die richtige Arbeitsplatzorganisation beginnt bei der Verringerung des Risikos, dass Mitarbeiter einer Blendung ausgesetzt sind. Die Positionierung von Schreibtischen senkrecht zu verglasten Flächen so, dass das Tageslicht nicht direkt in das Auge reflektiert wird, und die Ausstattung mit Jalousien sind grundlegende Maßnahmen zur Verhinderung von Blendung.

Eine weitere Möglichkeit zur Verhinderung von Blendung bietet die richtige Auswahl von Leuchten und deren korrekte Positionierung im Raum. Es empfiehlt sich die Auswahl von Leuchten mit geringer Leuchtdichte und matter Oberfläche und ihre Positionierung im Raum so, dass bei der Ausübung gewöhnlicher Tätigkeiten ihre Lichtstrahlen nicht von Objekten direkt in das Auge reflektiert werden, z. B. beim Sitzen am Schreibtisch.



Blende für maximale Leuchtdichte	Blende für hohe Leuchtdichte L > 200 cd/m²	Blende für mittlere Leuchtdichte L ≤ 200 cd/m²
<b>Fall A</b> <small>Werte für Räume mit gemeinsamen Anforderungen in Bezug auf die richtige Farbwiedergabe und Einzelheiten der dargestellten Informationen, die z. B. relevant für alle Bauteile sind.</small>	≤ 3,000 cd/m²	≤ 1,500 cd/m²
<b>Fall B</b> <small>Werte für Räume mit gesteigerten Anforderungen in Bezug auf Farbwiedergabe, präzises Arbeiten und Einzelheiten der dargestellten Informationen, z. B. Büros für technisches Zeichnen oder CAD-Arbeitsplätze.</small>	≤ 1,500 cd/m²	≤ 1,000 cd/m²

Grenzwerte der Leuchtdichte in einem Winkel von 65° und mehr von der senkrechten Achse.

Die Reduzierung des Risikos, Mitarbeiter einer Blendung auszusetzen, beginnt mit der korrekten Organisation des Arbeitsplatzes.

## Unified Glare Rating

Die Methode des Unified Glare Rating (UGR) wird zur einheitlichen Bewertung der psychologischen Blendung verwendet. Diese Methode wurde von der internationalen Beleuchtungskommission (Commission Internationale de l'Eclairage) festgelegt. Je niedriger der UGR-Wert ist, desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit einer psychologischen Blendung im bewerteten Raum. Die europäische Norm EN 12464-1 schreibt einen UGR von maximal 16 für Arbeitsplätze mit hohen Präzisionsansprüchen und starker visueller Belastung (Schleifen von optischem Glas, Handgravuren, Herstellung von synthetischen Edelsteinen), einen UGR von 19 für Labors und Messräume, einen UGR von 25 für allgemeine Arbeitsplätze mit permanent bestzten Arbeitsplätzen

in Verarbeitungsanlagen und einen UGR von 28 für Arbeitsplätze mit begrenztem manuellem Eingriff vor.

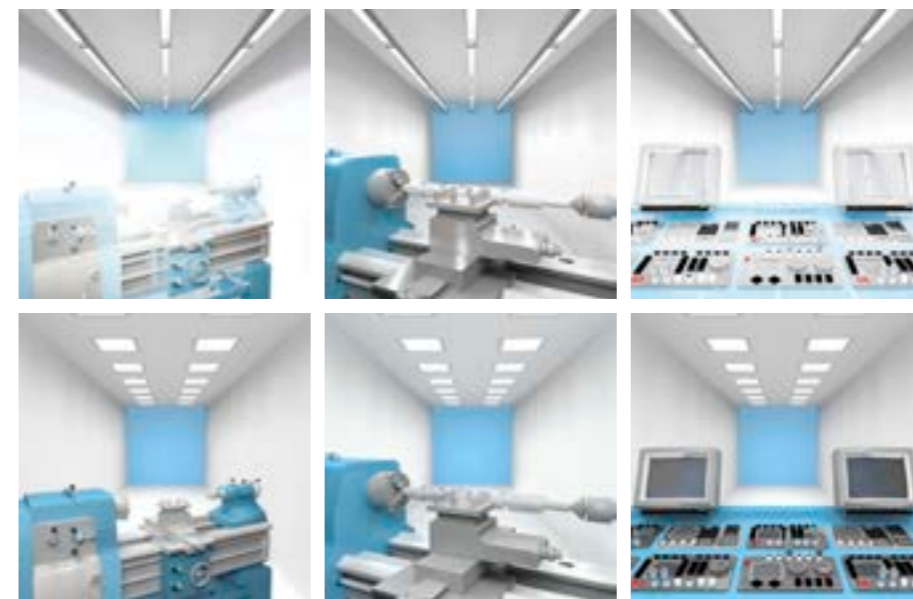
LQS assigns the highest rating of 5 points to solutions achieving UGR maximally 16 and less.

$$UGR = 8 \log \left[ \frac{0.25}{L_b} \sum \frac{L^2 \Omega}{p^2} \right]$$

- L steht für die Leuchtdichte der Lichtelemente jeder Leuchte in Richtung des Auges des Beobachters (in cd.m²).
- Ω ist der Verschnittwinkel der Lichtelemente jeder Leuchte relativ zum Auge des Beobachters (in sr).
- p ist der Guth-Faktor der Raumposition jeder einzelnen Leuchte, der von deren Ablenkung von der Beobachtungsrichtung abhängt.
- L<sub>b</sub> steht für die Leuchtdichte im Hintergrund (in cd.m²).

## Mikroprisma

Die Leuchte RELA X XTP mit direkter Verteilung des diffusen Lichts über ein Mikroprisma ist eine ideale Lösung für ausgewählte Industrieräume. Das Mikroprisma stellt die effektivste Art und Weise für die Verteilung diffusen Lichts dar, da sich das Licht am Ende des Materials bricht, d. h. an den sogenannten optischen Prismen. Dadurch kommt es zu einer gleichmäßigen Verteilung. Weiches, diffuses Licht ist für das menschliche Auge angenehmer und weniger anstrengend, was das UGR und die psychologische Belastung senkt.

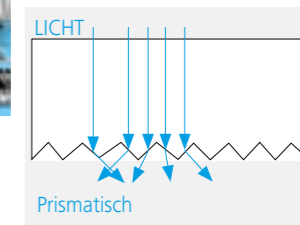


## Direkte Blendung

verursacht eine exzessive Leuchtdichte, z. B. durch falsch platzierte Leuchten oder nicht abgeschirmte, freistrahkende Lampen. Sie ruft ein psychologisches und visuelles Gefühl des Unwohlseins hervor. Deshalb ist es unerlässlich, die Direktblendung auf ein Minimum zu reduzieren.

## Reflexblendung stellt

dieselbe psychologische und physiologische Belastung wie die Direktblendung dar und mindert darüber hinaus die Fähigkeit, Kontraste wahrzunehmen. Sie wird durch die störende Reflexion von Licht, das von unverteckten Fenstern einfällt, auf glänzenden Oberflächen (z. B. glänzendem Papier oder einem Bildschirm) hervorgerufen.



## LQS VALUE

### Glare prevention

Glare prevention	LQS Value
URG<16	5
URG<19	4
URG<22	3
URG<25	2
URG<28	1
URG>28	0

## AUSLEUCHTUNGS-GRAD

Die Mindestwerte des Ausleuchtungsgrads für Produktionsbereiche werden von der Norm festgelegt. Wissenschaftliche Forschung und unsere praktische Erfahrung haben nachgewiesen, dass ein angemessener Ausleuchtungsgrad die Leistung der Mitarbeiter sowie ihre Konzentrationsfähigkeit positiv beeinflusst und die Fehlerrate sowie das Verletzungsrisiko reduziert.

Zur Festlegung der Mindestwerte des Ausleuchtungsgrads unterscheidet die Norm EN 12464-1 zwischen dem Aufgabenbereich, an dem visuelle Tätigkeiten durchgeführt werden, der Umgebung direkt um den Aufgabenbereich herum und dem Hintergrund, einem mindestens 3 Meter breitem Streifen, der an die direkte Umgebung angrenzt. Die Entscheidung, was für ein Beleuchtungssystem installiert werden sollte, hängt von den visuellen Tätigkeiten ab, die an dem Arbeitsplatz durchgeführt werden. Wenn die genaue Organisation der Einrichtung zum Zeitpunkt der Konzeption des Beleuchtungssystems nicht bekannt ist, sollte der Ausleuchtungsgrad im gesamten Bereich den normativen Anforderungen für den Aufgabenbereich entsprechen. An Arbeitsplätzen, an denen Mitarbeiter Aufgaben unter Verwendung von scharfen Gegenständen durchführen (z. B. Bohren, Schleifen) oder schreiben bzw. zeichnen, gilt als optimale Lösung die Platzierung der Leuchte leicht links vom Blickfeld des Mitarbeiters in Richtung der Arbeitsfläche. Wenn die Situation so gelöst wird, werfen die Mitarbeiter keinen Schatten auf den Tisch während der Arbeit. Außerdem ist gewährleistet, dass

die Spitzen der Arbeitswerkzeuge oder die Stifte gut sichtbar sind. Eine solche Lichtströmrichtung ist für Rechtshänder bestimmt. Linkshänder sind in dieser Hinsicht oft benachteiligt. Heutzutage existieren jedoch bereits Beleuchtungslösungen, bei denen der Lichtstrom so eingestellt werden kann, dass gleiche Bedingungen auch für Linkshänder geschaffen werden können. Eine unzureichende oder fehlerhafte Beleuchtung des Produktionsbereichs kann einen negativen Einfluss auf die Qualität der Arbeit der Mitarbeiter oder ihrer Leistung sowie auf ihre Gesundheit und ihren Gemütszustand haben. Moderne Beleuchtungslösungen basieren auf Forschungsergebnissen, aus denen hervorgeht, dass natürliches Licht für das Wohlbefinden jedes Einzelnen ein entscheidender Faktor ist. Genau deshalb versuchen Designer, sich so weit wie möglich dessen Eigenschaften zu nähern.

## AUFGABENBEREICH

Aus Sicht der Anforderungen an die Beleuchtung von Industrie- und Produktionsbereichen spielt der Tisch bzw. der Aufgabenbereich die wichtigste Rolle. Die europäische Norm EN 12464-1 schreibt einen Mindestwert von 50 Lux für allgemeine Tätigkeiten und automatische Verarbeitungen (Trocknen, fernbediente Verarbeitungsanlagen, Brennstoffversorgungsanlagen) vor und verschärft die Anforderungen an den Ausleuchtungsgrad auf einen Wert von 1.500 Lux für die Aufgabenbereiche, in denen zeitaufwändige Tätigkeiten sowie Aufgaben, die Präzision, Produktivität und Konzentration erfordern, durchgeführt werden, oder wo die visuelle Fähigkeit der Mitarbeiter reduziert ist (Qualitätskontrolle, Farbprüfung, Lackieren, Herstellen von Edelsteinen). Um einen angemessenen Ausleuchtungsgrad für den Aufgabenbereich zu bieten und konstante Beleuchtungsbedin-

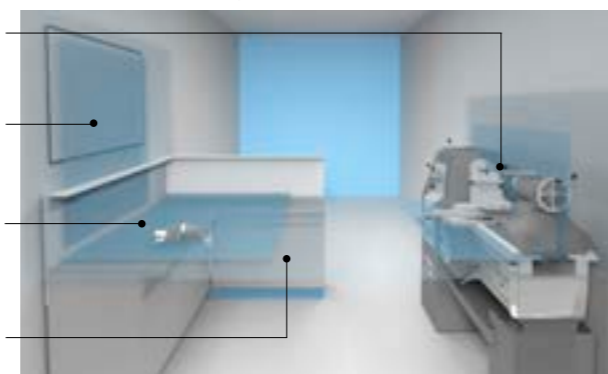
gungen zu erreichen, können zusätzliche Leuchten wie Arbeitsplatz- und Maschinenleuchten installiert werden. Mit Hinblick auf die Sicherheit ist es außerdem erforderlich, das Aufkommen eines Stroboskopeffekts zu vermeiden, wenn die künstliche Beleuchtung eingeschaltet ist. Der Stroboskopeffekt stellt eine große Gefahr dar, insbesondere bei der Arbeit mit rotierenden Werkzeugen, da bei derselben Frequenz und Drehzahl der Eindruck entstehen kann, das Werkzeug sei ausgeschaltet. Dadurch kann sich der Benutzer ernsthaft verletzen. Sie können einen Stroboskopeffekt verhindern, indem Sie LED-Leuchten oder Vorschaltgeräte mit hoher Frequenz installieren, die Licht mit einer solchen Frequenz emittieren, die das menschliche Auge nicht erkennen kann und folglich als permanent kontinuierlich wahrnimmt.

Einzelner industrieller Arbeitsplatz

Raum zum Drehen und Messen von relativ feinen Teilen mit vertikalen und horizontalen visuellen Aufgaben

Platz zum Studieren von Zeichnungen auf vertikalen Flächen

Platz zum Überprüfen von Werkstückvermessungen und zur Ablage von Werkzeugen mit horizontalen visuellen Aufgaben  
Unmittelbare Umgebung (Streifen mit einer Breite von mindestens 0,5m um den Aufgabenbereich herum innerhalb des Blickfelds)



Verschiedene industrielle Arbeitsplätze, die unterschiedliche Beleuchtungslösungen für einzelne visuelle Aufgaben erfordern. Diese müssen individuell hinsichtlich des Standorts und der Beleuchtungsintensität bestimmt werden. Die einzelnen Aufgaben können kombiniert und in demselben Arbeitsbereich durchgeführt werden.

## LQS VALUE

### Illumination level (task area)

Illumination level (task area)	LQS Value
Yes	5
No	0

## AUSLEUCHTUNGSGRAD

Moderne Beleuchtungslösungen basieren auf Forschungsergebnissen, aus denen hervorgeht, dass natürliches Licht für das Wohlbefinden jedes Einzelnen ein entscheidender Faktor ist. Genau deshalb versuchen Designer, sich so weit wie möglich dessen Eigenschaften, einschließlich des Ausleuchtungsgrads, zu nähern.

## UMGEBUNG

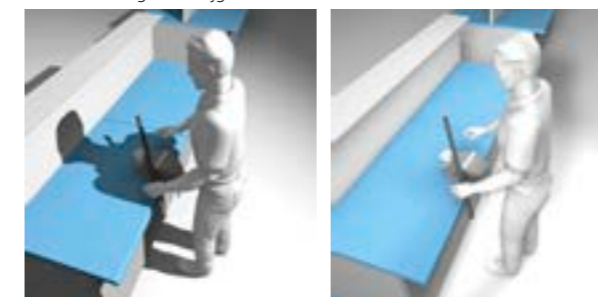
Die korrekte Beleuchtung der Umgebung (Streifen mit einer Breite von mindestens 0,5 m um den Aufgabenbereich innerhalb des Blickfelds herum) und des Hintergrunds (mindestens 3 m breit angrenzend zur unmittelbaren Umgebung innerhalb der Grenzen des Raumes) ist in Industriebereichen ein wichtiger Faktor. Die korrekte Beleuchtung kann Probleme bei der Wahrnehmung von Gegenständen verhindern und eine Schädigung des Sehvermögens sowie die Entwicklung von Stress und Belastung minimieren. Die Beleuchtung der

Umgebung und des Hintergrunds schließt sich an die Beleuchtung des Aufgabenbereichs an und soll für eine harmonische Verteilung der Helligkeit im Sichtfeld sorgen. Die Norm EN 12464-1 schreibt vor, dass die Beleuchtung der unmittelbaren Umgebung niedriger als die des Aufgabenbereichs, jedoch nicht niedriger als die in der unten stehenden Tabelle aufgeführten Werte ist.

Der LQS gibt Räumen, die den Anforderungen der Norm entsprechen, 5 Punkte und solchen, die eine ungenügende Beleuchtungsstärke aufweisen, 0 Punkte.

Illuminance on the task area $E_{task}$ lux	Illuminance on immediate surrounding areas lux
$\geq 750$	500
500	300
300	200
200	150
150	$E_{task}$
100	$E_{task}$
$\leq 50$	$E_{task}$

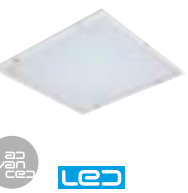
Die Beziehung der Beleuchtungsstärken in der unmittelbaren Umgebung zu der Beleuchtung des Aufgabenbereichs.



Als optimale Lösung gilt die Platzierung der Leuchte leicht links vom Blickfeld des Mitarbeiters in Richtung der Arbeitsfläche. Bei einer solchen Lösung werfen die Mitarbeiter keinen Schatten auf den Tisch während der Arbeit. Zudem ist gewährleistet, dass die Spitzen der Arbeitswerkzeuge oder die Stifte gut sichtbar sind.

RELAX XTP IP65 LED

149



LED

## LQS VALUE

### Illumination level (surrounding area)

Illumination level (surrounding area)	LQS Value
Yes	5
No	0

Große Unterschiede in der Beleuchtungsstärke rufen die Wahrnehmung eines geteilten Raums hervor und erhöhen die Anforderungen an die Anpassungsfähigkeit des menschlichen Auges.

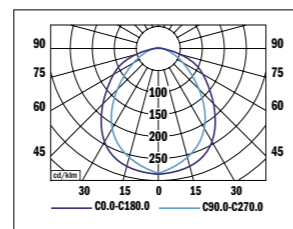
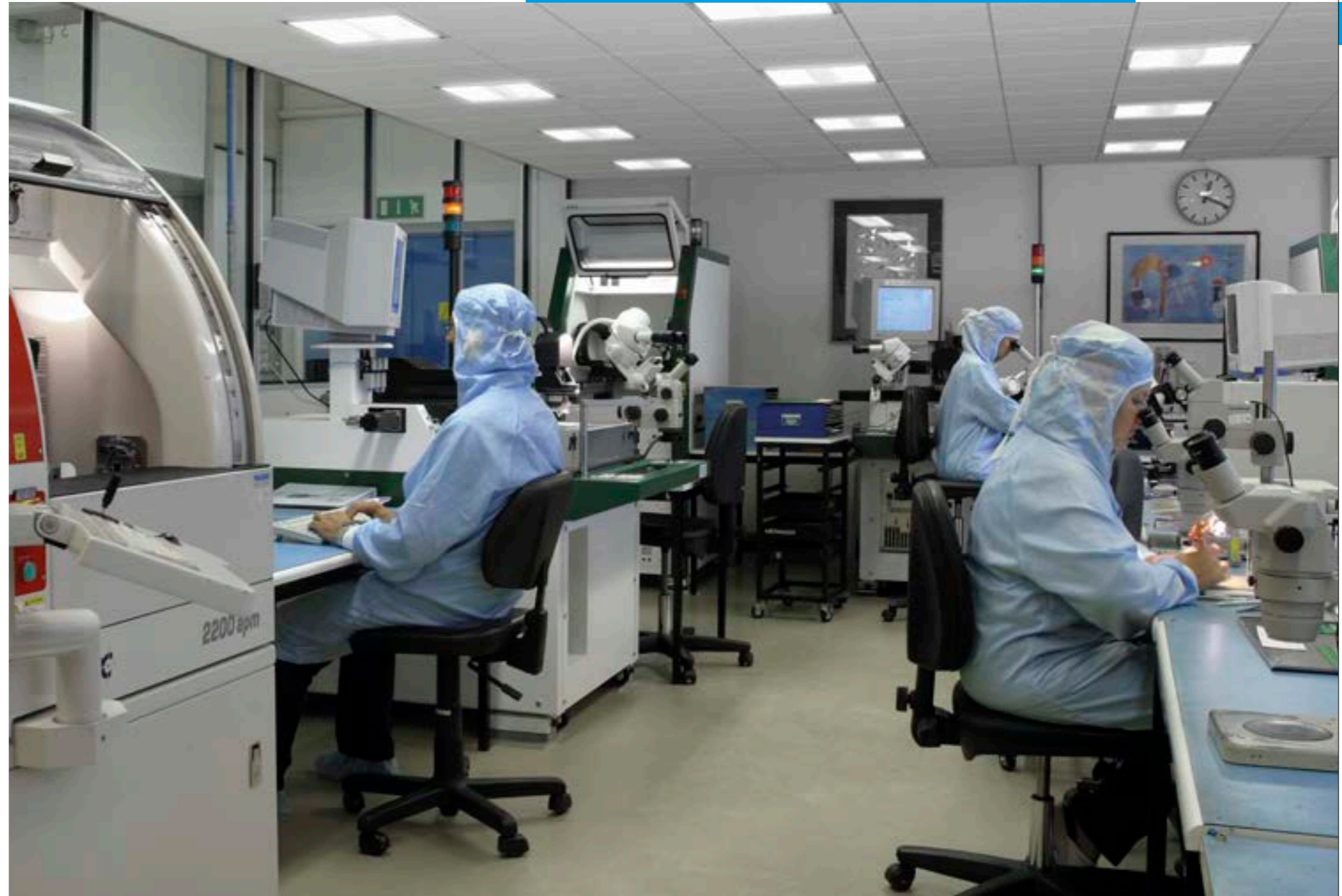
## HOMOGENITÄT DER BELEUCHTUNG

Eine gleichmäßige Beleuchtung beeinflusst unsere Fähigkeit, die Umgebung wahrzunehmen und sich in ihr zu orientieren. Einen gleichmäßig beleuchteten Raum nehmen wir als konsistent wahr.

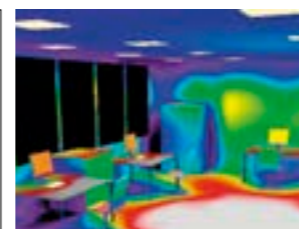
Aus dieser Sicht ist die ergonomische Menge - die Homogenität der Beleuchtung - in Industrie- und Produktionsbereichen äußerst wichtig. Große Unterschiede in der Beleuchtungsstärke rufen die Wahrnehmung eines geteilten Raums hervor und erhöhen die Anforderungen an die Anpassungsfähigkeit des menschlichen Auges. Die Homogenität der Beleuchtung wird als Verhältnis der Mindest- und der Durchschnittsbeleuchtung des bewerteten Raums ausgedrückt. Je näher diese Werte aneinander liegen, desto gleichmäßiger ist die

Beleuchtung des Raums. Ein optimaler Zustand kann durch die Auswahl eines angemessenen Typs und der richtigen Anzahl von Leuchten sowie durch ihre richtige Verteilung erzielt werden. Hinsichtlich des Leuchtentyps erweisen sich direkte und indirekte Beleuchtungsinstallationen mit einer breiten Lichtstärkenkurve als am geeignetsten. Der Homogenitätsindex der Beleuchtung wird durch die europäische Norm EN 12464-1 geregelt, die ähnlich wie beim Beleuchtungsniveau höchste Ansprüche an Arbeitsplätze stellt, an denen hohe Präzision erforderlich ist (z. B. beim Zeichnen, Schleifen, Dekorieren). Für diese Bereiche schreibt die Norm einen Index mit einem Mindestwert von 0,7 vor.

Aus Sicht des LQS wird die optimale Beleuchtungslösung, die den Anforderungen der Norm entspricht, mit 5 Punkten und eine ungenügende mit 0 Punkten bewertet.



Die Lichtstärkenkurve der INDIRECT XTP C L2 FSD 2 x 36 W



Die Spezialsoftware dialux ermöglicht die Simulation der Homogenität der Raumbeleuchtung bereits während des Designprozesses des Beleuchtungssystems.



Die Lichtstärkenkurve informiert den Designer über den resultierenden Effekt.



Der Kunde erhält eine Visualisierung des Raums, einschließlich einer Definition der Materialoberflächen und der Bestandteile der Inneneinrichtung.

## LQS VALUE

### Lighting uniformity

Lighting uniformity	LQS Value
Yes	5
No	0



In industriellen Räumen gelten die Erfordernisse einer harmonischen Verteilung der Helligkeit besonders für Bereiche, in denen visuelle Qualitätskontrollen durchgeführt werden, in Labors, an Arbeitsplätzen mit Bildschirmen oder in Büros.

## HARMONISCHE VERTEILUNG DER HELLIGKEIT

Der Mensch nimmt bis zu 80 % aller Informationen mit seinen Augen auf. Deshalb ist die Beleuchtung ein Schlüsselfaktor für eine korrekte visuelle Wahrnehmung in allen Industrie- und Produktionsbereichen.

Die Leuchtdichte ist die einzige Größe, auf die das menschliche Auge reagiert. Folglich stellt ihre harmonische Verteilung bei der Planung der Beleuchtung in jeder Art von Industrieraum für den Lichtdesigner eine Schlüsselaufgabe dar. Die harmonische Verteilung der Helligkeit wirkt sich auf die Sehschärfe aus und ermöglicht es dem menschlichen Auge, Kontraste wahrzunehmen. Eine ungleichmäßige Verteilung der Helligkeit erhöht die Anforderungen an die Anpassungsfähigkeit des menschlichen Auges. Der niedrige Kontrast verringert die visuelle Stimulation, führt zu einer Ermüdung der Augen und wirkt sich somit auf die Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter am Arbeitsplatz aus. Übermäßige Helligkeit im Raum verursacht eine unerwünschte Blendung. In industriellen Räumen gelten die Erfordernisse einer harmonischen Verteilung der Helligkeit besonders für Bereiche, in denen visuelle Qualitätskontrollen durchgeführt werden, in Labors, an Arbeitsplätzen mit Bildschirmen oder in Büros. Um eine optimale Verteilung der Helligkeit im Raum zu erzielen, muss man mit der korrekten Organisation der Inneneinrichtung und ihres Designs beginnen. Entscheidend sind die Materialarten und die verwendeten Farben. Im Allgemeinen wird die Verwendung von helleren Farben empfohlen,

da dunkle Wände, Decken und Möbelstücke im Vergleich zu helleren Materialien einen niedrigeren Reflexionsgrad haben und somit depressive Gefühle hervorrufen können. Die Auswahl geeigneter Leuchten (Decken- oder Hängeleuchteninstallationen mit direkter Verteilung des Lichtstroms) und ihre korrekte Nutzung sind ein Schlüsselfaktor für die harmonische Verteilung der Helligkeit. Die Werte einer angemessenen harmonischen Verteilung der Helligkeit sind in der europäischen Norm EN 12464-1 festgelegt. Die Norm empfiehlt für die meisten diffus reflektierenden Innenflächen die folgenden Werte: 0,7 bis 0,9 für Decken, 0,5 bis 0,8 für Wände und 0,2 bis 0,4 für Böden. Gemäß derselben Norm sollte der Reflexionsgrad großer Gegenstände (z. B. Maschinen) zwischen 0,2 und 0,7 liegen. Die europäische Norm EN 12464-1 legt weitere Werte für die dauerhafte Beleuchtungsstärke auf den Hauptoberflächen in kleinen Industriebereichen fest, wie beispielsweise in Labors, kleinen Räumen oder Büros. Für die dauerhafte Beleuchtung werden folgende Werte vorgeschrieben: 50 Lux mit einer Homogenität von  $\geq 0,10$  für Wände und 30 Lux mit einer Homogenität von  $\geq 0,10$  für Decken. In allgemein genutzten Räumen (z. B. Fluren und Treppenhäusern) werden für die dauerhafte Beleuchtung der Wände 75 Lux mit einer Homogenität von  $\geq 0,10$  und für die dauerhafte Beleuchtung der Decken 50 Lux mit einer Homogenität von  $\geq 0,10$  vorgeschrieben.

Der LQS vergibt 0 bis 5 Punkte basierend auf dem Ausleuchtungsgrad und seiner Homogenität auf Raumboflächen.



## LQS VALUE

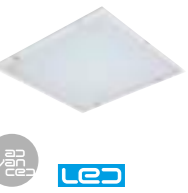
Harmonious distribution of brightness

Harmonious distribution of brightness (contrast)	LQS Value
Em(wall)>150 lux with $U_{\geq 0,3}$ Em(ceiling)>75 lux with $U_{\geq 0,3}$	5
Em(wall)>75 lux with $U_{\geq 0,3}$ Em(ceiling)>50 lux with $U_{\geq 0,3}$	4
Em(wall)>75 lux with $U_{\geq 0,1}$ Em(ceiling)>50 lux with $U_{\geq 0,1}$	3
Em(wall)>50 lux with $U_{\geq 0,1}$ Em(ceiling)>30 lux with $U_{\geq 0,1}$	2
Em(wall)>30 lux with $U_{\geq 0,1}$ Em(ceiling)>10 lux with $U_{\geq 0,1}$	1
Em(wall)<30 lux with $U_{\geq 0,1}$ Em(ceiling)<10 lux with $U_{\geq 0,1}$	0



Die harmonische Verteilung der Helligkeit in einem Raum kann durch die Auswahl der Leuchten beeinflusst werden. Wenn wir Leuchten mit direkter Verteilung des Lichtstroms verwenden (Abbildung 1 - 3), erreichen wir keine ausreichende Beleuchtung der vertikalen Oberflächen, was zu einem Höhleneffekt führt. Durch Nutzung von Leuchten mit einer sehr weiten Helligkeitskurve kann eine solche Situation vermieden werden. (Abbildung 4).

RELAX XTP IP65 LED 149



LED

BELEUCHTUNGSANFORDERUNGEN FÜR INDUSTRIEBEREICHE, AUFGABEN UND AKTIVITÄTEN NACH EN 12464-1 UND EN 12464-2

Art der Fläche, Aufgabe oder Tätigkeit	Em[lux]	UGR <sub>l</sub>	U <sub>o</sub>	CRI	Art der Fläche, Aufgabe oder Tätigkeit	Em[lux]	UGR <sub>l</sub>	U <sub>o</sub>	CRI
<b>Schwerindustrie</b>					Flure: ohne Mannschaft	20	-	0.40	40
Produktionsanlagen mit Fernbedienung <i>(Sicherheitsfarben müssen erkennbar sein)</i>	50	-	0.40	20	<i>(Beleuchtungsstärke auf Bodenhöhe)</i>				
Produktionsanlagen mit gelegentlichem manuellem Betrieb	150	28	0.40	40	Flure: mit Mannschaft	150	22	0.40	60
Produktionsanlagen mit ständigem manuellem Betrieb	200	25	0.60	80	<i>(Beleuchtungsstärke auf Bodenhöhe)</i>				
Plattenlager <i>(Sicherheitsfarben müssen erkennbar sein)</i>	50	-	0.40	20	Leitstände	150	22	0.60	80
Hochöfen <i>(Sicherheitsfarben müssen erkennbar sein)</i>	200	25	0.40	20	Lagerregale	Ev [lux]= 200	-	0.40	60
Walzstraße; Wickler; Schneidemaschinen	300	25	0.60	40	<i>(vertikale Beleuchtung, portable Beleuchtung kann verwendet werden)</i>				
Steuerungsplattformen; Bedienpulte	300	22	0.60	80	<b>Kunststoffindustrie</b>				
Test-, Messung und Prüfung	500	22	0.60	80	<b>Chemiebranche</b>				
Mannshöhe Unterflurgänge; Transportbandbereiche, Keller etc. <i>(Sicherheitsfarben müssen erkennbar sein)</i>	50	-	0.40	20	Ferngesteuerte Produktionsanlagen	50	-	0.40	20
<b>Metallbearbeitung und -verarbeitung</b>					<i>(Sicherheitsfarben müssen erkennbar sein)</i>				
<b>Maschinen- und Anlagenbau</b>					Produktionsanlagen mit begrenzten manuellen Eingriffen	150	28	0.40	40
Freiformschmieden	200	25	0.60	80	Ständig besetzte Arbeitsplätze in Produktionsanlagen	300	25	0.60	80
Gesenkschmieden	300	25	0.60	80	Präzisionsmessräume, Labors	500	19	0.60	80
Schweißen	300	25	0.60	80	Pharmaproduktion	500	22	0.60	80
Grobe und mittlere Bearbeitung: Toleranzen ≥ 0.1 mm	300	22	0.60	80	Reifenherstellung	500	22	0.60	80
Feinbearbeitung; Schleifen: Toleranzen < 0.1 mm	500	19	0.70	80	Farbprüfung	1,000	16	0.70	90
Scribing; Prüfung	750	19	0.70	80	<i>(4,000 K ≤ T<sub>cp</sub> ≤ 6,500 K)</i>				
Drahtziehereien und Spenglereien, Kaltformen	300	25	0.60	80	Zuschnitt, Endbearbeitung, Abnahme	750	19	0.70	80
Plattenbearbeitung: Dicke ≥ 5 mm	200	25	0.60	80	<b>Holzbearbeitung und -verarbeitung</b>				
Blechteile: Dicke < 5 mm	300	22	0.60	80	Automatische Abwicklung, z.B.: Trocknung, Sperrholzherstellung	50	28	0.40	40
Werkzeugbau; Herstellung von Schneidanlagen	750	19	0.70	80	Dampfgruben	150	28	0.40	40
Montage:					Sägearbeiten	300	25	0.60	60
- grob	200	25	0.60	80	<i>(skroboskopische Effekte vermeiden)</i>				
- mittel	300	25	0.60	80	Arbeiten an der Hobelbank, Kleben, Montage	300	25	0.60	80
- fein	500	22	0.60	80	Polieren, Lackieren, feine Tischlerarbeiten	750	22	0.70	80
- präzise	750	19	0.70	80	Tätigkeiten an Holzbearbeitungsmaschinen, z.B.:	500	19	0.60	80
Galvanisierung	300	25	0.60	80	Drehen, fräsen, veredeln, falzen, riffeln, schneiden, sägen, ein senken				
Oberflächenvorbereitung und Lackierung	750	25	0.70	80	<i>(Prevent stroboscopic effects)</i>				
Werkzeug, Herstellung von Schablonen und Vorrichtungen, Feinmechanik, Mikrotechnik	1,000	19	0.70	80	Auswahl von Furnierholz	750	22	0.70	90
<b>Automobilindustrie</b>					<i>(4,000 K ≤ T<sub>cp</sub> ≤ 6,500 K)</i>				
<b>Autowerkstätten</b>					Intarsien, Einlegearbeiten	750	22	0.70	90
Aufbau und Montage	500	22	0.60	80	<i>(4,000 K ≤ T<sub>cp</sub> ≤ 6,500 K)</i>				
Lackieren, Spritzlackiererraum, Polierraum	750	22	0.70	80	Qualitätskontrolle, Prüfung	1,000	19	0.70	90
Lackieren: Nachbesserungsarbeiten, Prüfung <i>(4,000 K ≤ T<sub>cp</sub> ≤ 6,500 K)</i>	1,000	19	0.70	90	<i>(4,000 K ≤ T<sub>cp</sub> ≤ 6,500 K)</i>				
Polstererei (mit Mannschaft)	1,000	19	0.70	80	<b>Elektro- und Elektronikindustrie</b>				
Endabnahme	1,000	19	0.70	80	Kabel- und Drahtproduktion	300	25	0.60	80
Allgemeiner KFZ-Servicebereich, Reparatur und Prüfungen <i>(lokale Beleuchtung berücksichtigen)</i>	300	22	0.60	80	Wickeln:				
<b>Lager</b>					- große Spulen	300	25	0.60	80
Vorrats- und Lagerräume <i>(200 lux, falls ständig besetzt)</i>	100	25	0.40	60	- mittelgroße Spulen	500	22	0.60	80
Versand- und Verpackungsbereiche	300	25	0.60	60	- kleine Spulen	750	19	0.70	80
					Spulenimprägung	300	25	0.60	80
					Galvanisierung	300	25	0.60	80
					Montagearbeiten:				
					- grob, z.B.: große Transformatoren	300	25	0.60	80
					- mittel, bspw. Schaltanlagen	500	22	0.60	80
					- fein, bspw. Telefone, Radios, IT-Ausrüstung (Computer)	750	19	0.70	80
					- präzise, bspw. Messvorrichtungen, Leiterplatten	1,000	16	0.70	80
					Elektronikwerkstätten, Tests, Anpassung	1,500	16	0.70	80

Art der Fläche, Aufgabe oder Tätigkeit	Em[lux]	UGR <sub>l</sub>	U <sub>o</sub>	CRI	Art der Fläche, Aufgabe oder Tätigkeit	Em[lux]	UGR <sub>l</sub>	U <sub>o</sub>	CRI
<b>Druck</b>					Beladen und Entladen von Container Trucks und Waggons	100	45	0.40	40
Schneiden, Vergolden, Prägen, Gravieren,	500	19	0.60	80	mit gefährlichen Substanzen, Austausch von Pumpendichtungen, allgemeine				
Bearbeiten von Steinen und Walzen, Druckmaschinen, Matrizenherstellung					Wartungsarbeiten, Ablesen der Instrumente				
Papiersortierung und Handdruck	500	19	0.60	80	Be- und Entladestellen von Brennstoffen	100	45	0.40	20
Satz, Retusche, Lithographie	1,000	19	0.70	80	Reparatur von Maschinen und Elektrogeräten	200	45	0.50	60
Farbprüfung beim Mehrfarbendruck <i>(5,000 K ≤ T<sub>cp</sub> ≤ 6,500 K)</i>	1,500	16	0.70	90	<i>(lokale Beleuchtung verwenden)</i>				
Stahl- und Kupfergravuren	2,000	16	0.70	80	<b>Lagerung und Logistik</b>				
<b>Nahrungsmittelindustrie</b>					Kurzfristige Abwicklung von großen Einheiten und Rohmaterialien,	20	55	0.25	20
<b>Metzgereien</b>					Ein- und Ausladung von festen Massengütern				
Arbeitsplätze und Bereiche:	200	25	0.40	80	Ständige Abwicklung von großen Einheiten und Rohmaterialien,	50	50	0.40	20
- Brauereien, Tennen					Ein- und Ausladung von Frachtgut, Hebe- oder Absenkungsort für Kräne, offene				
- Waschen, Abfüllen in Fässer, Reinigung, Sieben, Schälén					Laderampen				
- Konservierung von Nahrungsmitteln und Schokoladenfabriken					Ablesen von Adressen, überdachte Laderampen, Gebrauch	100	45	0.50	20
- Arbeitsplätze und Bereiche in Zuckerfabriken					von Werkzeugen, normale Bewehrungs- und Gießarbeiten in Betonwerken				
- Trocknen und Fermentieren von Rohtabak, Gärkeller					Installationen mit elektrischer, maschineller und Rohrmontage,	200	45	0.50	60
Sortieren und Waschen von Produkten, Mahlen, Mischen, Verpacken	300	25	0.60	80	Prüfung <i>(Verwendung der lokalen Beleuchtung)</i>				
Arbeitsplätze und kritische Bereiche in Schlachthöfen,	500	25	0.60	80	<b>Baustellen</b>				
Metzgereien, Molkereien, Mühlen und auf dem Filterboden in Zuckerraffinerien					Räumung, Erdarbeiten und Verladung	20	55	0.25	20
Schneiden und Sortieren von Obst und Gemüse	300	25	0.60	80	Baustellen, Montage von Entwässerungsleitungen, Transport,	50	50	0.40	20
Herstellung von Feinkost, Küchenarbeiten,	500	22	0.60	80	Zusatz- und Lagertätigkeiten				
Herstellung von Zigarren und Zigaretten					Gerüstaufbau, leichte Bewehrungsaufgaben, Montage von Form	100	45	0.40	40
Prüfung von Gläsern und Flaschen, Produktkontrolle,	500	22	0.60	80	und Rahmen aus Holz, elektrische Verrohrung und Verkabelung				
Portionieren, Sortieren, Dekoration					Verbindung von Elementen, die elektrische, maschinelle	200	45	0.50	40
Labors	500	19	0.60	80	und Rohrmontage erfordern				
Farbprüfung <i>(4,000 K ≤ T<sub>cp</sub> ≤ 6,500 K)</i>	1,000	16	0.70	90	<b>Kanäle, Schleusen, Häfen, Werften und Docks</b>				
<b>Bäckereien</b>					Wartekais an Kanälen und Schleusen	10	50	0.25	20
Vorbereitung und Backen	300	22	0.60	80	Gangways und Fußgängerpassagen	10	50	0.25	20
Endfertigung, Glasieren, Dekorieren	500	22	0.70	80	Schleusensteuerungs- und Ballastierungsbereiche	20	55	0.25	20
					Frachtabfertigung, Beladen und Entladen	30	55	0.25	20
					<i>(zum Ablesen von Etiketten: Em = 50 lux)</i>				
					Fahrgastbereiche in Passagierhäfen	50	50	0.40	20
					Verbindung von Schläuchen, Rohren und Seilen	50	50	0.40	20
					Gefahrenstellen an Geh- und Fahrwegen	50	45	0.40	20
					Allgemeine Beleuchtung für das Wertgelände	20	55	0.25	40
					und die Lagerflächen vorgefertigter Waren				
<b>Art der Fläche, Aufgabe oder Tätigkeit</b>	<b>Em[lux]</b>	<b>UGR<sub>l</sub></b>	<b>U<sub>o</sub></b>	<b>CRI</b>	Kurzfristige Abwicklung großer Einheiten	20	55	0.25	20
<b>Petrochemie und Energieversorgung</b>					Reinigung des Schiffsrumpfes	50	50	0.25	20
Fußgängerverkehr innerhalb von sicheren Bereichen	5	50	0.25	20	Lackier- und Schweißarbeiten am Schiffsrumpf	100	45	0.40	60
Handling von Werkzeugen, Kohle	20	55	0.25	20	Montage von elektrischen und mechanischen Komponenten	200	45	0.50	60
Allgemeine Überprüfung	50	50	0.40	20					
Allgemeine Wartungsarbeiten und Ablesen der Instrumente	100	45	0.40	40					
Windkanäle: Wartung und Instandhaltung	100	45	0.40	40					
Reparatur von Elektrogeräten	200	45	0.50	60					
<i>(lokale Beleuchtung verwenden)</i>									
Handling von Werkzeugen, Verwendung von manuell	20	55	0.25	20					
geregelt Ventilen, Starten und Stoppen von Motoren, Einschalten von Brennern									
Beladen und Entladen von Container Trucks und Waggons	50	50	0.40	20					
mit gefahrlosen Substanzen, Dichtheitsprüfung, Prüfung von Rohrleitungen und Dichtungen									

Em = durchschnittliche Beleuchtungsstärke in lux (Wartungswert)

Ev = durchschnittliche vertikale Beleuchtungsstärke in lux (Wartungswert)

UGR<sub>l</sub> = UGR unified glare rating limit (maximale Blendung)

GR<sub>l</sub> = glare rating limit (maximale Blendung)

T<sub>cp</sub> = korrelierte Farbtemperatur

U<sub>o</sub> = Einheitlichkeit

CRI = Farbwiedergabeindex von Leuchten

# EMOTION

Eine sehr wichtige Erkenntnis ist, dass die Anforderungen an den Beleuchtungsgrad proportional zum zunehmenden Alter der Mitarbeiter ansteigt.

Licht kann auf grundlegende Art und Weise die Wahrnehmungsfähigkeit der Menschen beeinflussen, ihre Stimmung verändern, ein Gefühl visuellen und psychologischen Wohlbefindens hervorrufen und den menschlichen zirkadienen Rhythmus regulieren. Diese Erkenntnisse haben die Wahrnehmung der Rolle des künstlichen Lichts um eine neue Dimension erweitert. Seine Rolle besteht nicht nur darin, den Raum zu beleuchten, sondern auch biologisch wirksam zu sein.

Die wissenschaftliche Forschung der jüngsten Jahrzehnte hat die Sicht auf die Rolle der Beleuchtung und seine Wirkung auf die Menschen tiefgreifend verändert. Licht kann auf grundlegende Art und Weise nicht nur die Wahrnehmungsfähigkeit für Dinge im Umfeld des Menschen beeinflussen, sondern auch seine Stimmung verändern, Wohlbefinden oder im Gegenteil dazu Unbehagen hervorrufen und den menschlichen zirkadienen Rhythmus regulieren. All diese Erkenntnisse haben die Wahrnehmung der Rolle des künstlichen Lichts um eine neue Dimension erweitert – biologisch wirksam zu sein. Bei der Aufstellung von Beleuchtungslösungen für Industrieflächen ist es aus verständlichen Gründen unerlässlich, beide Anforderungen gleichermaßen zu berücksichtigen. Mit der richtigen Beleuchtung des Raumes können wir visuelles und psychologisches Wohlbefinden der Mitarbeiter erreichen, ohne jeglichen negativen Einfluss auf ihre Regenerationsfähigkeiten. Die umfassende wissenschaftliche Forschung zeigt auf, dass ein höherer Beleuchtungsgrad die Produktivität der Mitarbeiter in positiver Weise beeinflussen und gleichzeitig das Unfallrisiko vermindern kann. Die Ergebnisse der erwähnten Forschung zeigen, dass bei einem Beleuchtungsgrad von mindestens 500 Lux die Produktivität der Mitarbeiter um 40 % steigt und das Unfallrisiko um 66 % sinkt. Eine sehr wichtige Erkenntnis, die bei der Gestaltung einer Lichtlösung für Produktionsflächen beachtet werden sollte, ist, dass die Anforderungen an den Beleuchtungsgrad proportional zum zunehmenden Alter der Mitarbeiter ansteigt. Die Augen verlieren an Durchlässigkeit und die durchschnittliche Pupillenweite nimmt ab. Dies erfordert mehr Licht in jeder Umgebung. Ein 60-jähriger Mitarbeiter benötigt doppelt so viel Licht wie sein 20-jähriger Kollege, um klar zu sehen. Selbst Mitarbeiter, die älter als 35 Jahre sind, haben einen größeren Lichtbedarf als 20-Jährige.

Der LQS verfolgt einen ganzheitlichen Ansatz in Bezug auf die Beleuchtung von Räumen. Er nimmt deren Lösung als Ganzes wahr und hat sich zum Ziel gesetzt, die Eigenschaften des natürlichen Lichts so naturgetreu wie möglich zu kopieren.

