

## *Vielfalt erfordert Flexibilität*

**Die Industrie umfasst viele Bereiche und umso mehr Anwendungen, angefangen bei der Logistik über die Automobilindustrie bis zur Lebensmittelindustrie. Es gibt keine einheitliche Lichtlösung, um die Ansprüche all dieser unterschiedlichen Industrieanwendungen zu erfüllen. Sie muss daher an verschiedene industrielle Umgebungen und Anforderungen angepasst werden.**

Die Anforderungen an die Beleuchtung sind bei speziellen Anwendungen entsprechend vielfältig. Dies macht eine aktivitätsbasierte Lichtlösung<sup>1</sup> erforderlich, die so individuell und dynamisch konzipiert ist wie die Prozesse und die Aufteilung verschiedener Produktionshallen selbst. Der Sicherheit und dem Wohlbefinden der Mitarbeiter wird dabei bei der Berücksichtigung der Arbeitsschichten und der zeitlichen Abstimmung ein hoher Stellenwert beigemessen. Aufgrund der in der Industrie erforderlichen Präzision, der einzelnen Prozesse und der verschiedenen Aufgaben spielt die Beleuchtung im Leben der Mitarbeiter in der Industrie eine besondere Rolle. Die visuellen, emotionalen und biologischen Aspekte sollten, ob Tag oder Nacht, durch Kombination von Active Light<sup>2</sup> und Human Centric-Lichtlösungen gefördert werden. Dieser hybride Ansatz, in Kombination mit intelligent gesteuerten Lichtlösungen, ermöglicht ein präzises Arbeiten, erhöht die Qualität und fördert das Wohlbefinden der Mitarbeiter.