## LQS VALUE

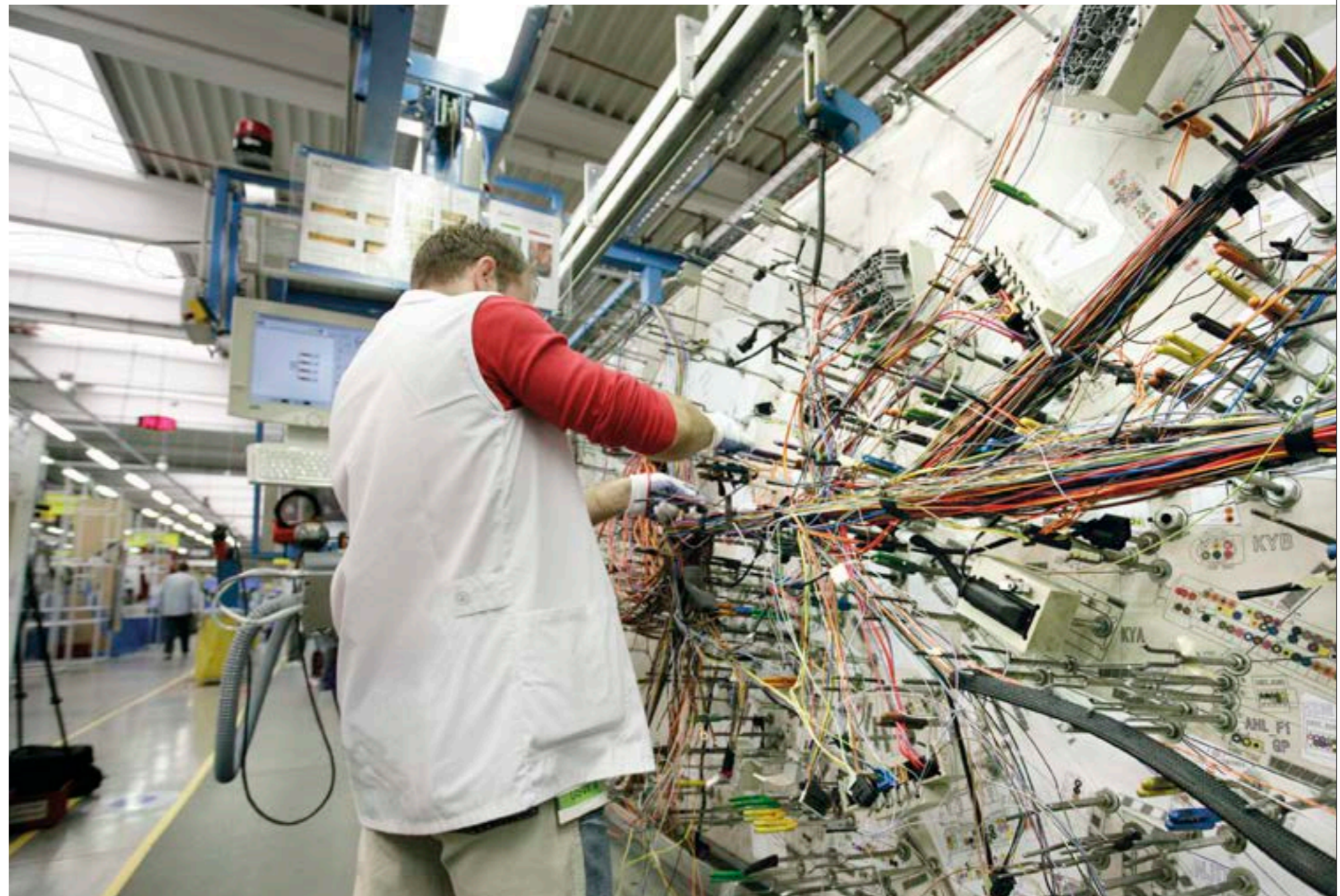
### Biological factor of illumination

Biological factor of illumination	LQS Value (No/Yes)
availability of daylight	0/1 (No/Yes)
blue light content	0/1 (No/Yes)
daylight simulation	0/1 (No/Yes)
dynamic lighting	0/1 (No/Yes)
tunable white	0/1 (No/Yes)

## BIOLOGISCHER FAKTOR DER BELEUCHTUNG VERFÜGBARKEIT VON TAGESLICHT

Arbeitende Menschen verbringen einen großen Teil ihres Lebens in geschlossenen Räumen. Dies ist der Grund dafür, dass der Qualität des künstlichen Lichts eine herausragende Bedeutung zugeschrieben wird. Wie wir bereits auf mehreren Seiten erwähnt haben, hat die wissenschaftliche Forschung die positive Wirkung von natürlichem Licht auf das visuelle und psychologische Wohlbefinden der Menschen, ihre Leistungs- und Konzentrationsfähigkeit und nicht zuletzt ihre Regenerationsfähigkeit eindeutig

nachgewiesen. Viele Industrieflächen verfügen nur begrenzt über Tageslicht, wodurch einer angemessenen künstlichen Beleuchtung die wichtigste Bedeutung zugeschrieben wird. Der wichtigste Moment bei der Beleuchtungsplanung für jedwede Art von Raum ist eine richtige Lösung. Der Leuchtentyp selber ist eher zweitrangig, solange er das gewünschte Resultat gewährleisten kann. Im Allgemeinen gilt, dass das menschliche Auge am besten auf große, zusammenhängend beleuchtete Flächen und weißes, diffuses Licht reagiert, das von der Decke und den Wänden reflektiert wird. Diese Beleuchtungsart simuliert die Eigenschaften des natürlichen Lichts auf bestmögliche Weise.



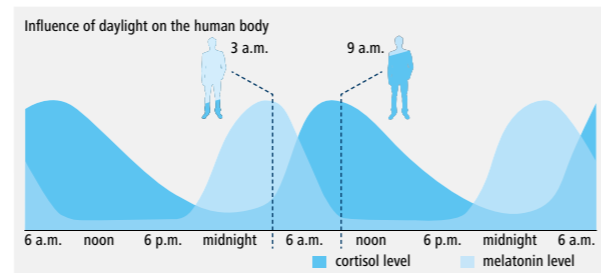
Die Arbeitsplätze mit einem Dreischichtbetrieb stellen eine Herausforderung dar, wobei eine ausreichende Menge an blauem Licht den Biorhythmus der Mitarbeiter, die während der Nachtschicht arbeiten, anpassen kann.

### BLAULICHTANTEIL

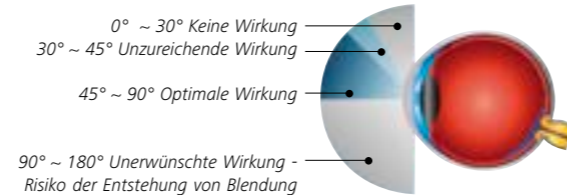
Zu den Erkenntnissen der modernen Wissenschaft gehört die Entdeckung der Funktion der dritten Art von Rezeptoren im menschlichen Auge. Sie sind in der Lage, die Melatoninproduktion zu beeinflussen, einem Hormon für die Regulierung des zirkadienen Rhythmus von Menschen. Diese Rezeptoren reagieren empfindlich auf den Teil des Lichtspektrums, der eine Wellenlänge von ca. 464 Nanometern hat, also auf das blaue Licht. Diese Erkenntnis wurde zur Grundlage für Hersteller von Leuchten – die Beleuchtungskörper mit einem angemessenen Anteil des blauen Teils des künstlichen Lichtspektrums sind in der Lage, die menschliche Aktivität effektiv zu beeinflussen. Der richtige Anteil des blauen Lichts im Lichtspektrum einer künstlichen Lichtquelle kann die Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter anregen.

Aus dieser Sicht stellen insbesondere Arbeitsplätze mit einem Dreischichtbetrieb eine Herausforderung dar, wobei eine ausreichende Menge an blauem Licht den Biorhythmus der Mitarbeiter, die während der Nachtschicht arbeiten, anpassen kann. Ein Mangel an blauem Licht in der Beleuchtung stimuliert die Melatoninproduktion und signalisiert so dem menschlichen Organismus, dass es Zeit zum Ausruhen ist, und resultiert damit in einem erhöhten Schlafbedürfnis. Dies führt zu einem Konzentrationsverlust, einer verminderten

Leistung und kann zudem Verletzungen verursachen. Im Gegensatz dazu schützt der menschliche Körper unter angemessenen Lichtbedingungen Serotonin aus, was den Mitarbeitern ein Gefühl von Freude vermittelt und auf diese Weise ihre Leistung steigert. Eine passende Lichtlösung kann erreicht werden, indem Leuchten mit Lichtquellen verwendet werden, die ein Licht mit einer korrelierten Farbtemperatur von 6.500 K produzieren.



Der menschliche Organismus produziert in den Morgenstunden das Hormon Cortisol, das die Konzentrationsfähigkeit und Leistungsfähigkeit des Organismus erhöht. Seine Konzentration im Blut erreicht ihr Maximum etwa um neun Uhr morgens, während sie dann über den Rest des Tages kontinuierlich abfällt. Melatonin, auch Schlafhormon genannt, wird vom Körper in der Nacht freigesetzt, wobei seine Konzentration im menschlichen Organismus etwa um drei Uhr morgens ihren Höhepunkt erreicht.



Die dritte Art der Photorezeptoren im menschlichen Auge ist empfindlich für den Teil des Lichtspektrums mit einer Wellenlänge von ca. 464 Nanometern, also des blauen Lichts. Diese Photo-rezeptoren haben einen Einfluss auf die Melatoninproduktion, das Hormon für die Regulierung des zirkadienen Rhythmus.



3,000 K



6,500 K



**Melatonin**  
Melatonin macht uns schläfrig, verlangsamt die Körperfunktionen und senkt das Aktivitätsniveau, um eine gute Nachtruhe zu ermöglichen. Außerdem sorgt es dafür, dass zahlreiche Stoffwechselforgänge reduziert werden. Die Körpertemperatur sinkt und der gesamte Organismus wird heruntergefahren. In dieser Phase produziert der Körper Wachstums-hormone, die beschädigte Zellen in der Nacht reparieren.

**Cortisol**  
Cortisol ist ein Stresshormon, das ab ca. 3 Uhr nachts in der Nebennierenrinde erzeugt wird. Es regt den Stoffwechsel wieder an und programmiert den Körper für den Tagesbetrieb. Das erste Tageslicht stimuliert dann den dritten Rezeptor im Auge und unterdrückt die Produktion von Melatonin in der Zirbeldrüse. Gleichzeitig sorgt die Hypophyse dafür, dass der Körper mehr Serotonin absondert.

**Serotonin**  
Serotonin verbessert die Stimmung und wirkt motivierend. Während das Niveau von Cortisol im Blut im Laufe des Tages in einem Gegenstromzyklus zu Melatonin sinkt, erreichen wir mithilfe von Serotonin eine Reihe von Leistungsspitzen. Wenn das Tageslicht schwindet, schaltet die interne Uhr wieder auf Nachtbetrieb um. Wenn unser Körper tagsüber allerdings nicht genug Licht bekommt, produziert er nur ein geringes Maß an Melatonin. Das führt dazu, dass wir schlecht schlafen, mit einem unausgeschlafenen Gefühl aufwachen, tagsüber müde sind und es uns an Energie und Motivation mangelt. Gerade im Herbst und Winter kann ungenügender Kontakt mit anregendem Licht diesen Prozess in eine Abwärts Spirale verwandeln. In diesen „dunklen Monaten“ entwickeln manche Menschen jahreszeitlich bedingte Depressionen (SAD). Ihre interne Uhr vermisst die üblichen Anstöße, weil das hormonelle Gleichgewicht im Gehirn gestört ist.

Das natürliche Tageslicht ist nicht monoton.  
Es verändert seine Eigenschaften nicht nur in  
Abhängigkeit von der Jahreszeit, sondern auch  
abhängig von der Bewölkung am Tag.

## TAGESLICHT- SIMULATION

Wie wir bereits mehrfach erwähnt haben, hat die wissenschaftliche Forschung nachgewiesen, dass für den Menschen der natürlichste Lichttyp das Tageslicht ist. Aus diesen Erkenntnissen geht auch das Bestreben hervor, künstliches Licht an dessen Bedingungen anzugleichen. Aus diesem Grund nutzen wir die Funktion der Tageslichtsimulation bei der Gestaltung des Lichtsystems von Industrieflächen. Das natürliche Tageslicht ist nicht monoton. Es verändert seine Eigenschaften nicht nur in Abhängigkeit von der Jahreszeit, sondern auch abhängig von der Bewölkung am Tag. Seine Intensität und Farbe verändern sich im Laufe des Tages. All diese Faktoren beeinflussen unsere Wahrnehmung des Raums und der sich in ihm befindlichen Gegenstände.

Die Tageslichtsimulation kann durch verschiedene Methoden mit demselben Ziel erreicht werden: eine solche Intensität und Lichtfarbe zu erzielen, die die Eigenschaften von Tageslicht am naturgetreuesten kopieren. Zu Beginn der Arbeitszeit ist eine stärkere Beleuchtung mit einem hohen Anteil an kaltem Licht, welches eine höhere Leistungsfähigkeit anregt, erstrebenswert. Im Gegensatz dazu ist es während der Mittagspause angemessen, die Farbtemperatur zu erhöhen und das Gefühl der Entspannung der Mitarbeiter zu stärken. Das Nachmittagstief kann durch eine Erhöhung des Anteils an kaltem Licht vermieden werden, welches durch wärmere Töne ersetzt wird, die den menschlichen



Organismus darauf vorbereiten, am Ende der Arbeitszeit auszuruhen. Die Tageslichtsimulation kommt oft zusammen mit einem Tageslichtsensor zum Einsatz, der die Lichtintensität im Raum während des Tages bewertet und danach die Leistung der Leuchten des Beleuchtungssystem erhöht oder verringert. Auf diese Weise ist während des gesamten Tages eine konstante Raumbeleuchtung im Einklang mit dem Standard gewährleistet. Eine Voraussetzung für die Tageslichtsimulation im Industriebereich ist die Verwendung von Leuchten mit dynamischer Lichtfunktion, wodurch die Lichtintensität und die Technologie, das weiße Licht

Das Ziel der Tageslichtsimulation ist das Erreichen einer solchen Intensität und Farbe des Lichts, die am naturgetreuesten die Eigenschaften des Tageslichts kopiert.



**Guten Morgen**  
Kühles, frisches Licht steigert die Tatkraft der Leute, die den Arbeitsplatz betreten und sorgt für einen guten Start in den Tag.



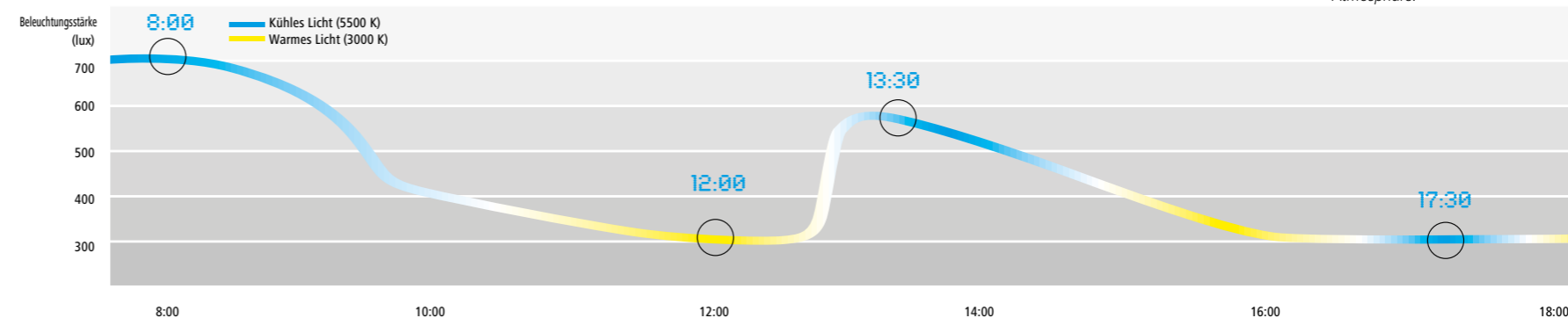
**Mittagspause**  
Eine kurze Ruhepause hilft uns dabei, unsere Batterien wieder aufzuladen. Die Lichtstärke nimmt ab und das warme Licht fördert die Entspannung.



**Mittagstief**  
Nach dem Mittagessen fühlen wir uns in der Regel schläfrig. Die Lichtstärke steigt wieder an und geht in Kaltweiß über, um dem Mittagstief entgegenzuwirken.



**Happy Hour**  
Kurz vor Ende des Arbeitstages sorgt ein Übergang in kaltweißes Licht für einen Aufmerksamkeits-Schub vor der Heimfahrt. Für Menschen, die spät arbeiten, schafft warmweißes Licht eine angenehme, „heimelige“ Atmosphäre.





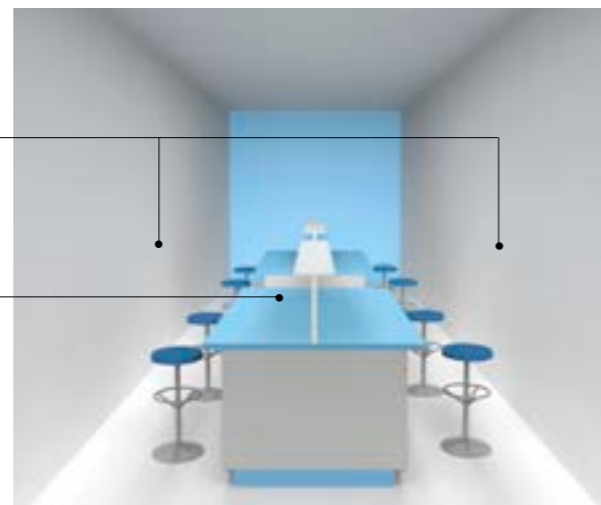
## BELEUCHTUNG VON RAUMBERFLÄCHEN

Die empfohlene Beleuchtung von Oberflächen im Industriebereich ist an die generelle Beleuchtung des Arbeitsplatzes gebunden. Auf Industriegeländen steigt die Bedeutung einer angemessenen vertikalen Beleuchtung unter dem Aspekt der Sicherheit und der reibungslosen Durchführung der Arbeit. Die richtige Beleuchtung vertikaler Oberflächen ist besonders dort wichtig, wo überdimensionale Maschinen eingesetzt und Aufsichts- und Kontrollarbeiten durchgeführt werden.

### Vertikale Beleuchtung

Die vertikale Beleuchtung, die auf der Fähigkeit des menschlichen Auges basiert, auf das von oben einfallende Licht zu reagieren, spielt eine wichtige Rolle für die Beleuchtung von Industrieflächen. Durch die Verwendung von Leuchten, die die vertikalen Oberflächen betonen, erreichen wir eine optische

Aufhellung und angemessene Sichtbarkeit in Produktionshallen mit überdimensionalen Produktionsmaschinen oder an Arbeitsplätzen, an denen eine konstante Überwachung notwendig ist. Dies ermöglicht den Mitarbeitern, Umrisse und Gesichter besser zu erkennen und erleichtert ihnen die Orientierung im Raum sowie das Lesen von Zahlenwerten an den Maschinen. Die vertikale Beleuchtung sollte 50 % des horizontalen Ausleuchtungsgrades des Arbeitsplatzes erreichen. Der LQS bewertet die Räume mit einer zufriedenstellenden Beleuchtungsstärke mit 5 Punkten. Die Leuchte TORNADO LED mit einer stark asymmetrischen Strahlungscharakteristik kann eine passende Art von Beleuchtungskörper darstellen, der die Anforderungen an die vertikale Beleuchtung der Wände in Produktionshallen erfüllt. Bei korrekter Anbringung gewährleistet die photometrische Charakteristik der Leuchte eine sehr gleichmäßig ausgeleuchtete Wand, nahezu von oben bis unten.



Relative Beleuchtungsstärke an der Wand: min. 50 % der Beleuchtungsstärke am Arbeitsplatz

Beleuchtungsstärke am Arbeitsplatz: 100 %

Mit dem richtigen Beleuchtungsverhältnis aller Oberflächen im Raum kann die psychologische und visuelle Ermüdung der Mitarbeiter und eine Beeinträchtigung des Sehvermögens vermieden werden.



## LQS VALUE

### Vertical illumination

Vertical illumination	LQS Value
$E_{V,avg} > 0.5 E_{H,avg}$ (Wall LG7) $E_{V,avg} > 150 \text{ lux}$	5
$E_{V,avg} > 0.5 E_{H,avg}$ (Wall LG7)	4
$E_{V,avg} > 0.4 E_{H,avg}$	3
$E_{V,avg} > 0.3 E_{H,avg}$	2
$E_{V,avg} > 0.1 E_{H,avg}$	1
$E_{V,avg} < 0.1 E_{H,avg}$	0



Die Ökologie und ökologische Lösungen, die das zarte Gleichgewicht der Umwelt respektieren, sind wichtige Themen, die in den vergangenen Jahrzehnten auch zu Schlüsselwerten quer durch den industriellen Sektor geworden sind. Die Hersteller von Leuchten und Lichtquellen bilden in dieser Hinsicht keine Ausnahme.

In dieser Branche steigen auch die Anforderungen an eine effiziente Energienutzung, an die Recyclebarkeit und an eine lange Lebensdauer der Produkte stetig an. Im Bereich der Herstellung von Leuchten und Lichtquellen rücken die Effektivität der Lichtquellen, die Effektivität der Leuchten und ihre Auswirkung auf die Umwelt immer stärker in den Fokus. Dies sind Kategorien, die neben dem ökologischen Ansatz auch ein beachtliches Potenzial zum Energiesparen umfassen und auf diese Weise auch ein Senken der Betriebskosten. Für die Entwickler und Architekten der Industriegebäude und Produktionshallen ist genau dieser Faktor die stärkste Motivation beim Entwurf der Lichtsysteme. Folgende Kategorien sind aus ökologischer Sicht relevant: die neueste Leuchtmittel-Technologie, die Wirksamkeit des Leuchtensystems, gefährliche Inhaltsstoffe, die Wärmeleistung einer Lampe und schließlich die Lebensdauer und die Instandhaltungskosten eines Produkts.

Mit der Erkenntnis um die Begrenztheit der Energiequellen, die ein ständiges Ansteigen ihrer Preise zur Folge hat, tritt vor allem ein Trend hinsichtlich der Effektivität von Leuchten oder Lichtquellen und der verbrauchten Energie in den Vordergrund.



Der Trend geht dahin, effektivere und kostengünstigere Versionen existierender Lichtquellen herzustellen.

### DIE NEUESTE LEUCHTMITTEL-TECHNOLOGIE

Die Zeiten, in denen die ganze Welt Thomas Alva Edison für die Entdeckung der Glühbirne zujubelte, sind unwiederbringlich vorüber. Obwohl er in der Geschichte als Erfinder des künstlichen Lichts für immer seine Spuren hinterlassen hat, gab es andere Wissenschaftler und Erfinder nach ihm, die die Entwicklung rasant nach vorne trieben und dies noch immer tun.

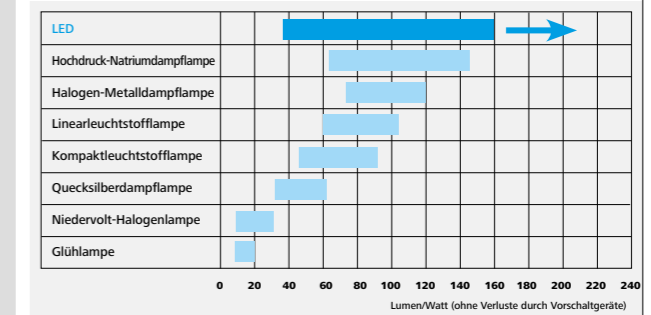
Mit dem Bewusstsein um die Begrenztheit der Energiequellen, die ein ständiges Ansteigen ihrer Preise zur Folge hat, tritt vor allem ein Trend hinsichtlich der Effektivität von Leuchten oder Lichtquellen und der verbrauchten Energie in den Vordergrund. Erst vor drei Jahren erfüllten insbesondere die Halogen-Metaldampf Lampen diese Anforderungen, jedoch weichen sogar sie zurück zugunsten der Leuchtdioden – LED. Im Vergleich zu den konventionellen Lichtquellen erreichen die LEDs in jeglicher Hinsicht bessere Parameter. Sie sind effektiver, geben nur geringfügig Wärme ab, haben einen geringeren Stromverbrauch, enthalten kein Quecksilber und sind demnach ökologischer. Im Bereich der Herstellung der Lichtquellen stellen LEDs die Kategorie dar, die am schnellsten voranschreitet. Bis zu 90 % aller Innovationen erfolgen heutzutage im Bereich der LED-Lichtquellen. Natürlich stehen die Entwicklung und die Produktion herkömmlicher Lichtquellen nicht still, aber sie schreiten langsamer voran. Jedoch gilt auch hier, dass der Trend dahin geht, insbesondere effektivere und kostengünstigere Versionen existierender Lichtquellen herzustellen. Die ursprüng-



lichen Arten werden durch die ökologischen und langlebigen Leuchtstofflampen oder Halogen-Metaldampf Lampen mit Keramikbrenner der zweiten Generation ersetzt. Der wichtigste Indikator für die Auswahl einer optimalen Lichtquelle, nach dem sich der Designer des Lichtsystems in einer Industrie- oder Produktionshalle richten muss, ist die Lichtausbeute der Lichtquelle. Die Werte zeigen an, mit welcher Effizienz der elektrische Strom in Licht umgewandelt wird, d. h. wie viel Lichtstrom (lm) von der Eingangsleistung (W) zur Lichtquelle transportiert wird. Die Einheit ist Lumen pro Watt (lm/W). Die LED-Lichtquellen erreichen auch in diesem Bereich bessere Parameter. Momentan sind die LED-Chips mit einer Lichtausbeute von 160 lm/W bei einer kaltweißen korrelierten Farbtemperatur im Handel erhältlich, allerdings wurde unter Laborbedingungen bereits ein Wert von

254 lm/W erreicht. Der höhere Preis der LED-Leuchten ist der Grund dafür, dass die Leuchten mit herkömmlichen Lichtquellen noch nicht ersetzt wurden, trotz der Tatsache, dass sie offensichtlich qualitativ hochwertiger sind. Doch auch dieser Faktor muss in einem größeren Zusammenhang betrachtet werden. Obwohl die anfänglichen Kosten für den Erwerb von LED-Leuchten immer höher sein werden, machen der Return on Investment in Form von Energieeinsparungen während der gesamten Lebensdauer der Leuchte sowie die praktisch nicht vorhandenen Instandhaltungskosten die LED-Leuchten kommerziell besonders interessant. Von diesem Standpunkt aus erweisen sich die Nachrüstungen, bei denen wir lediglich die herkömmliche Lichtquelle durch eine modernere ersetzen, bloß als eine temporäre und auf lange Sicht auch eine verlustreiche Lösung.

### WIRKUNGSGRAD EINER LICHTQUELLE



### LQS VALUE

#### Latest lamp technology

Latest lamp technology	LQS Value
$\eta > 100 \text{ lm/W}$	5
$\eta > 90 \text{ lm/W}$	4
$\eta > 80 \text{ lm/W}$	3
$\eta > 70 \text{ lm/W}$	2
$\eta > 60 \text{ lm/W}$	1
$\eta > 50 \text{ lm/W}$	0

Den größten Einfluss auf den Wirkungsgrad einer Leuchte haben die bei der Herstellung verwendeten Materialien.

## LICHTAUSBEUTE DER LEUCHTENSYS- TEME

Der Faktor der Lichtausbeute bestimmt, wie effektiv die Leuchte selbst dazu in der Lage ist, das Licht aus den Lichtquellen mit dem kleinstmöglichen Verlust auf die Oberflächen des optischen Systems zu richten. Dies wird anhand des Verhältnisses der Lumenausbeute und der Anschlussleistung der Leuchte ausgedrückt. Der Leuchtenbetriebswirkungsgrad (LOR – Light Output Ratio) beschreibt das Verhältnis vom Lichtstrom aus der Leuchte und des gesamten Lichtstroms aller Lichtquellen im System.

$$\text{LOR} = \frac{\text{Installierte Leistung der Leuchte}}{\text{Lichtstrom der Lampe}} \cdot 100\%$$

Dieser Wert kann in eine nach oben oder nach unten gerichtete Verhältnisgröße aufgeteilt werden, die beschreibt, wie viel Prozent des Lichtstroms der Leuchten nach oben und nach unten im Raum gerichtet sind (d. h. oberhalb und unterhalb der Leuchte). Dies ist von besonderer Bedeutung für die Räume, die eine hohe Anforderung an die Beleuchtung der Decke haben. Den größten Einfluss auf den Wirkungsgrad einer Leuchte haben die bei der Herstellung verwendeten Materialien. Die Leuchtmaterialien erlauben eine Veränderung bei der Verteilung des Lichtstroms der Lichtquelle, indem das Licht gestreut oder die spektrale Zusammensetzung verändert wird. Sie werden in reflektierende und durchlässige Materialien unterteilt. Alumi-



$$\text{Systemeffizienz der Leuchte} = \frac{\text{Leistung der Leuchte in Lumen}}{\text{Installierte Leistung der Leuchte}} \left[ \frac{\text{lm}}{\text{W}} \right]$$

nium, mit unterschiedlichen Oberflächenbeschaffenheiten, macht den überwiegenden Teil der reflektierenden Materialien zur Herstellung von Reflektoren aus. Die am häufigsten verwendeten durchlässigen Materialien sind Glas und Kunststoff. Bei Aluminium, Glas, Kunststoff

und Stahl unterscheiden sich der Reflexionsgrad und die Fähigkeit, Licht zu absorbieren. Im Allgemeinen gilt jedoch, dass je effektiver die im optischen System verwendeten Materialien sind, desto geringer werden die Verluste auf diesen Oberflächen ausfallen und desto effizienter sind die Leuchten. Neben den verwendeten Materialien selbst wird auch die Effizienz der Leuchten durch das Design oder die Form des optischen Systems

beeinflusst. Eine korrekt entworfene Leuchte strahlt die größte Menge an Licht mit minimalem Verlust auf die Umgebung ab. Die optimalen mathematischen und physikalischen geometrischen Formen der Leuchte können mithilfe eines modernen Computersystems, z. B. LIGHT-TOOLS, berechnet werden.



## WÄRMEABGABE EINER LAMPE

Das für das menschliche Auge sichtbare Lichtspektrum liegt zwischen dem ultravioletten (UV) und dem infraroten (IR) Spektrum. Trotz der Tatsache, dass das menschliche Auge nicht dazu in der Lage ist, Infrarotstrahlung zu erfassen, nimmt es sie als Strahlungswärme wahr. Jedes Objekt, das einer solchen Strahlung ausgesetzt ist, wird konstant belastet. Die Mehrheit der verwendeten Lichtquellen strahlt jedoch diesen Teil des Spektrums in unterschiedlichem Ausmaß aus. Je niedriger der Wert des ausgestrahlten IR ist, desto effektiver ist die Lichtquelle. Aus dieser Sicht, wobei das untere Ende der Skala den am wenigsten effizienten Wert beschreibt, gibt es gewöhnliche Glühlampen, die 95 % der Energie in Wärme umwandeln und nur die verbleibenden 5 % in sichtbares Licht. In Industrie- und Produktionsbereichen mit Klimaanlage stellen die Lichtquellen mit einem hohen Anteil an IR-Strahlung eine große Belastung für den Stromverbrauch dar. Die Wärme der nicht effektiven Lichtquellen heizt die Luft in dem von der Klimaanlage gekühlten geschlossenen Raum

konstant auf, was mit dem Bedarf einer höheren Leistung der Klimaanlage verbunden ist. Es gilt, dass für etwa 2,5 W der Leuchtenleistung 1 W der Leistung für die Klimaanlage genutzt wird, d. h. falls der Stromverbrauch des Beleuchtungssystems ansteigt, steigt gleichzeitig auch der Stromverbrauch für den Betrieb der Klimaanlage proportional dazu an. Der Nutzer der Industrieflächen, die mit veralteten Lichtquellen beleuchtet werden, wird durch steigende Kosten nicht nur für den benötigten Strom für den Betrieb des Lichtsystems belastet, sondern auch für den der Klimaanlage. Aus dieser Sicht wird der Einbau von Leuchten mit Lichtquellen, die den minimalen Anteil von IR-Strahlung abgeben, als der kostengünstigste Option betrachtet. Diese Anforderungen werden derzeit von den neuesten LED-Lichtquellen, die nur eine unerhebliche Menge an IR-Strahlung abgeben, zuverlässig erfüllt.

Der LQS bewertet die Lichtsysteme mit der höchsten Punktzahl, deren Anteil der IR-Strahlung am gesamten ausgestrahlten Spektrum 15 % nicht überschreiten. Diese Bewertung erhalten insbesondere die LED-Lichtquellen.

Den größten Einfluss auf den Wirkungsgrad einer Leuchte haben die bei der Herstellung verwendeten Materialien. Die Leuchtmaterialien erlauben eine Veränderung bei der Verteilung des Lichtstroms der Lichtquelle, indem das Licht gestreut oder die spektrale Zusammensetzung verändert wird.

## LQS VALUE

System efficacy of luminaire

System efficacy of luminaire	LQS Value
$\eta > 80 \text{ lm/W}$	5
$\eta > 70 \text{ lm/W}$	4
$\eta > 65 \text{ lm/W}$	3
$\eta > 55 \text{ lm/W}$	2
$\eta > 40 \text{ lm/W}$	1
$\eta > 30 \text{ lm/W}$	0

## LQS VALUE

Thermal output of lamp

Thermal output of lamp	LQS Value
< 15% proportion of IR radiation	5
< 26% proportion of IR radiation	4
< 28% proportion of IR radiation	3
< 31% proportion of IR radiation	2
< 60% proportion of IR radiation	1
> 60% proportion of IR radiation	0



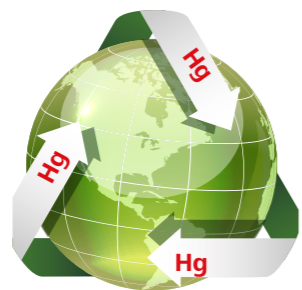
## GEFÄHRLICHE INHALTSSTOFFE

Die Vorstellung von Gefahr in Verbindung mit Leuchten und Lichtquellen ist für normale Menschen mit dem Risiko verbunden, sich an einer zerbrochenen Glühbirne zu schneiden. Tatsächlich sind die mit der Verwendung mancher Arten von Lichtquellen verbundenen Risiken sehr viel gravierender und können sowohl die Gesundheit der Menschen beeinflussen als auch die Qualität der Umwelt.

Der Grund dafür ist der Quecksilbergehalt, ein hochgiftiges Schwermetall, das einen unvermeidbaren Teil der Leuchtstofflampen und Halogen-Metall-dampflampen ausmacht. Trotz umfangreicher wissenschaftlicher Forschung haben wir bisher noch kein Material entdeckt, das die Aufgabe des Quecksilbers in den Lichtquellen ersetzen könnte. Die Lösungen, die keinerlei Risiko in Bezug auf die Sicherheit darstellen würden, sind extrem teuer und daher für den Massenmarkt ungeeignet. Die Aufgabe des Quecksilbers bleibt daher bei manchen Arten von Lichtquellen unersetzbar. Wenn die Leuchte eingeschaltet wird, erfolgt eine Entladung, wobei sich eine Ionisation der Quecksilberatome entwickelt, die anschließend ultraviolette Strahlung emittieren. Diese Strahlung regt die Phosphor-Moleküle an, so dass sie sich auf der Innenseite der Leuchtstofflampe verteilen. Während der Rückkehr in den ursprünglichen Zustand emittieren die Photonen sichtbares Licht. Das Risiko, das mit den Quecksilber enthaltenden Lichtquellen verbunden ist, besteht nicht bei ihrer üblichen Nutzung. Es tritt ein, wenn sie während der Handha-

bung zerbrechen oder wenn sie nicht entsprechend der Gesetzgebung entsorgt werden, welche die Methode der Entsorgung von benutzten und beschädigten Lichtquellen, die giftige Substanzen enthalten, festlegt. Im ersten Fall besteht die Gefahr, dass das Quecksilberdämpfe in die Luft entweichen können, was abhängig von der Anzahl der zerbrochenen Lichtquellen, der Größe des Raums und der Belüftungsart bei den Mitarbeitern am Arbeitsplatz kurzzeitige Gesundheitsprobleme (Übelkeit, Unbehagen) hervorrufen kann. Im zweiten Fall, bei unsachgemäßer Entsorgung des Giftmülls, besteht ein langfristiges Risiko einer Bodenkontamination, da sich Schwermetalle nicht zersetzen und zu einem dauerhaften Bestandteil der Umwelt werden. Die Designer der Beleuchtungssysteme für Industrieflächen sollten auch bei der Auswahl der Lichtquellen ihr ökologisches Potenzial beachten. Die neuen Arten von Leuchtstofflampen, die mit „Öko“ gekennzeichnet sind, enthalten eine kleinere Menge Quecksilber als die älteren Versionen. Im Hinblick auf die Sicherheit werden jedoch die LED-Lichtquellen zweifellos als die am wenigsten gefährliche Option angesehen.

Der LQS bewertet die Lichtquellen entsprechend des Quecksilbergehalts, wobei der höchste Wert mit 5 Punkten den Lichtquellen zugeschrieben wird, die kein Quecksilber enthalten.



## LEBENSDAUER DES PRODUKTS UND INSTANDHALTUNGSKOSTEN

Beim Entwurf eines Beleuchtungssystems für Industrie- und Produktionsflächen gehören die Lebensdauer der Lichtquelle und die Instandhaltungskosten zu den wichtigsten Faktoren, die der Architekt und der Entwickler beachten müssen.

Wenn das allgemeine Bewusstsein für die ungeeigneten Parameter der gewöhnlichen Glühbirne wuchs, war der am meisten verbreitete Grund für das Ersetzen dieser Lichtquelle durch Leuchtstofflampen nur ihre längere Lebensdauer. Die qualitativ hochwertigen Leuchtstofflampen können tatsächlich eine Lebensdauer von bis zu 24.000 Stunden erreichen, jedoch sind mit ihrer Verwendung auch viele Nachteile verbunden, die zunächst nicht offensichtlich sind. Diese Lichtquellen nutzen sich schnell ab, wenn sie häufig an- und ausgeschaltet werden. Daher stellt ihre Platzierung, beispielsweise in einem Flur mit einem vorhandenen Bewegungsmelder (meistens zum Stromsparen) nicht die beste Lösung dar, weil es einfach ihre Lebensdauer verkürzt. Der Nutzer dieses Raums wird dann nicht nur mit den Kosten für den Kauf einer Ersatzlichtquelle belastet, sondern auch für die Tätigkeiten, die mit der Wartung des Beleuchtungssystems und dem Service verbunden sind. Weitere indirekte Kosten, die durch den Bedarf entstanden sind, den Raum der Industriefläche während der Wartungsarbeiten zugänglich zu machen und die täglichen Arbeiten an den einzelnen Arbeitsplätzen nicht einzuschränken, sind mit einem häufigeren Austausch

der Lichtquellen verbunden. Verglichen mit den Glühbirnen, stellen die LED-Lichtquellen auf den ersten Blick eine kostenintensivere Lösung dar. Ihr Preis ist im Vergleich mit herkömmlichen Lichtquellen tatsächlich höher. Allerdings ist ihre Verwendung im Beleuchtungssystem aus unterschiedlichen Gründen profitabel. Ihr erster und größter Vorteil besteht in ihrer extrem langen Lebensdauer von mehr als 50.000 Stunden, was bei einer Betriebsdauer von 11 Stunden etwa 250 Tagen im Jahr über einen Zeitraum von 18 Jahren entspricht. Im Fall von LEDs bestimmt eine nachlassende Leistung der Lichtquelle auf 70 % (in manchen Fällen 50 %) das Ende der Lebensdauer. Gleichzeitig handelt es sich dabei um Lichtquellen, die eine extrem geringe Ausfallrate aufweisen, nur zwei LED-Lichtquellen pro einer Million produzierter Teile. Die regelmäßigen Kosten für Austausch und Wartung fallen demnach weg. Durch das Hinzufügen eines funktionalen Lichtmanagementsystems zum Beleuchtungssystem können wir den Bedarf an manueller Steuerung reduzieren, was ebenfalls als eine bestimmte Art der Wartung gilt. Die lange Lebensdauer und der minimale Anspruch im Bereich der Wartung in Kombination mit der Energiewirtschaft machen die LED-Lichtquellen zu einer idealen Lösung beim Entwurf des Beleuchtungssystems für Industrieflächen und Produktionshallen.

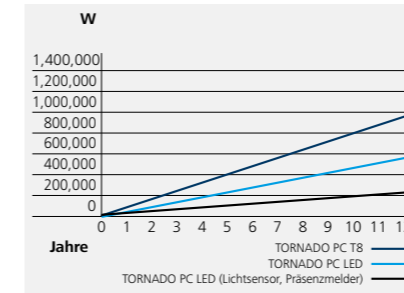
Bei Beachtung aller relevanten Kriterien vergibt der LQS die Höchstpunktzahl für die Parameter „Lebensdauer des Produkts“ und „Instandhaltungskosten“ nur an die Lichtquellen mit einer Lebensdauer von mindestens 50.000 Stunden.

## VERGLEICH DER GESAMTBETRIEBSKOSTEN DER BELEUCHTUNG (TCO) TOTAL COST OF OWNERSHIP

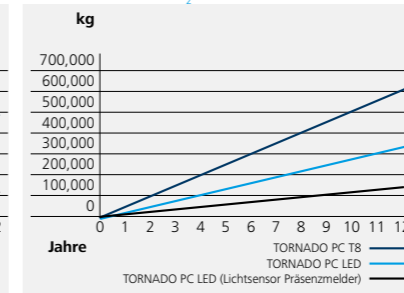


	TORNADO PC T8	TORNADO PC LED	TORNADO PC LED (daylight sensor, presence detector)	
<b>Art der Lichtquelle</b>	FD (T8)	LED	LED	
<b>Stromverbrauch</b>	36	51	51	W
<b>Anzahl von Lichtquellen in der Leuchte</b>	2	1	1	pcs
<b>Betriebsgeräte</b>	CCG	ECG	ECG	
<b>Art der Lichtsteuerung</b>	keine	keine	Lichtsensord + Präsenzmelder	
<b>Lebensdauer der Lichtquelle</b>	15,000	50,000	50,000	Stunden
<b>Stromverbrauch der Leuchte</b>	90	51	30	W
<b>Lichtstrom</b>	6,700	5,100	5,100	lm
<b>LOR</b>	74	100	100	%
<b>Lichtleistung der Leuchte</b>	4,958	5,100	5,100	lm
<b>Anzahl von Leuchten</b>	200	200	200	pcs
<b>Durchschnittlicher Zeitraum, in dem die Leuchte zwischen 6.00 und 18.00 Uhr eingeschaltet ist</b>	12	12	12	Stunden
<b>Durchschnittlicher Zeitraum, in dem die Leuchte zwischen 18.00 und 6.00 Uhr eingeschaltet ist</b>	5	5	5	Stunden
<b>Anzahl der Wochentage, an denen die Leuchte eingeschaltet ist</b>	5	5	5	days
<b>Strompreis</b>	0.18	0.18	0.18	€/kWh/Stunde
<b>Kaufpreis der Leuchte</b>	34.3	180	190	€
<b>Kaufpreis der Lichtquelle</b>	2	0	0	€
<b>Preis für Kundendienst (pro Stunde)</b>	20	20	20	€
<b>Benötigte Zeit für den Austausch einer Lichtquelle</b>	0.25	0.25	0.25	Stunden
<b>KÜHLENERGIE</b>				
<b>Auslastungsfaktor des Kühlsystems</b>	0	0	0	%
<b>Kühleffizienz</b>	2.5	2.5	2.5	Wh/Wc
<b>Anschaffungskosten für die Erstinstallation</b>				
	7,660.00	36,000.00	38,000.00	€
<b>Anzahl der Wartungen, die innerhalb von 12 Jahren erforderlich sind</b>				
	3	1	1	
<b>Wartungsgebühr</b>	1,800.00	0.00	0.00	€
<b>Stromverbrauch der Leuchte</b>				
	90.00	51.00	30.00	W
<b>Stromverbrauch des Kühlsystems</b>				
	0.00	0.00	0.00	W
<b>Gesamter Stromverbrauch des Raumes</b>				
	18,000.00	10,200.00	6,000.00	W
<b>Stromverbrauch pro Tag</b>				
	306.00	173.40	70.08	kWh
<b>Monat</b>	6,648.21	3,767.32	1,522.57	kWh
<b>Jahr</b>	79,778.57	45,207.86	18,270.86	kWh
<b>Erzeugung von CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Jahr</b>				
	51,058.29	28,933.03	11,693.35	kg
<b>Strompreis pro Tag</b>				
	55.08	31.21	12.61	€
<b>Monat</b>	1,196.68	678.12	274.06	€
<b>Jahr</b>	14,360.14	8,137.41	3,288.75	€
<b>Differenz zwischen Inputkosten</b>				
		28,340.00	30,340.00	€
<b>Differenz der Einsparungen pro Jahr</b>				
		-6,222.73	-11,071.39	€
<b>CO<sub>2</sub>-Einsparung pro Jahr</b>				
		-22,125.26	-39,364.94	kg
<b>Amortisation ohne Wartung</b>				
		4.6	2.7	Years
<b>Amortisation einschließlich Wartung</b>				
		4.3	2.8	Years

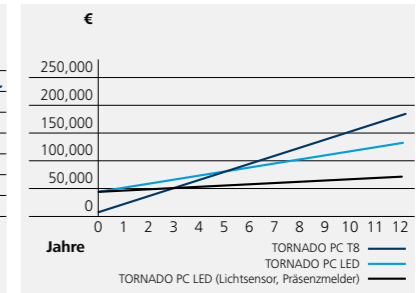
### STROMVERBRAUCH DER BELEUCHTUNGSINSTALLATION



### ERZEUGUNG VON CO<sub>2</sub>



### BETRIEBSKOSTEN UND AMORTISATIONSZEIT



## LQS VALUE

### Dangerous material content

Dangerous material content	LQS Value
mercury content 0mg	5
mercury content < 0.5mg	4
mercury content < 1.5mg	3
mercury content < 2.4mg	2
mercury content < 5mg	1
mercury content > 5mg	0

## LQS VALUE

### Product life-time & maintenance costs

TProduct life-time & maintenance costs	LQS Value
≥ 50000	5
> 24000	4
> 19000	3
> 12000	2
> 10000	1
≥ 2000	0

# EFFICIENCY

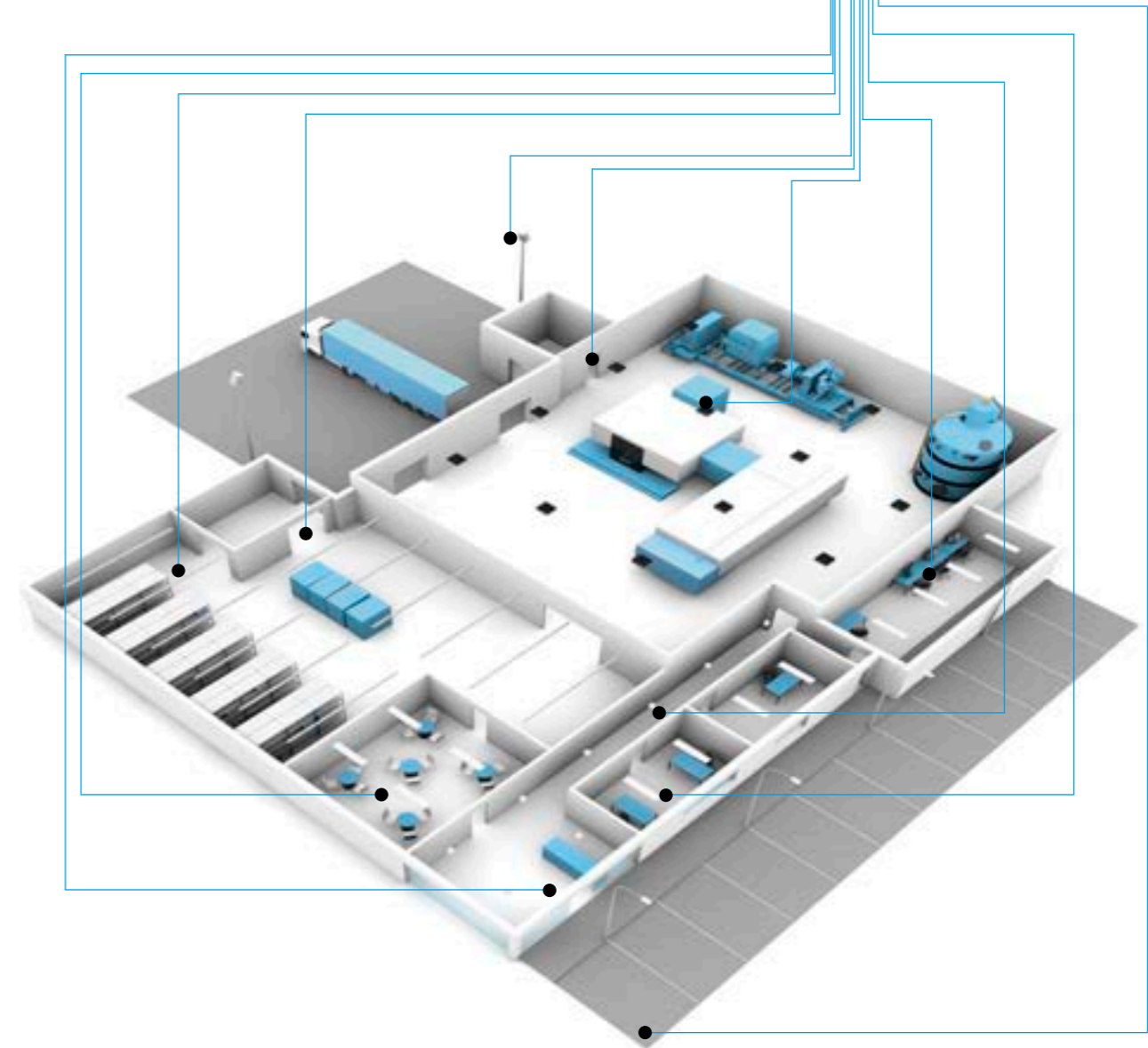
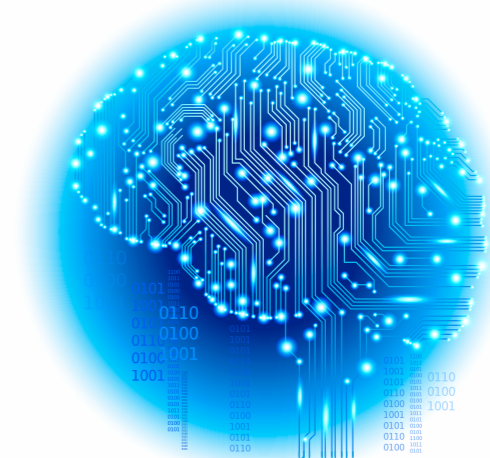
Industriebauten stellen Räume mit einer komplexen Infrastruktur dar. Sie sind energieintensive Objekte in dem Rahmen, in dem die Beleuchtung ökonomisch funktionieren muss. Gleichzeitig muss die Beleuchtung so konzipiert sein, dass flexibel auf die Änderungen des Fertigungsprozesses reagiert werden kann. Das Beleuchtungssystem auf diesem Gelände sollte das künstliche Licht und das Tageslicht funktional integrieren. Es sollte biologisch wirksam sein und einen positiven Effekt auf die Leistung der Mitarbeiter haben. Seine optimale Funktionalität kann durch den Einsatz geeigneter Management-Tools erreicht werden. Eine umfassende Übersicht über verfügbare Methoden und Lichtmanagementsysteme, einschließlich einer Übersicht der technischen Spezifikationen, ist in der Fachbroschüre OMS Lighting Management System enthalten.

In einer Zeit, in der wir mit dem kontinuierlichen Anstieg der Energiepreise konfrontiert sind, ist die Entscheidung der Eigentümer und Betreiber der industriellen Objekte, die Management-Tools in die Beleuchtungssysteme zu integrieren, am häufigsten von der Vorstellung finanzieller Einsparungen für den Stromverbrauch motiviert. Das Potenzial finanzieller Einsparungen besteht jedoch nur in einem Parameter, der die Effizienz der Beleuchtungssysteme verbessert. Durch den Einsatz geeigneter Tools des Lichtmanagementsystems tragen die Eigentümer zur Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in die Luft bei und können gleichzeitig durch andere, nicht unerhebliche Vorteile Profit machen, insbe-

sondere mit dem Management-Komfort, dem autonomen Charakter und der Flexibilität des Beleuchtungssystems. Der Komfort des Beleuchtungssystems wird durch zwei elementare Parameter definiert. Der erste Parameter ist die für den gegebenen Raum maßgeschneiderte Systemfunktionalität selbst, der andere umfasst die Steuerelemente, die das Management ausführen. Die Aufgabe dieser Steuerelemente ist es, den Management-Prozess zu vereinfachen. Je ausgereifter die im Management integrierten Steuerelemente sind, desto größer ist der Komfort, der dem Eigentümer des Beleuchtungssystems geboten wird. Im Idealfall ermöglichen sie die Steuerung des gesamten

Beleuchtungssystems durch eine Fernbedienung, ein Tablet oder über das Internet von einem entfernten Computer aus. Der autonome Charakter des Beleuchtungssystems wird durch die automatische Steuerung gewährleistet. Ein völlig autonomes System arbeitet ohne jegliche erzwungenen Eingriffe durch den Nutzer. Die vorrangige Aufgabe der Automation des Managementsystems besteht darin, den menschlichen Faktor als Fehlerquelle auszuschließen. Ein automatisch funktionierendes Beleuchtungssystem ist ein Vorteil, insbesondere für die Räume mit einem großen Potenzial an Einsparungen beim Stromverbrauch, wo es dem Nutzer des Raumes nicht möglich ist, das

Beleuchtungssystem zu kennen oder es bedienen zu können. Es wird in Produktions- und Lagerbereichen umfassend eingesetzt. Die Anforderungen an die Flexibilität des Beleuchtungssystems im industriellen Bereich gehört zu den grundlegendsten Kriterien. Aufgrund der Vielfalt der Arbeitstätigkeiten ändern sich die Anforderungen an die Beleuchtung in dieser Art von Raum häufig. Durch den Einsatz geeigneter Management-Tools unter Verwendung der Lichtszenarien oder fest eingestellten Zeitplänen, kann das bestehende Beleuchtungssystem flexibel an die tatsächlichen Bedürfnisse angepasst werden, ohne jegliche Notwendigkeit, die Leuchten oder die Verkabelung zu verändern.



Die Aufgabe der künstlichen Beleuchtung ist es, die Unterschiede auszugleichen und das natürliche Licht zu ergänzen oder in vollem Maß zu ersetzen, wenn seine Verfügbarkeit eingeschränkt ist.

## AUTOMATISCHE STEUERUNG

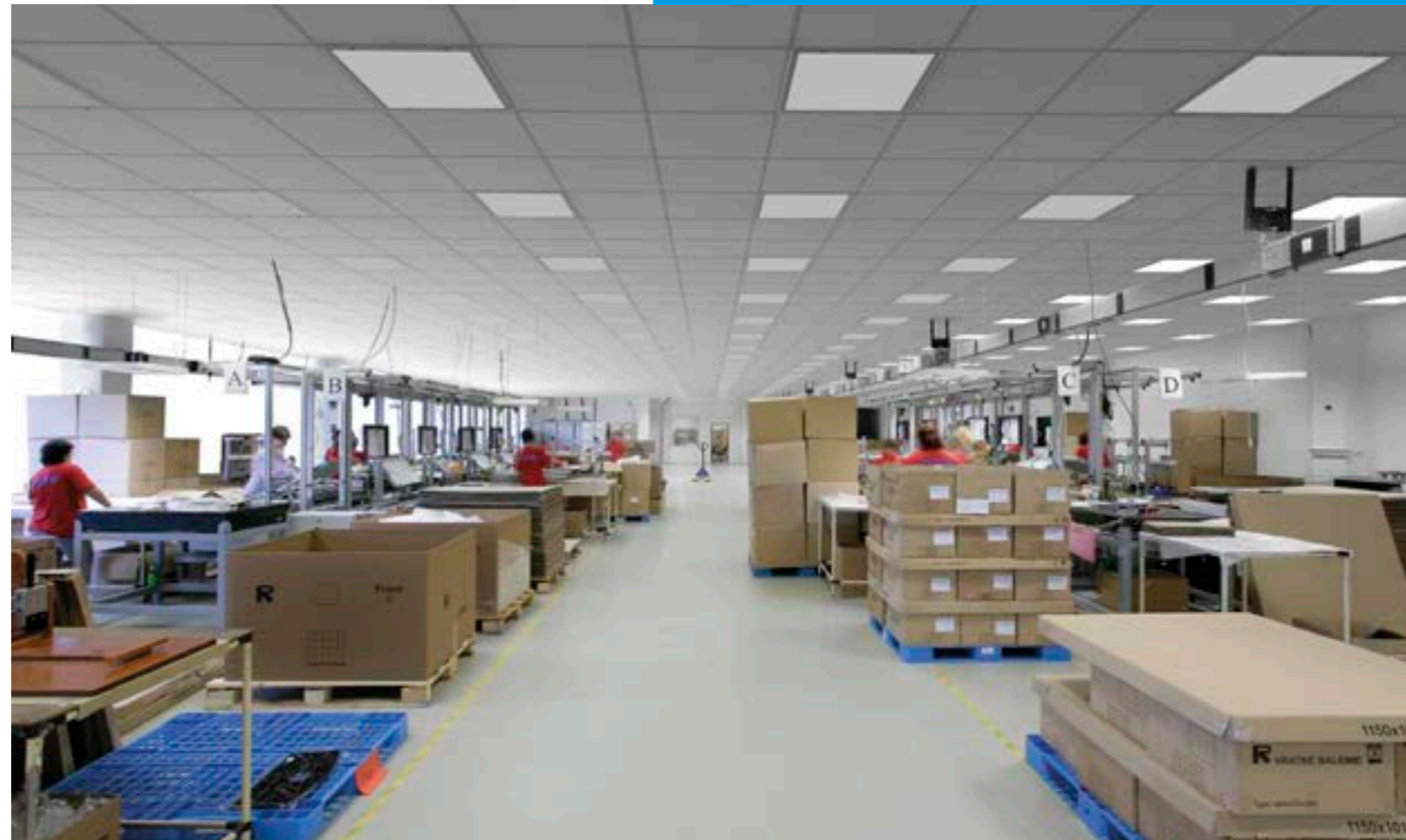
Die automatische Steuerung beinhaltet Komfort mit maximalen Einsparungen von Strom und CO2. Sie repräsentiert die effektivste Form des Managements von industriellen Objekten, welche Räume darstellen, an denen es nicht angemessen ist, dass Veränderungen der Beleuchtung immer durch den Nutzer veranlasst werden. Ein angemessen konzipiertes, montiertes und eingestelltes Beleuchtungssystem gewährleistet, dass wir immer so viel Licht haben, wie es für die aktuell ausgeführte Tätigkeit wirklich notwendig ist. Die automatische Steuerung ist aufgeteilt in die Steuerung, basierend auf der Lichtintensität, der Bewegung oder der Zeit. Die richtige Kombination aus den ersten beiden Regelverfahren stellt die vorteilhafteste Lösung dar.

## TAGESLICHTSENSOR

Es ist besonders zweckmäßig, die automatische Steuerung, die auf der Leuchtintensität auf dem Industriegelände basiert, entsprechend der Verfügbarkeit von Tageslicht zu verwenden. Im Prinzip gilt: Je größer der Anteil an Tageslicht im entsprechenden Raum ist, desto effektiver ist das Management, wodurch bis zu 60 % an Energie eingespart werden können.

Der Tageslichtsensor ist das Herzstück des Systems. Er scannt das Licht, das von der Scan-Ebene der Oberfläche unter dem Sensor reflektiert wird. Die Funktionalität des Tageslichtsensors wird durch die Tatsache hervorgehoben, dass sich in dem Bereich mit verfügbarem Tageslicht das natürliche Licht und das künstliche Licht ergänzen. Falls der Anteil an Tageslicht sinkt, registriert der Leuchtdichtesensor dies und erhöht die Intensität der künstlichen Beleuchtung. Ist umgekehrt genügend Tageslicht im Raum vorhanden, ist er dazu in der Lage, die Intensität der künstlichen Beleuchtung zu verringern oder die Leuchten bis zu einem Wert von 0 % zu dimmen. Wenn der gesannte Bereich korrekt abge-

deckt wurde, können die Sensoren gewährleisten, dass immer so viel Licht wie nötig vorhanden ist und dass die Leuchten kein Licht mit unnötig starker Intensität emittieren. Die Steuerung der Leuchten auf Grundlage der Lichtintensität wird voll automatisch durchgeführt und führt neben der Energieeinsparung auch zu einem erhöhten Nutzerkomfort. Aus Sicht des Designs werden die Sensoren zum Scannen der Leuchtdichte in unterschiedlichen Variationen hergestellt – zur Anbringung an der Decke, für die Oberfläche der Decke, zur direkten Platzierung in der Leuchte oder zur Befestigung an der Leuchtstofflampe. Aus Sicht der Funktionalität und der Art der Nutzung können die Tageslichtsensoren in die lokalen und globalen Sensoren unterteilt werden. In den Produktions- und Lagerräumlichkeiten werden beide Arten verwendet, abhängig vom Gesamtcharakter des Raumes. In den Produktionshallen mit üblicher Deckenhöhe ohne Oberlicht empfehlen wir die Montage eines lokalen Sensors an jedem Arbeitsplatz. Auf diese Weise erreichen wir eine genaue Beleuchtungsregulierung entsprechend der erforderlichen Leuchtdichte im Raum. Der Nachteil der lokalen Sensoren ist, dass sie nicht fähig sind, die Lichtbe-



Die Lichtbedingungen ändern sich während des Tages, abhängig von der Tageszeit, dem Wetter und der Jahreszeit. Die Aufgabe der künstlichen Beleuchtung ist es, die Unterschiede auszugleichen und das natürliche Licht zu ergänzen, wenn seine Verfügbarkeit eingeschränkt ist.

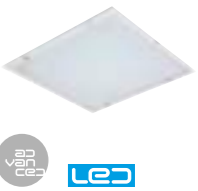


dingungen der Arbeitsplätze zu scannen, wo sich die Reflexionseigenschaften der Oberfläche häufig ändern oder Materialien mit einem hohen Reflexionsgrad verwendet werden. Der lokale Sensor reagiert auch auf kurzfristige Änderungen der Leuchtintensität, was sich negativ auf die Regulierung der künstlichen Beleuchtung auswirkt. In diesem Fall empfehlen wir die Verwendung des globalen Leuchtdichtesensors im Raum. Der globale Leuchtdichtesensor findet Verwendung in Produktions- und Lagerräumen mit hohen Decken und Oberlichtern, wo es unmöglich ist, lokale Tageslichtsensoren anzubringen. Der globale Sensor scannt anschließend die Lichtintensität im gesamten Raum. Der Sensor, der die Lichtbedingungen korrekt scannt, muss diese auch entsprechend lokalisieren. Im Bereich des Oberlichts empfehlen wir das Anbringen des Sensors dicht unterhalb des Oberlichts. Im Unterschied zu den lokalen Sensoren garantiert der globale Sensor eine stabilere Regulierung. Jedoch ist er gleichzeitig nicht dazu in der Lage, die Ausfälle einzelner Leuchten oder jegliche Verminderung des Lichtstroms aufgrund von Alterung zu registrieren, was zu einer ungenauen Regulierung des Beleuchtungssystems führen kann.

## LQS VALUE

### Daylight sensor

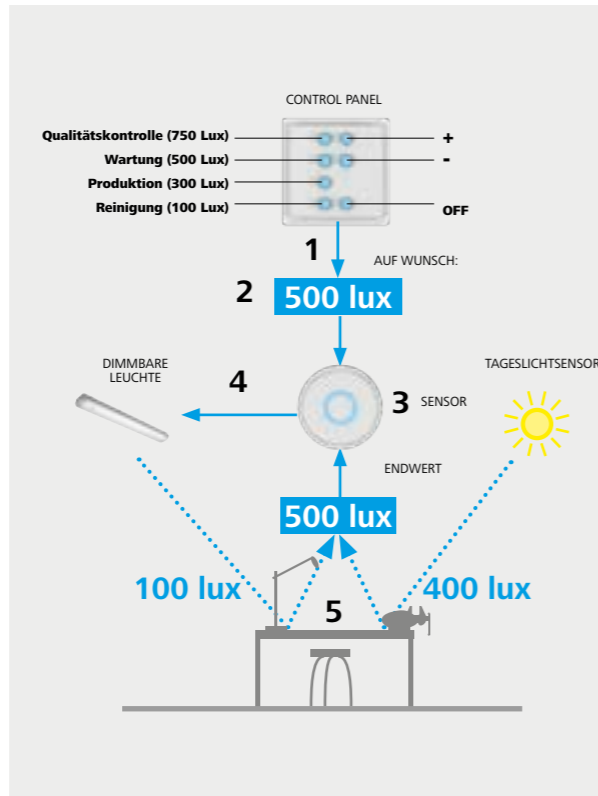
Daylight sensor	LQS Value
Yes	2
No	0



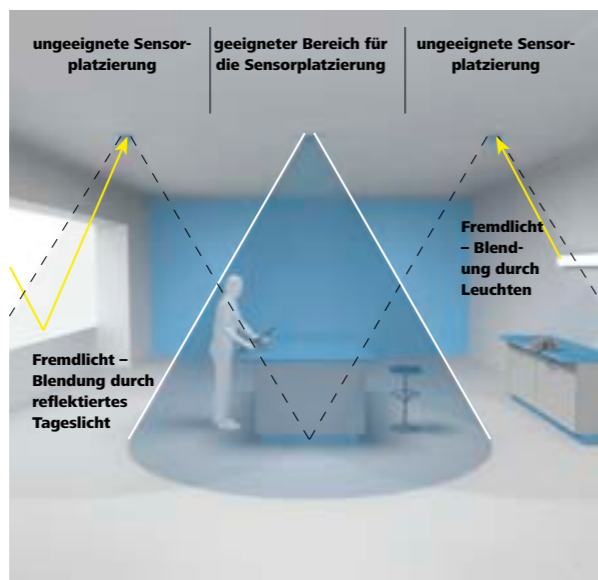
### Vergleich: globales vs. lokales System

	Globales Sensorsystem	Lokales Sensorsystem
Messgenauigkeit	++	-
Konstanz der Beleuchtung	++	-
Suggestibilität durch Lichteffekte	++	-
Störungsfreie Raumgestaltung	++	+
Beschränkungen in Bezug auf die Installation	++	+
Installationskosten	++	+

Bei der Umsetzung der Steuerungsfunktionen auf Basis der Intensität der Leuchtdichte in Industriebauten ist es notwendig, die Tatsache zu berücksichtigen, dass in den Räumen mit verfügbarem Tageslicht (mit Fenstern, Oberlicht) die Intensität der Leuchtdichte in den einzelnen Bereichen der Räumlichkeiten verschiedene Werte erreicht. Diese Unregelmäßigkeit wird durch Sonneneinstrahlung hervorgerufen, die im Fensterbereich stärker ist als im übrigen Bereich des Raumes. Dieses Problem kann durch die Systeme beseitigt werden, die das Beleuchtungssystem mit der Ausgleichsfunktion steuern, welche eine gleichmäßige Verteilung der Lichtintensität im gesamten Raum ermöglicht. Zwei Gruppen von Leuchten, eine in der Nähe der Fenster und die andere weiter entfernt von den Fenstern im Raum bilden die Basis eines solchen Systems. Wenn tagsüber das Tageslicht in den Raum fällt, scannt es der Tageslichtsensor und vervollständigt die Steuerung der Leuchtintensität durch den Ausgleich in einer Art und Weise, dass die Gruppen der Leuchten nahe bei den Fenstern z. B. 40 % des Lichtstroms ausstrahlen, während es bei der anderen Gruppe der Leuchten an Stellen mit weniger Tageslicht 70 % des Lichtstroms ausmacht. Auf diese Weise erreichen wir die erforderliche Gleichmäßigkeit bei der Beleuchtung des gesamten Raums. Wenn die Verfügbarkeit von Tageslicht von draußen im Gegensatz dazu gering ist oder sogar bei einem Wert von 0 liegt, strahlen alle Leuchten in beiden Gruppen mit derselben Intensität. Bei der Verwendung von Tageslichtsensoren ist es notwendig, sich darüber im Klaren zu sein, dass sich die Verfügbarkeit von Tageslicht im Raum nicht nur in Abhängigkeit von der Tageszeit verändert, sondern auch von der Ausrichtung der Fenster auf die



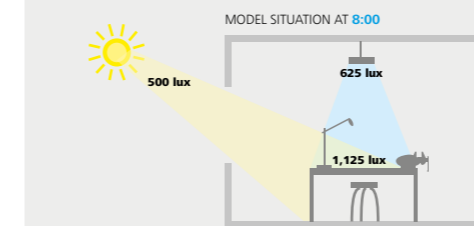
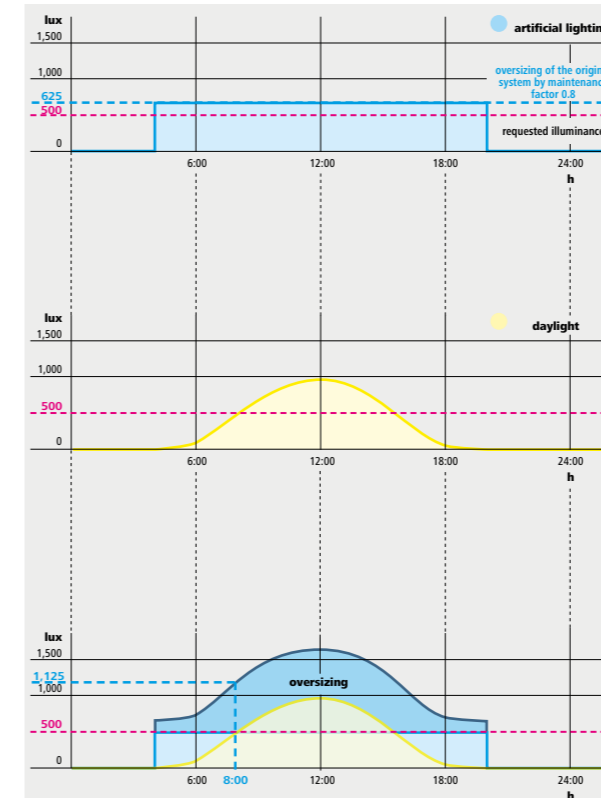
- Mithilfe des Control Panels stellt der Nutzer den Wert ein, bei dem die Beleuchtungsstärke gehalten werden soll.
- Der Sollwert wird auf das Steuerungssystem übertragen (Sensor).
- Der Tageslichtsensor scannt die Leuchtdichte und vergleicht den aktuellen Wert mit dem Sollwert.
- Wird eine Abweichung registriert, führt das System eine Änderung durch (die Leuchten werden hoch- oder heruntergedimmt).
- Die daraus resultierende Leuchtdichte auf der Arbeitsebene setzt sich aus Sonnenlicht und der regulierten künstlichen Beleuchtung zusammen.



Die richtige Platzierung des Tageslichtsensors – der Ausschluss von Beeinträchtigungen

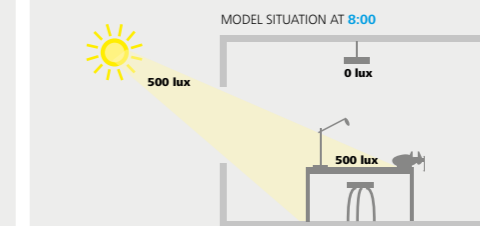
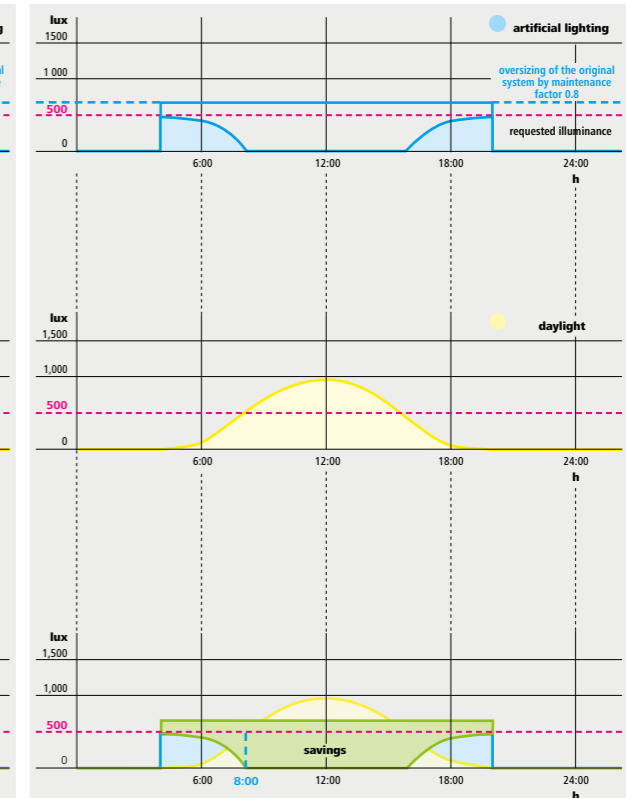
Himmelsrichtungen sowie von der wechselnden Bewölkung. Bei der Anbringung der Sensoren ist es erforderlich sicherzustellen, dass der Lichtstrom einer Gruppe nicht auf die gesamte Oberfläche des Sensor der anderen Leuchtengruppe trifft. Es gilt auch, dass sich die gesamten Oberflächen der Sensoren nicht überschneiden dürfen. Dies verhindert eine gegenseitige Beeinflussung und anschließende Destabilisierung des regulierten Systems. Gleichzeitig muss der Tageslichtsensor in ausreichender Entfernung von Fenstern und Lichtquellen platziert werden, die den Sensor selbst beleuchten und so dessen Funktion beeinträchtigen könnten. Die vom Sensor gescannte Leuchtdichte hängt sehr stark von der reflektierenden Oberfläche und der Farbe des gescannten Bereichs ab. Werden diese Bedingungen verändert, z. B. durch den Reflexionsgrad eines im Arbeitsvorgang verwendeten Materials, ändern sich auch die Scanbedingungen. In diesem Fall registriert der Sensor eine erhöhte Leuchtdichte und veranlasst ein Dimmen der Leuchten. Dieser Lichtmangel wird teilweise durch die Einstellung eines geeigneten Zeitraums behoben, damit die Änderung des Lichtstroms der Leuchte verzögert erfolgt. Auf diese Weise erreichen wir einen flüssigeren Übergang und der Wechsel der Beleuchtungsintensität wird nicht so offensichtlich. Eine plötzliche Veränderung der Lichtbedingungen kann verhindert werden, indem das Scannen der Oberfläche des Sensors an einer Stelle erfolgt, an der sich die Umgebungseigenschaften nicht so häufig verändern. Die primäre Einstellung der Beleuchtungsstärke, an die das Beleuchtungssystem angepasst wird, muss ohne jegliches Tageslicht oder mit dem geringstmöglichen Anteil an Umgebungslicht durchgeführt werden.

#### SYSTEME OHNE MANAGEMENT



Inkorrekte Lösung – überdimensionierte Beleuchtungsstärke

#### SYSTEME MIT MANAGEMENT AUF BASIS DER BELEUCHTUNGSSTÄRKE



Korrekte Lösung – erforderliche Beleuchtungsstärke



## SENSOR DER KONSTANTEN BELEUCHTUNGSSTÄRKE

Während des Betriebs des Beleuchtungssystems verschlechtern sich die Leuchteigenschaften der montierten Leuchten allmählich. Diese Tatsache wird durch die Alterung, den Verschleiß und die Verschmutzung der optischen Komponenten und der Lichtquellen der Leuchte verursacht. Bei der Planung des Beleuchtungssystems ist es daher notwendig, von Anfang an die Abschwächung des Lichtstroms aufgrund von Alterung der Lichtquellen miteinzubeziehen. Je größer dieser Rückgang ausfällt, desto überdimensionierter muss das Beleuchtungssystem sein. Dies bedeutet, dass es während seines Betriebs mehr nicht benötigtes Licht produzieren wird. Die Überdimensionierung kann mithilfe des Sensors der konstanten Beleuchtungsstärke behoben werden sowie mit der Verwendung von Leuchten, die entsprechend des Bedarfs gedimmt werden können. Der Sensor ist auf die erforderliche Beleuchtungsstärke eingestellt und passt die Lichtleistung derart an, dass die erforderliche Beleuchtungsstärke nicht überschritten wird – der sogenannte Wert der Beleuchtungsstärke. Auf diese Weise können wir erhebliche Energieeinsparungen erreichen. Der Sensor der konstanten Beleuchtungsstärke verhält sich wie ein Sensor der Leuchtdichte und reduziert künstlich den Lichtstrom der Leuchten. Diese Lösung kann nur umgesetzt



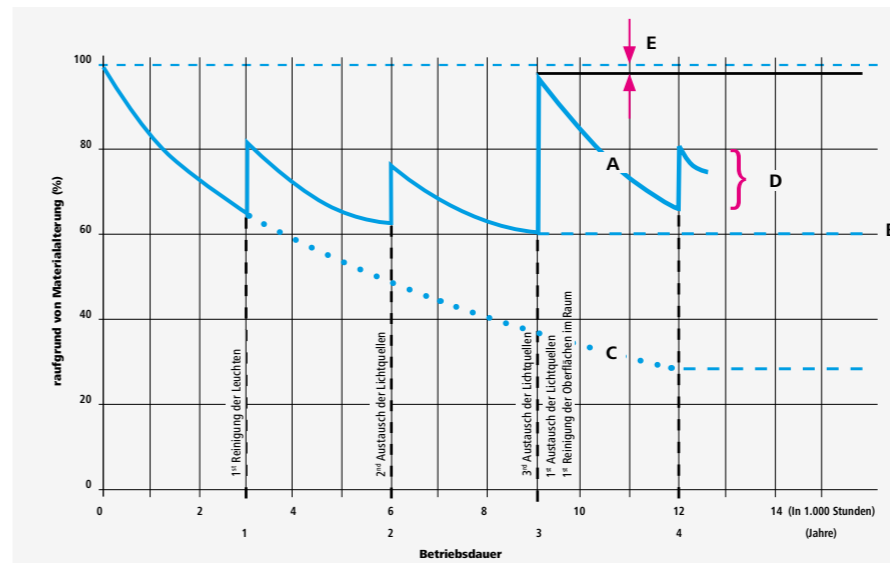
## LQS VALUE

### Constant illuminance sensor

Constance illuminance sensor	LQS Value
Yes	1
No	0

SENSOR DER KONSTANTEN BELEUCHTUNGSSTÄRKE

werden, wenn das Beleuchtungssystem von Anfang an überdimensioniert sein wird. Das Einsparungspotenzial dieser Lösung kann auf den ersten Blick widersprüchlich erscheinen. In der Realität ist es jedoch so, dass es in den ersten Jahren des Betriebs des überdimensionierten Beleuchtungssystems zu einer Einsparung kommt, weil nicht die volle Leistung der Lichtquellen eingesetzt wird. Das System stellt erst dann auf 100 % Leistung um, wenn Verschleißerscheinungen erkennbar werden. Dank dieser Lösung erreichen wir eine konstante Beleuchtungsstärke des gesamten gesannten Raums. Im Hinblick auf das erhöhte Einsparungspotenzial dieser Lösung ist es zweckmäßig, den Sensor der konstanten Beleuchtungsstärke mit dem Tageslichtsensor zu kombinieren. In dieser Kombination können beide Sensoren das Potenzial des durch die Fenster oder das Oberlicht in den Raum fallenden natürlichen Lichts vollständig nutzen und die Intensität des künstlichen Lichts daran anpassen.



Die Beleuchtung ändert sich mit der Lebensdauer des Beleuchtungssystems

- A – Beleuchtungssystem mit Wartungswert
- B – Wertungswert – Wartungsfaktor
- C – Beleuchtungssystem ohne Wertungswert
- D – Nutzen durch regelmäßiges Reinigen der Leuchten
- E – irreversibler Verlust der relativen Beleuchtungsstärke der Leuchten



# Ein Präsenzdetektor eignet sich für eine Anwendung im Innen- und Außenbereich mit unterschiedlicher Empfindlichkeit und Montagehöhe.

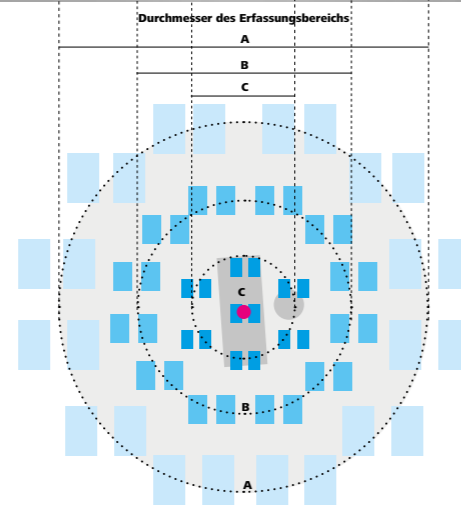
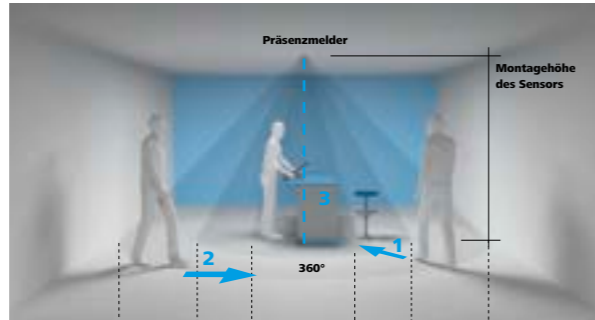
## PRÄSENZMELDER

Die Steuerung auf Basis von Bewegung gehört zu den automatischen Management-Methoden, wodurch die Leuchten nur dann leuchten, wenn sich Personen oder Gegenstände im Raum bewegen, d. h. wenn die Beleuchtung wirklich notwendig ist. Diese Art von Management umfasst sowohl den Nutzerkomfort als auch das Einsparungspotenzial, was bis zu 50 % in den einzelnen Räumlichkeiten erzielen kann. Es findet seinen Platz in den Industrie- und Produktionshallen, insbesondere in den Lagerhallen, Kommunikationsbereichen und bei der Außenbeleuchtung.

Die Funktionalität dieses Lichtmanagementsystems wird durch den Präsenzmelder gewährleistet, der auf die Bewegungen von Personen oder Objekten im Erfassungsbereich reagiert. In der Industrie werden routinemäßig PIR-Präsenzmelder oder Hochfrequenz-Präsenzmelder eingesetzt. Ihre Verwendung wird durch die Art und die Struktur des Raumes bestimmt.

### Passiv-Infrarot (PIR) Präsenzmelder

Die Passiv-Infrarot-Technologie mit einem eingebauten Sensor bewirkt den Scanvorgang dieser Art von Sensor. Dieses Sensoren reagieren auf die Wärmestrahlung des menschlichen Körpers und übertragen diese in ein elektrisches Signal, welches der Sensor bewertet und daraufhin die Beleuchtung einschaltet. Der Scanner selbst gibt keine



- 1 - Gehen in direkter Richtung
- 2 - Gehen in senkrechter Richtung
- 3 - Arbeitsposition
- Präsenzmelder
- A - weitläufige Bewegung
- B - durchschnittliche Bewegung
- C - geringe Bewegung

Empfindlichkeitsbereiche des Präsenzmelders

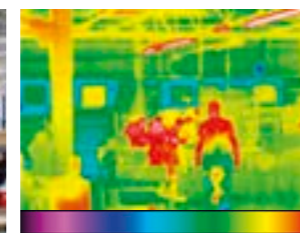
Strahlung ab. Es kann daher von PIR-Sensoren gesprochen werden. Die Passiv-Infrarot-Sensoren können sowohl in Innenräumen als auch im Außenbereich verwendet werden. Sie können auf verschiedenen

Montagehöhen (routinemäßig bis auf eine Höhe von 12 m) angebracht werden und unterschiedliche Empfindlichkeiten besitzen. Das Ausmaß des maximalen erfassten Bereichs hängt von der Montagehöhe

und der Empfindlichkeit des verwendeten Sensors ab. Damit die Empfindlichkeit des PIR-Scans nicht negativ beeinflusst wird, ist es wichtig, sie nicht in der Nähe von Lichtquellen, Klimaanlage, Heizgeräten oder anderen Quellen starker Infrarotstrahlung zu montieren. Die maximale Empfindlichkeit der Bewegungserkennung wird erreicht, wenn die Person oder das sich bewegende Objekt die Erfassungsbereiche in senkrechter Richtung passiert. Falls die Bewegung direkt zum Sensor erfolgt, d. h. längs des Erfassungsbereichs verläuft, wird die Sensorempfindlichkeit reduziert und der Erfassungsbereich verkleinert. Der Nachteil von PIR-Meldern ist die Tatsache, dass ihre Empfindlichkeit abhängig von der Umgebungstemperatur, der Temperatur des sich bewegenden Objekts oder der Person, der Scanrichtung und des Bewegungsumfangs ist, den der Sensor erfassen muss. Je niedriger die Umgebungstemperatur ist, desto größer ist die Empfindlichkeit des Sensors und der Bereich, den er erfassen kann. Bei einer höheren Umgebungstemperatur sinkt jedoch die Empfindlichkeit des PIR-Präsenzmelders, da die Temperatur im Raum und die von Personen abgegebene Wärme unerheblich sind. Eine ähnliche Situation besteht, wenn die sich bewegende Person mehrere Lagen Kleidung trägt. Die Funktionalität der PIR-Sensoren ist in bestimmten Bereichen oder in Räumlichkeiten mit großen Hindernissen auch erheblich eingeschränkt.



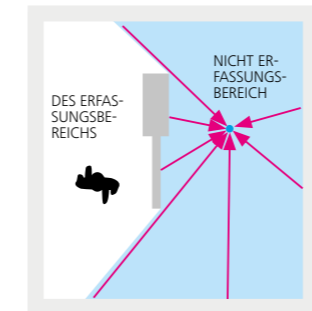
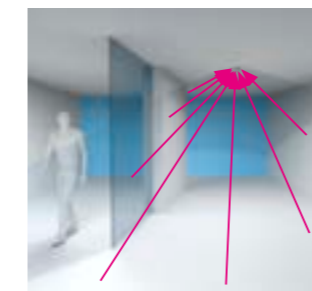
Echtes Bild der gescannten Umgebung.



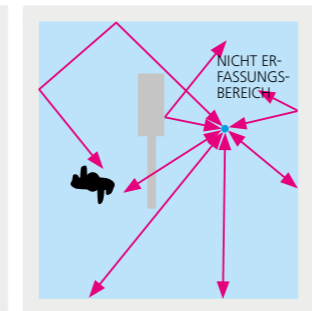
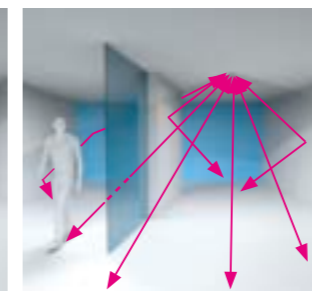
Infrarotbild der gescannten Wärme von sich bewegenden Personen und Objekten.

### Hochfrequenz (HF) Präsenzmelder

Die Funktionsweise dieser Art von Präsenzmelder besteht aus dem Abgeben und Empfangen von Signalen. Er eignet sich für Bereiche wie Lagerhallen, wo der gescannte Bereich teilweise oder vorübergehend durch das Vorhandensein von großen Objekten begrenzt ist. Diese Sensoren sind in der Lage, die Bewegung auch durch sperrige Hindernisse hindurch zu scannen, z. B. verschiedene



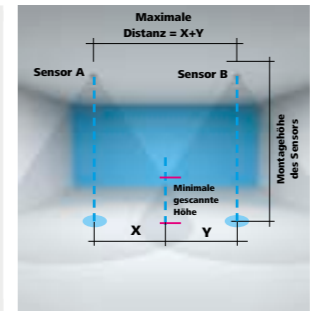
Erfassungsbereich des Passiv-Infrarot-Sensors (PIR)



Erfassungsbereich des Hochfrequenz-Sensors (HF)

Materialien im Industriebereich, Glas oder dünne Wände. Sie können auch auf minimale Bewegungen reagieren und ihre Empfindlichkeit wird von der Umgebungstemperatur nicht beeinflusst. Für eine ideale Abdeckung des Raums ist es angebracht, dass sich die Erfassungsbereiche der einzelnen Bewegungssensoren überschneiden. Bei korrekter Montage reagiert der Sensor auf die Anwesenheit einer Person im Erfassungsbereich durch unmittelbares Einschalten der Beleuchtung. Bei Nutzung der auf dem Präsenzmelder basierenden Steuerung kann die Verzögerungsfunktion zur Helligkeitsregulierung genutzt werden. Dies bedeutet, dass sich der Lichtstrom der Leuchte nicht sofort nach Ende der Bewegungserkennung verändert, sondern erst nach Ablauf einer voreingestellten Zeitdauer ohne registrierte Bewegung einer Person oder eines Objekts. Diese Zeitdauer richtet sich nach dem Raumtyp und der Frequenz der vorausgesetzten Bewegung. Die Dimmung kann entweder auf ein bestimmtes Niveau (z. B. 10 %) des Lichtstroms der Leuchten oder bis auf einen Wert von 0 % festgelegt werden. Der Anteil des Lichtstroms von 10 % wird insbesondere aus Sicherheitsgründen für den Raum gewählt,

wenn keine Bewegung registriert wurde, entweder damit es nicht völlig dunkel ist, aufgrund der Sicherheitskameras oder zur Verlängerung der Lebensdauer der Lichtquellen. Diese Funktionsweise nennt man „Korridorfunktion“, wobei die Möglichkeit besteht, mit einer zweiten zeitlichen Verzögerung die Leuchten komplett auszuschalten. Wenn wieder eine Bewegung erfolgt, registriert der Sensor sie und schaltet die Leuchten ein. Die Leuchten können entweder kontinuierlich ein- und ausgeschaltet werden, wenn sich der Lichtstrom verändert, allmählich während einer bestimmten Zeit oder in Sprüngen, wenn sie sofort ein- und ausschalten. Der Vorteil beim kontinuierlichen Einschalten besteht darin, dass das menschliche Auge nicht durch die unmittelbare Veränderung der Lichtbedingungen strapaziert wird, wie im Fall eines sprunghaften Wechsels. Die Dauer von zwei Sekunden gilt als optimale Zeit zum Einschalten der Leuchten auf einen Lichtstromwert von 100 %.



Geeignete Platzierung des Präsenzmelders mit teilweiser Überschneidung der Erfassungsbereiche

Vergleich PIR vs. HF	Passiv-Infrarot-Sensor (PIR)	Hochfrequenz-Sensor (HF)
Erfassung durch dünne Wände und Hindernisse	- (Vorteil/Nachteil, je nach Bedarf)	+ (Möglichkeit, die Empfindlichkeit herabzusetzen, um dieses Merkmal einzuschränken)
Erkennung durch Reflexion von Oberflächen im Raum	-	+
Einfluss von Wärmequellen auf die Erkennung – Klimaanlage, Heizelemente, Leuchten	-	+
Einfluss auf die Erkennung: Unterschied zwischen Umgebungstemperatur und menschliche Körpertemperatur	-	+
Geeignet für Lagerregalreihen (blockierte Erfassungsbereiche in Seitengängen)	++	-
Störungsfreie Raumgestaltung	+	++
Installationskosten	++	+

## LQS VALUE

### Presence detector

Presence detector	LQS Value
Yes	1
No	0



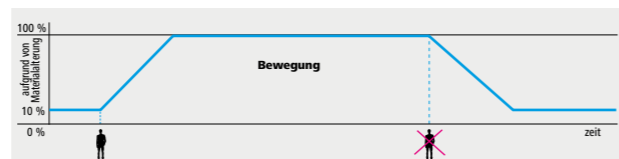
**KORRIDORFUNKTION**

Die industriellen Objekte, die Lagerflächen und insbesondere die Lagergänge sind Räume ohne permanentes Auftauchen von Personen. Im Hinblick darauf handelt es sich hierbei um Bereiche, an denen wir beachtliche Energieeinsparungen erzielen können, indem wir Präsenzmelder anbringen. Bei der Planung der Anordnung des Bewegungssensors ist es notwendig, den Bereich des Raumes zu beachten, wo er platziert werden soll und entsprechend dazu die Form und den Umfang des Lagerbereichs zu berücksichtigen. Die Erfassungsbereiche des Präsenzmelders im Abwicklungsbereich des Lagers sowie im Ein- und Ausgangsbereich erfordern eine Kreisform. Beim Registrieren einer Bewegung in diesem Bereich der Räumlichkeiten schaltet der Präsenzmelder einige Leuchten auf einer größeren Fläche ein, um eine ausreichende Beleuchtungsstärke für die Abwicklungstätigkeiten zu gewährleisten. Im Gegen-

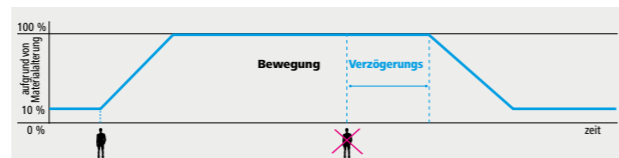
satz dazu erfordern die engen und hohen Lagergänge den Einsatz des Präsenzmelders mit einem ovalen Erfassungsbereich, der nur die Leuchten im entsprechenden Gang steuert. Um eine genaue Abgrenzung der gescannten Oberflächen zu gewährleisten, wird die Scan-Oberfläche des Sensors durch sogenannte Blindstopfen begrenzt. Dies verhindert, dass die in einem bestimmten Gang montierten Sensoren die Bewegung in einem benachbarten Gang erfassen und die entsprechenden Leuchten einschalten. Abhängig von der Länge des Lagergangs besteht die Möglichkeit, die Funktionsweise des Präsenzmelders derart einzustellen, dass nach dem Erfassen einer Bewegung alle Leuchten im entsprechenden Gang gleichzeitig oder schrittweise, entsprechend der Bewegung der erfassten Person/des Objekts, eingeschaltet werden.



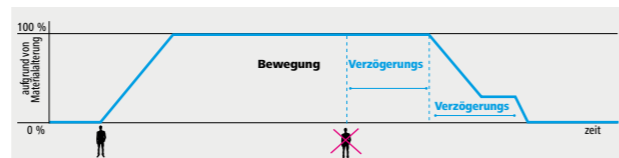
Der Präsenzmelder schaltet die Leuchten in ausgewählten Räumen dann ein, wenn sich jemand in ihnen befindet und folglich eine Beleuchtung tatsächlich notwendig ist.



Zeitlicher Ablauf des Präsenzmelders – ohne Verzögerung



Zeitlicher Ablauf des Präsenzmelders – mit Verzögerung



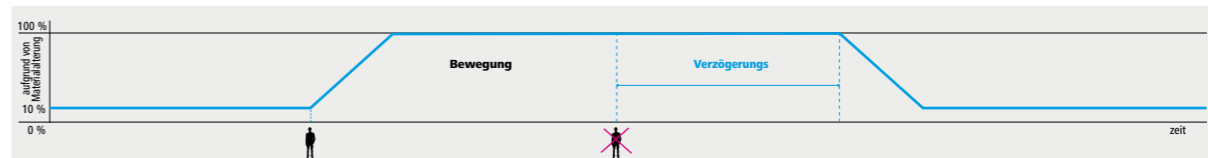
Zeitlicher Ablauf des Präsenzmelders – mit doppelter Verzögerung



Falls im gescannten Bereich keine Bewegung eines Mitarbeiters registriert wurde, bleiben die Leuchten mit geringer Beleuchtungsstärke eingeschaltet (aus Sicherheitsgründen).

Wenn ein Mitarbeiter den Erfassungsbereich betritt, reagiert der Präsenzmelder auf die vom menschlichen Körper oder laufenden Maschinen abgegebene Infrarotstrahlung und schaltet die Beleuchtung ein.

Der Präsenzmelder kann so eingestellt werden, dass die Beleuchtung in einem leeren Lagergang nicht unmittelbar nach dem Verlassen des Mitarbeiters abgeschaltet/gedimmt wird, sondern allmählich mit einer zeitlich festgelegten Verzögerung.



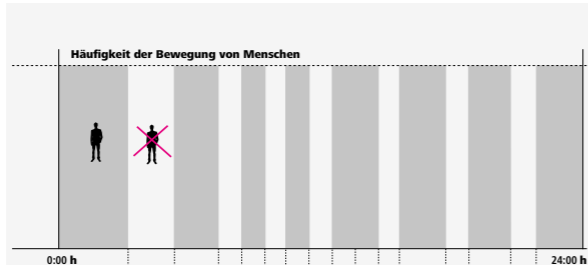
## LICHTMANAGEMENTSYSTEM

Durch die Verwendung kombinierter Sensoren, der Steuerung auf Basis von Bewegung (Präsenzmelder) und von Intensität (Tageslichtsensor), können wir die höchsten Energieeinsparungen erzielen. Entsprechend des Regelverfahrens kann das Beleuchtungsmanagement kontinuierlich oder in Sprüngen

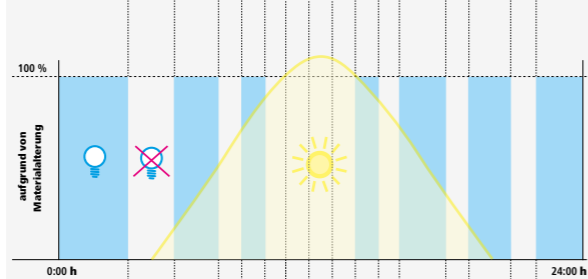
ausgeführt werden, abhängig von der Verfügbarkeit von Tageslicht im Raum. Wenn wir die kombinierte Steuerung zu Regulierung nutzen, schalten sich die Leuchten (nach Registrierung einer Bewegung) nur dann ein, wenn die gescannte Beleuchtungsstärke im Raum niedriger ist als der festgelegte Wert. Falls die registrierte Leuchtdichte höher ist, schalten sich die Leuchten nicht ein, auch wenn die Bewegung

weiterhin stattfindet. Falls im Gegensatz dazu die Leuchtdichte im Raum geringer ist und die Sensoren eine Bewegung registrieren, schalten sich die Leuchten ein und die Beleuchtungsstärke wird allmählich auf das erforderliche Maß geregelt. Falls die Bewegung weiterhin stattfindet, verstellen sich die Leuchten entsprechend den Anforderungen und schalten sich je nach Verfügbarkeit von Tageslicht ein.

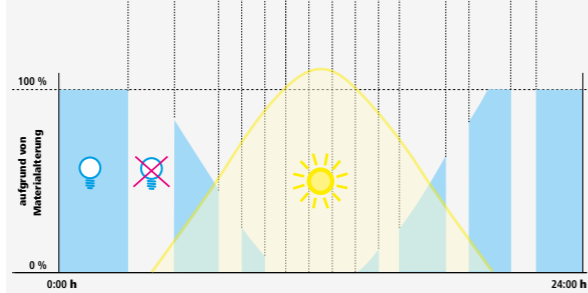
Bei der Nutzung eines kombinierten Lichtmanagementsystems reagiert der Präsenzmelder auf Personen im Erfassungsbereich, wobei die Leuchten nur eingeschaltet werden, wenn die Intensität des Tageslichts, welches durch Fenster oder Oberlichter in den Raum dringt, unterhalb eines festgelegten Wertes liegt. Die Leuchten im Raum bleiben ausgeschaltet, wenn sich dort keine Personen befinden.



**Regulierung in Sprüngen:** Wenn eine Präsenz registriert wurde, schalten sich die Leuchten nur dann sprunghaft ein, wenn die Beleuchtungsstärke niedriger ist als der festgelegte Wert. Falls die Beleuchtungsstärke höher ist, bleiben die Leuchten im Raum ausgeschaltet, selbst wenn dort weiterhin Bewegungen stattfinden. Bei dieser Form von kombiniertem Lichtmanagementsystem müssen die Leuchten nicht mit dimmbaren Steuerungskomponenten ausgestattet sein.



**Kontinuierliche Regulierung:** Wenn eine Präsenz registriert wurde, schalten sich die Leuchten ein, gefolgt von einer allmählichen Anpassung an die gewünschte Intensität, basierend auf der registrierten Beleuchtungsstärke in diesem Bereich. Falls die Bewegung weiter andauert, werden die Leuchten hoch- oder heruntergedimmt, entsprechend der Anforderungen an die Beleuchtungsstärke. Bei dieser Form von kombiniertem Lichtmanagementsystem müssen die Leuchten mit dimmbaren Steuerungskomponenten ausgestattet sein.

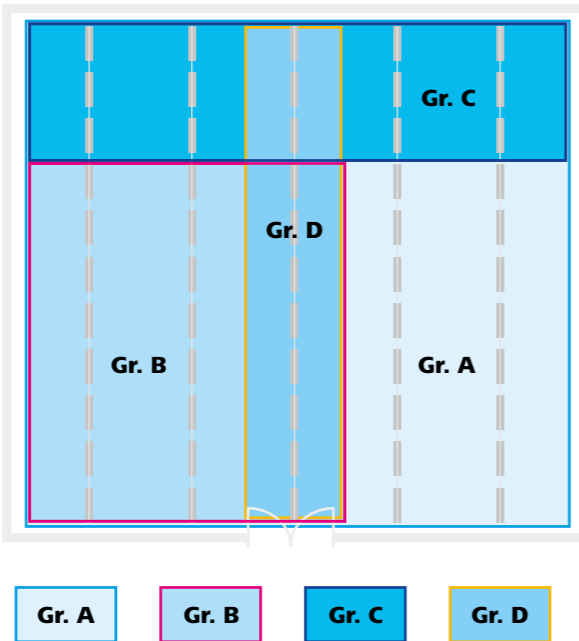


## ABRUF VON BELEUCHTUNGSSZENEN

Die Steuerung von Beleuchtungssystemen auf Basis von Veränderungen der voreingestellten Beleuchtungsszenen findet im Industriebereich viele Einsatzmöglichkeiten. Es kann dort verwendet werden, wo es nicht notwendig ist, die Leuchten entsprechend der Beleuchtungsstärke oder Bewegung zu dimmen. Die festgelegten Beleuchtungsszenen können entsprechend der eingestellten Zeitpläne manuell oder automatisch eingeschaltet werden.

### Manuelle Beleuchtungsszene

Unter einer manuellen Beleuchtungsszene können wir einen eingestellten Wert der Beleuchtungsstärke verstehen, der zu jedem Zeitpunkt per Knopfdruck abgerufen werden kann. Die verwendeten Steuerungsknöpfe können mit dem Wert des Lichtstroms belegt werden (z. B. 100 %, 75 %, 50 %, 25 %, 0 %), mit dem die Leuchten betrieben werden sollen oder auf den die Leuchten auf Knopfdruck gedimmt werden sollen. In den Industriehallen kann die Steuerungsmethode z. B. für die Beleuchtung der sich momentan in Betrieb befindlichen Fertigungsstraßen genutzt werden. In dem Bereich des Raumes, der nicht genutzt wird, kann man die Beleuchtungsstärke auf das erforderliche Maß senken, indem man die entsprechende Beleuchtungsszene abrufen. In



Unterteilung der Leuchten in Kontrollgruppen. Manche Leuchten können mehr als einer Gruppe zugeordnet werden.

ähnlicher Weise ist es möglich, die Beleuchtungsszenen für Pausen oder die Reinigung festzulegen. Diese Art von Management kann durch ein eingebautes Panel oder anhand von Fernbedienungen gesteuert werden. Insbesondere für strukturierte Bereiche empfehlen wir die Steuerung auf Wellenbasis. Die ausgestrahlten elektromagnetischen Wellen können Materialien durchdringen, die eine Barriere zwischen dem Sender und dem Empfänger darstellen. Dies ermöglicht den Einbau eines Empfängers auch in Räume, die vom betroffenen Raum entfernt liegen sowie die Steuerung des Beleuchtungssystems auch durch Wände und über einige Stockwerke hinweg. Die aktuellen modernen Technologien ermöglichen die Steuerung der Beleuchtung über ein Tablet oder ein Smartphone. Durch die Erstellung einer spezifischen Anwendung ist es

möglich, das Beleuchtungssystem im gesamten Produktionsbereich durch eine einfache Berührung zu steuern. Mithilfe drahtloser Kommunikation sendet der ausgewählte Akteur ein Signal an den Controller, wo dieses ausgewertet und die Informationen über das Steuergerät direkt an die Leuchte oder eine Gruppe von Leuchten gesendet wird, deren Strahlungsintensität per Fernbedienung ein- oder ausgeschaltet, erhöht oder gesenkt werden kann. Das Management auf Basis der eingestellten Beleuchtungsszene gehört zu den Arten von manueller Steuerung, die aus Sicht

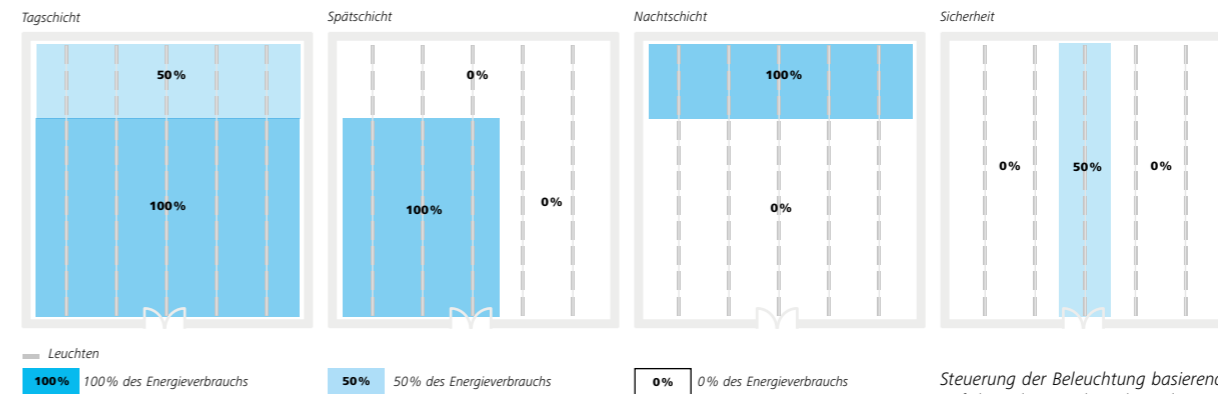
der Einsparungen als weniger effektiv gelten als die automatischen Lösungen. Aufgrund der Tatsache, dass ein Eingriff von Seiten der Mitarbeiter notwendig ist, um die Beleuchtungsszene abzurufen, ist es nicht möglich, den menschlichen Faktor als Ausfallrisiko vollständig auszuschließen.



Beschreibung neben den Knöpfen auf dem Control Panel zum Abrufen von Beleuchtungsszenarien.



1<sup>st</sup> Beleuchtungsszene: 2<sup>nd</sup> Beleuchtungsszene: 3<sup>rd</sup> Beleuchtungsszene: 4<sup>th</sup> Beleuchtungsszene:



Steuerung der Beleuchtung basierend auf der Belegung der Arbeitsplätze. In unterschiedlichen Szenarien werden verschiedene Leuchten eingeschaltet oder mit unterschiedlicher Intensität betrieben.

### LQS VALUE

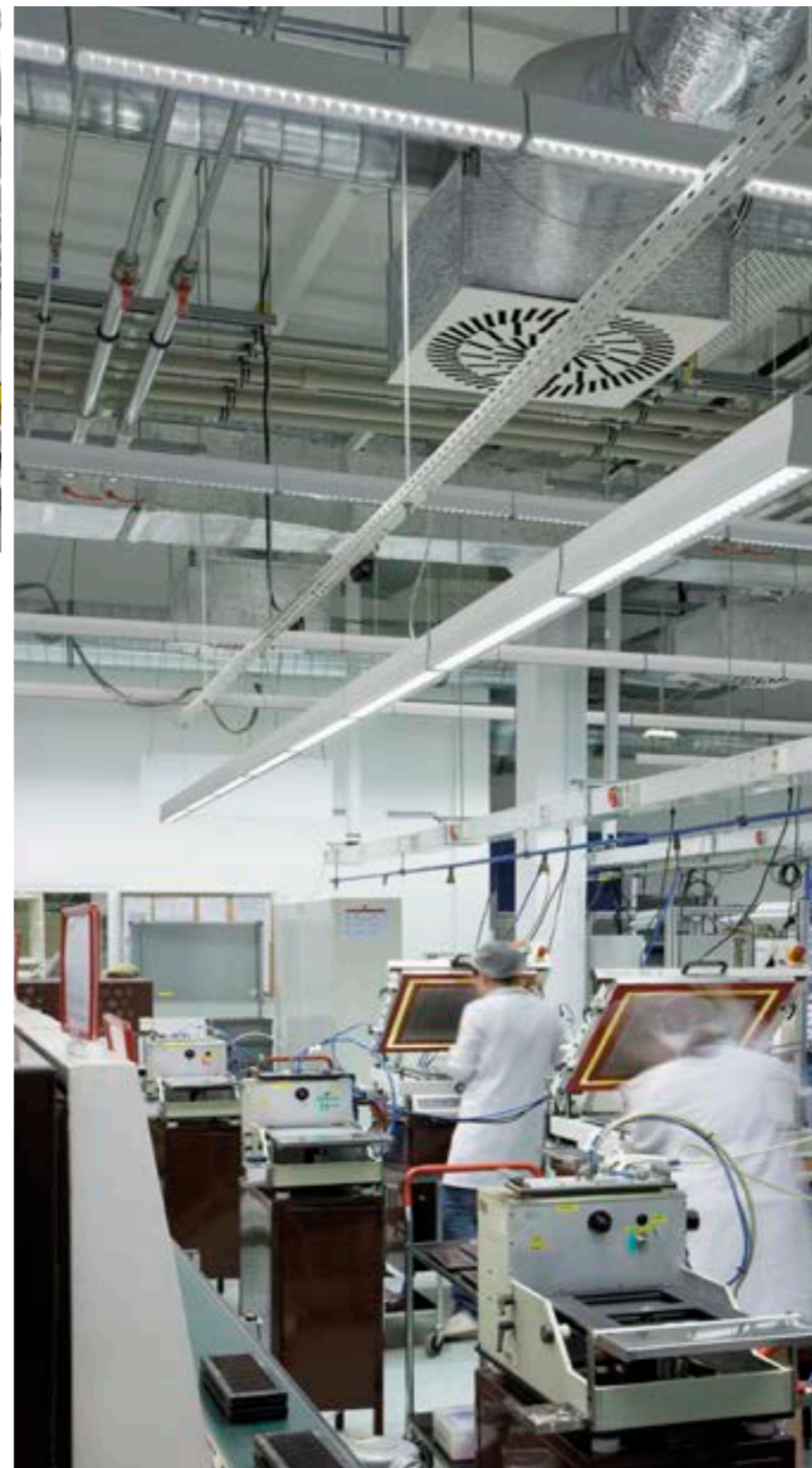
Calling of lighting scenes

Calling of lighting scenes	LQS Value
Yes	1
No	0

**Automatic lighting scenes**

Die automatischen Beleuchtungsszenen repräsentieren auf Basis eines festgelegten Zeitplans eingestellte Beleuchtungsszenen. Die Einstellung von einmaligen oder regelmäßigen Tätigkeiten wird mithilfe einer speziellen Softwareanwendung umgesetzt. Auf diese Weise ist es möglich, die Beleuchtung zu ändern und der aktuell ausgeführten Tätigkeit

im Produktionsbereich, ohne jegliches Eingreifen durch den Nutzer, automatisch anzupassen. Das Managementsystem verändert zu den festgelegten Zeiten automatisch die Beleuchtungsintensität für die einzelnen Arbeitsschichten, die Pausen oder die Reinigung. Der Vorteil dieses Lichtmanagementsystems ist sein komplett autonomer Charakter, der den menschlichen Faktor ausschließt.



**oms LIGHTING CONTROL**

15:13:29  
11.10.2012

**Group**

Group	Actual level	Schedule diagram	Repeat	Group	Action	Time	Date/Day
GROUP1	AUT 100%	75%	50%	25%	10%	OFF	7%
GROUP2	AUT 100%	75%	50%	25%	10%	OFF	100%
GROUP3	AUT 100%	75%	50%	25%	10%	OFF	75%
GROUP4	AUT 100%	75%	50%	25%	10%	OFF	75%
GROUP5	AUT 100%	75%	50%	25%	10%	OFF	64%
GROUP6	AUT 100%	75%	50%	25%	10%	OFF	52%
GROUP7	AUT 100%	75%	50%	25%	10%	OFF	12%
GROUP8	AUT 100%	75%	50%	25%	10%	OFF	98%
GROUP9	AUT 100%	75%	50%	25%	10%	OFF	51%

**Scheduler**

PRESET	once	day	GROUP	100%	19:20	11-10-12
PRESET1	once	day	GROUP	100%	19:20	11-10-12
PRESET2	day	GROUP	AUT	05:00	Every	
PRESET3	day	GROUP	50%	17:30	We	
PRESET4	once	All	75%	13:16	19-10-12	
PRESET5	once	GROUP	OFF	22:00	11-10-12	
PRESET6	astro	GROUP	100%	St	Mo + 10min	
PRESET7	day	GROUP	10%	15:45	Mo, Su	
PRESET8	once	GROUP	AUT	08:30	28-10-12	

**POWER CONSUMPTION** 32,8 kW

Service | Summary | Detection | ONLINE

Anwendungssoftware - OMS Lighting Control - zur szenischen und zeitbasierten Steuerung

**DALI**

Bereits der Name „Digital Addressable Lighting Interface“ besagt, dass es sich um eine digitale Steuerung des Beleuchtungssystems handelt, die eine vollständige Dimmung der Leuchten von 0 – 100 % ermöglicht.

Die Grenzen einer DALI-Schnittstelle liegt bei der Steuerung von 64 Betriebsgeräten, die in 16 Gruppen unterteilt werden können. Bei einer größeren Anzahl an Leuchten besteht die Möglichkeit, einige DALI-Schnittstellen zu kombinieren und auf diese Weise größere und komplexere Systeme zu schaffen. Außer den Leuchten mit DALI-Vorschaltgerät können wir auch andere Peripheriegeräte (z. B. Fensterläden, Heizung, Klimaanlage, usw.) sowie Anzeigen über DALI-Kurzadressen steuern. Dank der DALI-Steuerung können wir jede Leuchte des Beleuchtungssystems unabhängig steuern. Der Vorteil dieses Systems ist das Feedback, wodurch wir den aktuellen Stand der Beleuchtungskörper erfahren (z. B. den aktuellen Dimmwert, Ausfälle der Lichtquelle oder der elektronischen Steuergeräte). Das DALI-System erlaubt uns die Verwendung einer großen Anzahl von aktiven Bauteilen und Steuerelementen, z. B. Standard-Wandtaster, Touch Panels, Fernbedienung sowie die Nutzung einiger paralleler Kontrollstellen.

Der Mensch liebt Perfektion. Deshalb sind die Hersteller von Leuchten seit Langem nicht mehr nur auf die lichttechnischen Eigenschaften bedacht, sondern auch auf das gesamte Design. Dort, wo sich eine attraktive Form mit moderner Technologie vereint, gewinnen auch unbelebte Gegenstände eine neue Dimension. Nennen wir sie Esprit.

Unbelebten Gegenständen Esprit zu verleihen ist eine grundlegende Ambition des modernen Industriedesigns. Im Bereich der Leuchtenherstellung bedeutet dies das Streben der Designer nach einer innovativen Verbindung von Form und Funktion. Moderne Materialien und Technologien ermöglichen heute unzählige Varianten, die ganz nach den Vorstellungen des Kunden modifiziert werden können.

Die neue Dimension des Designs in der Leuchtenherstellung haben heute auch Designer und Nutzer von administrativen Räumen erkannt. Die Betonung bei der Auswahl von Leuchten wird heute nicht mehr nur auf deren Funktion gelegt, sondern auch auf deren Fähigkeit, einzelne Innenbereiche zu akzentuieren und zu deren spezifischen Atmosphäre beizutragen oder eine repräsentative Funktion zu erfüllen.

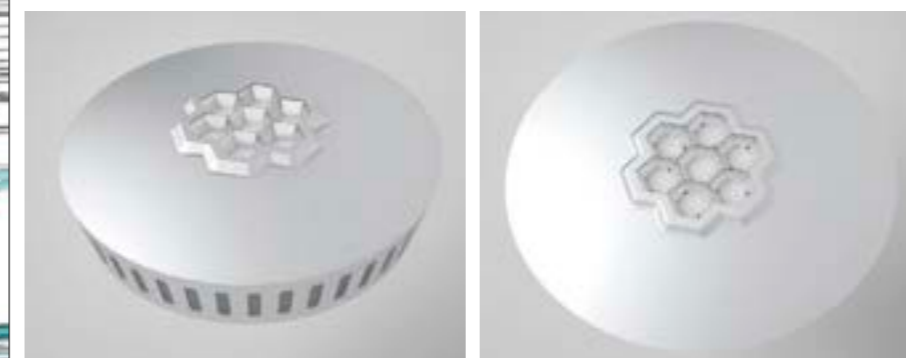
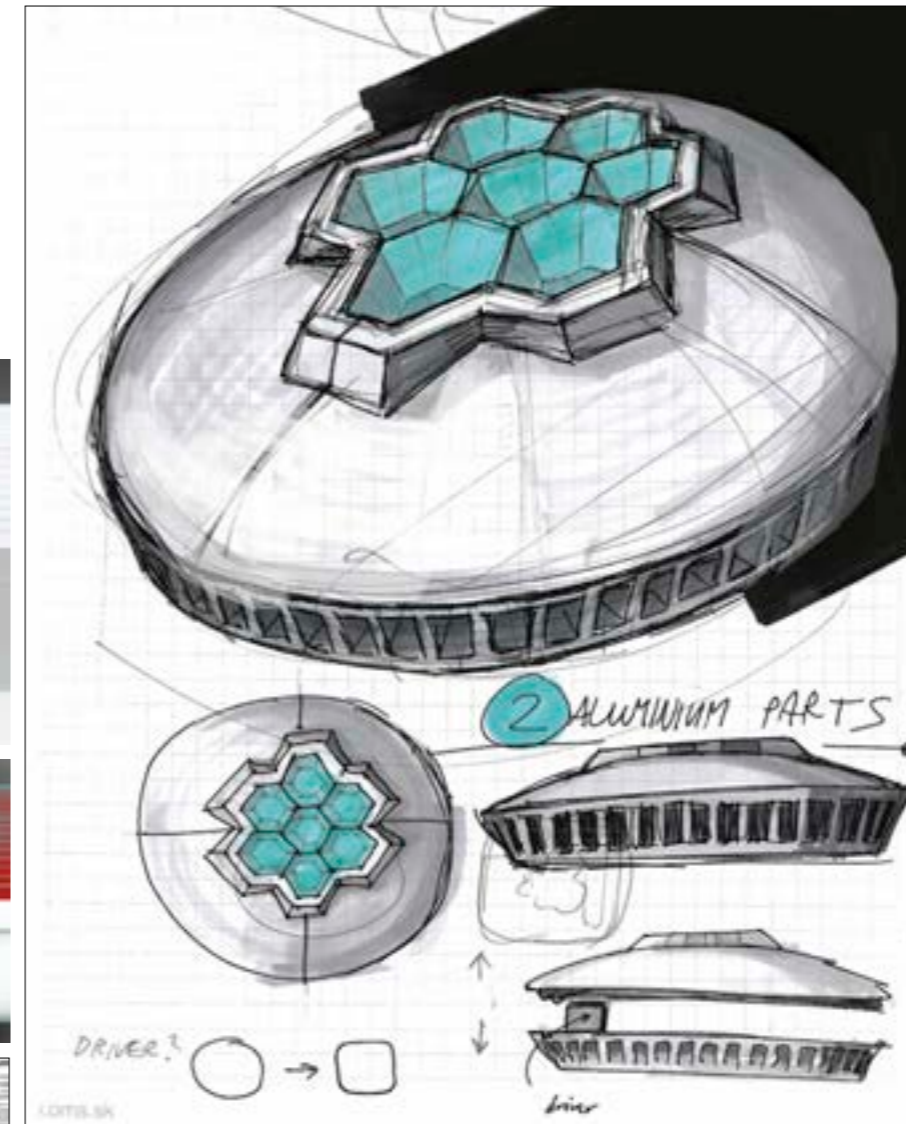
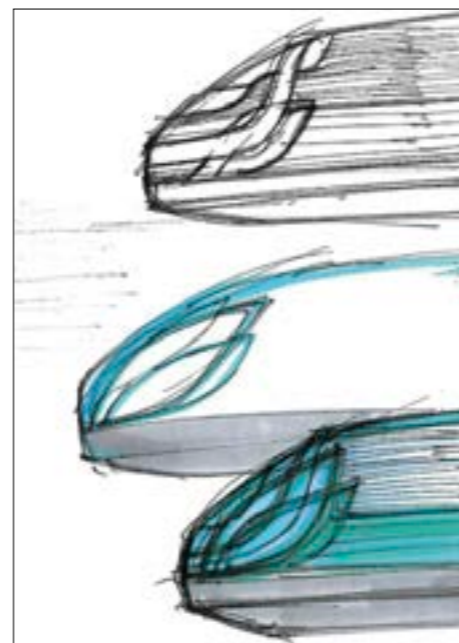
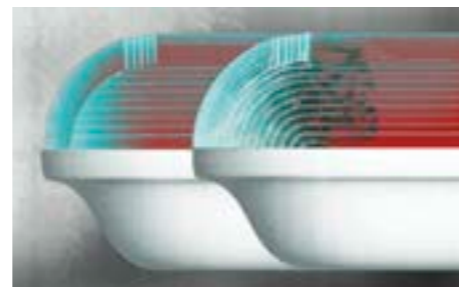
Obgleich bei der Bewertung der Designqualität keine quantitativen Kriterien existieren, ist es dennoch notwendig, beim Gestaltungsprozess einige Regeln zu beachten. Diese sind: Overall Impression of the Luminaire (Gesamteindruck der Leuchte), Luminaire Appearance in the Room (Erscheinung der Leuchte im Raum), Detailed Solution (detaillierte Lösung), Surface Finish (Oberflächenbehandlung), Material of Construct Parts (Materialien der Konstruktionsteile) und Functional Elements (Funktionselemente).

Auf die Designanforderungen einer Beleuchtungslösung für Räume hat das Unternehmen OMS mit der Schaffung einer In-House Forschungs- und Entwicklungsabteilung reagiert, in deren Rahmen ihre Designer in Zusammenarbeit mit den technischen Abteilungen und Studenten der Hochschule für Bildende Kunst in Bratislava, Fachbereich Industriedesign, an der Entwicklung neuer Design-Leuchten unter Nutzung der modernsten Technologien arbeiten. Das Ergebnis dieser Zusammenarbeit ist eine Serie hoch funktioneller Designleuchten, die in die Kategorie futuristischer Visionen fallen.



**TORNADO II**  
by Ján Štofko

Dies ist eine der wichtigsten Leuchten im OMS-Portfolio. An einem solchen Projekt zu arbeiten, erfordert eine hohe Verantwortung. Das Entwerfen einer neuen Generation erfolgreicher Produkte wie TORNADO erfordert den vollen Einsatz aller Beteiligten und sinnvolle Entscheidungen in Bezug auf das Design. Während der Fokus auf der Leistung, dem Preis und der Effizienz liegt, gibt es gleichzeitig auch Arbeit für das Design-Team. Spritzgussteile wie prismatiche Diffusor aus Polycarbonat, Endsegmente und Leuchtenkörper schaffen genug Raum, um dieser Industriefläche einen soliden und zuverlässigen Charakter zu verleihen.



**GRAFIAS ROUND**  
by Ján Štofko

Manche Menschen sind der Ansicht, dass Industrielleuchten kein Anrecht auf Design und Ästhetik haben. Grafias Rounds Vorgänger – Grafias – war der lebende Beweis dafür, dass Design selbst in Produkte mit starkem Fokus auf Leistung und Effizienz integriert werden kann. Es ist eine Frage der Unternehmensphilosophie. In dieser runden Version behalten wir die Optik bei, was ein großartiges Beispiel für die Kooperation zwischen dem Optikdesigner und dem Produktdesigner darstellt. Der Körper erhält eine moderne, ovale Form und ein modernisiertes Thermal-Design, was die Leuchte leichter macht. Das Umdenken bei der Lumenausbeute gehört auch zur Zukunft von Grafias Round.

# EXCEPTIONALITY

„Kein Mensch ist eine Insel, in sich selbst vollständig“, schrieb einst der große Literat Ernest Hemingway. Im Business gilt diese einfache Wahrheit zweifach. Der Schlüssel für den Erfolg eines jeden Produktionsunternehmens heute sind nicht qualitativ hochwertige Produkte und moderne Technologien allein. Es sind vor allem zufriedene Kunden. Das Unternehmen OMS geht auf jeden Kunden individuell zu und bietet ihm nicht nur eine komplexe, sondern auch außergewöhnliche Beleuchtungslösung,

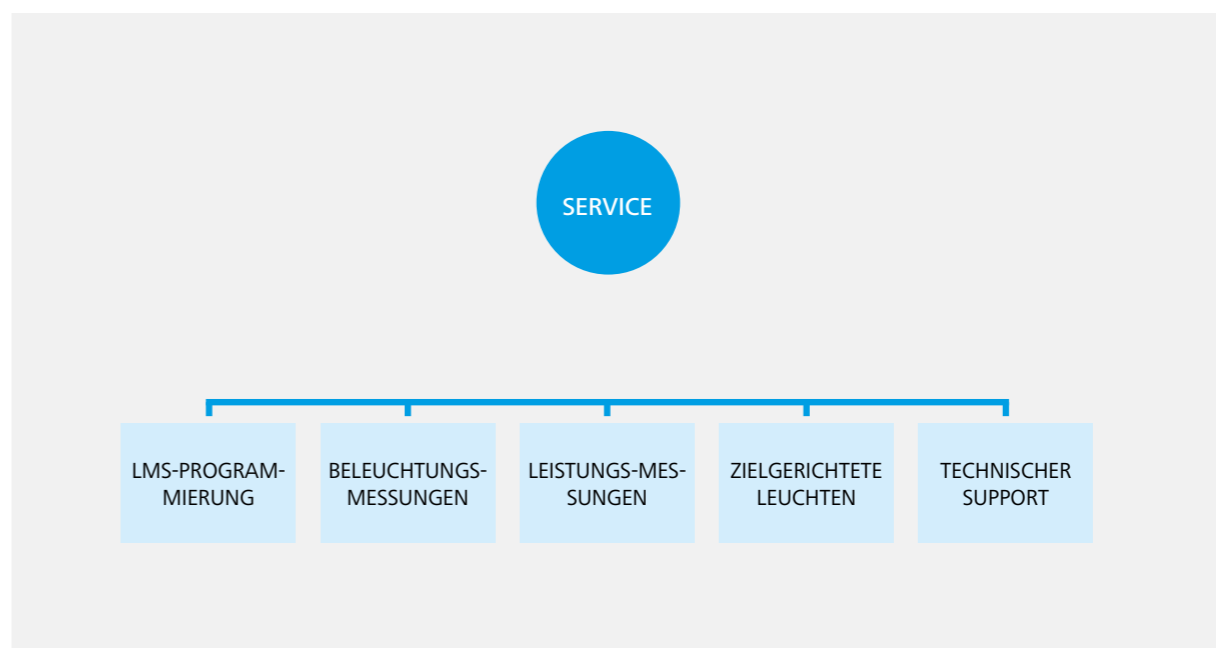
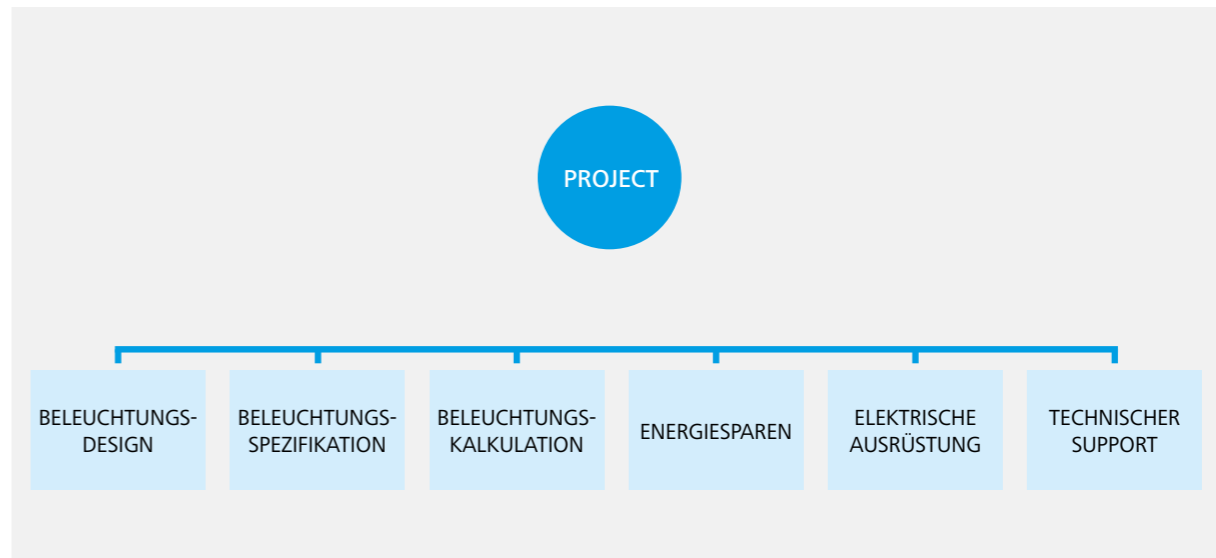
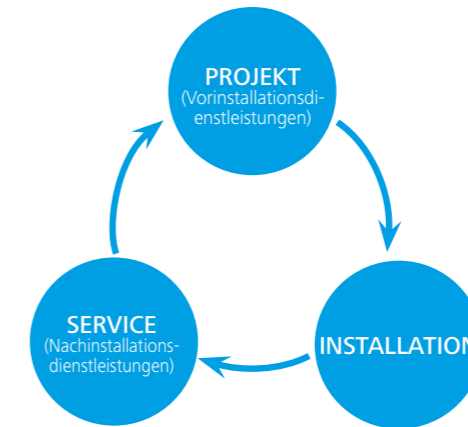
Das Anbieten eines Qualitätsproduktes reicht heute bei weitem nicht mehr aus. Der Kunde ist in den vergangenen Jahren immer anspruchsvoller geworden, er ist mehr auf der Suche nach einer komplexen Lösung als bloß nach einem qualitativ hochwertigen Produkt. Dies gilt auch für Kunden im Beleuchtungssektor. Ihre Ansprüche werden heute nicht mehr nur durch den einfachen Kauf von Leuchten befriedigt. Sie suchen nach Möglichkeiten zur Einsparung, dem Erreichen von Investitionsrückflüssen und gleichzeitiger Profitierung durch die Nutzung modernster Technologien.

Unser Unternehmen verfügt über ein jahrelanges Know-how und über einen überdurchschnittlichen technologischen Hintergrund. Dadurch ist es in der Lage, flexibel auf alle Anforderungen des Kunden zu reagieren und ihm volle Unterstützung bei der Beleuchtungslösung in all ihren Phasen zu gewähren:

von der Ausarbeitung des Projekts über seine Realisierung und der Installation bis hin zum Kundendienst und individuellen Einstellungen. Das Schlüsselwort in einer Zeit, in der wir systematisch wachsenden Energiepreisen ausgesetzt sind, ist Einsparungspotential. Deshalb beginnt jedes Projekt mit einem energetischen Audit der Beleuchtung, das die Grundlage und Werte für die energetische Zertifizierung des Gebäudes schafft. Sein Ziel ist das Gewinnen ausreichender Informationen über den Zustand und den Wirkungsgrad bestehender Beleuchtungslösungen, das Identifizieren von Energieeinsparungspotentialen und das Entwerfen konkreter Maßnahmen, wie diese erreicht werden können und so der energetische Aufwand der auditierten Räume verringert werden kann. Auf Grundlage dieses Audits des Beleuchtungssystems stellt das Fachpersonal unseres Unternehmens dem Kunden Empfehlungen zusammen, in denen sie das Ausmaß der möglichen Einsparungen und konkrete Vorschläge integrieren, wie diese erreicht werden können.



Unser Unternehmen verfügt über ein langjähriges Know-how und über einen überdurchschnittlichen technologischen Hintergrund. Es ist in der Lage, flexibel auf alle Anforderungen des Kunden zu reagieren und ihm volle Unterstützung bei der Beleuchtungslösung in all ihren Phasen zu gewähren.





Wir bieten komplexe Dienstleistungen beim Design der Innen- und Außenbeleuchtung.

Wo andere Hindernisse sehen, sehen wir eine Lösung.

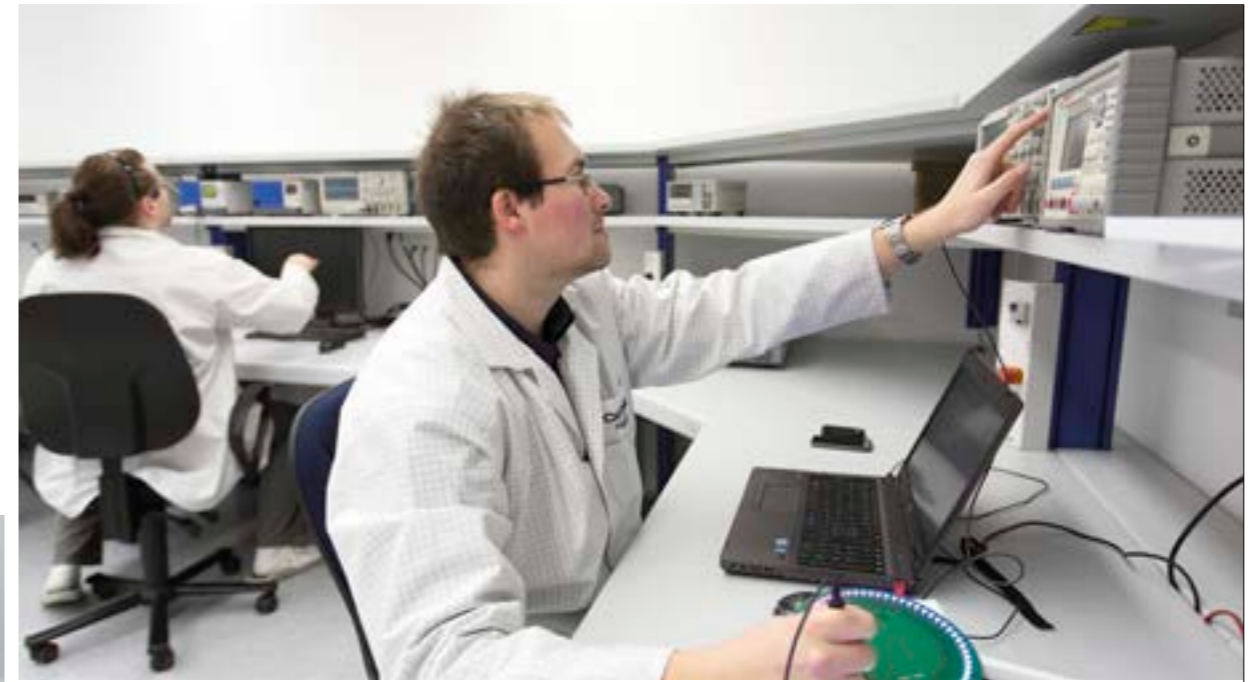
Das Anbieten eines Qualitätsproduktes reicht heute bei weitem nicht mehr aus. Der Kunde ist in den vergangenen Jahren immer anspruchsvoller geworden, er ist mehr auf der Suche nach einer komplexen Lösung als bloß nach einem qualitativ hochwertigen Produkt. Dies gilt auch für Kunden im Beleuchtungssektor. Ihre Ansprüche werden heute nicht mehr nur durch den einfachen Kauf von Leuchten befriedigt. Sie suchen nach Möglichkeiten zur Einsparung, dem Erreichen von Investitionsrückflüssen und gleichzeitiger Profitierung durch die Nutzung modernster Technologien.

Unser Unternehmen verfügt über ein jahrelanges Know-how und über einen überdurchschnittlichen technologischen Hintergrund. Dadurch ist es in der Lage, flexibel auf alle Anforderungen des Kunden zu reagieren und ihm volle Unterstützung bei der Beleuchtungslösung in all ihren Phasen zu gewähren: von der Ausarbeitung des Projekts über seine Realisierung und der Installation bis hin zum Kundendienst und individuellen Einstellungen. Das Schlüsselwort in einer Zeit, in

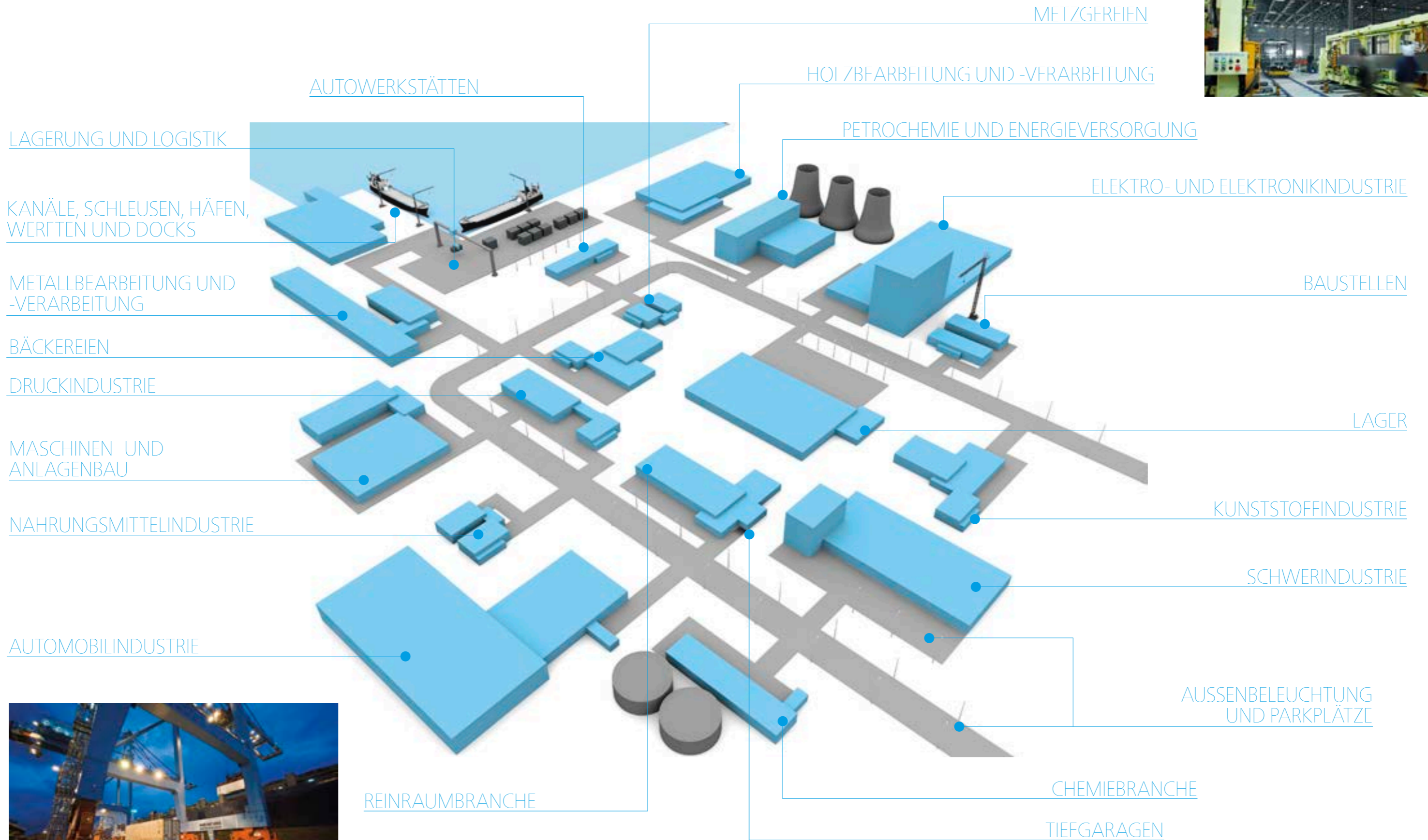
der wir systematisch wachsenden Energiepreisen ausgesetzt sind, ist Einsparungspotential. Deshalb beginnt jedes Projekt mit einem energetischen Audit der Beleuchtung, das die Grundlage und Werte für die energetische Zertifizierung des Gebäudes schafft. Sein Ziel ist das Gewinnen ausreichender Informationen über den Zustand und den Wirkungsgrad bestehender Beleuchtungslösungen, das Identifizieren von Energieeinsparungspotentialen und das Entwerfen konkreter Maßnahmen, wie diese erreicht werden können und so der energetische Aufwand der auditierten Räume verringert werden kann. Auf Grundlage dieses Audits des Beleuchtungssystems stellt das Fachpersonal unseres Unternehmens dem Kunden Empfehlungen zusammen, in denen sie das Ausmaß der möglichen Einsparungen und konkrete Vorschläge integrieren, wie diese erreicht werden können.

Unsere Abteilung Lighting Solutions verfügt über die notwendigen Kenntnisse und die technischen Mittel für lichttechnische Messungen. Sie führt eine fachliche Besichtigung der Installation durch, misst die Intensität der Beleuchtung und der Lichtstärke in den Räumen

des Kunden und bewertet, in welchem Maß ihre Qualität den gesetzlichen Anforderungen und Normen entspricht. Mit der Messung des Energieverbrauchs der bestehenden Beleuchtungslösung werden Stellen mit unzureichendem Wirkungsgrad und Verlusten identifiziert und dann für den Kunden ein komplettes lichttechnisches Projekt ausgearbeitet, das seinen Bedürfnissen und Anforderungen an die Energieeinsparung entspricht.



# BELEUCHTUNG IN DER INDUSTRIE





# INNENRAUM-ARBEITSPLÄTZE

Die Tatsache, dass Menschen 80 % ihres produktiven Lebens bei der Arbeit verbringen steigert die Bedeutung von korrekter und biologisch effektiver Beleuchtung am Arbeitsplatz. Im Produktionssektor und über alle Branchen hinweg hat ein adäquat gestaltetes Beleuchtungssystem durchaus einen positiven Einfluss auf Leistungsfähigkeit und Konzentrationsvermögen der Mitarbeiter aller Schichten, reduziert die Zahl der Zwischenfälle und minimiert mögliche Verletzungsrisiken.

## SCHWERINDUSTRIE

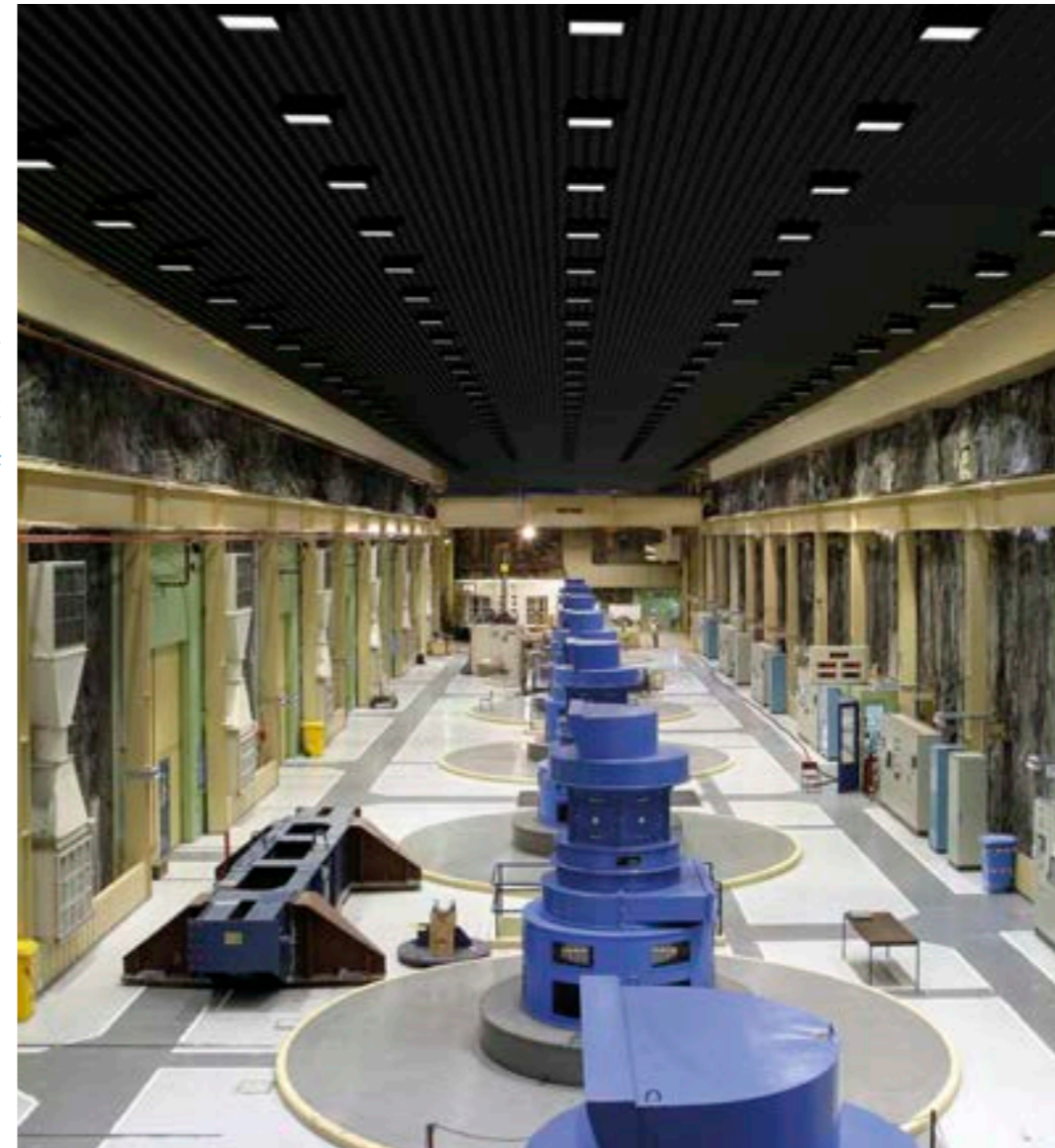
**Folgt man der Branchenklassifikation ist Schwerindustrie der Sammelbegriff für Eisen- und Stahlindustrie, die Energiebranche, Anlagenbau und die chemische Industrie. Die Produktionsstätten in diesen Branchen stellen spezifische Anforderungen an Beleuchtungslösungen und die Auswahl der richtigen Lichtquellen.**

Die normativen Anforderungen an die mittlere Beleuchtungsstärke in Fertigungshallen der einzelnen Schwerindustriearbeitsstätten unterscheiden sich je nach Arbeitsumgebung: Anlagen mit Fernbedienung, Produktionsanlagen mit gelegentlichen manuellen Eingriffen oder Arbeitsplätze, an denen sich Personal regelmäßig aufhält. Die europäische Beleuchtungsnorm EN 12464-1 gibt eine Mindestbeleuchtungsstärke von 50 Lux für alle Arbeitsstätten an Anlagen mit Fernbedienung vor, 150 Lux für Produktionsanlagen mit gelegentlichen manuellen Eingriffen und eine Mindestbeleuchtungsstärke von 200 Lux für Arbeitsplätze, an denen sich Personal regelmäßig aufhält. Für optimalen Sehkomfort für

die Mitarbeiter, insbesondere an Arbeitsplätzen, an denen sich Personal regelmäßig aufhält, empfiehlt sich ein höheres Beleuchtungsniveau. Bei der Konzeption eines Beleuchtungssystems ist unbedingt darauf zu achten, dass einheitliche Lichtverhältnisse an den Produktionsstätten geschaffen und tiefe Schatten vermieden werden. Bei einheitlichen Lichtverhältnissen kann das Personal die Werkzeuge korrekt handhaben, was sowohl die Ausfallquote senkt als auch die Verletzungsgefahr minimiert. In den hohen Fertigungshallen der Schwerindustriebetriebe ist es außerdem wichtig, ausreichendes vertikales Beleuchtungsniveau entlang der gesamten Wandhöhe zu erzielen. Eine gute vertikale Beleuchtung verbessert die Orientierung der Mitarbeiter, vereinfacht die Identifizierung von großen Maschinen und sorgt für erhöhte Sicherheit auf den Treppen und Stegen. Um die normativen Vorgaben an die Beleuchtungsstärken in den hohen Fertigungshallen der Schwerindustriebetriebe zu erreichen, ist es sinnvoll, Leuchten mit einer breiten Lichtstärkenverteilungskurve und/oder Hängeleuchten mit einer asymmetrischen Beleuchtungskurve zu ver-

wenden, welche zugleich für eine zufriedenstellende vertikale Beleuchtung der Arbeitsflächen sorgen. Die Lichtbandsysteme mit Spiegelreflektoren sind eine geeignete Wahl für die Beleuchtung der Arbeitsbereiche an den Arbeitsplätzen. Für eine optimale Anpassung an die jeweiligen Bedingungen vor Ort sollten die Leuchten eine variable Lichtverteilung ermöglichen. Die Auswahl der geeigneten Lichtquelle hängt ganz von der

Tätigkeit am jeweiligen Arbeitsplatz ab. An Fertigungsstätten, wo sich Personal nicht regelmäßig aufhält, Beleuchtungsstärken und einheitliche Beleuchtungswerte und ist gleichzeitig wartungsarm. Die Arbeitsstätten in den einzelnen Schwerindustriearbeitsstätten stellen besonders hohe Anforderungen an die Explosions (Ex)- und Korrosionsfestigkeit von Arbeitsplatzbeleuchtung. Diese muss eine geeignete Schutzart (IP 20



oder IP 50) aufweisen. und in Räumen mit schlechten Sichtverhältnissen können Lichtquellen mit einem CRI>40 zum Einsatz kommen. An Arbeitsplätzen, an denen sich Personal regelmäßig aufhält, legt die Norm einen Mindestwert von CRI>80 fest. Vom wirtschaftlichen Standpunkt aus und unter dem Aspekt der Lichtqualität gelten Hochdruckentladungslampen hier als sinnvolle Beleuchtungslösungen. Diese Art der Lichtquelle liefert geeignete Beleuchtungsstärken und einheitliche Beleuchtungswerte und ist gleichzeitig wartungsarm. Die Arbeitsstätten in den einzelnen Schwerindustriearbeitsstätten stellen besonders hohe Anforderungen an die Explosions (Ex)- und Korrosionsfestigkeit von Arbeitsplatzbeleuchtung. Diese muss eine geeignete Schutzart (IP 20 oder IP 50) aufweisen.

**Eine gute vertikale Beleuchtung verbessert die Orientierung der Mitarbeiter, vereinfacht die Identifizierung von großen Maschinen und sorgt für erhöhte Sicherheit auf den Treppen und Stegen.**



UX-MYAR 146



UX-LUX LED

RECOMMENDED PRODUCTS  
 GRAFIAS 146  
 ECOBAY 148  
 UX-BELL 145

TORNADO PC 147



RECOMMENDED PRODUCTS  
 PRESTIGE 152

## METALLBEARBEITUNG UND -VERARBEITUNG

Diese Branche beschäftigt sich mit der Be- und Verarbeitung von Metall. Darunter fallen so verschiedenartige Tätigkeiten wie Montage, Schmiede- und Schweißarbeiten aber auch Prozesse, bei denen höchste Präzision erforderlich ist, nämlich Löt-, Prüf- oder Messverfahren. Jede dieser Tätigkeiten stellt ganz besondere Anforderungen an die Beleuchtungslösung.

Die vielfältigen Prozesse bei der Metallbearbeitung und -verarbeitung lassen eine universelle Beleuchtungslösung nicht zu. Die Aufgabe des Beleuchtungsdesigners besteht bei der Planung des Beleuchtungssystems darin, die Lichtversorgung so zu gestalten, dass sie den normativen Anforderungen entspricht, ohne die ergonomischen Kriterien für die angemessene Beleuchtung des Arbeitsbereichs unter Berücksichtigung der jeweiligen Tätigkeit zu vernachlässigen. Die Europäische Beleuchtungsnorm EN 12464-1 gibt verschiedene Mindestwerte für die mittlere Beleuchtungsstärke an den einzelnen Arbeitsplätzen unter Berücksichtigung der jeweiligen Tätigkeit, die an dieser Stelle ausgeübt wird, vor. Für Arbeitsplätze, an denen keine anspruchsvollen Sehaufgaben durchgeführt werden, z. B. Montage-, Schmiede- oder Schweißarbeiten, nennt die Norm einen Mindestwert für die mittlere Beleuchtungsstärke am Platz von Sehaufgaben von 300 Lux. Die Erfahrung in der Praxis hat gezeigt, dass es beispielsweise

bei Schweißarbeiten sinnvoll ist, für höhere Beleuchtungsstärken am Platz von Sehaufgaben zu sorgen. Die höhere Lichtintensität kann den Sichtverlust, der zum Beispiel durch die Verwendung von Schweißbrillen verursacht wird, kompensieren. Die erforderlichen Beleuchtungsniveaus in den 6 Meter und mehr hohen Hallen können durch die Verwendung von Leuchten mit einer breiten Lichtstärkenverteilungskurve und Hochdruckentladungslampen, die gleichzeitig eine wirtschaftliche Lösung darstellen, hergestellt werden. Allerdings ist dieser Leuchtentyp weniger für Arbeitsgänge geeignet, bei denen polierte Metalle verarbeitet werden. Langfeldeleuchten mit Mikro- oder matten Gehäuse sind eine sinnvollere Lösung für derartige Bereiche. Für Arbeitsplätze, an denen anspruchsvolle Sehaufgaben erfolgen und höchste Präzision erforderlich ist (Feinbauwerkstätten, Prüf- und Messstationen) sieht die Norm einen Mindestwert für die mittlere Beleuchtungsstärke von 750 Lux bis 1000 Lux vor, unter Berücksichtigung der jeweiligen Tätigkeit. Für derartige Arbeitsplätze ist es sinnvoll, die Allgemeinbeleuchtung durch zusätzliche Arbeitsplatzlampen zu ergänzen. Leuchten mit einer asymmetrischen Beleuchtungskurve direkt über dem Arbeitsbereich eignen sich für derartige Bereiche am besten. Auf diese Weise lässt sich eine ausreichende vertikale Beleuchtung erreichen, was es dem Mitarbeiter erlaubt, die Formen der hergestellten Teile optimal zu erkennen und die gemessenen Werte fehlerfrei von den Geräten abzulesen. Spezifische Anforderungen an die Auswahl

und Platzierung der Leuchten ergeben sich in der Metallverarbeitung an Arbeitsplätzen, wo Drehbänke zum Einsatz kommen oder wo Lötarbeiten durchgeführt werden. Es ist unbedingt darauf zu achten, dass beim Drehen die gute Erkennbarkeit des bearbeiteten Werkstücks gewährleistet ist und keine störenden Schatten entstehen. Hängende Langfeld- oder Deckenleuchten, welche im rechten Winkel zum Arbeitsbereich angebracht sind, stellen eine geeignete Beleuch-

Die Aufgabe des Beleuchtungsdesigners besteht darin, die Lichtversorgung so zu gestalten, dass sie den normativen Anforderungen entspricht, ohne die ergonomischen Kriterien für die angemessene Beleuchtung des Arbeitsbereichs unter Berücksichtigung der jeweiligen Tätigkeit zu vernachlässigen.



ungslösung dar. Gleichzeitig empfiehlt es sich, den Platz für Sehaufgaben durch zusätzliche Arbeitsplatzlampen zu ergänzen, die so positionieren sind, dass der Lichtstrom leicht von oben und von rechts in Richtung des Sichtfeldes des Mitarbeiters auf die Arbeitsfläche trifft. Diese Beleuchtungslösung benachteiligt jedoch Linkshänder. Allerdings existieren hierfür ausgeklügelte Lösungen, mit denen sich auch für sie die gleichen Lichtbedingungen herstellen lassen. Durch die Verwendung von LED-Lichtquellen oder Leuchten mit elektronischem Vorschaltgerät lässt sich der störende Stroboskopeffekt vermeiden, ganz besonders bei der Arbeit an Maschinen mit rotierenden Elementen. An Arbeitsplätzen, an denen Lötarbeiten durchgeführt werden, ist es von Bedeutung, das Ergebnis umgehend in Augenschein nehmen zu können. Störende Reflexionen, welche die Erkennbarkeit

herabsetzen, können durch die Verwendung von Leuchten mit mattem Gehäuse vermieden werden. An Arbeitsplätzen mit CNC-Maschinen, die über Displays/Anzeigen verfügen, besteht die Hauptaufgabe des Beleuchtungsdesigners darin, störende Reflexionen gar nicht erst entstehen zu lassen, da es diese möglicherweise schwierig bis hin zu unmöglich machen, die angezeigten Informationen abzulesen. Eine verringerte Leuchtdichte von 1000 cd/m<sup>2</sup> bis 1500 cd/2 ist für eine reflexionsfreie Darstellung der Informationen der CNC-Displays erforderlich. Entstehen am Arbeitsplatz große Mengen an Staub bei den Metallverarbeitungsprozessen, ist es erforderlich, auf staubdichte Leuchten der Schutzart IP 54 oder IP 65 zurückzugreifen.



RECOMMENDED PRODUCTS  
PRESTIGE LED 151  
TORNADO PC LED 143  
TORNADO PC 143



RECOMMENDED PRODUCTS  
TORNADO PC LED 147  
PRESTIGE LED 151  
PRESTIGE 152

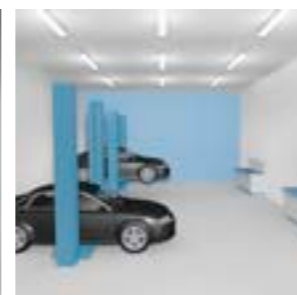
Je mehr Präzision eine Tätigkeit erfordert, um so mehr steigen auch die Anforderungen an die Qualität der Beleuchtung.

## MASCHINEN- UND ANLAGENBAU

Ähnlich wie bei der Metallverarbeitung ist auch im Maschinen- und Anlagenbau die Art der Tätigkeiten breitgefächert und vielfältig. Bei der Konzeption des Beleuchtungssystems ist es unerlässlich, die diese Räume charakterisierenden Aspekte zu berücksichtigen.

Der Maschinen- und Anlagenbau umfasst ein breites Spektrum an Aktivitäten, die sich durch unterschiedlichen Präzisionsbedarf auszeichnen: angefangen bei der Montage über die Be- und Verarbeitung kleiner Bauteile bis hin zu anspruchsvollen Sichtkontrollen. Allgemein lässt sich sagen, dass je mehr Präzision eine Tätigkeit erfordert, um so mehr auch die Anforderungen an die Qualität der Beleuchtung steigen. Die Europäische Beleuchtungsnorm EN 12464-1 sieht für die Produktionsstätten in dieser Branche eine Mindestbeleuchtungsstärke von 200 Lux bis 750 Lux, abhängig von der jeweiligen Tätigkeit, vor. Wissenschaftliche Untersuchungen und unsere eigenen praktischen Erfahrungen bestätigen, dass eine höhere Beleuchtungsstärke einen positiven Einfluss auf die Augengesundheit und den psychischen Zustand der Mitarbeiter hat und ihre Leistungsfähigkeit steigert. Aus diesem Grund empfiehlt es sich auch, für höhere Beleuchtungsniveaus in

allen Bereichen zu sorgen, auch solchen, wo es von der Norm nicht explizit gefordert wird. Um die in der Beleuchtungsnorm vorgesehenen Mindestwerte für die mittlere Beleuchtungsstärke zu erreichen ist es sinnvoll, Langfeldleuchten mit direkten Lichtstromeigenschaften zu verwenden, durch die eine ausreichend gute homogene Beleuchtung erzielt wird. Bei der Fließbandfertigung empfiehlt es sich, die Leuchten parallel zur Fertigungsstraße anzubringen. Die Bauart und technischen Details unserer Leuchte Prestige, mit der ausreichende Beleuchtungsniveaus bei einer Montagehöhe bis maximal 12 Meter erzielt werden können, erlauben es dem Designer bei der Beleuchtungsplanung, diese Lichtsysteme auch in hohen Hallen zu verwenden. Bei der Wahl der optimalen Lichtquelle für solche Fertigungsräume bieten sich LED-Lichtquellen als besonders wirtschaftliche und effektive Beleuchtungslösung an. Sie verfügen über hohe Lebensdauerwerte, zeichnen sich durch hohe Leistungsfähigkeit und Wirksamkeit aus, und stellen aufgrund ihrer niedrigen Ausfallrate und der langen Lebensdauer hinsichtlich der Instandhaltungskosten einen vernachlässigenswert geringen Kostenfaktor dar. Bereiche, die nicht als steril gelten aber die mit einer hohen Anforderung an Sauberkeit verbunden sind, erfordern den Einsatz von Leuchten, die sich einfach reinigen lassen und keine Teile



In Fertigungshallen mit Standardwandhöhen ist es sinnvoll, Langfeldleuchten mit direkten Lichtstromeigenschaften zu wählen. Um die von der Beleuchtungsnorm vorgesehene Mindestbeleuchtungsstärke in Fertigungshallen mit abweichenden Wandhöhen (6 Meter und mehr) zu erzielen, ist bei der Wahl des Beleuchtungssystems unbedingt darauf zu achten, dass die Leuchten sich in unterschiedlichen Höhen anbringen lassen.



enthalten, wo sich Schmutz oder Staub absetzen können. Besondere Anforderungen an die Beleuchtung stellen auch Bildschirmarbeitsplätze (BAP). Um störende Reflexionen auf den Bildschirmen zu vermeiden, die die Mitarbeiter beeinträchtigen oder daran hindern, die angezeigten Informationen zu erkennen, ist es sinnvoll, blendfreie Leuchten wie eine spezielle Bildschirmarbeitsplatzleuchte oder Leuchten mit Mikroprismen zu verwenden. Letztere sorgen besonders effizient für weiches, gestreutes Licht. Bei besonders anspruchsvollen Sehaufgaben (z. B. Kontrollen oder die Be- und Verarbeitung kleiner Komponenten), empfiehlt es sich, die Hauptbeleuchtung mit zusätzlichen Tischleuchten im Sehaufgabenbereich zu kombinieren. Bei Sichtkontrollen stellen Leuchten mit einer schmalen Lichtstärkeverteilungskurve eine geeignete Beleuchtungslösung dar.



PRESTIGE 152



RECOMMENDED PRODUCTS  
PRESTIGE LED 151  
TORNADO PC LED 147  
TORNADO PC 147

UX-MYAR 146



LED

RECOMMENDED PRODUCTS  
GRAFIAS 146  
ECO BAY 148  
UX-BELL 145



Arbeitsplätze für visuelle Tätigkeiten, bei denen die Mitarbeiter besonders anspruchsvolle und hochpräzise Arbeiten durchführen, sollten mit zusätzlichen Arbeitsplatzleuchten ausgestattet werden.

PRESTIGE 152

## AUTOMOBILINDUSTRIE

Die Automobilindustrie ist ein typisches Beispiele für Tätigkeiten, bei denen es besonders auf die Qualität der Durchführung ankommt. Unabhängig davon, ob es sich um die Montage großer Teile oder kleiner Komponenten handelt, Präzision steht immer an erster Stelle. Diese Anforderungen zu erfüllen und ein angepasstes Beleuchtungssystem zu schaffen ist Aufgabe des Designers bei der Beleuchtungsplanung.

Die Europäische Beleuchtungsnorm EN 12464-1 sieht als Mindestbeleuchtungsstärke 500 Lux für Fertigungshallen in der Automobilindustrie vor. Diese kann durch die Verwendung von Hänge- oder Deckenleuchten mit direkten Lichtstromeigenschaften erzielt werden, wodurch auch eine ausreichende Qualität der Beleuchtungshomogenität erreicht wird. Der Fließbandfertigung stellt den überwiegenden Teil der Produktion in der Automobilindustrie dar. Um optimale Lichtbedingungen zu schaffen, empfehlen wir, die Leuchten parallel zur Fertigungsstraße anzubringen. Für die Beleuchtung von Fertigungshallen mit einer Wandhöhe von 6 Metern empfehlen wir unsere Leuchte Prestige, Dank ihrer Bauart und der technischen Beschaffenheit kann die Leuchte ein geeignetes Beleuchtungsniveau bei jeder Montagehöhe bis zu 12 Metern liefern. Bei der Wahl der optimalen Lichtquelle für solche Fertigungsräume bieten sich LED-Lichtquellen als besonders wirtschaftliche und effektive Beleuchtungslösung

an. Sie verfügen über hohe Lebensdauerwerte, zeichnen sich durch hohe Leistungsfähigkeit und Wirksamkeit aus, und stellen aufgrund ihrer niedrigen Ausfallrate und der langen Lebensdauer hinsichtlich der Instandhaltungskosten einen vernachlässigenswert geringen Kostenfaktor dar. Durch die Auswahl geeigneter Lichtquellen oder Leuchten mit mattem Gehäuse lassen sich störende Reflexionen an Arbeitsplätzen, wo polierte Bauteile verwendet werden, vermeiden. Bildschirmarbeitsplätze machen besondere Beleuchtungslösungen erforderlich. Durch die Auswahl geeigneter Leuchten und deren korrekter Positionierung im Raum ist es möglich, störende Reflexionen auf den Bildschirmen ganz und gar zu vermeiden, welche es schwierig bis hin zu unmöglich machen, die Bildschirmanzeige zu erkennen. Leuchtmittel mit Mikroprismen, die weiches, diffuses und blendfreies Licht abgeben, stellen eine geeignete Beleuchtungslösung dar. Arbeitsplätze für visuelle Tätigkeiten, bei denen die Mitarbeiter besonders anspruchsvolle und hochpräzise Arbeiten durchführen, sollten mit zusätzlichen Arbeitsplatzleuchten ausgestattet werden. An geeigneten Arbeitsflächen und Prüfarbeitsplätzen ist zusätzliche Beleuchtung erforderlich. Wir empfehlen die Verwendung von TORNADO PC-Leuchten für geeignete Arbeitsflächen, Prüfarbeitsplätze sollten mit Leuchten mit einer schmalen Lichtstärkenverteilungskurve ausgestattet werden.



### Lackiererei

In den Fertigungshallen der Automobilindustrie stellt die Lackiererei einen Bereich mit ganz besonderen Anforderungen an die Beleuchtungslösung dar. Die europäische Beleuchtungsnorm EN 12464-1 gibt eine Mindestbeleuchtungsstärke von 750 Lux für Lackierereien (1.000 Lux für Aus- und Nachbesserungsarbeiten) vor. Langfeldleuchten, die den Lichtstrom direkt verteilen und zusätzliche Leuchten mit ausgeprägter asymmetrischer Lichtstärkenverteilungskurve, wodurch eine ausreichende

Beleuchtung der vertikalen Flächen (Wände) erzielt wird, stellen eine geeignete Beleuchtungslösung dar. Abhängig von der Art der Spritzkabine ist es in einigen Fällen erforderlich, explosions sichere Leuchten zu verwenden. Einige Prozesse in der Lackiererei stellen besonders hohe Ansprüche an die Möglichkeit, die Farben eindeutig und richtig zu erkennen. Bei Prüfungen und Nachbesserungsarbeiten ist es unumgänglich, Leuchten zu verwenden, deren Lichtquellen herausragende CRI-Werte ( $\geq 90$ ) liefern.



UX-MYAR 146



RECOMMENDED PRODUCTS  
GRAFIAS 146  
ECO BAY 148  
UX-BELL 145



RECOMMENDED PRODUCTS  
PRESTIGE LED 151  
TORNADO PC LED 143  
TORNADO PC 143

TORNADO PC 147



RECOMMENDED PRODUCTS  
TORNADO PC LED 147



TORNADO PC LED 147

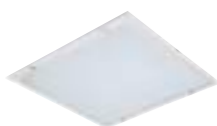
## AUTOWERKSTÄTTEN

Die Arbeiten in einer Autowerkstatt umfassen zahlreiche unterschiedliche Handgriffe. Die Aufgabe des Beleuchtungsdesigners besteht darin, ein Beleuchtungssystem zu konzipieren, das die Anforderungen aller Arbeiten an die Beleuchtung erfüllt.

Kennzeichnend für das Gros der Autowerkstätten ist die Tatsache, dass kaum Tageslicht in die Räume gelangt. Unter diesem Aspekt betrachtet spielt die richtige Beleuchtungslösung für künstliches Licht eine zentrale Rolle, um das Wohlbefinden der Mitarbeiter und die Qualität der geleisteten Arbeit zu erhalten. Die Europäische Norm EN 12464-1 sieht als Mindestwert für die mittlere Beleuchtungsstärke 300 Lux für allgemeine Arbeiten an Automobilen, Reparaturen und die Durchführung von Prüfungen in Autowerkstätten vor. Bei der Planung eines Beleuchtungssystems ist notwendig, die Art der Arbeiten in den betreffenden Bereichen mit in Betracht zu ziehen. Wo Wartungs- und Wachsarbeiten durchgeführt werden, ist eine zufriedenstellende vertikale Beleuchtung erforderlich, weshalb es sinnvoll ist, die Hauptbeleuchtung mit zusätzlichen arbeitsbereichsbezogenen Leuchten mit asymmetrischer Beleuchtungskurve zu ergänzen. In der Waschanlage herrscht üblicherweise hohe Luftfeuchtigkeit und es ist unmöglich, einen Kontakt der Leuchten mit Wasser zu vermeiden. Dies erfordert die Verwendung von Feuchtraumleuchten mit mindestens IP 54. Falls im Vorfeld nicht klar ist, welchen



RELAX XTP IP65 LED 149



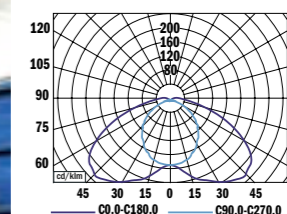
RECOMMENDED PRODUCTS  
RELAX XTP 149  
INDIRECT XTP 150



In der Waschanlage herrscht üblicherweise hohe Luftfeuchtigkeit und es ist unmöglich, einen Kontakt der Leuchten mit Wasser zu vermeiden. Dies erfordert die Verwendung von Feuchtraumleuchten mit mindestens IP 54.



Belastungen die Leuchte ausgesetzt sein wird, müssen Leuchten mit IP 65 installiert werden. In den Bodengruben, wo Leuchten an den vertikalen Wandflächen angebracht sind, ist es möglich, blendfreie lineare Leuchtkörper zu verwenden. Durch eine geeignete Positionierung lassen sich ausreichende Beleuchtungsstärken sowohl im oberen



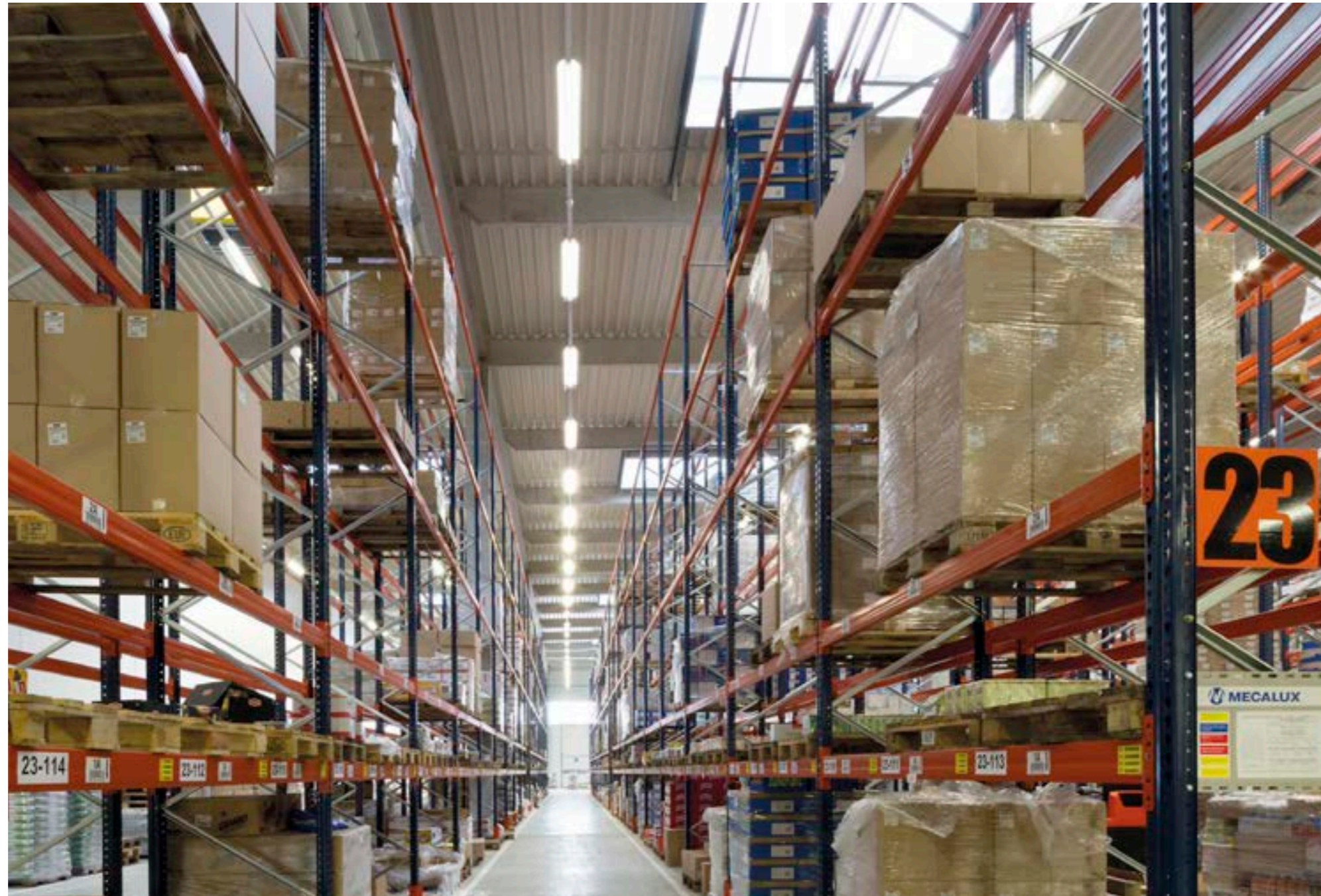
The luminous intensity curve Tornado PC LED

wie auch im Bodenbereich der Grube erzielen. Besondere Anforderungen werden an die Beleuchtung in der Lackierwerkstatt gestellt. Die Europäische Beleuchtungsnorm nennt eine Mindestbeleuchtungsstärke von 750 Lux für Lackierwerkstätten. Für Tätigkeiten in Verbindung mit Lackausbesserung und Prüfmaßnahmen gilt eine Beleuchtungsstärke von 1000 Lux bei einem UGR-Wert (Maß der psychologisch bedeutsamen Blendung) von 19 und einer korrelierten Farbtemperatur (CCT) von  $4000\text{ K} \leq \text{TCP} \leq 6500\text{ K}$ . Für eine gute Erkennbarkeit der Farben ist es erforderlich, Leuchten mit einem hohen Farbwiedergabeindex  $\text{CRI} \geq 90$  zu verwenden. Da in Lackierwerkstätten mit entflammbarem und explosionsfähigen Stoffen gearbeitet wird, ist es wichtig Leuchten zu installieren, welche explosionsicher sind.

## LAGER

Lagerräume in allen Branchen haben eines gemeinsam: es fällt nur wenig Tageslicht hinein. In Verbindung mit den Hochregalen kommt es zu schlechten Lichtbedingungen. Dem entgegenwirken lässt sich nur durch ein geeignetes Beleuchtungssystem.

In Lagerräumen mit Regalen spielt ein ausreichend hohes Beleuchtungsniveau eine wichtige Rolle. Die Europäische Beleuchtungsnorm EN 12464-1 sieht als Mindestbeleuchtungsstärke 100 Lux für Lagerräume, in denen sich Personal nicht regelmäßig aufhält, und für Lagerräume, in denen sich Personal regelmäßig aufhält, 200 Lux vor. Unsere eigenen praktischen Erfahrungen zeigen ganz eindeutig, dass diese Werte zu niedrig angesetzt sind. Der Sehkomfort ist für die Mitarbeiter unter diesen Bedingungen stark eingeschränkt und besonders in Lagerräumen mit Hochregalen werden keine hinreichenden Lichtbedingungen geschaffen, damit die Mitarbeiter in den Lagerräumen die Informationen auf den Lieferscheinen, den Warenverpackungen oder Regalen gut erkennen können. Um ausreichend gute Sichtbedingungen zu schaffen empfehlen wir eine Mindestbeleuchtungsstärke von 300 Lux. Das erforderliche Beleuchtungsniveau und eine ausreichende vertikale Beleuchtung können durch die Verwendung von hängenden Langfeldleuchten erreicht werden, wobei die direkte Streukomponente in den Gängen zwischen den Regalen liegen soll. Für eine



gute Beleuchtung der oberen Regale in Hallen mit einer Wandhöhe von 6 Metern und mehr ist es sinnvoll, Hallenreflektorleuchten mit asymmetrischen Reflektoren und Gehäusen zu verwenden, die eine direkte Blendung der Mitarbeiter weitestgehend reduzieren, wenn diese direkt nach oben sehen müssen. Neben der geforderten Mindestbeleuchtungsstärke ist es ebenfalls möglich, mit beiden Beleuchtungssystemen eine einheitliche Verteilung der Leuchtdichte in den Lagern zu

Besondere Aufmerksamkeit ist auf die Ein- und Ausgangsbereiche des Lagerhauses zu legen, treffen hier doch stark unterschiedliche Lichtsituationen aufeinander. Besonders der Übergang von hellen in dunklere Räume stellt hohe Anforderungen an das menschliche Auge. Die Adaptationsphase ist im Sinne der Sicherheit auf ein Minimum zu reduzieren.



erreichen. Besondere Aufmerksamkeit ist auf die Ein- und Ausgangsbereiche des Lagerhauses zu legen, treffen hier doch stark unterschiedliche Lichtsituationen aufeinander. Besonders der Übergang von hellen in dunklere Räume stellt hohe Anforderungen an das menschliche Auge. Die Adaptationsphase im Sinne der Sicherheit auf ein Minimum zu reduzieren. Die optimale Lösung besteht darin, die Dichte der installierten Leuchten zu erhöhen (ähnlich wie in Tunneln), wodurch das Beleuchtungsniveau in den kritischen Zonen angehoben wird und der Übergang von verschiedenen Lichtumgebungen reibungsloser ablaufen kann. Werden die Herausforderungen der Beleuchtung von Lagerräumen durch den Einbau intelligenter Lichtmanagementsystemkomponenten gelöst, lässt sich gleichzeitig auch Energie sparen. Präsenzmelder steuern die Beleuchtung so, dass nur in denjenigen Bereichen des Lagers Licht brennt, wo es auch erforderlich ist.

PRESTIGE 152



RECOMMENDED PRODUCTS

PRESTIGE LED	151
GRAFIAS	142
UX-MYAR	142
ECO BAY	145
UX-BELL	145

TORNADO PC LED 143



RECOMMENDED PRODUCTS

TORNADO PC	143
PRESTIGE LED	151
PRESTIGE	152

**BENEFITS**  
Availability of daylight bringing natural conditions into interior by maximizing the use of daylight, thus minimizing operating costs.

**SCHEME**

**COMPONENTS**  
UX-BELL AL1 IP65 MT E40 1x250W  
Switch

**ERGONOMICS**  
Colour rendering index (CRI) [4] [4] [4] [4]  
Glare prevention [4] [4] [4] [4]  
Illumination level (task area) [4] [4] [4] [4]  
Illumination level (surrounding of task area) [4] [4] [4] [4]  
Lighting uniformity [4] [4] [4] [4]  
Harmonious distribution of brightness [4] [4] [4] [4]

**EMOTION**  
Vertical illumination [4] [4] [4] [4]  
Ceiling illumination [4] [4] [4] [4]  
Biological factor of illumination [4] [4] [4] [4]  
 Availability of daylight  
 Blue light content (Tc>6500K)  
 Daylight simulation  
 Dynamic lighting  
 Tunable white  
 Accent lighting  
 RGB colour mixing  
 Ambient lighting

**ECOLOGY**  
Latest lamp technology [METAL HALIDE]  
System efficacy of luminaire [4] [4] [4] [4]  
Thermal output of lamp [4] [4] [4] [4]  
Dangerous material content [4] [4] [4] [4]  
Product lifetime and maintenance costs [4] [4] [4] [4]

**EFFICIENCY**  
 Presence detector [R3 Auto ON/Dimmed]  
 Constant illuminance sensor [normal movement of]  
 Daylight sensor [R8 Photo cell dimmin]  
 Calling of lighting scenes [R8 Photo cell dimmin]

Working days:  
Mon  Tue  Wed  Thu  Fri  Sa  Sun   
Working hours / day: [12] Working hours / night: [12]

Power consumption [66528] [kWh/year]  
Power consumption with LMS [66528] [kWh/year]  
CO<sub>2</sub> savings [0] [kg/year]  
LENI [66.46] [kWh/year.m<sup>2</sup>]

0% ENERGY SAVING GREEN SOLUTION LQS 1.67

Der Raum wird mit Leuchten mit Halogen-Metaldampflampen der Stärke 250W beleuchtet. Es handelt sich um einen rotationsymmetrischen Leuchtkörper. Mit diesem Leuchtentyp werden hinreichende Beleuchtungswerte erzielt sowie eine homogene Beleuchtung erreicht, dank der sich gute Ergebnisse bei den ergonomischen Parametern erzielen lassen.

Ökologische Fragen spielen bei dieser Lösung eine große Rolle, denn die Lichtquellen enthalten gefährliche Stoffe (Quecksilber), verfügen über eine niedrige Lebensdauer und ziehen hohe Wartungskosten nach sich.

Das Beleuchtungssystem verfügt über kein Lichtmanagementinstrument, das heißt bei dieser Beleuchtungslösung können keine Energieersparungen erzielt werden. Dieses Beleuchtungssystem zählt zur Energieeffizienzklasse D, was einem LENI-Wert von 66,46 kWh/Jahar.m<sup>2</sup> entspricht.

Der resultierende LQS-Wert ist sehr niedrig und die Räume gehören damit in die Kategorie der Räume mit geringer Beleuchtungsqualität.

**BENEFITS**  
Availability of daylight bringing natural conditions into interior by maximizing the use of daylight, thus minimizing operating costs.

**SCHEME**

**COMPONENTS**  
PRESTIGE DM T5+R12 T5 AL DEEP 2x49W  
Push button  
Remote control  
Power supply for the DALI line  
Combined motion and illuminance sensor

**ERGONOMICS**  
Colour rendering index (CRI) [4] [4] [4] [4]  
Glare prevention [4] [4] [4] [4]  
Illumination level (task area) [4] [4] [4] [4]  
Illumination level (surrounding of task area) [4] [4] [4] [4]  
Lighting uniformity [4] [4] [4] [4]  
Harmonious distribution of brightness [4] [4] [4] [4]

**EMOTION**  
Vertical illumination [4] [4] [4] [4]  
Ceiling illumination [4] [4] [4] [4]  
Biological factor of illumination [4] [4] [4] [4]  
 Availability of daylight  
 Blue light content (Tc>6500K)  
 Daylight simulation  
 Dynamic lighting  
 Tunable white  
 Accent lighting  
 RGB colour mixing  
 Ambient lighting

**ECOLOGY**  
Latest lamp technology [CLASSIC]  
System efficacy of luminaire [4] [4] [4] [4]  
Thermal output of lamp [4] [4] [4] [4]  
Dangerous material content [4] [4] [4] [4]  
Product lifetime and maintenance costs [4] [4] [4] [4]

**EFFICIENCY**  
 Presence detector [R3 Auto ON/Dimmed]  
 Constant illuminance sensor [normal movement of]  
 Daylight sensor [R8 Photo cell dimmin]  
 Calling of lighting scenes [R8 Photo cell dimmin]

Working days:  
Mon  Tue  Wed  Thu  Fri  Sa  Sun   
Working hours / day: [12] Working hours / night: [12]

Power consumption [51643] [kWh/year]  
Power consumption with LMS [28090] [kWh/year]  
CO<sub>2</sub> savings [14368] [kg/year]  
LENI [28.06] [kWh/year.m<sup>2</sup>]

46% ENERGY SAVING GREEN SOLUTION LQS 3.87

Die erforderliche Beleuchtungsstärke im Raum erreicht man durch die Verwendung von Hängeleuchten mit direkten Lichtstromeigenschaften und FHD (T5) 2x49 W-Lichtquellen. Die Lichtkurve ist so geformt, dass die erforderliche vertikale Beleuchtung der Regale in den Lagerhäusern erreicht wird und gleichzeitig eine ausreichende horizontale Beleuchtung des Arbeitsbereichs erfolgt.

Unter ökologischen Gesichtspunkten rangiert diese Beleuchtungslösung im Mittelfeld, die meisten Punkte werden hier abgezogen, da die Effizienz der Leuchte weit unter dem Durchschnitt liegt.

Das hier eingesetzte komplexe Lichtmanagementsystem beinhaltet die üblichen Sensoren und Melder: Präsenzmelder, Sensoren für konstante Beleuchtungsstärke und Tageslichtsensoren, wodurch sich Energieersparungen von bis zu 46 % erzielen lassen. Aus dem LENI-Wert ergibt sich für diese Lösung die Energieeffizienzklasse A.

Der resultierende LQS-Wert von 3,87 steht für hohe Beleuchtungsqualität. Dies ist insbesondere auf die hohe Effizienz aufgrund des Lichtmanagementsystems zurückzuführen. Die Verwendung von Leuchtstofflampen führt jedoch zu einem beträchtlichen Punktabzug beim ökologischen Aspekt.



15.

Entstehen große Mengen an Staub bei diesen Herstellungsverfahren empfiehlt es sich, auf Leuchten höherer Schutzarten zurückzugreifen.

## KUNSTSTOFFINDUSTRIE

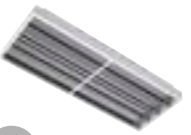
In der Kunststoffindustrie werden drei unterschiedliche Herstellungsverfahren unterschieden: Spritzguss, Extrusion und Reaktionstechnik. Diese stellen besondere Anforderungen an die Beleuchtungslösung.

Die Europäische Beleuchtungsnorm EN 12464-1 sieht allgemein eine Mindestbeleuchtungsstärke von 300 Lux für Produktionsbereiche vor, wo sich Personen regelmäßig aufhalten. Für Vorgänge, bei denen anspruchsvollen Sehaufgaben durchgeführt werden, oder bei Arbeiten am PC (oder computergesteuerten Anlagen) wird eine Mindestbeleuchtungsstärke von 500 Lux gefordert. In Fertigungshallen, wo Kunststoffe hergestellt werden, empfehlen sich neben der Allgemeinbeleuchtung zusätzliche Arbeitsleuchten an Arbeitsbereichen, wo eine höhere Beleuchtung erforderlich ist. Lichtbandleuchtensysteme mit direkten Lichtstromeigenschaften sind hier geeignete Beleuchtungslösungen. In Fertigungsräumen mit einer Höhe von über 6 Metern kann man Hängeleuchten mit einer breiten Lichtstärkenverteilungskurve und Metallampflampen verwenden. Mithilfe dieser Lösung lassen sich die erforderlichen Beleuchtungsstärken herstellen sowie für eine einheitlich Beleuchtungsstärke im gesamten Raum sorgen. In der Kunststoffindustrie wird

viel per Computer gesteuert und über ein Display verwaltet. Bei der Auswahl der Leuchten und deren Positionierung im Raum ist es wichtig, störende Reflexionen zu vermeiden, die es schwer bis hin zu unmöglich machen, die angezeigten Informationen abzulesen. In Fertigungshallen mit einer Wandhöhe von 6 Metern und mehr ist es sinnvoll, Leuchten mit einer breiten Lichtstärkenverteilungskurve und Hochdruckentladungslampen zu verwenden. Entstehen große Mengen an Staub bei diesen Herstellungsverfahren empfiehlt es sich, auf Leuchten der höheren Schutzarten IP 54 oder IP 65 zurückzugreifen. Neben der Hauptbeleuchtung erfordern einige Herstellungsoperationen einen höheren Ausleuchtungsgrad. Für solche Fälle ist es möglich, den Arbeitsbereich mit zusätzlichen Leuchten auszustatten. Beim Spritzgießen ist für eine besonders hohe Ausleuchtung der Klemmeinheiten beim Austausch des Werkzeugs zu sorgen. Auch der Extrusionsprozess verlangt zusätzliche Beleuchtung an Arbeitsbereichen, wo die fertigen Produkte (Profile, Folien oder Platten) anschließend in die geforderte Form oder Länge gebracht werden. Der Reaktionsschaumprozess bei der Kunststoffverarbeitung, wo explosionsfähige Stoffe verwendet werden, stellt besondere Anforderungen an die Beleuchtung. Explosionssichere Leuchten sind in diesen Fertigungsbereichen unumgänglich.



ECO BAY 148



RECOMMENDED PRODUCTS	
GRAFIAS	146
UX-MYAR	146
PRESTIGE LED	151
PRESTIGE	152
TORNADO PC LED	147
TORNADO PC	147
UX-BELL	145

GRAFIAS 142



RECOMMENDED PRODUCTS	
UX-MYAR	142
ECO BAY	145
UX-BELL	145

TORNADO PC LED 147



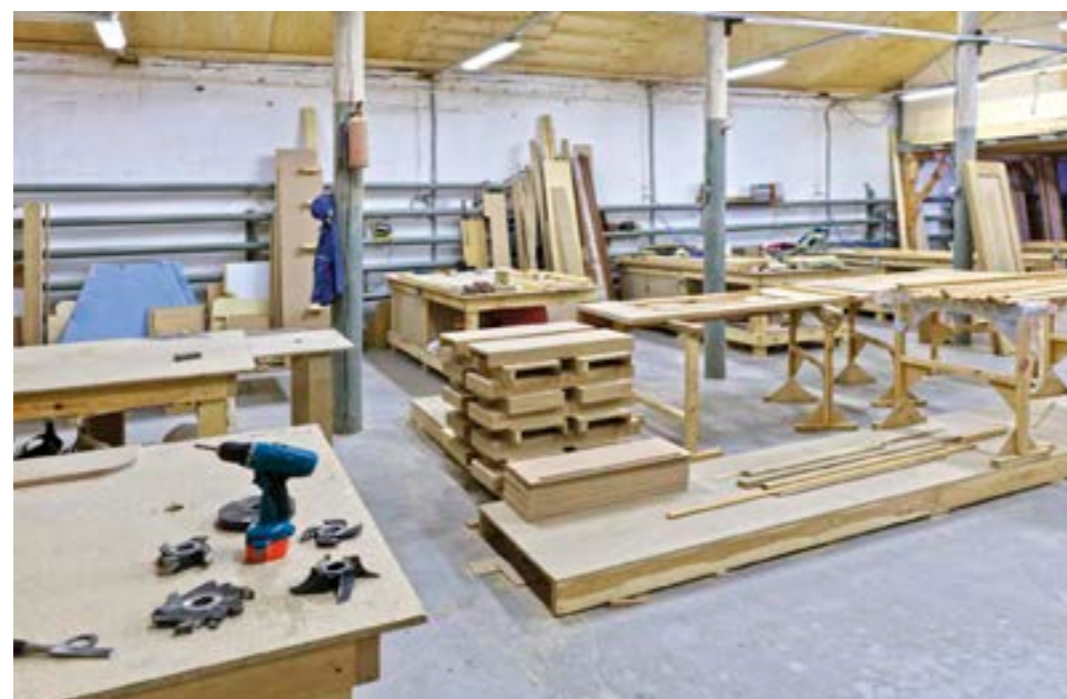
RECOMMENDED PRODUCTS	
TORNADO PC	147
PRESTIGE LED	151
PRESTIGE	152

## HOLZBEARBEITUNG UND -VERARBEITUNG

Bei den Beleuchtungslösungen in den Fertigungshallen der Holzbearbeitungs- und -verarbeitungsbetriebe stehen an erster Stelle die Fragen nach Schutz und Sicherheit. Mit geeigneten Beleuchtungssystemen werden optimale Voraussetzungen für das visuelle Wohlbefinden der Mitarbeiter geschaffen und gleichzeitig die Risiken schwerer Verletzungen reduziert.

Die Holzbearbeitende- und -verarbeitende Branche umfasst zahlreiche Tätigkeiten, die häufig alle in einer einzigen Halle angesiedelt sind. Die Aufgabe des Beleuchtungsdesigners besteht darin, Lichtverhältnisse zu schaffen, die sich für alle Vorgänge gleichermaßen gut eignen. Allgemein gesprochen bedeutet dies, dass das Hauptbeleuchtungssystem für diese Räume durch zusätzliche Lampen oder Leuchtkörper einer geeigneten Schutzart ergänzt werden muss. Die Europäische Beleuchtungsnorm EN 12464-1 nennt eine Mindestbeleuchtungsstärke von 500 Lux für Fertigungsbereiche in der holzbearbeitenden und -verarbeitenden Branche. Für Tätigkeiten wie Lackieren, Schleifen und Einlegearbeiten ist eine Mindestbeleuchtungsstärke von 750 Lux erforderlich, Prüfungen müssen bei 1000 Lux erfolgen. Die vielfältigen Prozesse bei den Arbeiten und die häufigen Platzwechsel in den Hallen stellen besondere Anforderungen an eine homogene Leuchtdichte- und -verteilung. Das erforderliche Beleuchtungsniveau und die damit verbundene einheitliche Ausleuchtung kann mithilfe von Decken- oder Langfeldleuchten mit direkter Streukomponente

und einer breiten Lichtstärkenverteilungskurve erreicht werden. In Hallen mit einer Höhe von 6 Metern und mehr ist es sinnvoll, Hängeleuchten mit einer breiten Lichtstärkenverteilungskurve und Metall-dampflampen zu verwenden. An Arbeitsplätzen, wo aufgrund der Fertigungsverfahren ein hohes Staubaufkommen verzeichnet wird, ist es wichtig, auf Leuchten der Schutzart IP 54 oder IP 65 zurückzugreifen. Findet die Fertigung hauptsächlich in einer Halle mit guten Tageslichteigenschaften statt ist es sinnvoll, die Arbeitstische im rechten Winkel zu den Fenstern auszurichten, um gute Sichtbedingungen zu schaffen. Für Tätigkeiten, die mehr Licht erfordern, - z. B. Sägen, Fräsen, Bohren - bietet es sich an, die Leuchten so zu positionieren, dass der Lichtstrom leicht von oben und von links in Richtung des Sichtfeldes des Mitarbeiters auf die Arbeitsfläche trifft. Dieses Beleuchtungssystem mindert die Gefahr, dass tiefe Schatten entstehen und sorgt gleichzeitig für gute Sichtverhältnisse an den scharfen Teilen der Maschine. Bei den Beleuchtungslösungen in der holzbearbeitenden und -verarbeitenden ist es notwendig, Systeme zu wählen, mit denen der Stroboskopeffekt vermieden werden kann, wenn die künstliche Beleuchtung eingeschaltet ist. Der Stroboskopeffekt stellt eine große Gefahr dar, besonders bei der Arbeit mit rotierenden Werkzeugen: falls Frequenz und Rotationsgeschwindigkeit identisch sind, kann der Eindruck entstehen, dass das Werkzeug stillsteht. Für das Bedienpersonal bedeutet dies eine erhöhte Verletzungsgefahr. Der Stroboskopeffekt kann vermieden werden, indem elektronische Vorschaltgeräte verwendet werden.



Bei den Beleuchtungslösungen in der holzbearbeitenden und -verarbeitenden Branche ist es erforderlich, Systeme zu wählen, bei denen kein Stroboskopeffekt auftritt, wenn die künstliche Beleuchtung eingeschaltet ist. Der Stroboskopeffekt stellt eine gefährliche Gefahrenquelle dar, insbesondere bei der Arbeit mit rotierenden Werkzeugen.



An Arbeitsplätzen, wo Sichtprüfungen durchgeführt oder Computer verwendet werden, sind Leuchten mit Diffusor sinnvoll.

## ELEKTRO- UND ELEKTRONIKINDUSTRIE

In der Elektro- und Elektronikindustrie finden zahlreiche Fertigungsschritte statt, unter anderem auch einfache Wartungsarbeiten, die keine hohen Anforderungen an die Augen stellen, aber auch manuelle Präzisionsarbeit mit kleinen Bauteilen, wo optimale Sichtverhältnisse unerlässlich sind. Die geeigneten Lichtbedingungen spielen hier eine wichtige Rolle.

Bei der Konzeption von Beleuchtungssystemen für die Elektro- und Elektronikindustrie muss der Beleuchtungsdesigner die Vielfältigkeit der Arbeiten berücksichtigen und eine angemessene Beleuchtungslösung finden. Tätigkeiten im Zusammenhang mit der Fertigung von elektronischen Bauteilen oder die Reparatur von Elektrogeräten stellen unterschiedliche Anforderungen an Lichtstärke und Beleuchtungslösung. Die Europäische Beleuchtungsnorm EN 12464-1 nennt eine Mindestbeleuchtungsstärke von 300 Lux bis 500 Lux für Elektrowerkstätten. Für Arbeitsplätze, wo Tätigkeiten ausgeführt werden, die höchste Präzision verlangen, oder wo mit besonders kleinen Bauteilen gearbeitet wird, ist eine Mindestbeleuchtungsstärke von 1000 Lux vorgesehen, und 1500 Lux für Prüf- oder Kalibrierplätze. Sind am Arbeitsplatz hohe Maschinen vorhanden, ist es nötig, für eine ausreichende vertikale Beleuchtung zu sorgen, die es den Mitarbeitern ermöglicht, die Maschinenkonturen zuverlässig zu erkennen und die angezeigten digitalen Informationen abzules-

en. Das Hauptbeleuchtungssystem, bestehend aus hängenden Langfeldleuchten mit direkten Lichtstromeigenschaften, kann in diesem Fall dort durch arbeitsbereichsbezogene Leuchten mit einer asymmetrischen Lichtstärkenverteilungskurve ergänzt werden, wo für die durchgeführten Tätigkeiten eine hinreichende vertikale Beleuchtung erforderlich ist. Radio- und Fernsehwerkstätten stellen ähnliche Anforderungen an die Beleuchtungslösungen wie die Elektrowerkstätten. Die anspruchsvollen Sehaufgaben erfordern eine Mindestbeleuchtungsstärke von 500 Lux an Arbeitsplätzen, wo kleine Baugruppen montiert werden, Feindrahtspulen entstehen oder gelötet wird - hier fordert die Norm eine Mindestbeleuchtungsstärke von 750 Lux. Um optimale Lichtbedingungen am Arbeitsplatz herzustellen ist es wichtig, für eine ausreichende Beleuchtung der Wände und Decken zu sorgen. Hier sind hängende Langfeldleuchten eine sinnvolle Lösung. In Hallen mit einer Wandhöhe von 6 Metern und mehr stellen die Hängeleuchten mit einer breiten Lichtstärkenverteilungskurve und Metalldampflampen eine wirtschaftliche Lösung dar. An Arbeitsplätzen, wo Sichtprüfungen durchgeführt oder Computer verwendet werden, sind Leuchten mit Diffusor sinnvoll. Diese Lichtquellen geben blendfreies, weiches, gestreutes Licht ab, das für einheitliche Lichtbedingungen sorgt, ohne dass tiefe Schatten oder störende Reflexionen auftreten. Tätigkeiten, die eine besondere Herausforderung für den Sehsinn darstellen, erfordern eine Mindestbeleuchtungsstärke von 1500 Lux. Dies kann mithilfe von zusätzlichen Leuchten, die



direkt auf den Arbeitsbereich strahlen, erzielt werden. Die höhere Beleuchtungsstärke erlaubt es den Mitarbeitern, die Kontraste besser zu erkennen und verbessert die 3D-Wahrnehmung. Besondere Herausforderungen an die Beleuchtung stellen solche Bereiche dar, wo kleinste Bauteile, Chips und Mikroprozessoren hergestellt und montiert werden. In diesen Bereichen ist eine staubfreie und sterile Umgebung erforderlich, sowie eine hohe Mindestbeleuchtungsstärke – 1500 Lux. Hier eignen sich Leuchten, die die sich einfach reinigen lassen und deren Gehäuse aus einem Material besteht, das seine Leucht- und seine chemischen Eigenschaften auch dann nicht verändert, wenn häufig Desinfektionen durchgeführt werden. In Räumen, in denen üblicherweise hohe Staubigkeit herrscht, ist es wichtig, auf staubunempfindliche Leuchten der Schutzart IP 54

oder IP 65 zurückzugreifen. In Fertigungsstätten mit hoher Luftfeuchtigkeit (z. B. Galvanisierung) ist es notwendig, Leuchten zu verwenden, die korrosionsbeständig sind. Bei der Wahl des richtigen Beleuchtungssystems ist außerdem erforderlich, den Stroboskopeffekt bei künstlicher Beleuchtung zu unterbinden. Der Stroboskopeffekt stellt eine extrem große Gefahrenquelle dar, insbesondere bei der Arbeit mit rotierenden Werkzeugen (z. B. Wickelmaschinen), da bei identischer Frequenz und Rotationsgeschwindigkeit der Eindruck entstehen kann, dass das Werkzeug nicht in Betrieb ist, wodurch sich das Bedienpersonal schwere Verletzungen zuziehen kann. Der Stroboskopeffekt kann vermieden werden, indem elektronische Vorschaltgeräte verwendet werden.

PRESTIGE LED 151



RECOMMENDED PRODUCTS  
PRESTIGE 152  
TORNADO PC LED 147  
TORNADO PC 147

PRESTIGE LED 151



RECOMMENDED PRODUCTS  
PRESTIGE 152  
TORNADO PC LED 147  
TORNADO PC 147

## DRUCKINDUSTRIE

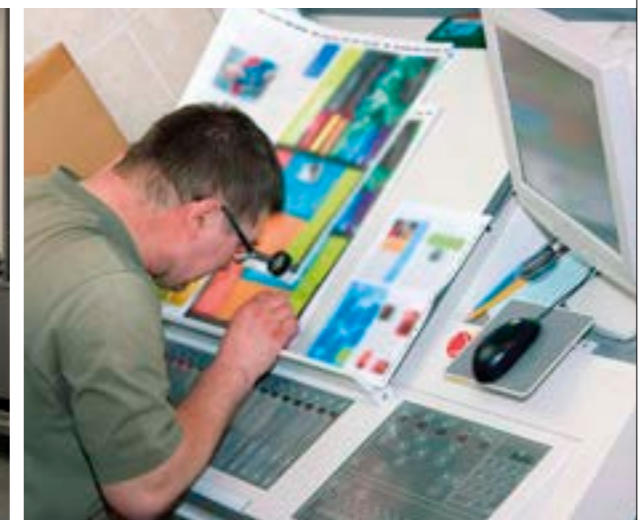
Die geeignete Ausleuchtung der Räume spielt in der Druckindustrie eine zentrale Rolle. Gute Lichtbedingungen sind die Grundvoraussetzung nicht nur für die hohe Qualität des Endergebnisses sondern auch für Sicherheit beim Umgang mit schnell laufenden Druckmaschinen.

In der Regel ist die Fläche, wo die Druckproduktion stattfindet, in zwei Bereiche unterteilt. Im einen Bereich erfolgt der eigentliche Druckvorgang, im anderen Bereich finden die Druckvor- und -nachbereitung statt, z. B. Bindearbeiten und Lithographieprozesse. Die Europäische Beleuchtungsnorm EN 12464-1 nennt eine Mindestbeleuchtungsstärke von 500 Lux für beide Bereiche, während für Setzen, Retouchieren und Lithographie die geforderte Mindestbeleuchtungsstärke bei 1000 Lux liegt, für Prüftätigkeiten bei 1500 Lux und für Kupfersticharbeiten bei bis zu 2000 Lux. Das erforderliche Beleuchtungsniveau kann durch die Verwendung von Langfeldleuchten mit direkten Lichtstromeigenschaften erreicht werden. In Druckereien mit einer Wandhöhe von 6 Metern und mehr stellen Hängeleuchten mit breiter Lichtstärkenverteilungskurve und Metallampflampen eine Alternative dar. Durch eine geeignete Anordnung der Leuchten im Raum und eine dementsprechende indirekte Lichtstromverteilung lassen sich störende Reflexionen bei der

Arbeit mit Hochglanzpapier oder Folien vermeiden. Werden große Druckmaschinen verwendet ist es ebenso erforderlich, für eine ausreichende vertikale Beleuchtung zu sorgen. Dazu kann man zusätzliche Leuchten direkt über der Maschine oder dem Arbeitsbereich anbringen. Für Mehrfarbendruckprozesse und Prüfvorgänge ist es nötig, Lichtquellen mit einem Farbwiedergabeindex (CRI) >90 zu verwenden, damit ein Farbvergleich gelingt. Es ist wichtig, Lichtquellen zu wählen, die neutralweißes oder tageslichtweißes Licht mit der korrelierten Farbtemperatur  $5000\text{ K} \leq \text{TCP} \leq 6500\text{ K}$  abgeben, was den Eigenschaften des natürlichen Tageslichts am nächsten kommt. Die Arbeitsplätze der Druckvorbereitung sind heutzutage zumeist mit Computern ausgestattet, weshalb bei der Konzeption des Beleuchtungssystems besonders auf die Erfüllung der Anforderungen der Europäischen Beleuchtungsnorm EN 12464-1 für Bildschirmarbeitsplätze bei der Auswahl und der Anordnung der Leuchten zu achten ist. Die Norm nennt eine Mindestbeleuchtungsstärke von 500 Lux für diese Arbeitsplätze, wobei die zulässigen Grenzwerte für die mittlere Leuchtdichte von Flachbildschirmen den Wert von  $1500\text{ cd/m}^2$  (bei Bildschirmen mit hoher Leuchtdichte) oder von  $\leq 1000\text{ cd/m}^2$  (bei Bildschirmen mit mittlerer Leuchtdichte) nicht übersteigen dürfen.



Für Mehrfarbendruckprozesse und Prüfvorgänge ist es nötig, Lichtquellen mit einem Farbwiedergabeindex  $\text{CRI} \geq 90$  zu verwenden, damit ein Farbvergleich gelingt.



TORNADO PC 143



LED

RECOMMENDED PRODUCTS  
TORNADO PC LED 143  
PRESTIGE LED 151  
PRESTIGE 152

PRESTIGE LED 151



LED

RECOMMENDED PRODUCTS  
PRESTIGE 152  
TORNADO PC LED 147  
TORNADO PC 143



## REINRAUMBRANCHE

Reinräume stammen aus der Medizin. Da inzwischen die Anforderungen an die Qualität und Fehlerfreiheit des Endprodukts immer mehr gestiegen sind, sind solche Fertigungsräume auch in verschiedenen anderen Branchen zu finden.

Heutzutage gibt es Reinräume in der Chemiebranche sowie in der Mikroelektronik- und der Elektronikindustrie. Sie sind in Fertigungshallen integriert, in denen Halbleiter oder Biotechnikprodukte hergestellt werden; sie haben ihren festen Platz in der industriellen Verarbeitung von Metallen und finden sich sogar in der Lebensmittelindustrie. Der Reinraum hat die Aufgabe, eine Umgebung bereitzustellen, in der es zu keiner Verschmutzung oder Verunreinigung des Produkts kommt. Die Anforderungen an die Ausstattung und die Einrichtung des Reinraums sind daran angepasst. Gleiches gilt auch in vollem Umfang für die Beleuchtungslösung. Als optimale Lösung gelten hier Deckeneinbauleuchten mit direkten Lichtstromeigenschaften. Neben den Reinräumen gibt

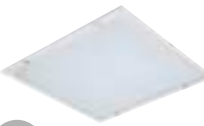
es auch Räume mit gelenkten Luftströmen. Leuchten ohne hervorstehenden Diffusor sind hier die optimale Lösung, denn sie haben nahezu keinen Einfluss auf den Luftstrom. Bei der Auswahl der Leuchten spielen die Gesamtform und das Material, aus dem sie gefertigt wurden, eine wichtige Rolle. Hinsichtlich der Form sind Leuchten mit Hinterschneidungen, Spalten, Fugen und sogenannten Totwassergebieten zu vermeiden, wo sich Produktionsrückstände ablagern können. Diese bergen die Gefahr, dass die Erstluft des Reinraums diese Partikel nicht abführt. Entsprechend schwierig ist es, diese Problemzonen angemessen zu reinigen, um sämtliche Partikel zu entfernen. Keime, die wiederholt mit niedrigen Dosen eines Desinfektionsmittels in Kontakt kommen, entwickeln möglicherweise Resistenzen dagegen entwickeln und sich als resistente Keime vermehren. Bei der Auswahl von Leuchte für Reinräume muss auch das Material, aus dem sie bestehen, beachtet werden. Allgemein gilt, dass sie aus einem Material gefertigt sein sollen, das sich durch geringe Rautiefen auch nach wiederholtem Kontakt mit Chemikalien und Desinfektion-

smitteln auszeichnet und seine Eigenschaften nicht ändert. Raue Oberflächen erhöhen das Risiko, dass sich Produktionsrückstände dort sammeln und das Produkt infolgedessen kontaminiert werden kann. Abhängig von der Art der Produktionsprozesse ist es wichtig, dass die Leuchten mit Gehäusen versehen sind, die einer geeigneten IP-Schutzart entsprechen. Die Auswahl von Leuchten mit geeignetem IP-Wert hängt von der Klimatisierung des Reinraums und der Richtung des Luftstroms im Raum ab. Üblicherweise wird in Reinräumen eines von zwei Strömungskonzepten gewählt: laminare Strömung oder Mischströmung. Bei der laminaren Luftströmung fließt die Luft von oben nach unten. Reinräume dieser Art finden sich meist in der Halbleiter- und Mikroindustrie. Leuchten mit der Schutzart IP 40 sind für solche Reinräume geeignet. In Reinräumen mit Mischströmung wird die Luft in Wirbeln im Raum verteilt. Reinräume dieser Art werden am häufigsten eingesetzt, denn sie sind am wirtschaftlichen. Abhängig von der Art der Produktionsprozesse muss auf Leuchten der Schutzarten IP 54 oder IP 65 zurückgegriffen werden.



Leuchten für Reinräume sollten aus einem Material mit geringer Rautiefe gefertigt werden, das auch nach dem Kontakt mit Chemikalien seine Eigenschaften nicht ändert.

RELAX XTP IP65  
LED 149



RECOMMENDED PRODUCTS  
RELAX XTP 149  
INDIRECT XTP 150

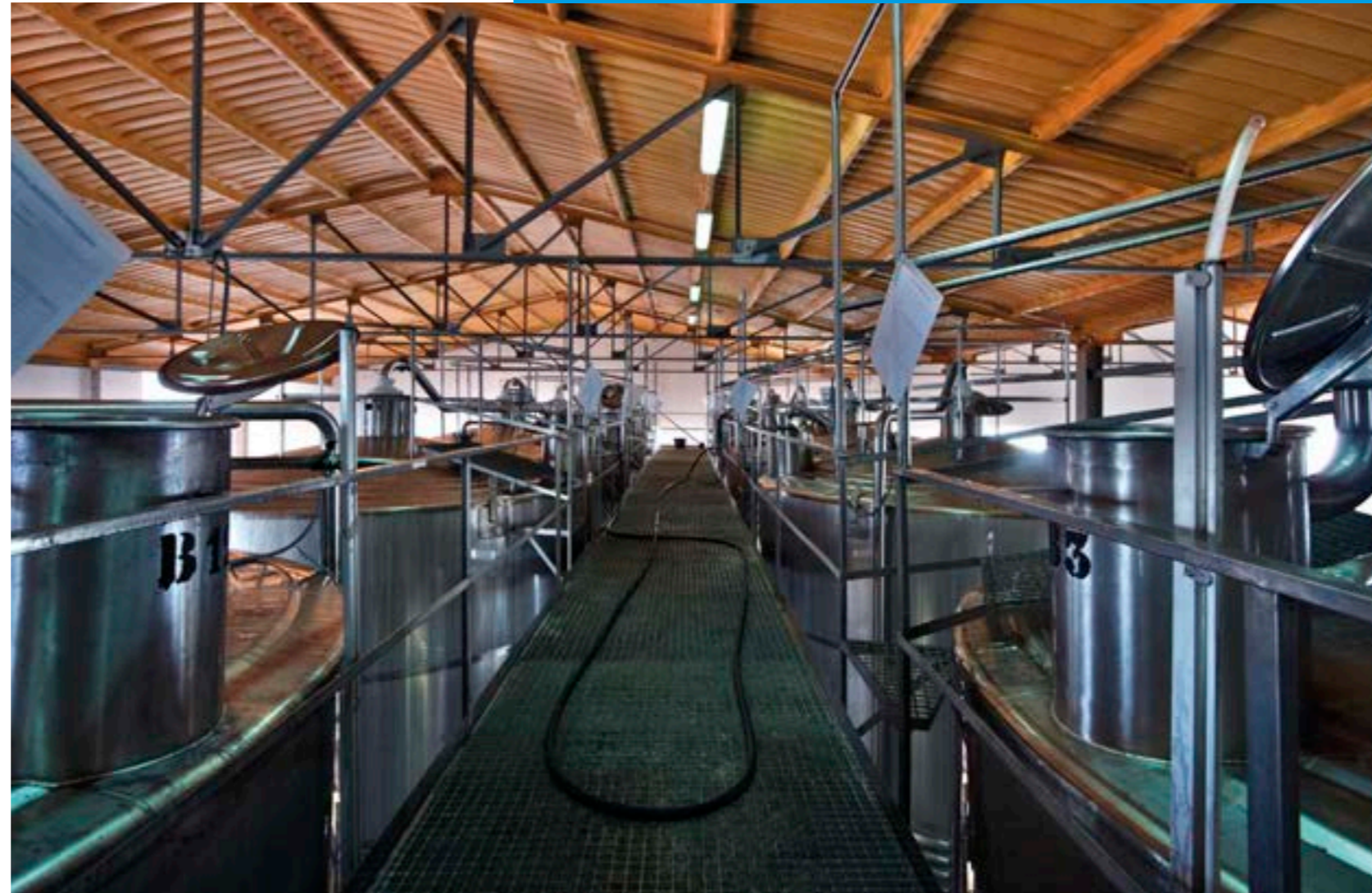
Die Leuchtmittel der Hauptbeleuchtung sollten über Gehäuse aus unzerbrechlichem Material verfügen.

## NAHRUNGSMITTEL INDUSTRIE

Die Nahrungsmittelindustrie stellt besonders hohe Anforderungen an die Sauberkeit und Hygiene ihrer Produktionsstätten. Die richtige Beleuchtung ist eine weitere, nicht weniger bedeutsame Herausforderung bei der Verarbeitung von Lebensmitteln und Getränken. In einem ausreichend gut ausgeleuchteten Raum können die Mitarbeiter ihren Tätigkeiten ohne Einschränkungen nachgehen. Zudem wird eine vertrauenswürdige Atmosphäre geschaffen, die das positive Image des Unternehmens hervorhebt.

Die Tätigkeiten in der Verarbeitung und Herstellung von Lebensmitteln und Getränken reicht von einfachen und weitgehend automatisierten Vorgängen, wobei die Mitarbeiter nur überwachend tätig sind, bis zu anspruchsvollen Sehaufgaben und Arbeiten mit besonderen Anforderungen. Die Aufgabe des Beleuchtungsdesigners besteht bei der Konzeption des Beleuchtungssystems darin, die Beleuchtung so zu gestalten, dass sie den Lichtbedarf für jede dieser Tätigkeiten erfüllen kann. Die Europäische Beleuchtungsnorm EN 12464-1 sieht eine Mindestbeleuchtungsstärke von 200 Lux für alle Räume vor, in denen Prozesse wie Waschen, Kochen, Trocknen, Gären und Befüllen ablaufen. Für Produktionsstätten, wo die Mitarbeiter schneiden, reiben, mischen, sortieren und abpacken nennt die Norm eine Mindestbeleuchtungsstärke von 300 Lux. Für Räume, in denen anspruchsv-

olle Sehaufgaben erfolgen oder ein hohes Verletzungsrisiko besteht, gilt eine Mindestbeleuchtungsstärke von 500 Lux (Schlachthäuser, Metzgereien, Molkereien, Mühlen, Feinkostherstellung). Für Prüfarbeitsplätze oder solche, wo es von Bedeutung ist, dass Farben eindeutig erkannt und unterschieden werden können, wird eine Mindestbeleuchtungsstärke von 1000 Lux gefordert und es sind Leuchten mit dem Farbwiedergabeindex (CRI) 90 und einer korrelierten Farbtemperatur von  $4000\text{ K} \leq \text{TCP} \leq 6500\text{ K}$  zu verwenden. Das erforderliche Beleuchtungsniveau kann mithilfe von Langfeldleuchten mit direkten Lichtstromeigenschaften erzielt und dort durch arbeitsbereichsbezogene Leuchten mit einer asymmetrischen Beleuchtungskurve ergänzt werden, wo es wichtig ist, ausreichend gute vertikale Beleuchtungswerte zu schaffen. Z. B. an Arbeitsplätzen mit vollautomatisierter Fertigung. Die Zusatzleuchten sind weiterhin an Arbeitsplätzen erforderlich, wo besonders anspruchsvolle Sehaufgaben durchgeführt werden (z. B. verzieren oder Flaschen prüfen). Leuchtkörper mit mattem Gehäuse oder Mikrop Prismen, die weiches, gestreutes Licht abgeben und das Aufkommen störender Reflexionen von glänzenden Oberflächen (Dosen, Flaschen) minimieren, sind hier geeignet. Die Leuchtmittel der Hauptbeleuchtung sollten über Gehäuse aus unzerbrechlichem Material verfügen. So können bei Lampenbruch keine Scherben in die verarbeiteten Lebensmittel oder Getränke fallen. Vom Sicherheitsstandpunkt aus ist es sinnvoll, Leuchten mit LED-Lichtquellen zu verwenden, die im Gegensatz zu herkömmlichen Lichtquellen vergleichsweise frei von gefährlichen Stoffen (Quecksilber) sind. Anders als bei anderen Lichtquellen



liegt das Quecksilber hier in fester Form vor, d. h. selbst wenn die Lichtquelle beschädigt wird, besteht keine Kontaminationsgefahr für die Produktionsstätte. Gleichzeitig ist es bei allen Herstellungsprozesse in der Nahrungsmittelindustrie von großer Bedeutung, dass Farben richtig erkannt und unterschieden werden können. Dies gilt besonders für Arbeitsplätze, wo Farbstoffe zum Einsatz kommen, aber auch für solche Tätigkeiten, wo die Lebensmittel von den Mitarbeitern visuell auf ihre Frische geprüft werden. Deshalb empfiehlt sich die Verwendung von Lichtquellen mit hohem Farbwiedergabeindex (CRI) von mindestens 80. Vom Sicherheitsstandpunkt aus ist es sinnvoll, Leuchten der



Schutzart IP 50 zu verwenden, die feuchtigkeitsbeständig und unempfindlich gegen Staub sowie in einigen Bereichen auch explosionsicher sind – in feuchten Räumen ist die Schutzart IP 65 zu wählen – und zwar in allen Fertigungshallen, in denen Nahrungsmittel verarbeitet und hergestellt werden. Die Kühlräume in der Nahrungsmittelindustrie verlangen spezielle Beleuchtungslösungen. Die Norm definiert diese als Lagerräume, für die eine Mindestbeleuchtungsstärke von 100 Lux gilt. Die Praxis hat gezeigt, dass dieser Wert nicht ausreicht und es wird empfohlen, auch in diesen Räumen für eine Mindestbeleuchtungsstärke von 300 Lux zu sorgen. Unter solchen Lichtbedingungen sind die Mitarbeiter in der Lage, die Informationen auf den Lieferscheinen zu erkennen und die Artikel besser den Regalen zuzuordnen zu können. Die Leuchten müssen kälte- und feuchtigkeitsbeständig sein, weshalb wir empfehlen, auf Leuchten der Schutzart IP 54 oder höher zurückzugreifen. Die Hauptaufgabe des Beleuchtungsdesigners bei der Konzeption von Beleuchtungssystemen für Kühlräume besteht darin, zu bedenken, dass es ab  $0^{\circ}\text{C}$  zu einem deutlichen Rückgang des Lichtstroms kommt, was bei besonders niedrigen Temperaturen bis zu 40 % ausmachen kann. Deshalb ist es wichtig, den Korrekturfaktor bei der Konzeption des Beleuchtungssystems von Anfang an zu berücksichtigen. Alternativ lässt sich dieses Problem vermeiden, wenn Leuchten mit LED-Quellen verwendet werden, wo es auch bei niedrigsten Temperaturen zu keinem Lichtstromrückgang kommt. Ganz im Gegenteil, mit sinkenden Temperaturen steigt die Intensität des Lichtstroms.

TORNADO PC LED 147



RECOMMENDED PRODUCTS  
TORNADO PC 147

TORNADO PC 147



RECOMMENDED PRODUCTS  
TORNADO PC LED 147

Die Fleischverarbeitung umfasst zahlreiche unterschiedliche Handgriffe, bei denen, von nur wenigen Ausnahmen abgesehen, meist scharfe Werkzeuge zum Einsatz kommen. Die richtige Ausleuchtung der Produktionsflächen ist deshalb nicht nur unter dem Aspekt, optimale Lichtbedingungen für das visuelle Wohlbefinden der Mitarbeiter zu schaffen, von Bedeutung. Es geht auch um die Sicherheit am Arbeitsplatz.

Die Europäische Beleuchtungsnorm EN 12464-1 sieht eine Mindestbeleuchtungsstärke von 500 Lux für die Produktionshallen in der fleischverarbeitenden Industrie vor. Dieser Wert gilt auch für auf den ersten Blick einfache Tätigkeiten wie z. B. Waschen. Da bei der Fleischverarbeitung die Hygiene unbedingten Vorrang hat, gilt Waschen als anspruchsvolle Sehaufgabe. Die erforderliche Beleuchtungsstärke kann mithilfe von einem Langfeldleuchtensystem mit direkten Lichtstromeigenschaften erzielt werden, durch die angemessene Beleuchtungswerte für vertikale Flächen erreicht werden. An Arbeitsplätzen, wo eine ausreichende Beleuchtung der vertikalen Flächen erforderlich ist, eignen sich, zusätzlich zur Hauptbeleuchtung, arbeitsbereichsbezogene Leuchten mit einem asymmetrischen Lichtstromverlauf. Wir emp-

fehlen, die Leuchten parallel zum Arbeitsbereich und zu den Fenstern anzubringen. Der Lichtstrom soll von oben auf den Arbeitsbereich fallen und leicht von links auf das Sichtfeldes des Mitarbeiters treffen. Dies mindert die Bildung von tiefen Schatten ganz erheblich und sorgt für besonders gute Sichtverhältnisse an den scharfen Teilen der Werkzeuge. Die Verletzungsgefahr wird so stark minimiert. An Arbeitsplätzen, wo anspruchsvolle Sehaufgabe durchgeführt werden, ist es sinnvoll, das Hauptbeleuchtungssystem durch zusätzliche Arbeitsplatzlampen zu ergänzen. Die Mitarbeiter benötigen für die visuelle Frischeprüfung der Fleischstücke unbedingt Lichtquellen mit einem Farbwiedergabeindex (CRI) von 80 oder höher. Unter dem Aspekt der Sicherheit am Arbeitsplatz ist es sinnvoll, Leuchten mit einem Gehäuse aus unzerbrechlichem Material oder mit Schutzgitter zu verwenden, damit bei Lampenbruch keine Scherben in das zu verarbeitende Fleisch gelangen. Aufgrund der Arbeitsumgebung müssen die eingesetzten Leuchten feuchtigkeits- und korrosionssicher mit IP 54 oder höher sein. Schließt sich an den fleischverarbeitenden Betrieb ein Laden an, wo der Metzger seine Produkte verkauft, ist es sinnvoll, für die Beleuchtung der Auslagen Leuchten mit einem hohen Rotanteil zu verwenden. Unter diesem Licht erscheinen Waren rötter und das Produkt wirkt somit frischer.

Schließt sich an den fleischverarbeitenden Betrieb ein Laden an, wo der Metzger seine Produkte verkauft, ist es sinnvoll, für die Beleuchtung der Auslagen Leuchten mit einem hohen Rotanteil zu verwenden. Unter diesem Licht erscheinen Waren rötter und das Produkt wirkt somit frischer.



LED-Lichtquellen stellen die optimale Lösung dar, denn verglichen mit herkömmlichen Lichtquellen ist ihr Gehalt an gefährlichen Stoffen vergleichsweise gering.

## BÄCKEREIEN

**Bei der Konzeption des Beleuchtungssystems für eine Bäckerei muss der Beleuchtungsdesigner nicht nur die Vielfältigkeit der Tätigkeiten in Betracht ziehen sondern auch die Tatsache, dass im Schichtbetrieb gearbeitet wird.**

Die Europäische Beleuchtungsnorm EN 12464-1 sieht eine Mindestbeleuchtungsstärke von 300 Lux für das Ansetzen und Verarbeiten von Teig vor. Zum Glasieren, Dekorieren und für andere abschließende Arbeiten wird das geforderte Beleuchtungsniveau auf 500 Lux angehoben. Eine höhere Beleuchtungsstärke wirkt sich nebenbei positiv auf die Effizienz und die Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter aus und vermittelt den Kunden oder Besuchern einen angenehmen Eindruck. Bei der Konzeption von Beleuchtungssystemen bietet es sich an in Betracht zu ziehen, dass ein Großteil der Arbeiten bei Nacht oder in den frühen Morgenstunden erfolgt. Die Leistung und Effizienz werden gesteigert, und die Augengesundheit und der psychische Zustand der Mitarbeiter lassen sich während

der Dunkelstunden verbessern, wenn die Beleuchtungsstärke auf 1000 Lux erhöht wird. Gleichzeitig ist es sinnvoll, Lichtquellen zu verwenden, die tageslichtweißes Licht mit korrelierter Farbtemperatur CCT von über 6500 K abgeben. Unter derartigen Lichtbedingungen, die die Eigenschaften des natürlichen Tageslichts nachahmen, wird die Produktion des Hormons Melatonin, welches den Wach-Schlaf-Rhythmus regelt, gedrosselt und die Mitarbeiter fühlen sich weniger müde. Gleichzeitig wird dadurch auch die Serotoninproduktion angekurbelt. Dieses Hormon wirkt anregend und leistungssteigernd. Vor diesem Hintergrund ist es möglich, die geforderte Mindestbeleuchtungsstärke von 1000 Lux zu erzielen und durch die Integration von Lichtmanagementinstrumenten Werte zu liefern, die von der Norm für die einzelnen Tätigkeiten gefordert werden. Eine sinnvolle Beleuchtungslösung in Bäckereien ist ein System aus linearen Hängeleuchten mit direkten Lichtstromeigenschaften und arbeitsbereichsbezogene Leuchten mit einer asymmetrischen Beleuchtungskurve an den Arbeitsplätzen, wo eine gute Ausleuchtung von vertikalen Flächen erforderlich ist. In Bäck-



ereiräumen mit höheren Wänden ist es möglich, Hängeleuchten mit einer breiten Lichtstärkenverteilungskurve und Metalldampf lampen zu verwenden. In beide Fällen müssen die Leuchten von einem unzerbrechlichen Gehäuse geschützt werden. So können bei Lampenbruch keine Scherben auf die Arbeitsfläche fallen. Es sind Leuchten mit Gehäuse der Schutzart IP 50 zu wählen. Vom Sicherheitsstandpunkt aus stellen Leuchten mit LED-Lichtquellen die optimale Lösung dar, denn verglichen mit herkömmlichen Lichtquellen ist ihr Gehalt an gefährlichen Stoffen (Quecksilber) vergleichsweise gering. Anders als bei anderen Lichtquellen liegt das Quecksilber hier in fester Form vor, d. h. selbst wenn die Lichtquelle beschädigt wird, besteht in den Produktionsbereichen keine Kontaminierungsgefahr für die Luft. Gleichzeitig müssen Lichtquellen verwendet werden, mit denen eindeutige Farbvergleiche möglich sind (z. B. bei der Auswahl der Zutaten oder beim Dekorieren). Deshalb empfehlen wir die Verwendung von Lichtquellen mit einem Farbwiedergabeindex (CRI) von 80 und mehr. value of the colour rendering index CRI 80 and more.

TORNADO PC 147



RECOMMENDED PRODUCTS  
TORNADO PC LED 147  
PRESTIGE LED 151  
PRESTIGE 152

TORNADO PC LED 143



RECOMMENDED PRODUCTS  
TORNADO PC 143  
PRESTIGE LED 151  
PRESTIGE 152

Störende Reflexionen von Materialien und Werkzeugen mit glänzenden Oberflächen oder auf Bildschirmen werden vermieden, indem blendfreie Leuchten mit einem UGR-Wert (Maß der psychologisch bedeutsamen Blendung) von mx. 19 verwendet werden.

## CHEMIEBRANCHE

Bei der Konzeption eines Beleuchtungssystems in der Chemiebranche muss der Beleuchtungsdesigner nicht nur das erforderliche Beleuchtungsniveau berücksichtigen sondern auch bedenken, dass die Leuchten staubdicht und explosionsicher sein müssen.

Die Europäische Beleuchtungsnorm EN 12464-1 sieht für die Produktionsstätten in der Chemiebranche eine Mindestbeleuchtungsstärke von 300 Lux für Bereiche vor, in denen sich Personal regelmäßig aufhält, 150 Lux für Tätigkeiten, für die gelegentliche manuelle Eingriffe erforderlich sind, und 50 Lux für Anlagen mit Fernbedienung. Das erforderliche Beleuchtungsniveau kann durch die Verwendung von Deckenleuchten oder hängenden Lichtstromeigenschaften erreicht werden. An Prüfarbeitsplätzen und an Arbeitsplätzen, wo Herstellungsprozesse ständig überwacht werden, ist es gleichzeitig erforderlich, für angemessene vertikale Beleuchtungswerte zu sorgen. Zusätzliche Leuchten mit einer asymmetrischen Beleuchtungskurve (Wandfluter) stellen eine geeignete Lösung dar. In Fertigungshallen mit einer Wandhöhe von 6 Metern und mehr lassen sich optimale Lichtbed-

ingungen schaffen, indem Leuchten mit einer breiten Lichtstärkenverteilungskurve und Metalldampflampen verwendet werden. An Arbeitsplätzen mit erhöhtem Staub- und Schmutzaufkommen (z. B. beim Mischen, Mahlen, Pulverisieren) sind Leuchten mit schützendem Gehäuse der Schutzart IP 65 zu verwenden. Laborräume in der Chemiebranche stellen besondere Anforderungen an die Beleuchtungslösung. Die Norm nennt für diese eine Mindestbeleuchtungsstärke von 500 Lux, für Prüfarbeitsplätze 1000 Lux und neutralweißes oder tageslichtweißes Licht mit einer korrelierten Farbtemperatur von 4000 K  $\leq$  TCP  $\leq$  6500 K. Damit bei der Verwendung von Chemikalien ein Farbvergleich gelingen kann, müssen die Lichtquellen über herausragende CRI-Werte (90 oder höher) verfügen. Störende Reflexionen von Materialien und Werkzeugen mit glänzenden Oberflächen oder auf Bildschirmen werden vermieden, indem blendfreie Leuchten mit mattem Gehäuse oder Mikroprismen und einem UGR-Wert (Maß der psychologisch bedeutsamen Blendung) von max. 19 verwendet werden. Angesichts der Tatsache, dass explosionsfähige und leicht entzündliche Stoffe in den Laboren verwendet werden, muss auf Leuchten der Schutzart IP 65 zurückgegriffen werden.



PRESTIGE LED 151

RECOMMENDED PRODUCTS  
PRESTIGE 152

RELAX XTP IP65 LED 149

RECOMMENDED PRODUCTS  
RELAX XTP IP65 149  
INDIRECT XTP IP54 150

TORNADO PC LED 147



RECOMMENDED PRODUCTS

TORNADO PC 147  
PRESTIGE LED 151  
PRESTIGE 152

Die Aufgabe der Allgemeinbeleuchtung in einer Tiefgarage besteht nicht nur darin, für Helligkeit zu sorgen, sondern an den Parkplätzen ein angenehmes Gefühl der Sicherheit zu vermitteln.

## TIEFGARAGEN

Tiefgaragen stellen hohe Anforderungen an die Lichtstärke und Art der Beleuchtung, beginnend bei den Leuchten an den Ein- und Ausfahrten über die Orientierungsbeleuchtung bis hin zur Allgemeinbeleuchtung in den von Besuchern genutzten Bereichen.

Die Hauptaufgabe besteht für den Lichtdesigner bei der Konzeption des Beleuchtungssystems darin, für die Ein- und Ausfahrten von Tiefgaragen geeignete Beleuchtungslösungen zu finden, handelt es sich hier doch um Bereiche, wo stark unterschiedliche Lichtsituationen aufeinandertreffen. Hier werden besonders hohe Anforderungen an das

menschliche Auge und dessen Adaptionsphase gestellt, handelt es sich doch um den Übergang von heller zu dunkler Umgebung und umgekehrt. Diese Anpassungsphase des Auges ist unbedingt auf ein Minimum zu reduzieren. Die optimale Lösung besteht darin, die Dichte der Leuchten in diesen Bereichen zu erhöhen (ähnlich wie in Tunneln), um einen sanfteren und sichereren Übergang zu schaffen. Die Aufgabe der Allgemeinbeleuchtung in einer Tiefgarage besteht nicht nur darin, für Helligkeit zu sorgen, sondern auch den Autofahrern und Autofahrerinnen an den Parkplätzen ein angenehmes Gefühl der Sicherheit zu vermitteln. Damit der Fahrer sich im Parkhaus ausreichend schnell orientieren und Situationen einordnen kann, kommt man nicht umhin, Leuchten mit einer Beleuchtungsstärke von mindestens 75 Lux zu wählen. Grundsätzlich empfiehlt es sich, Leuchten mit Vandalismusschutz und einer langen Lebensdauer rechts und links der Fahrspuren



zu wählen. Vom Sicherheitsstandpunkt aus ist es besonders in den Bereichen, wo sich nicht regelmäßig Personen aufhalten, dringend empfohlen, für ausreichend gute Beleuchtung zu sorgen. So lassen sich Gesichter gut erkennen und man kann auf erste Anzeichen von Aggression rechtzeitig reagieren. TORNADO PC LED 143 Bei der Konzeption von Beleuchtungslösungen muss auch die Lebensdauer der Lichtquellen berücksichtigt werden. Hinsichtlich Lebensdauer und Wartungsanspruch zeichnen sich LED-Leuchten durch besonders gute Werte aus. Da in diese Räume kein direktes Tageslicht tritt und Personen nicht regelmäßig anwesend sind, ist es im Hinblick auf Energiesparoptionen sinnvoll, den Einbau von Sensoren für konstante Beleuchtungsstärke

und Präsenzmeldern zu erwägen, die die Bewegung von Fahrzeugen in der Tiefgarage registrieren, die Beleuchtung angemessen regulieren und innerhalb der Garage die Richtungen weisen.

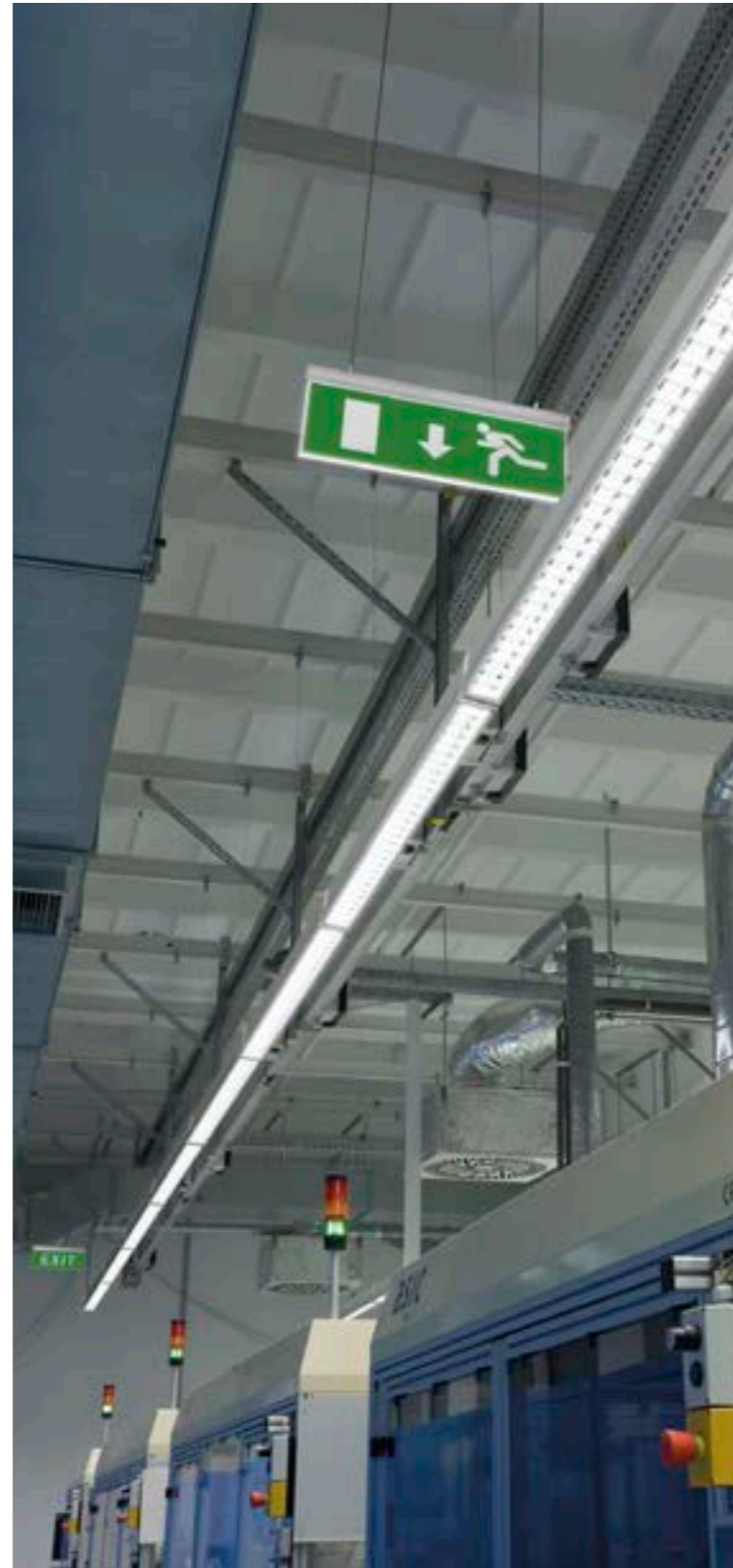


## NOT- UND SICHERHEITSBELEUCHTUNG

In Räumen, wo sich viele Menschen aufhalten, Räumen ohne Tageslicht und in den Zugangsbereichen zu Notausgängen trägt die Not- und Sicherheitsbeleuchtung dazu bei, Gefahrensituationen zu vermeiden und das Verletzungsrisiko zu mindern.

Unabhängig von der Art des Vorfalls - Stromausfall, Brand oder eine andere Krisensituation - trägt die Not- und Sicherheitsbeleuchtung dazu bei, dass einfache aber ausreichende Sichtverhältnisse geschaffen werden und eine Orientierung möglich ist, um den Raum zu verlassen, bzw. um den Zugang zu Feuerlöschgeräten zu vereinfachen. Eine korrekt geplante und regelmäßig gewartete Notbeleuchtung kann eine Panik oder Verletzungen verhindern und sogar Leben retten. Bei der

Auswahl der Art der Notbeleuchtung spielt die Frage der Langlebigkeit und der Fähigkeit, gute Sichtverhältnisse auch bei einem Stromausfall herzustellen, wohl die wichtigste Rolle. Batteriebetriebene LEDs sind hier sicher die optimale Lösung - die Hersteller garantieren eine Mindestlebensdauer von 50.000 Stunden. Dies reduziert die Instandhaltungskosten und verglichen mit anderen Lichtquellen lässt sich der Stromverbrauch um bis zu 70 % reduzieren. Die Effizienz der verwendeten LED-Leuchten lässt sich durch die Installation zusätzlicher Optiken und Reflektoren noch optimieren, damit die Anzahl der installierten LED-Leuchten reduziert werden kann und die gesetzlichen Vorgaben eingehalten werden. Die Anforderungen an die Not- und Sicherheitsbeleuchtung wird durch die neue Europäische Norm EN 1838 geregelt.



Eine korrekt geplante und regelmäßig gewartete Notbeleuchtung kann eine Panik oder Verletzungen verhindern und sogar Leben retten.

### Definition von Notbeleuchtung

Die einschlägigen Normen definieren Notbeleuchtung als diejenige Beleuchtung, die bei einer Störung an die Stelle der allgemeinen künstliche Beleuchtung tritt.

### Ziele der Notbeleuchtung

- Sichere Flucht aus der Gefahrenzone bei einem Netzausfall (für eine Evakuation erforderliche Sichtverhältnisse)
- Angemessene Helligkeit und Orientierungsmöglichkeit entlang der Fluchtwege und in Gefahrenzonen (leuchtende oder angestahlte Wegweiser entlang der Fluchtwege, Richtungsweiser zu den nächsten Notausgängen)
- Einfaches Auffinden von Feuerlösch- und Sicherheitsgeräten

### 1. Sicherheitsbeleuchtung für Fluchtwege

Aufgabe der Sicherheitsbeleuchtung für Fluchtwege als Teil der Sicherheitsbeleuchtung ist es, den betroffenen Menschen zu ermöglichen, Fluchtwege zuverlässig zu erkennen und sicher zu benutzen.

Für Fluchtwege bis zu 2 m Breite gilt:

Beleuchtungsstärke	von mindestens 1 Lux entlang der Mittelachse, 0,5 Lux auf mindestens der halben Breite
Homogenität	$E_{max} : E_{min} \leq 40 : 1 \text{ lux}$
Farbwiedergabe	$CRI \geq 40$
Nennbetriebsdauer für Fluchtwege	1 Stunde
Einschaltverzögerung	50% der erforderlichen Beleuchtungsstärke binnen 5 Sekunden, 100 % binnen 60 Sekunden (bei mehr als 2 Metern Breite kann der Fluchtweg als eine Bündelung von mehreren schmaleren Fluchtwegen angesehen werden, oder als offene Fläche - Antipanikbeleuchtung)

### 2. Antipanikbeleuchtung

Aufgabe der Antipanikbeleuchtung als Teil der Sicherheitsbeleuchtung ist es, eine Panik zu vermeiden oder durch ausreichende Sichtbedingungen den betroffenen Personen ein sicheres Erreichen der Rettungswege zu ermöglichen.

Beleuchtungsstärke	$E$ (horizontal auf Bodenhöhe) $\geq 0,5 \text{ Lux}$ (Randbereiche unter 0,5 m Breite werden nicht mit einbezogen)
Homogenität	$E_{max} : E_{min} \leq 40 : 1 \text{ lux}$
Farbwiedergabe	$CRI \geq 40$
Nennbetriebsdauer für Fluchtwege	1 hour
Einschaltverzögerung	50% der erforderlichen Beleuchtungsstärke binnen 5 Sekunden, 100 % binnen 60 Sekunden

### 3. Arbeitsplätze mit besonderer Gefährdung

Arbeitsplätze oder Arbeitsprozesse mit potenziell besonderer Gefährdung unterliegen besonderen Anforderungen. Um die Sicherheit des Bedienpersonals und aller an der Fertigungsstätte anwesenden Personen zu gewährleisten, müssen geeignete Absperr- und Trenneinrichtungen vorhanden sind, zum Beispiel für laufende Anlagen, in Laboren mit gefährlichen Substanzen und an Schaltwarten.

Beleuchtungsstärke	$E_{min} = 10\%$ der für die Tätigkeit erforderlichen Beleuchtungsstärke oder mindestens $> 15 \text{ lux}$
Homogenität	$E_{max} : E_{min} \leq 10 : 1 \text{ lux}$
Farbwiedergabe	$CRI \geq 40$
Nennbetriebsdauer für Fluchtwege	solange die Gefahr anhält
Einschaltverzögerung	0.5 seconds





SWL UNDER SPREADER  
SWL UNDER CARGO BEAM

**HARD HAT AREA**  
OBRIGATORIO USO DE CAPACETE



# ARBEITSPLÄTZE IM FREIEN

Bei der Planung des Beleuchtungssystems für industrielle Bereiche ist es wichtig, die Tatsache zu beachten, dass viele Tätigkeiten im Freien ausgeführt werden. Die Aufgabe der künstlichen Beleuchtung ist bei Dunkelheit besonders wichtig, wenn es notwendig ist, optimale Bedingungen für die Durchführung visueller Tätigkeiten zu gewährleisten und gleichzeitig das Verletzungsrisiko am Arbeitsplatz zu minimieren.

**Während bei Arbeitsplätzen in Räumen künstliches Licht am Tag nur zusätzliche Funktionen erfüllt, wird es bei Arbeitsplätzen im Freien nur in der Zeit zwischen Abend und frühem Morgen verwendet, in der nicht ausreichend natürliches Licht zur Verfügung steht.**

Diese Tatsache hat nicht nur eine beträchtliche Auswirkung auf die Sehschärfe der Mitarbeiter, sondern auch auf ihre Physiologie. Die menschliche Sehschärfe beträgt nach Einbruch der Dunkelheit nur noch 3 bis 30 % der Sehschärfe am Tag. Darüber hinaus wird die Aktivität der Zapfen im menschlichen Auge, welche die Erkennung von Farben und Formen ermöglichen, unterdrückt. Nach Einbruch der Dunkelheit beginnt das so genannte Dämmerungssehen. Es werden die Stäbchen der Netzhaut im menschlichen Auge aktiviert, die nur Graustufen erkennen. Mit Anbruch des Abends erhöht sich der Spiegel des Entspannungshormons Melatonin im menschlichen Körper, was zu einem Absinken der Leistungsfähigkeit des menschlichen Organismus auf weniger als 10 % führt. Durch die stärkere Müdigkeit lässt die Konzentrationsfähigkeit der Mitarbeiter nach, wodurch das Verletzungs-

risiko steigt. Eine angemessene Beleuchtungsintensität und eine geeignet ausgewählte Farbtemperatur können Lichtverhältnisse am Arbeitsplatz draußen schaffen, die die lichtempfindlichen Zapfen aktivieren, die Leistungsfähigkeit und die Konzentrationsfähigkeit der Mitarbeiter steigern und damit gleichzeitig auch die Sicherheit am Arbeitsplatz.

Bei der Planung eines Beleuchtungssystems müssen neben den biologischen Auswirkungen des Lichts auf den Menschen auch einige andere Probleme im Zusammenhang mit der Ergonomie von Arbeitsplätzen draußen beachtet werden. Da wir hier bei der Beleuchtungsplanung keine reflektierenden Oberflächen einbeziehen können, können nur Leuchten mit direkter Lichtstromverteilung für die Beleuchtung dieser Bereiche verwendet werden. Bei dieser Art der Beleuchtung ist das Risiko einer Entstehung unerwünschter scharfer Schatten und direkter Blendung durch die Lichtquelle besonders hoch. Diese unerwünschten Effekte können nur durch richtige Anordnung der Leuchten, durch Leuchten mit Blendschutz sowie durch Korrektur des Lichtstroms vermieden werden.

Da an Arbeitsplätzen im Freien häufig Bewegungen von

Mitarbeitern und Ausrüstung stattfinden, ist die Definition des Aufgabenbereichs ein weiteres häufiges Problem für die Beleuchtungslösung. Wenn der genaue Ort der visuellen Tätigkeit unmöglich festgelegt werden kann, muss das Beleuchtungssystem für den gesamten Arbeitsbereich im Freien dimensioniert werden. Dazu ist die höchste Beleuchtungsstärke erforderlich, die standardmäßig für die Durchführung der Tätigkeit notwendig ist. Wir müssen dabei berücksichtigen, dass Arbeitsbereiche im Freien häufig von einem dunklen

Bereich umgeben sind, wodurch das Risiko einer uneinheitlichen Leuchtdichtenverteilung gegeben sein kann. Wenn der Unterschied zwischen den Lichtstärken in den einzelnen Teilen des Bereichs zu groß ist, braucht das menschliche Auge einige Minuten, um sich anzupassen. Die Augen werden dadurch stärker beansprucht, es entsteht eine vorzeitige visuelle Ermüdung und die Mitarbeiter bekommen Konzentrationsprobleme. Dadurch steigt das Verletzungsrisiko am Arbeitsplatz. Um dem vorzubeugen, müssen einheitliche Lichtverhältnisse ohne spürbare Unter-

schiede in der Lichtintensität am Arbeitsplatz geschaffen werden. Ein gleichmäßig beleuchteter Arbeitsplatz trägt auch zum psychischen Wohlbefinden der Mitarbeiter bei und schafft eine positive Kommunikationsumgebung. Mit Hinblick auf die Sicherheit ist es außerdem erforderlich, das Auftreten eines Stroboskopeffekts zu vermeiden, wenn die künstliche Beleuchtung eingeschaltet ist. Der Stroboskopeffekt stellt eine große Gefahr dar, insbesondere bei der Arbeit mit rotierenden Werkzeugen, da bei derselben Frequenz und Drehzahl der

Eindruck entstehen kann, das Werkzeug sei ausgeschaltet. Dadurch kann sich der Benutzer ernsthaft verletzen. Sie können einen Stroboskopeffekt verhindern, indem Sie LED-Leuchten oder Vorschaltgeräte mit hoher Frequenz installieren, die Licht mit einer solchen Frequenz emittieren, die das menschliche Auge nicht erkennen kann und folglich als permanent kontinuierlich wahrnimmt. Die europäische Norm EN 12464-2 legt die Beleuchtungsanforderungen für Arbeitsplätze im Freien fest.



## PETROCHEMIE UND ENERGIEVERSORGUNG

Die Instandhaltungs- und Betriebsaufgaben vieler Industrieunternehmen erfordern die Schaffung von Arbeitsbereichen im Freien. Der Umgang mit Maschinen und Werkzeugen erfordert eine genau durchdachte Beleuchtungslösung, mit der nicht nur ausreichende Sehschärfe, sondern auch Sicherheit gewährleistet wird. In vielen Industrieunternehmen ist die Schaffung von Arbeitsbereichen im Freien notwendig. Beispiele sind Chemie- und Petrochemiebranche, Energiewirtschaft und Bergbau sowie Mineralaufbereitung. Bei der Beleuchtungslösung für diese Bereiche ist es entscheidend, eine ausreichende Beleuchtungsstärke im Arbeitsbereich sowie dessen Umgebung zu erzielen, wobei die Verteilung der Leuchtdichte im gesamten Produktionsbereich so gleichmäßig wie möglich sein und unerwünschte Blendung vermieden werden sollte. Die europäische Norm EN 12464-1 fordert eine Mindestbeleuchtungsstärke von 20 bis 100 lx mit einer Homogenität von  $U_0=0,25$  bis  $U_0=0,4$  für allgemeine Tätigkeiten in Arbeitsbereichen im Freien in der Petrochemie und Energieversorgung. Für alle Reparaturaufgaben an Maschinen und

Elektrik wird eine Beleuchtungsstärke von mindestens 200 lx und eine Homogenität von  $U_0=0,5$  gefordert. Außerdem muss der Arbeitsbereich der visuellen Aufgabe zusätzlich lokal beleuchtet werden. Der Entwurf eines Beleuchtungssystems wird für den Beleuchtungsdesigner eventuell dadurch erschwert, dass der Arbeitsbereich nur schwer definiert werden kann. Dann müssen die in der Norm festgelegten Beleuchtungsstärken im gesamten Produktionsbereich erzielt werden. Bei der Beleuchtung von Arbeitsplätzen im Freien in der Petrochemie und Energieversorgung wird besonderer Wert auf die gleichmäßige Verteilung der Leuchtdichte im gesamten Produktionsbereich gelegt. Wenn der Unterschied zwischen den Leuchtdichten in den einzelnen Teilen des Bereichs zu groß ist, braucht das menschliche Auge einige Minuten, um sich anzupassen. Deshalb werden die Augen zunehmend belastet, sie ermüden vorzeitig und die Konzentration lässt nach. Dadurch steigt das Verletzungsrisiko am Arbeitsplatz. Dunkle und unzureichend beleuchtete Zonen können außerdem dazu führen, dass sich Mitarbeiter niederschlagen fühlen. Gleichmäßig beleuchtete Bereiche, in denen die Mitarbeiter einander sehen können, fördern hingegen die Kommunikation und führen zu besserem psy-

chischen Wohlbefinden. Die Kommunikationsatmosphäre kann auch durch angemessene zylindrische Beleuchtung des Arbeitsbereichs verbessert werden. Mit ihr können Mitarbeiter die Gesichter ihrer Kollegen ohne störende dunkle Schatten erkennen. Es ist Aufgabe des Beleuchtungssystemdesigners, die Beleuchtung so zu konzipieren, dass einheitliche Lichtverhältnisse ohne spürbare Unterschiede in der Lichtintensität im gesamten Panoramasichtfeld der Mitarbeiter geschaffen werden. Das notwendige Beleuchtungsniveau mit der damit verbundenen einheitlichen Leuchtdichteverteilung kann durch die Verwendung asymmetrischer Reflektorleuchten für Hochdrucklampen erzielt werden. Gleichzeitig minimieren ihre hochwertige Optik und Flachglasgehäuse das Blendungsrisiko für die Mitarbeiter. Mit dieser Leuchtenart wird die gesamte Arbeitsumgebung ausreichend beleuchtet. Für die Beleuchtung großer Oberflächen können wir Weitwinkelflutlichtsysteme verwenden. Da Arbeitsplätze im Freien in der Petrochemie und Energieversorgung normalerweise eine hohe Konzentration von Schmutz, Staub und Feuchtigkeit aufweisen, müssen Leuchten aus einem ausreichend widerstandsfähigen Material und mit angemessener IP-Schutzart ausgewählt werden. In Arbeitsbereichen, in denen

Bei der Beleuchtungslösung für diese Bereiche ist es entscheidend, eine ausreichende Beleuchtungsstärke im Arbeitsbereich sowie dessen Umgebung zu erzielen, wobei die Verteilung der Leuchtdichte so gleichmäßig wie möglich sein sollte.



explosive Stoffe gehandhabt oder explosive Dämpfe in die Umgebung ausgestoßen werden (Raffinerien, Erdgasbohrungen), müssen explosionsresistente Leuchten verwendet werden.

Bei der Beleuchtungslösung muss den Schaltanlagen im Freien aus Sicherheitsgründen besondere Beachtung geschenkt werden. Im Nachtbetrieb müssen die Lichtverhältnisse so sein, dass die Kabel jederzeit zuverlässig visuell überprüft werden können. In diesem Zusammenhang ist die Anforderung an eine ausreichende Beleuchtung wichtig – die Norm EN 12464-2 fordert hier einen Mindestwert von 50 lx. Die Leuchten des Beleuchtungssystems müssen in ausreichendem Abstand zu Hochspannungsleitungen installiert werden, damit die Mitarbeiter bei Wartungsarbeiten und beim Austauschen der Leuchtkörper nicht der Gefahr elektrischer Schläge ausgesetzt werden. Es wird empfohlen, die Leuchten in einer Höhe anzubringen, in der für Wartungsaufgaben keine Leiter notwendig ist.

UX-STADIO MARS 2000 158



RECOMMENDED PRODUCTS  
UX-STADIO 158  
VENUS 2000

UX-STAR 250/400 157



UX-STADIO MARS 1000 157



RECOMMENDED PRODUCTS  
UX-STADIO 158  
VENUS 1000

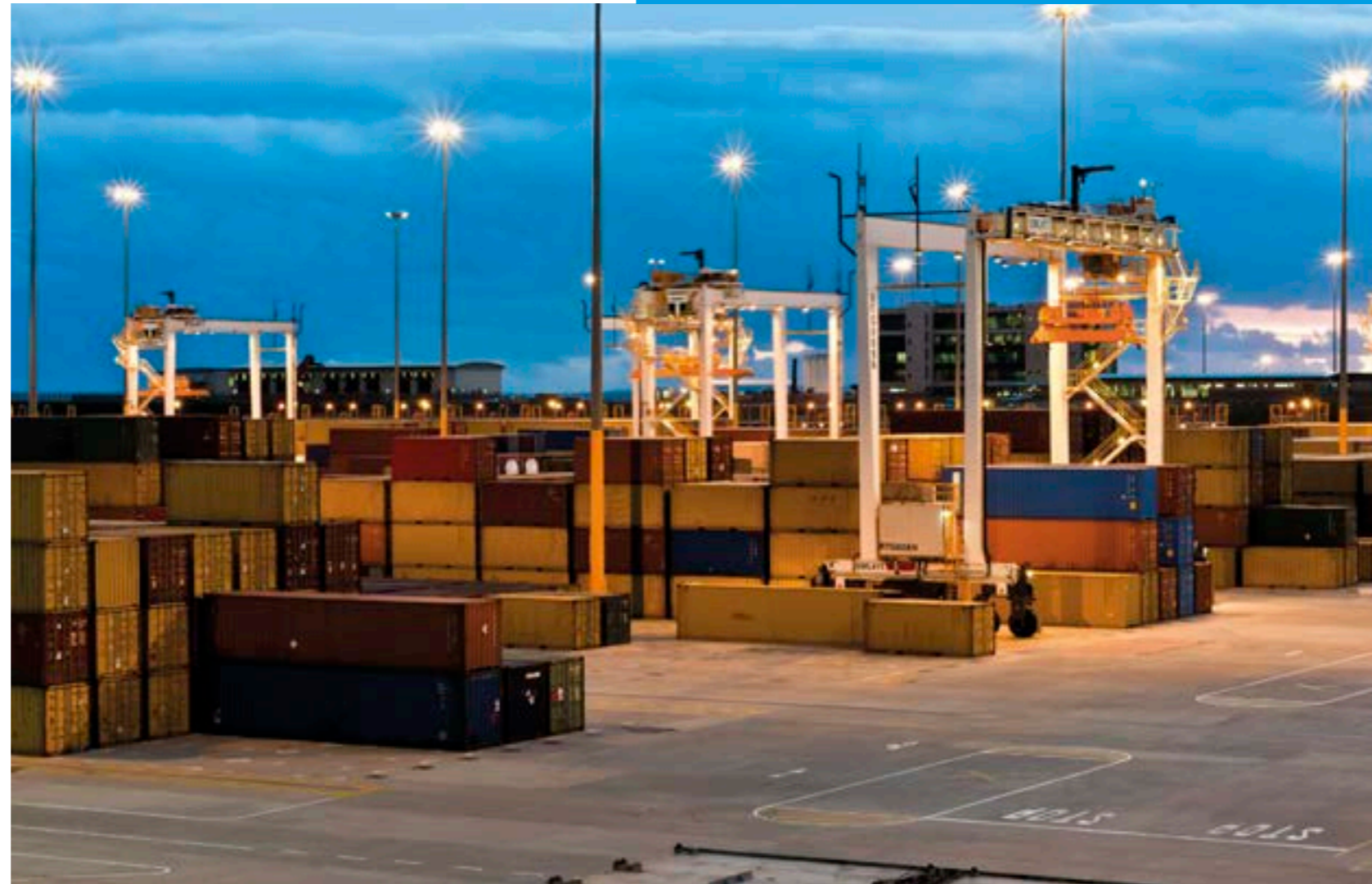
Die Risikozonen und Gefahrenbereiche des Lagers sollten durch Reflexfarbe hervorgehoben werden.

## LAGERUNG UND LOGISTIK

Für Beleuchtungslösungen in Lagerbereichen ist ein flexibler Ansatz notwendig. In Freilagern ohne Nachtbetrieb steht vor allem der Eigentumschutz im Vordergrund, während in Freilagern mit ständigem Betrieb die Sicherheit der Mitarbeiter bei der Arbeit an erster Stelle steht.

Die in der Norm EN 12464-2 festgelegten erforderlichen Beleuchtungsniveaus sind abhängig von der Art des Bereichs und den darin ausgeführten Tätigkeiten. In Lagerbereichen ohne Nachtbetrieb, wo Eigentumschutz im Vordergrund steht, sowie in Lagerhäusern mit durchgängigem Betrieb, bei dem aber nur kurzfristig große Teile und Rohmaterialien gehandhabt werden oder Laden und Entladen von Sperrgut erfolgt, legt die Norm eine Mindestbeleuchtungsstärke von 20 lx fest. Mit zunehmender Komplexität der Sehaufgaben für die Mitarbeiter und steigendem Verletzungsrisiko am Arbeitsplatz legt die Norm eine Mindestbeleuchtungsstärke von 50 lx (durchgängige Handhabung von Rohmaterialien, Kranbetrieb, Laden und Entladen von Gütern) bzw. 100 lx (Lesen von Adressen, Arbeit mit Werkzeugen) fest. Tätigkeiten zur Installation von Elektrik, Maschinen oder Rohrleitungen sowie Inspektions-tätigkeiten erfordern eine Mindestbeleuchtungsstärke von 200 lx mit einer Homogenität von  $U_0=0,5$ . Zudem

muss der Arbeitsbereich lokal beleuchtet werden. In Freilagern, in denen bei Dunkelheit keine Handhabung von Waren erfolgt, muss zur Sicherheit ein Mindestbeleuchtungsniveau gewährleistet sein, insbesondere zum Schutz des Eigentums. Es ist daher wichtig, das Aufkommen blendender Schatten zu vermeiden. Die Risikozonen und Gefahrenbereiche des Lagers sollten durch Reflexfarbe gekennzeichnet sein. Für die allgemeine Beleuchtung des Außenbereichs sind Mastleuchten mit breiter Lichtstärkenkurve geeignet. Eine ausreichende Beleuchtung der Umgebung hilft den Mitarbeitern des Sicherheitspersonals, Bewegungen unbefugter Personen im Lagerbereich zu erkennen. Die Kontrollpunkte des Sicherheitspersonals sollten von außen unbeleuchtet sein. Unbefugte, die das Lager betreten, können so den Standort des Sicherheitspersonals nicht erkennen, sind aber selbst im Licht der Reflektoren einfach zu sehen. Wenn das Lager von einem Zaun umgeben ist, sind rund um den Zaun niedrigere Mastleuchten mit breiter Lichtstärkenkurve geeignet. Diese Beleuchtungslösung sorgt für eine ausreichende Ausleuchtung der Umgebung und Beleuchtung des Zugangsbereichs. Wenn ein gesteigertes Beschädigungs- oder Diebstahlrisiko besteht, kann jeder Mast mit zwei Leuchten ausgestattet und an einen speziellen Stromkreis angeschlossen werden. Diese Art von Beleuchtungslösung sollte jedoch nicht die zuläs-



sige Beleuchtungsstärke überschreiten, damit auf den angrenzenden Grundstücken kein störendes Licht einfällt. Freilager mit Nachtbetrieb befinden sich in der Regel nahe Lade- und Transporteinrichtungen. Neben der allgemeinen Beleuchtung sollten diese Arbeitsbereiche im Rahmen der gesamten Arbeitsumgebung angemessen beleuchtet sein. Dies wird durch zusätzliche Beleuchtung des Arbeitsbereichs erreicht. Wenn bewegliche Vorrichtungen für den Transport von Waren verwendet werden, ist eine dynamische Beleuchtungslösung geeignet. Wenn Portal- und Brückenkräne verwendet werden, können Leuchten mit breiter Lichtstärkenkurve direkt am Fahrwerk der Vorrichtung angebracht werden, damit der Lichtstrom senkrecht zur Bewegung des Krans verläuft. Unerwünschte Blendung der Mitarbeiter wird vermieden und geringere Verletzungsgefahr erreicht, wenn die Beleuchtung so angebracht wird, dass der Lichtstrom der installierten Leuchten sich in Blickrichtung der Mitarbeiter bewegt.

UX-STADIO  
VENUS 1000 158



RECOMMENDED PRODUCTS  
UX-STADIO 158  
VENUS 2000  
UX-STADIO 157  
MARS 1000  
UX-STADIO 158  
MARS 2000

UX-STADIO  
MARS 1000 157



RECOMMENDED PRODUCTS  
UX-STADIO 158  
VENUS 1000  
UX-STADIO 158  
VENUS 2000  
UX-STADIO 158  
MARS 2000  
UX-STAR 250/400 157

## BAUSTELLEN

**Baustellen sind zeitlich begrenzte Arbeitsplätze im Freien, an denen häufig Änderungen auftreten. Deshalb steht hier für ein passendes Beleuchtungssystem die Flexibilität der Beleuchtungslösung im Vordergrund.**

Die europäische Norm EN 12464-2 legt für Baustellen abhängig von den dort durchgeführten Tätigkeiten eine Beleuchtungsstärke von 20 lx (Räumung von Gebäuden, Ausschachtungsarbeiten) bis 200 lx (Verbinden von Elementen, anspruchsvolle Montagearbeiten an Elektrik, Maschinen und Rohrleitungen) fest. Da sich Baustellen während ihres Betriebs verändern, muss das Beleuchtungssystem flexibel sein. Mobile, von einer autonomen Stromquelle betriebene Beleuchtung mit Leuchten mit einstellbaren Reflektoren stellt die optimale Lösung dar. Die erforderlichen Beleuchtungsniveaus werden durch Bestückung der Fluter mit Metaldampflampen oder Hochdrucknatriumlampen erreicht. Damit die Kommunikation auf der Baustelle gewährleistet ist, ist es sinnvoll, die Leuchten für die Hauptbeleuchtung außerhalb der Kommunikationszonen um das Gebäude herum zu positionieren. Bei dieser Beleuchtungslösung müssen jedoch auch der Arbeitsbereich für Ausschachtungsar-

beiten sowie teilüberdachte Bereiche beleuchtet werden. Leuchten mit röhrenförmigen Leuchtstofflampen stellen eine geeignete Lösung dar. In den Gefahrenzonen müssen auch Warnleuchten angebracht werden. Da es sich bei Baustellen um Bereiche mit hoher Staubkonzentration und Feuchtigkeit handelt, müssen für das Beleuchtungssystem mindestens Leuchten der Schutzart IP 54 verwendet werden. Leuchten aus zerbrechlichem Material werden empfohlen. Zur Verbesserung des Sicherheitsniveaus wird die Verwendung von Schutzgittern empfohlen. Falls eine Leuchte beschädigt wird, werden so Verletzungen bei Mitarbeitern vermieden, da keine Teile der Leuchte herunterfallen können. Besondere Beleuchtungslösungen sind für Baustellenkräne erforderlich. Beim Design der Beleuchtung ist entscheidend zu gewährleisten, dass der Kranführer eine gute Übersicht über den gesamten Arbeitsbereich hat und gleichzeitig auch die transportierte Ladung sieht. Aus Sicht des Kranführers ist es besonders wichtig eine ausreichende horizontale sowie vertikale Beleuchtung des gesamten Arbeitsbereichs zu gewährleisten. Diese Lichtbedingungen sorgen dafür, dass er gut einschätzen kann, wie die Materialien transportiert werden können. Gleichzeitig steigern sie die Orientierungsfähigkeit des Mitarbeiters. Zum Erreichen optimaler Beleuchtungsbedingungen können Leuchten mit



breiter Lichtverteilungskurve direkt am Mast und am Ausleger des Krans angebracht werden. Beim Anbringen der Leuchten muss auch die

Position der Kranführerkabine beachtet werden. Sie müssen so installiert werden, dass sie den Kranführer nicht blenden können.

**Die Verwendung von Schutzgittern wird empfohlen. Falls eine Leuchte beschädigt wird, werden so Verletzungen bei Mitarbeitern vermieden, da keine Teile der Leuchte herunterfallen können.**



UX-STADIO  
MARS 1000 157



RECOMMENDED PRODUCTS  
UX-STADIO 158  
VENUS 1000



UX-STADIO  
MARS 2000 158



RECOMMENDED PRODUCTS  
UX-STADIO 158  
VENUS 2000



*Die richtige Beleuchtung verbessert die Orientierung von Mitarbeitern und verringert gleichzeitig das Risiko von Zusammenstößen zwischen Fahrzeugen und Maschinen auf der Baustelle. Aus Sicht der Navigation ist es sinnvoll, die Identifikations- und Orientierungsbeleuchtung in den Kommunikationszonen anzubringen. Durch dynamische Lichtsignale kann die Aufmerksamkeit von Fahrern auf Gefahrenzonen gelenkt werden und sie können so zum langsameren Fahren aufgefordert werden.*

An den Kontrollpunkten ist es neben einer ausreichenden Beleuchtungsstärke auch wichtig, unerwünschtes Blenden zu vermeiden.

## KANÄLE, SCHLEUSEN, HÄFEN, WERFTEN UND DOCKS

Der Gütertransport auf dem Wasser und anschließend das Umladen der Ware in den Häfen erfordern eine einheitliche Lösung für das Beleuchtungssystem. Die korrekte Beleuchtung dieser Bereiche verkürzt die Zeit für das Ankeren der Schiffe auf ein Minimum, beschleunigt den Transfer von Gütern und mindert gleichzeitig das Risiko von Kollisionen im Hafen.

Für Kanäle, Schleusen, Häfen, Werften und Docks bestimmt die europäische Norm EN 12464-2 die minimale Beleuchtungsstärke in Abhängigkeit des Anspruchs der ausgeführten Tätigkeit und des Risikocharakters der entsprechenden Stelle im Bereich von 10 lx (Kais, Gangways) bis zu 50 lx (Verbindungsschläuche, Rohre und Seile; Lesen von Hinweisen). Die Homogenität der Beleuchtung erfordert  $U_0$  von 0,25 bis 0,4. Bei der Gestaltung der Beleuchtung ist es notwendig zu beachten, dass die gewählte Lichtlösung keinerlei Blendungsrisiko für die sich am Entladeplatz oder in der Nähe bewegenden Schiffe darstellen darf. Die Beleuchtungslösung selbst und die Art der verwendeten Leuchten sind abhängig von der Größe der Oberfläche, die ausgeleuchtet werden muss. Für die Beleuchtung kleinerer Flächen des Frachthafens besteht die Möglichkeit, Standardleuchten zu

verwenden, die auch für die öffentliche Beleuchtung geeignet sind. Es sind aber auch Reflektoren mit breiter Lichtstärkenverteilungskurve oder Flutlichter mit einer Montagehöhe von 12 Metern möglich. Große Terminals mit Containern können mit Reflektoren oder Flutlichtern an den Masten in einer Höhe zwischen 25 und 35 Metern beleuchtet werden. Zur Beleuchtung großer Gebiete und Vermeidung einer unerwünschten Blendung ist es notwendig, Leuchten mit weitem vertikalen Abstrahlwinkel und horizontalem diffusen Lichtsystem zu verwenden. Die Bereiche zum Be- und Entladen der Güter müssen mit zusätzlicher Beleuchtung der Aufgabebereiche ausgestattet werden. An den Kontrollpunkten ist es neben einer ausreichenden Beleuchtungsstärke auch wichtig, unerwünschtes Blenden durch geeignete Ausrichtung des Lichtstroms der verwendeten Leuchten zu vermeiden. Bei der Auswahl der Lichtquellen treten die Themen Wirksamkeit und Lebensdauer in den Vordergrund. Eine längere Lebensdauer von Lichtquellen sorgt für längere Wartungsintervalle, was die Betriebskosten für das gesamte Beleuchtungssystem reduziert. Aus dieser Sicht stellen LED-Leuchten die effizienteste Lösung dar. Sie sind außerdem äußerst widerstandsfähig gegenüber Temperaturschwankungen und haben im Vergleich zu konventionellen Lichtquellen bei niedrigen Temperaturen



Der Umladeplatz für das Laden und Entladen von Gütern mithilfe von Kränen erfordert eine besondere Lösung. Eine Beleuchtungsoption für die Umschlagsplätze ist das Aufstellen eines Masts an jedem Ende der Kranschiene, sodass das Licht der an ihnen montierten Fluter zwischen die Waggonreihen reicht. Bei der Auswahl der Lichtquelle für den Kran muss beachtet werden, dass bei Bewegung des Krans Vibrationen auftreten. Die Leuchten müssen deshalb an Stellen platziert werden, an denen sie diesen Vibrationen möglichst wenig ausgesetzt sind. Wenn der Hafen über einen Schienenkran oder andere mobile Hafenanlagen verfügt, kann dynamische Beleuchtung in das Beleuchtungssystem integriert werden.

keinen Lichtstromverlust. Als Hauptlichtquelle verwenden wir häufig Hochdrucknatriumlampen. Für Bereiche und Aktivitäten, bei denen die Farberkennung besonders wichtig ist, beispielsweise die Beleuchtung der Docks, verwenden wir wenn möglich Leuchten mit Metaldampflampen, die CRI-Werte zwischen 80 und 95 erreichen. Trotz ihrer industriellen Ausrichtung gehören Frachthäfen häufig zu den markantesten Merkmalen von Städten. Daher muss bei der Gestaltung des Beleuchtungssystems neben der Funktionalität auch das ästhetische Potenzial beachtet werden. Durch zweckmäßiges Programmieren des Beleuchtungssystems ist es in den Abendstunden möglich, die Attraktivität dieses Industriegeländes zu steigern.

UX-STADIO  
MARS 1000 157



RECOMMENDED PRODUCTS  
UX-STADIO 158  
VENUS 1000  
UX-STAR 250/400 157

UX-STADIO  
MARS 2000 158



RECOMMENDED PRODUCTS  
UX-STADIO 158  
VENUS 2000

Besondere Anforderungen an die Beleuchtung von Außenbereichen bestehen auf Parkplätzen, wo Fußgänger und Autofahrer aufeinander treffen.

FORSTREET  
SEGIN

155

## AUSSENBELEUCH- TUNG UND PARK- PLÄTZE

Neben ihrer ästhetischen Aufgabe hat die Außenbeleuchtung in einer gewerblichen Umgebung vor allem eine Sicherheitsfunktion. Sie erleichtert die Orientierung in der Umgebung, verweist auf Einfahrten und Eingänge zum Gebäude und sorgt für ein Gefühl von Sicherheit und Komfort. Besondere Anforderungen an die Beleuchtung von Außenbereichen bestehen auf Parkplätzen, wo Fußgänger und Autofahrer aufeinander treffen.

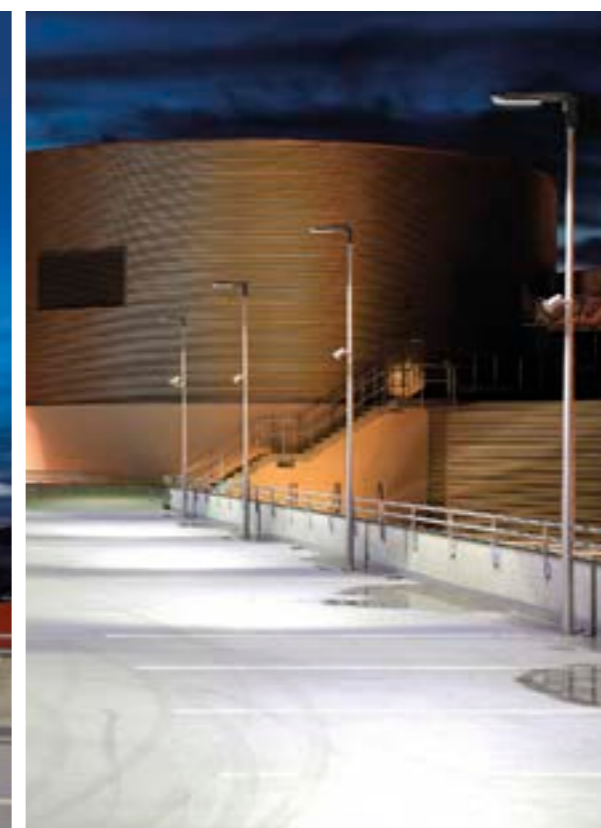
Richtig beleuchtete horizontale und vertikale Bereiche senken das Risiko von Zusammenstößen und bieten ausreichend Hinweise für die Orientierung im Raum.

Zufahrtsstraßen und Außenparkplätze werden durch Mastleuchten kenntlich gemacht. Fest im Boden verankerte Lichtquellen trennen die Parkbereiche von den Fahrbahnen und Fußwegen. Für alle Leuchten für die Verwendung im Freien gibt es strenge Kriterien hinsichtlich ihrer erforderlichen Widerstandsfähigkeit gegenüber Feuchtigkeit, Temperaturschwankungen und Verunreinigung. Aus ökologischer Sicht stellen neue Arten von Leuchten, die kein Licht in den oberen Halbraum emittieren und folglich keinen Lichtmog erzeugen, eine geeignete Lösung dar. Diese Anforderungen werden insbesondere von LED-Lichtquellen erfüllt. Hohe Leistungsfähigkeit und Wirksamkeit sind typisch für sie. Aufgrund ihrer niedrigen Ausfallrate und



hohen Lebensdauer stellen sie bezüglich der Wartungskosten keine höhere Belastung dar. Im Unterschied zu herkömmlichen Lichtquellen, wie beispielsweise Leuchtstoff- oder Entladungslampen, erreichen LEDs sofort ihre volle Leuchtdichte. Außerdem wird nach einem kurzen Stromausfall die volle Leuchtdichte ohne Verzögerung wiederhergestellt. Zur Beleuchtung der Außenbereiche und Parkplätze vor gewerblich genutzten Gebäuden ist es möglich, sofort die volle Leuchtdichte zu erreichen. Diese Tatsache verbessert die Sicherheit der Mitarbeiter erheblich, wenn sie sich auf dem Betriebsgelände bewegen. In Außenbereichen spricht die Tatsache für LED-Quellen, dass anders als bei herkömmlichen Quellen keine Senkung der Effizienz bei niedrigen Tem-

peraturen auftritt, sondern vielmehr ihre Wirksamkeit unter solchen Bedingungen sogar erhöht wird. Im Hinblick auf die Sicherheit stellt diese Lichtquelle eine höchst widerstandsfähige Lösung dar, die nur schwer beschädigt werden kann. Darüber hinaus stellen die Leuchten im Falle einer Beschädigung keine Gefahr für die Gesundheit der Mitarbeiter dar. Im Vergleich zu herkömmlichen Quellen enthalten sie nur geringfügige Mengen an Schwermetallen. Zudem sind Schwermetalle nur in festem Zustand in der LED-Quelle enthalten, wodurch sich das Risiko einer Luftverunreinigung reduziert.





# BESONDERE ANFORDERUNGEN FÜR LEUCHTEN IN DER EWERBLICHEN NUTZUNG

Leuchten in Gewerbe- und Produktionsbereichen sind den Einflüssen ihrer jeweiligen Umgebung ausgesetzt. Damit die Sicherheit an diesen Arbeitsplätzen gewährleistet ist, müssen die Leuchten resistent gegen die erhöhten Belastungen sein, denen sie in diesen Bereichen durch Staub, Feuchtigkeit, Wasser sowie brennbare oder explosionsfähige Stoffe ausgesetzt sind.

Der IP-Wert (Internationale Schutzart), definiert durch die internationale Norm IEC und die europäische Norm EN 60529, sowie der Ex-Wert der Leitlinie ATEX (Atmospheres Explosibles) definieren das notwendige Schutzniveau an Arbeitsplätzen mit brennbaren oder explosionsfähigen Stoffen. Dort findet man Informationen darüber, ob Leuchten die Verwendungskriterien für die jeweiligen Produktionsbereiche erfüllen.

## Internationale Schutzart IP

Der Code IP definiert das Schutzniveau der Innen- oder Außenleuchte gegenüber dem Eindringen eines Fremdkörpers oder einer Flüssigkeit. Der Code besteht aus zwei Ziffern IP XY – die erste Ziffer steht für das Schutzniveau gegenüber einem gefährlichen Kontakt und dem Eindringen von Fremdkörpern (X), die zweite Ziffer steht für das Schutzniveau gegenüber dem Eindringen von Wasser (Y). Für

die Außenverwendung werden Leuchten mit mindestens IP 44 empfohlen, bei direktem Kontakt mit Wasser IP 65. Staub- und wasserdichte Leuchten, die auch unter Wasser verwendet werden können, haben das höchstmögliche Schutzniveau. Dies entspricht dem Code IP 68.

## Explosionssichere Leuchten

Die Verwendung brennbarer und explosionsfähiger Stoffe in industriellen Produktionsbereichen erfordert feuer- und explosionsfeste Leuchten. Besonders Bereiche mit einem hohen Staubanteil (bis zu 80 % des in der Produktion anfallenden Staubs gilt als brennbar) und Bereiche, in denen mit Sauerstoff gearbeitet wird, stellen ein Risiko dar. Basierend auf der einheitlichen Klassifizierung sind die einzelnen Bereiche je nach Explosionsrisiko in Zonen eingeteilt. Jeder Zone ist ein Wert des Schutzniveaus zugewiesen, das die Leuchten für diesen Bereich aufweisen müssen.

## GRUNDLAGEN ZU GEFAHRENBEREICHEN

Explosionsgefährdete Bereiche werden je nach den Eigenschaften der Stoffe in drei „Klassen“ oder Arten eingeteilt. Die Klassen oder Arten der Stoffe werden je nach Brandgefahrlichkeit oder Explosionsrisiko weiter in „Divisionen“ eingeteilt. Das Zonensystem kennt drei Gefahrenbereiche, das Divisionensystem zwei.

**Klasse I** Standorte finden sich dort, wo brennbare „Gase oder Dämpfe“ in Mengen vorhanden sind oder sein können, bei denen explosive oder entzündliche Mischungen entstehen. Die Begriffe „Gase oder Dämpfe“ unterscheiden zwischen Stoffen, die unter normalen atmosphärischen Bedingungen gasförmig sind, wie beispielsweise Wasserstoff oder Methan, und

Dämpfen, die unter normalen atmosphärischen Bedingungen von einer Flüssigkeit abdunsten, wie beispielsweise Benzin. Die Unterteilung des Klasse I in „Divisionen“ oder „Zonen“ basiert auf der Wahrscheinlichkeit, mit der eine explosionsgefährliche Gasatmosphäre am Standort auftritt. Wenn das Risiko äußerst gering ist, gilt der Standort als ungefährlich. Ein gutes Beispiel eines Bereichs mit geringem Risiko ist ein Einfamilienhaus mit Erdgas- oder Propanheizung. Das Gas könnte, und tut es in extrem seltenen Fällen, in das Haus eindringen, auf eine Zündquelle treffen und eine Explosion verursachen. Wenn dies geschieht, ist das Ergebnis verheerend. Da das Risiko aber so gering ist und Sicherheitssysteme in Gasversorgung und Heizungsanlage eingebaut sind, gelten diese Bereiche als „ungefährlich eingestufte Bereiche“.

Schutzarten	
1. Codeziffer (Schutz gegen Fremdkörper und Kontakt)	2. Codeziffer (Schutz gegen Wasser)
0 Nicht geschützt Nicht geschützt	Nicht geschützt Nicht geschützt
1 Geschützt gegen feste Fremdkörper > 50 mm	Geschützt gegen Tropfwasser
2 Geschützt gegen feste Fremdkörper > 12 mm	Geschützt gegen Tropfwasser, wenn 15° benannt
3 Geschützt gegen feste Fremdkörper > 2,5 mm	Geschützt gegen Sprühwasser
4 Geschützt gegen feste Fremdkörper > 1 mm	Geschützt gegen Spitzwasser
5 Geschützt gegen Staub	Geschützt gegen Wasserstrahlen
6 Staubsicht	Geschützt gegen kräftige Wasserstrahlen
7 –	Geschützt gegen zeitweises Eintauchen
8 –	Geschützt gegen längeres Eintauchen

Gefahrstoffe	Klassen-/Divisionensystem	Zonensystem
Gase oder Dämpfe	Klasse I, Division 1 Klasse I, Division 2	Zone 0 Zone 1 Zone 2
Brennbarer Staub	Klasse II, Division 1 Klasse II, Division 2	Zone 20 Zone 21 Zone 22
Fasern oder Partikel	Klasse III, Division 1 Klasse III, Division 2	Kein Äquivalent

Häufigkeit des Auftretens	Divisionensystem	Zonensystem
Ständig	Klasse I, Division 1	Zone 0
Zeitweise Regelmäßig	Klasse I, Division 1	Zone 1
Außergewöhnliche Bedingungen	Klasse I, Division 2	Zone 2

The following chart illustrates the differences between the various Zones.

Freisetzungsstufe	Zone	Brennbare Mischung vorhanden
Ständig	0	1.000 Stunden jährlich oder mehr (10 %)
Primär	1	10 bis 1.000 Stunden jährlich oder mehr (0,1 bis 10 %)
Sekundär	2	Weniger als 10 Stunden jährlich (0,01 bis 0,1 %)
Nicht klassifiziert	–	Weniger als 1 Stunde jährlich (Weniger als 0,01 %)

**Klasse I** Standorte sind je nach Explosionseigenschaften der vorhandenen Materialien weiter in Gruppen eingeteilt. In Nordamerika gibt es traditionell vier Gruppen, IEC und CENELEC verwenden drei. Die Tabelle unten vergleicht die beiden Systeme.

Typisches Gas	Klasse/Division	Gasgruppen	Zone	Gasgruppen
Acetylen		A		II C
Wasserstoff		B		II B
Ethylen		C		II A
Propan		D		II A

**Klasse II** Standorte sind Standorte, die durch brennbaren oder elektrisch leitfähigen Staub gefährdet sind. Der Staub muss in ausreichender Menge für das Bestehen einer Feuer- oder Explosionsgefahr vorhanden sein. Nur weil etwas brennbarer Staub vorhanden ist, heißt das nicht, dass ein Standort der Klasse II vorliegt.

Gruppen	Materialbeispiele	Beispielen
E	Elektrisch leitfähiger Staub	Metallpulver wie Aluminium oder Magnesium
F	Kohlenstoffhaltiger Staub	Ruß, Kohlenstaub oder Koksstaub
G	Agrarstaub	Getreide, Mehl, Zucker, Gewürze und bestimmte Polymere

**Zone 20** - ein Bereich, in dem brennbarer Staub als Wolke ständig oder häufig im normalen Betrieb in einer solchen Menge vorhanden ist, dass eine explosive Mischung besteht.

**Zone 21** - ein Bereich, in dem brennbarer Staub als Wolke im normalen Betrieb wahrscheinlich in einer solchen Menge auftreten kann, dass eine explosive Mischung besteht.

**Zone 22** - ein Bereich, in dem brennbare Staubwolken unregelmäßig auftreten und für kurze Zeit vorhanden sein können oder in dem Ansammlungen oder Schichten unter außergewöhnlichen Bedingungen vorhanden sein können.

**Klasse III** Standorte sind Standorte, die durch leicht brennbare Fasern oder Partikel gefährdet sind. Das Material ist jedoch nicht in ausreichender Menge in der Luft vorhanden, um entzündbare Mischungen herzustellen. Leicht entzündbare Fasern und Partikel stellen ein ernstes Brandrisiko dar, jedoch normalerweise kein Explosionsrisiko. Die große Gefahr bei Materialien der Klasse III besteht darin, dass bei Entstehen einer Schicht in einer Anlage jede Entzündung zu einer Verpuffung führt, die beinahe Explosionsgeschwindigkeit hat.

## TEMPERATURKLASSE ES

Zündtemperatur oder Selbstzündungstemperatur sind die Mindesttemperaturen einer Oberfläche, bei der sich eine explosive Atmosphäre entzündet. Brennbare Dämpfe oder Gase können entsprechend ihrer Zündtemperatur in Temperaturklassen eingeteilt werden. Die Maximaltemperatur eines Ausrüstungsteils muss immer geringer sein als die Zündtemperatur des Gas-Luft-Gemisches oder Dampf-Luft-Gemisches, in dem es sich befindet. Ausrüstung muss die Betriebstemperatur oder Temperaturklasse in Referenz zu einer Umgebungstemperatur von +40°C (+104°F) angeben. Die Temperaturklasse (T-Code) ist auf dem Typenschild des Herstellers angegeben und basiert auf unten stehender Tabelle.

Nordamerikanischer Temperaturcode	IEC/CENELEC/NEC 505 Temperaturklassen	Maximaltemperatur	
		°C	°F
T1	T1	450	842
T2	T2	300	572
T2A	–	280	536
T2B	–	260	500
T2C	–	230	446
T2D	–	215	419
T3	T3	200	392
T3A	–	180	356
T3B	–	160	329
T3C	–	150	320
T4	T4	130	275
T4A	–	120	248
T5	T5	100	212
T6	T6	85	185



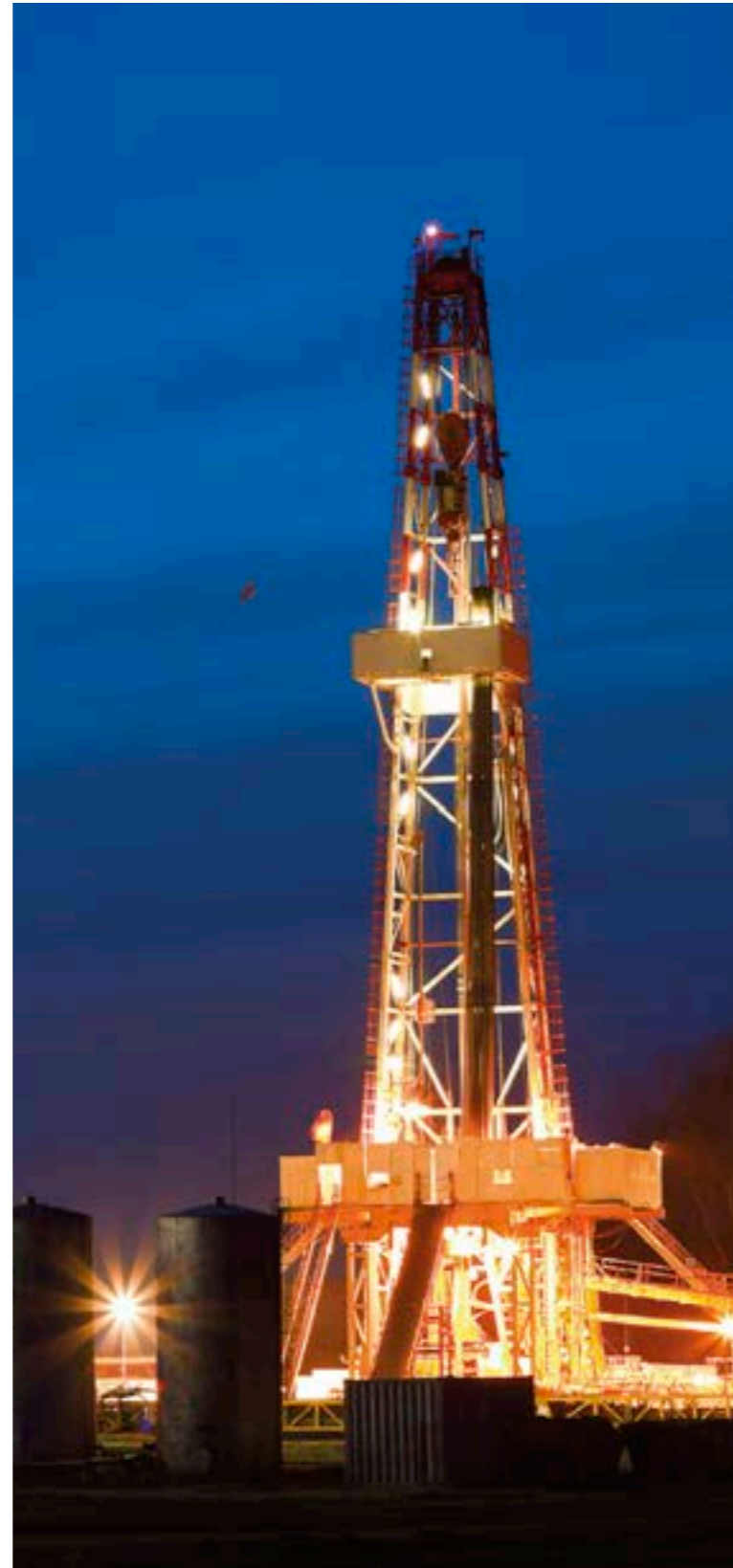
# SONDERANFRAGEN NACH LEUCHTEN, DIE IN DER INDUSTRIE EINGESETZT WERDEN

## TYPISCHE NORDAMERIKANISCHE MARKIERUNG ZU NEC 505

Zündtemperatur oder Selbstzündungstemperatur sind die Mindesttemperaturen einer Oberfläche, bei der sich eine explosive Atmosphäre entzündet. Brennbar Dämpfe oder Gase können entsprechend ihrer Zündtemperatur in Temperaturklassen eingeteilt werden. Die Maximaltemperatur eines Ausrüstungsteils muss immer geringer sein als die Zündtemperatur des Gas-Luft-Gemisches oder Dampf-Luft-Gemisches, in dem es sich befindet. Ausrüstung muss die Betriebstemperatur oder Temperaturklasse in Referenz zu einer Umgebungstemperatur von +40°C (+104°F) angeben. Die Temperaturklasse (T-Code) ist auf dem Typenschild des Herstellers angegeben und basiert auf unten stehender Tabelle.

## TYPISCHE EUROPÄISCHE ATEX-/CENELEC-MARKIERUNG

Zündtemperatur oder Selbstzündungstemperatur sind die Mindesttemperaturen einer Oberfläche, bei der sich eine explosive Atmosphäre entzündet. Brennbar Dämpfe oder Gase können entsprechend ihrer Zündtemperatur in Temperaturklassen eingeteilt werden. Die Maximaltemperatur eines Ausrüstungsteils muss immer geringer sein als die Zündtemperatur des Gas-Luft-Gemisches oder Dampf-Luft-Gemisches, in dem es sich befindet. Ausrüstung muss die Betriebstemperatur oder Temperaturklasse in Referenz zu einer Umgebungstemperatur von +40°C (+104°F) angeben. Die Temperaturklasse (T-Code) ist auf dem Typenschild des Herstellers angegeben und basiert auf unten stehender Tabelle.



### Ausrüstung Gruppe I Übersicht

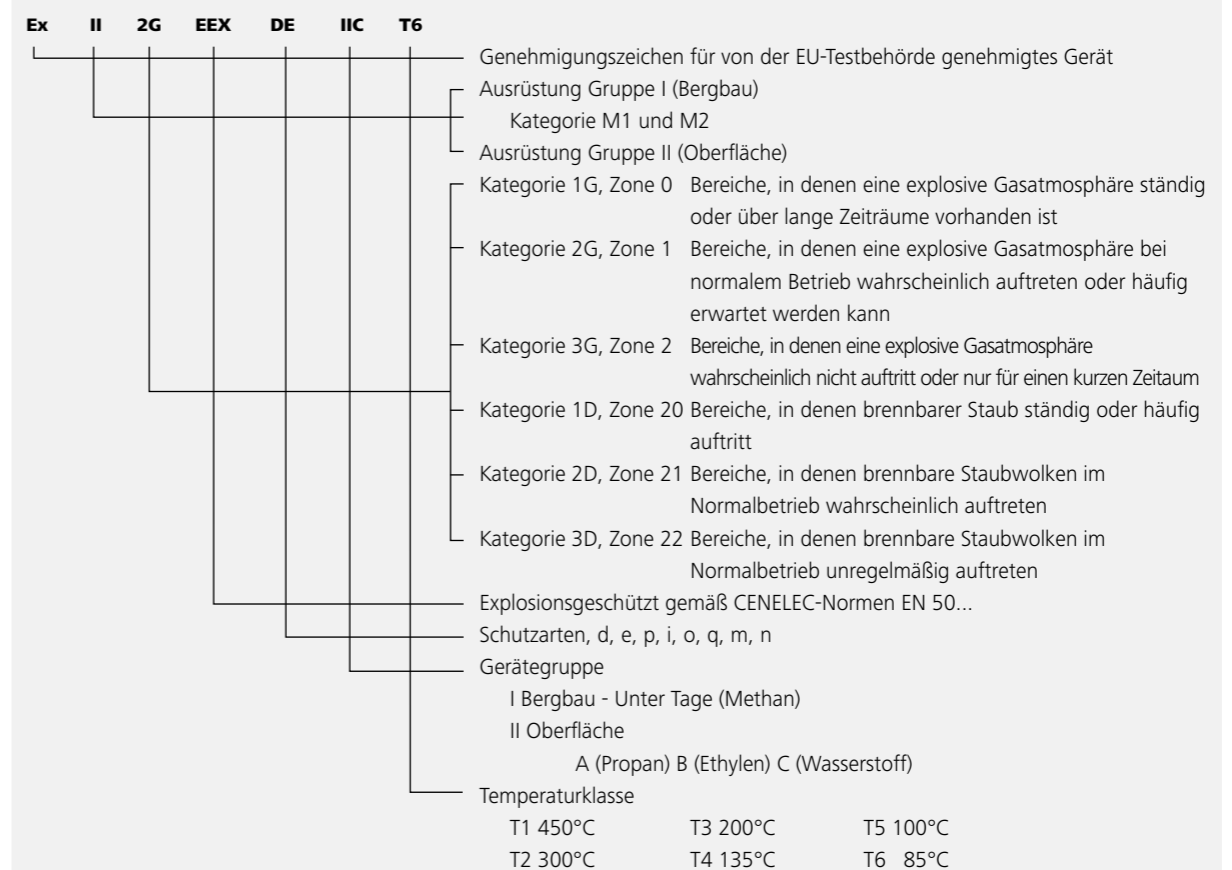
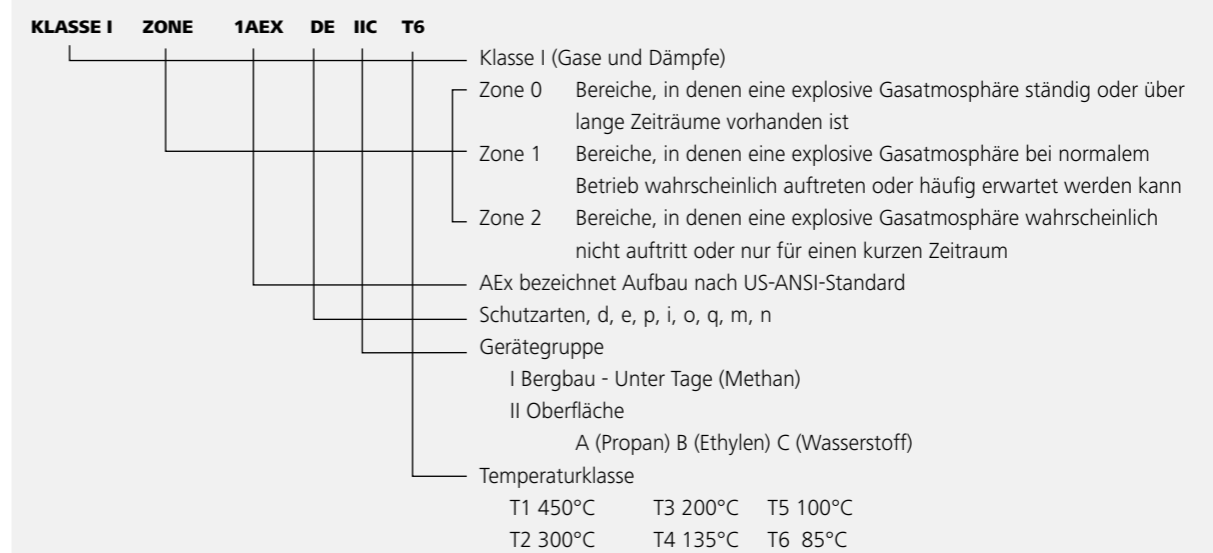
Ausrüstung für die Verwendung in Bergwerken unter Tage und an der Oberfläche solcher Bergwerke, kann Grubengas oder brennbarem Staub ausgesetzt werden.

Ausrüstungskategorie	Schutz	Vergleich zur aktuellen IEC-Klassifikation
M1	2 Schutzniveaus; oder 2 unabhängige Fehler	Gruppe I
M2	1 Schutzniveau auf Basis normalen Betriebs	Gruppe I

### Ausrüstung Gruppe II Übersicht

Ausrüstung für Verwendung an anderen als den für Gruppe I benannten Orten mit Gefährdung durch auftretende explosionsgefährliche Atmosphären.









Ausrüstungskategorie	Schutz	Vergleich zur aktuellen IEC-Klassifikation
1G 1D	2 Schutzniveaus; oder 2 unabhängige Fehler	Gruppe II, Zone 0 (gas) Zone 20 (dust)
2G 2D	1 Schutzniveau auf Basis häufiger Störungen oder Ausrüstungsprobleme	Gruppe II, Zone 1 (gas) Zone 21 (dust)
3G 3D	1 Schutzniveau auf Basis normalen Betriebs	Gruppe II, Zone 2 (gas) Zone 22 (dust)



Schutzarten:  
 Feuerfester Schutz „d“ oder Explosionssichere Ausrüstung  
 Verkapselung - Schutz „m“  
 Gesteigerte Sicherheit - Schutz „e“  
 Eigensichere Ausrüstung - Schutz „i“, „ia“ und „ib“  
 Ölimmersion - Schutz „o“  
 Gereinigt und unter Druck - Schutz „p“  
 Pulverfüllung - Schutz „q“

# AUSWAHL DER RICHTIGEN LICHTQUELLE

Die einzelnen Bereiche von Industrie- und Produktionsanlagen stellen unterschiedliche Anforderungen an die Beleuchtung. Bei der Konzeption eines Beleuchtungssystems ist es die Aufgabe des Beleuchtungsdesigners, die Lichtquellen mit den am besten geeigneten Parametern auszuwählen. Bei der Auswahl müssen sie neben dem Anschaffungspreis auch Aspekte wie Wirksamkeit, Lebensdauer und Sicherheit berücksichtigen.

Lampentyp	Leistung von - bis (W)	Lichtstrom von - bis (lm)	Lichtausbeute von - bis (lm/W)	Lichtfarbe	Farbwiedergabeindex (CRI) von - bis	Lebensdauer von - bis	Socket
 Röhrenförmige Leuchtstofflampe FD (T8) Ø 26 mm	18 - 70	860 - 6,200	61 - 93	ww/nw/dw	80 - 96	16,000 - 80,000	G13
 Röhrenförmige Leuchtstofflampe FDH (T5) Ø 16 mm	14 - 80	1,100 - 6,150	67 - 104	ww/nw/dw	80 - 93	24,000 - 45,000	G5
 Kompaktleuchtstofflampe	5 - 80	250 - 6,400	46 - 95	ww/nw/dw	80 - 90	5,000 - 32,000	2G11, 2G7, 2G8-1
 Hochdruckmetaldampflampe MT/ME (HIT/HIE)	35 - 2,000	3,200 - 240,000	67 - 120	ww/nw/dw	65 - 96	6,000 - 15,000	E 27, E 40, PG12-2
 Hochdrucknatriumdampflampe ST/STH (HST)	35 - 1,000	3,500 - 150,000	74 - 150	ww	20 - 25	12,000 - 32,000	E 27, E 40, PG12-1
 Doppelend-Metaldampflampe MD/MN (HID)	70 - 2,000	5,500 - 230,000	73 - 117	ww/nw/dw	65 - 95	4,500 - 15,000	RX7s, K12s
 Doppelend-Hochdrucknatriumdampflampe SD (HSD)	70 - 150	6,800 - 15,000	97 - 100	ww	20 - 25	12,000 - 32,000	RX7s
 LED-Modul	1 - 140	100 - 17,200	90 - 200	ww/nw/dw	70 - 98	50,000	-

ww = Warmweiß (Warm White) Korrelierte Farbtemperatur (Correlated Colour Temperature oder CCT) unter 3.300 K  
 nw = Neutralweiß (Neutral White) Korrelierte Farbtemperatur (Correlated Colour Temperature oder CCT) 3.300 K bis 5.300 K  
 dw = Tageslichtweiß (Daylight White) Korrelierte Farbtemperatur (Correlated Colour Temperature oder CCT) über 5.300 K



# LED FÜR DIE INDUSTRIE

Als der amerikanische Professor Nick Holonyak im Jahr 1962 den Prototyp der Light Emitting Diode (LED) herstellte, blieb seine Entdeckung fast unbemerkt. Der Einzige, der ihr auf den Seiten der Reader's Digest eine revolutionäre Zukunft vorhersagte, war der Erfinder selbst. So dauerte es noch beinahe dreißig Jahre, bis die Industrie all die außergewöhnlichen Eigenschaften der LED entdeckte und lernte, sie zu nutzen. In der Beleuchtungsbranche stellen LED-Lampen heute die Sparte mit der dynamischsten Entwicklung dar.

**Worin sind LED-Lampen so außergewöhnlich und welche Eigenschaften und Parameter konventioneller Leuchtmittel übertreffen sie? Warum konzentrieren sich Architekten, Entwickler und Nutzer administrativer Gebäude bei der Gestaltung von Beleuchtungssystemen zunehmend auf LED-Lampen? Darauf könnte man ganz einfach antworten: LED-Lampen haben einen hohen Wirkungsgrad, eine lange Lebensdauer und eine hervorragende Farbwiedergabe. Außerdem sind sie sparsam und umweltchonend. Sehen wir uns die einzelnen Kategorien aber genauer an, um zu verdeutlichen, warum LED-Lampen**

**auch für Ihre Büroräume die beste Wahl sind.** LEDs sind auf Halbleitern basierende Lampen. Damit sie Licht emittieren, ist nur sehr wenig Energie erforderlich. Die lichtemittierenden Dioden bestehen aus zwei Arten von Halbleitern. Aus dem N-Typ mit einem Elektronenüberschuss und dem P-Typ mit Elektronenmangel (sog. Löcher). Wird Strom angelegt, beginnen die Elektronen, zum PN-Übergang zu wandern. Wenn sie aufeinandertreffen, erfolgt eine Rekombination und die Diode strahlt Photonen aus. Nicht viel größer als eine Bleistiftspitze gehört die LED zu den kleinsten Lampen. Als Schutz gegen Umwelteinflüsse dient ihr ein Gehäuse, das gleichzeitig eine

Linse ist. Es ermöglicht die direkte Verteilung des Lichtstroms mit einem Winkel von 15 bis 180 Grad. Während eine gewöhnliche Glühlampe nur 5 Prozent und eine Leuchtstofflampe lediglich 30 Prozent der elektrischen Energie in sichtbares Licht umwandeln kann, erreichen LEDs mit ihrer Fähigkeit, bis zu 40 Prozent der Energie in Licht umzuwandeln, in dieser Kategorie ungleich bessere Werte. Der

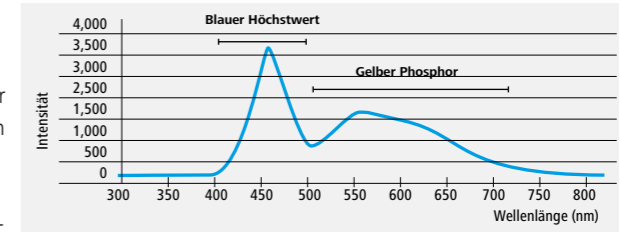
Wirkungsgrad einer Lampe bzw. ihre Lichtausbeute gibt an, mit welcher Effizienz elektrische Energie in Licht umgewandelt wird, d. h. in welchem Verhältnis der abgegebene Lichtstrom und die von der Lampe aufgenommene Leistung (W) stehen. Die Einheit hierfür ist Lumen pro Watt (lm/W). Während die ersten LEDs im Jahr 1996 noch eine Lichtausbeute von 0,1 lm/W erreichten, sind zurzeit schon LED-Chips mit einem Wirkungsgrad von

rund 160 lm/W für kaltweiße CCT-LEDs im Handel erhältlich. Unter Laborbedingungen konnte bereits eine Lichtausbeute von 254 lm/W erreicht werden.

LED-Leuchten in administrativen Räumen müssen hohe ergonomische und ökonomische Anforderungen erfüllen. Im Büro erwartet man von ihnen eine qualitative, blendungsfreie Beleuchtung für ein optimales visuelles Wohlbefinden, auch an Bildschirmarbeitsplätzen, wobei sie gleichzeitig die Bestimmungen der Europäischen Normen erfüllen müssen. LEDs sind primär Quellen weißen Lichts. Weißes LED-Licht kann auf verschiedene Weise erzeugt werden, meistens wird dazu jedoch das Prinzip der Lumineszenz genutzt. Bei dieser Methode wird auf einen blauen LED-Chip eine dünne Phosphorschicht aufgetragen. Diese wandelt das bei eingeschalteter Lampe auf sie treffende blaue Licht in weißes Licht um. Mit

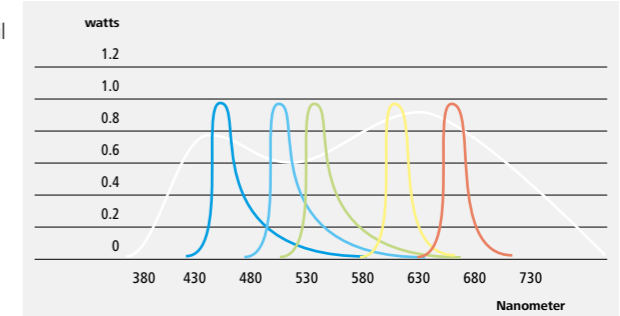
dieser LED-Fertigungstechnologie kann weißes Licht mit unterschiedlicher Farbtemperatur erzeugt werden. Diese reicht von 2.700 K bis 10.000 K.

Ein weiteres Verfahren zur Erzeugung weißen LED-Lichts besteht darin, farbiges Licht unterschiedlicher Wellenlängen zu mischen. Durch die additive Farbmischung von Rot, Grün und Blau (RGB) entsteht weißes Licht. Der Vorteil dieser Methode liegt darin, dass durch die gezielte Farbmischung neben weißem Licht auch farbiges Licht entstehen kann. Der Nachteil des RGB-Verfahrens zur Erzeugung weißen Lichts liegt allerdings in seiner Komplexität. Es erfordert viel Know-how, da die Steuerung farbiger LEDs mit unterschiedlichen Helligkeitswerten schwierig ist und das resultierende weiße Licht meist geringere Werte auf dem Farbwiedergabeindex erreicht (CRI 70 – 80). Wenn bei einer Beleuchtungslösung im Büro



Weißes Licht kann nur durch die Kombination von blauem und gelbem Licht hergestellt werden. Sir Isaac Newton entdeckte diesen Effekt Anfang des 18. Jahrhunderts bei der Durchführung von Experimenten zur Farbanpassung.

## WEISSES FARBSPEKTRUM UND FARBIGE LEDs



LEDs benötigen keine Farbfilter. Der Farbton des Lichts wird durch die verwendeten Halbleitermaterialien und die dominante Wellenlänge bestimmt.

eine Änderung der Farbtemperatur des weißen Lichts in Erwägung gezogen wird, empfiehlt es sich daher, farbige Chips mit weißen LEDs zu kombinieren. So lassen sich optimale CRI-Werte erreichen. Hinsichtlich der Lebensdauer reichen LED-Lampen überdurchschnittliche Werte. Ihre

Lebensdauer bewegt sich bei bis zu 50.000 Stunden, was bei 11 Stunden Betrieb pro Tag an 250 Tagen im Jahr knapp 18 Jahren entspricht. Als Ende der Lebensdauer bei einer LED wird ein Abfall der Leistung der Leuchtquelle auf 70 Prozent, in einigen Fällen 50 Prozent, angegeben. Die Ausfallrate von LED ist im Vergleich

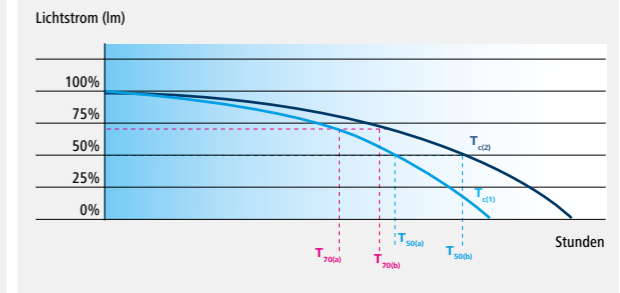


## FARBEN DIREKT VOM HALBLEITER

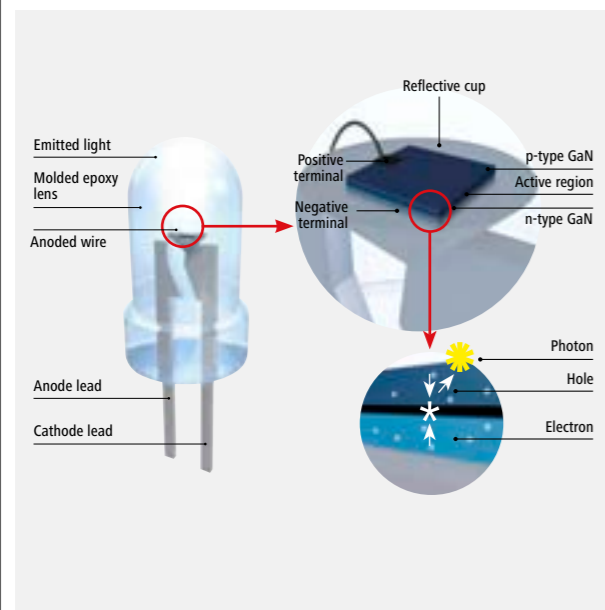
LEDs benötigen keine Farbfilter: Ihr Licht, das in diversen Farben erhältlich ist, wird direkt von verschiedenen Halbleitermaterialien erzeugt. Sekundäre Farben sind ebenfalls möglich. Die wichtigsten Halbleiter sind:

Halbleitermaterial	Abkürzung	Farbe(n)
Indiumgalliumnitrid	InGaN	grün, blau, (weiß)
Aluminiumindiumgalliumphosphid	AlInGaP	rot, orange, gelb
Aluminiumgalliumarsenid	AlGaAs	rot
Galliumarsenidphosphid	GaAsP	rot, orange, gelb
Siliziumkarbid	SiC	blau
Silizium	Si	blau

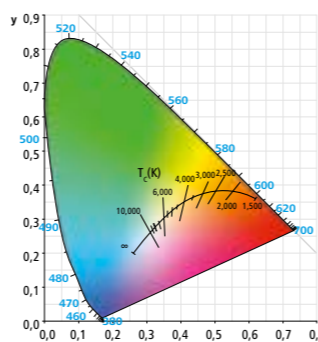
## BESTIMMUNG DER LEBENSDAUER



LEDs fallen nicht aus, aber die Intensität des Lichts, das sie produzieren, nimmt mit der Zeit ab. Die Lebensdauer (L) einer LED muss daher für verschiedene Anwendungen definiert werden. Für Notbeleuchtung werden zum Beispiel bis zu L80 benötigt. Das bedeutet, dass die LED das Ende ihrer Lebensdauer erreicht hat, wenn der Lichtstrom unter 80 Prozent des ursprünglich gemessenen Wertes fällt. Für allgemeine Beleuchtung liegen die Richtwerte bei L50 oder L70. Die Lebensdauer einer LED hängt in hohem Maße von der Umgebungs- und Betriebstemperatur ab. Wird eine LED bei hoher Temperatur (Tc1) oder mit schlechtem Wärmemanagement betrieben, verkürzt sich die Lebensdauer.



Wenn sich LEDs nach dem Binning auf der Planckschen Kurve befinden, strahlen sie in „Pure White“, also in reinweißem Licht.



Die Lebensdauer von LEDs bewegt sich bei bis zu 50.000 Stunden, was bei 11 Stunden Betrieb pro Tag an 250 Tagen im Jahr knapp 18 Jahren entspricht.

zu konventionellen Leuchtmitteln also wesentlich niedriger. Eine notwendige Voraussetzung für das Erreichen der Lebensdauer ist allerdings eine gute Kühlung der Lampe.

Trotz höherer Anschaffungskosten bleiben LED-Lampen langfristig die effektivste und sparsamste Beleuchtungslösung. Experten vermuten, dass Energieeinsparungen von bis zu 30 % möglich wären, würde man heute alle existierenden Leuchtmittel durch LEDs ersetzen. Bedenkt man, dass knapp ein Fünftel der gesamten erzeugten elektrischen Energie durch künstliches Licht verbraucht wird, ist dies ein keinesfalls zu vernachlässigender Anteil. Nimmt man zum Vergleich eine kleine Fläche, wie beispielsweise einen Büroraum, die durch veraltete Lampen beleuchtet wird, ist mithilfe einer LED-Beleuchtung mit Beleuchtungsmanagement eine Energieeinsparung von 75 Prozent möglich.

Alle Lampen erzeugen bei der Umwandlung elektrischer Energie zu Licht auch IR-Strahlung, die der menschliche Körper als Wärme wahrnimmt. LED-Lampen produzieren sie im Vergleich zu konventionellen Lampen lediglich in zu vernachlässigenden Mengen und wirken sich so nicht auf den Energieverbrauch der Klimaanlage aus. Die lange Lebensdauer und

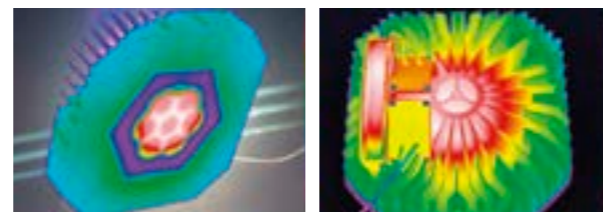
geringe Störanfälligkeit von LED-Lampen reduziert den Wartungsaufwand des Beleuchtungssystems, da regelmäßige Eingriffe durch geschultes Personal oder der Kauf von Ersatzlampen nicht erforderlich sind.

**Das Sparpotential von LED-Lampen kann durch die Installation eines intelligenten Beleuchtungsmanagementsystems voll ausgeschöpft werden, mit dem sich die Intensität jeder Leuchte im Beleuchtungssystem abhängig von der Anwesenheit von Personen oder der Intensität des Tageslichts automatisch regulieren lässt.**

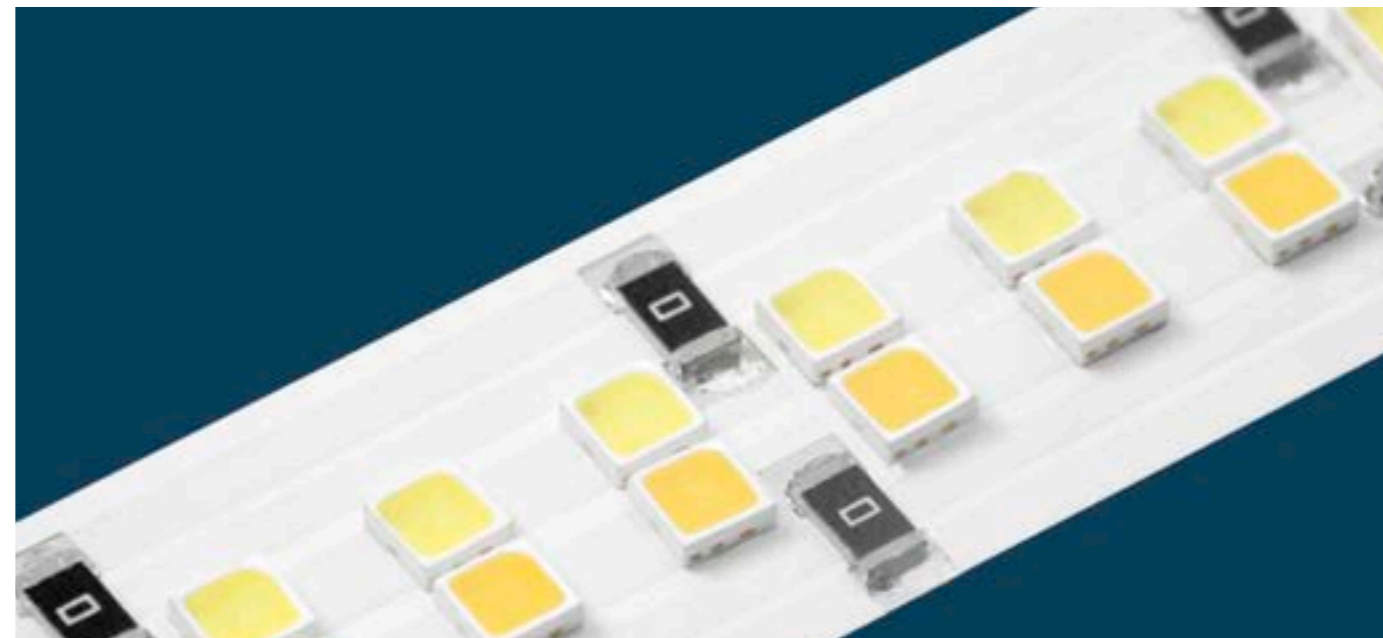
Umweltfreundlichkeit ist aktuell auch ein Thema für die Hersteller von Leuchtmitteln. Tatsache ist, dass die meisten konventionellen Lampen aktuell nicht ohne die giftigen Schwermetalle Blei und Quecksilber möglich sind. Die Nutzer von Räumen, die mit diesem Lampentyp ausgestattet sind, werden daher einerseits beim Lampenaustausch zusätzlich belastet, da sie für die Entsorgung gebrauchter und beschädigter Lampen entsprechend den Gesetzen zur Giftmüllentsorgung verpflichtet sind, andererseits sind sie dem ständigen Risiko ausgesetzt, giftige Dämpfe aus beschädigten Lampen einzusatmen. LED-Lampen stellen in dieser Hinsicht ein ungleich geringeres Risiko dar. Darin ist zwar ein geringer Schwermetallanteil enthalten, dieser befindet sich allerdings in festem Zustand. Bei einer Beschädigung der LED besteht daher keine Gefahr, giftige Gase einzusatmen.

**Wärmemanagement**  
Ähnlich wie bei anderen Leuchtmitteln wird ein Großteil der LED-Leistung als Wärme abgestrahlt. Ohne ein geeignetes Wärmemanagement kann es zu einer Überhitzung der LED-Lampe kommen, wodurch sich ihre Lebensdauer verkürzt und das Ausfallrisiko zunimmt. Mit dem Einsatz eines angemessenen Kühlsystems lässt sich die

angegebene Lebensdauer der LED und die hohe Lichtausbeute erreichen. So betrachtet stellt bei Leuchten mit LED-Lampen das Wärmemanagement den kritischsten Faktor dar.



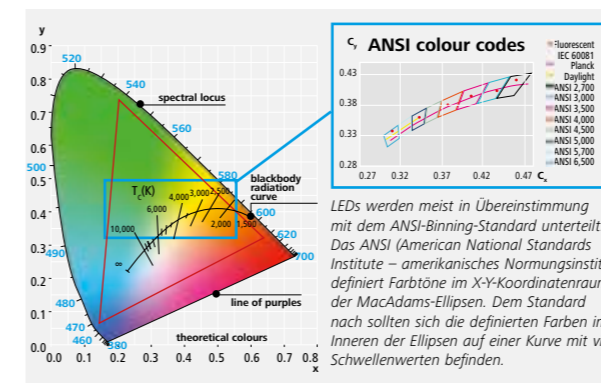
Wärmeleistung von Grafias



**Gruppierung**

Bei der industriellen Produktion von LEDs entstehen bei einzelnen Serien Abweichungen von den Schlüsselparametern. Innerhalb einer Serie stimmen die Parameter vollständig überein, beim Vergleich zweier verschiedener Serien unterscheiden sich die LEDs jedoch beispielsweise in der Farbe oder im Lichtstrom. Um eine konstante Lichtqualität mit gleichbleibender und gleichmäßiger Helligkeit und Farbe des Lichts zu gewährleisten, ist es daher unvermeidlich, alle Serien nach einzelnen Parametern zu sortieren. Diese Sortierung wird Binning genannt. Die Hauptkriterien, die bei der Sortierung berücksichtigt werden, sind:

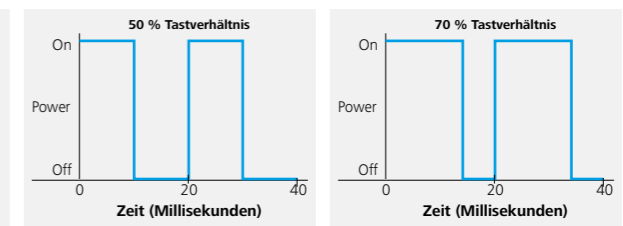
Lichtstrom in Lumen (lm), korrelierte Farbtemperatur in Kelvin (K), Durchgangsspannung in Volt (V). LEDs werden gegenwärtig nach dem ANSI-Binning-Standard sortiert. Dieser Standard definiert die LED-Farbtöne mithilfe der MacAdams-Ellipse, die farbliche Abweichungen auf der x- und y-Achse darstellt. Die MacAdams-Ellipse zeigt, wie die Farbe einzelner LED-Module variieren kann. Der ANSI-Binning-Standard empfiehlt, dass sich alle Farben im Inneren der Ellipse auf einer Kurve mit vier Schwellenwerten befinden. Binning-Gruppen von LED-Lampen, die bei den Messwerten nur minimale Abweichungen aufweisen, erzeugen gleichfarbiges Licht.



**PWM-Steuerung**

Die einfachste Methode, um die Leuchtintensität von LEDs zu steuern, ist die Pulsweitenmodulation (PWM). Das Prinzip der PWM beruht auf dem periodischen Ein- und Ausschalten des zur LED fließenden Stroms. Das Intervall zwischen Ein- und Ausschalten bestimmt die resultierende Leuchtintensität der LED. Die Umschaltfrequenz ist so hoch, dass das menschliche Auge das ausgestrahlte Licht als kontinuierlichen Lichtstrom wahrnimmt. Seine Intensität ist abhängig von der Einstellung des PWM-Zyklus (0 % bis 100 %). Der Vorteil der Pulsweitenmodu-

lation liegt in der Beibehaltung einer konstanten Farbtemperatur des Lichts über den gesamten Dimmbereich hinweg.



Im Gegensatz zu konventionellen Leuchtmitteln erreichen LEDs sofort ihre volle Helligkeit. Gleich nach dem Einschalten trägt die LED zu Sicherheit und Komfort bei. Ebenfalls anders als bei konventionellen Leuchtmitteln schadet LEDs häufiges Ein- und Ausschalten nicht und verkürzt auch nicht die Lebensdauer.



# BEGRIFFSBESTIMMUNGEN

## LICHTSTROM $\Phi$

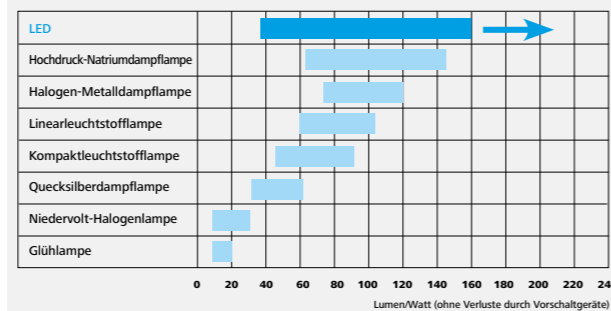
Der Lichtstrom ist eine physikalische Größe, die angibt, wie viel Licht eine Lichtquelle insgesamt in alle Richtungen ausstrahlt. Dabei handelt es sich um die Strahlungsleistung der Lampe gemessen an der Helligkeitsempfindlichkeit des menschlichen Auges. Der Lichtstrom drückt die Fähigkeit des Strahlungsflusses aus, eine Sinneswahrnehmung hervorzurufen. Die Einheit hierfür ist Lumen (lm).



## LICHTAUSBEUTE $\eta$

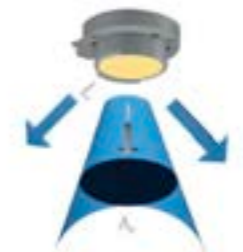
Die Lichtausbeute gibt an, wie effizient elektrische Energie in Licht umgewandelt wird, d. h. welcher Lichtstrom aus der von der Lampe aufgenommenen elektrischen Leistung (W) erzeugt wird. Die Einheit hierfür ist Lumen pro Watt (lm/W).

WIRKUNGSGRAD EINER LICHTQUELLE



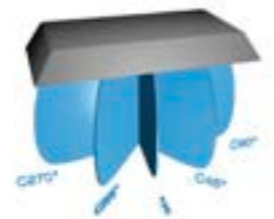
## HELLIGKEIT L

Die Helligkeit ist die Strahlung einer leuchtenden oder beleuchteten Oberfläche, wie sie das menschliche Auge wahrnimmt. Die Maßeinheit hierfür ist Candela pro Quadratmeter ( $cd/m^2$ ). Diese Größe gibt den Grad der Lichtintensität über einer bestimmten Oberfläche an. Die Helligkeit einer Fläche ist in erster Linie abhängig von ihrem Reflexionsvermögen.



## LICHTSTÄRKE I

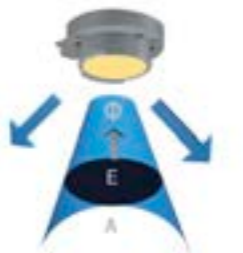
Die Lichtstärke ist eine physikalische Größe, die angibt, welchen Anteil des Lichtstroms eine Lichtquelle (oder Leuchte) in einer gegebenen Richtung in ein Raumwinkel-element emittiert. Die Einheit der Lichtstärke ist Candela (cd).



Intensitätsverteilungskurve

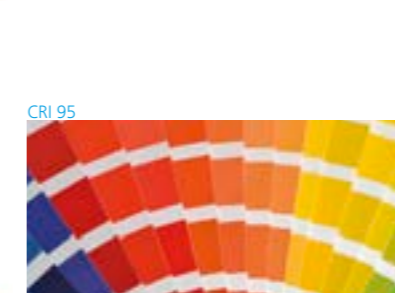
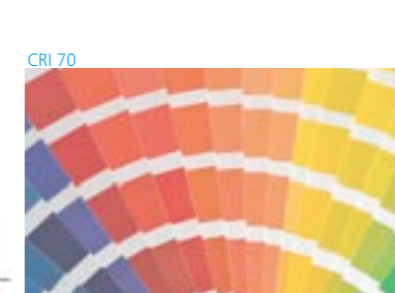
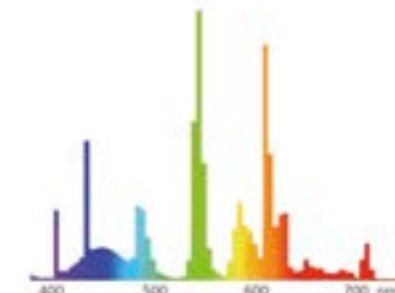
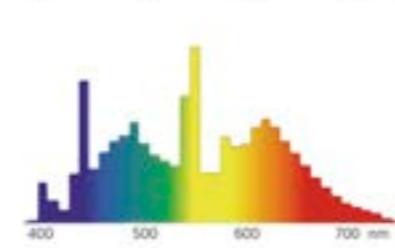
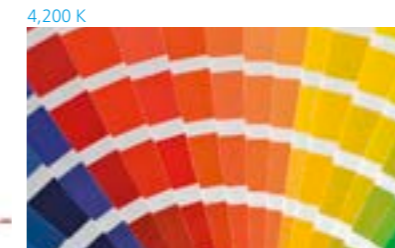
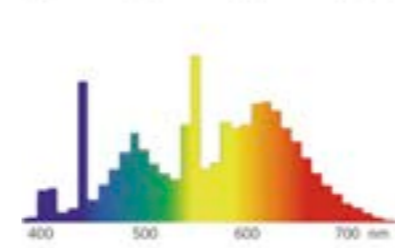
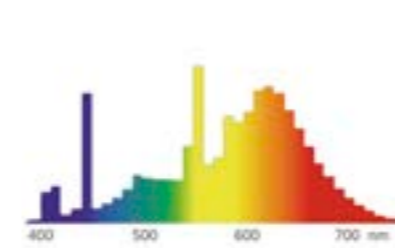
## BELEUCHTUNGSSTÄRKE E

Diese Größe gibt an, welcher Anteil des Lichtstroms auf die beleuchtete Fläche fällt. Die Einheit für die Beleuchtungsstärke ist Lux (lx).



## BLENDUNG

Wenn sich im Blickfeld Bereiche mit zu hoher Helligkeit befinden, deren Abweichung oder räumlicher oder zeitlicher Kontrast die Anpassungsfähigkeit des Sehens übersteigt, entsteht eine Blendung. Durch die Blendung wird die Tätigkeit des visuellen Systems erschwert.



Die korrelierte Farbtemperatur einer Lampe bestimmt die Atmosphäre im Raum. Angegeben wird die korrelierte Farbtemperatur der Lampe in Kelvin (K). Niedrige Temperaturen stehen für warmes Licht, hohe dagegen für kaltes. Die gebräuchlichsten Lichtfarben sind Warmweiß (unter 3300 K), Neutralweiß (3300 bis 5300 K) und Tageslichtweiß (über 5300 K). Warmweißes Licht wird vor allem zur Betonung von Rot- und Gelbtönen verwendet. Blau und Grün wiederum profitieren von höheren Temperaturen.

KORRELIERTE FARBTEMPERATUR (CCT)

Die Eigenschaften der Farbwiedergabe einer Lichtquelle werden mit den Stufen des allgemeinen Farbwiedergabeindex (Ra) angegeben (CRI – Colour Rendering Index). Der Farbwiedergabeindex ist ein Maß für die Übereinstimmung der Oberflächenfarbe eines angeleuchteten Objekts im Vergleich zu einem gegebenen Referenzwert. Je geringer dieser Wert, desto wärmer ist Farbwiedergabe der gegebenen Lichtquelle. Eine Lichtquelle mit Ra = 100 gibt alle Farben genauso wieder wie die Referenzlichtquelle. Je niedriger der Ra-Index, desto verfälschter ist die Farbwiedergabe.

FARBWIEDERGABEINDEX (CRI)

Der Leuchtenwirkungsgrad (Light Output Ratio – LOR) gibt an, welcher Anteil des gesamten Lichtstroms aller Lichtquellen von der Leuchte abgestrahlt wird.

LEUCHTENWIRKUNGSGRAD (LOR)

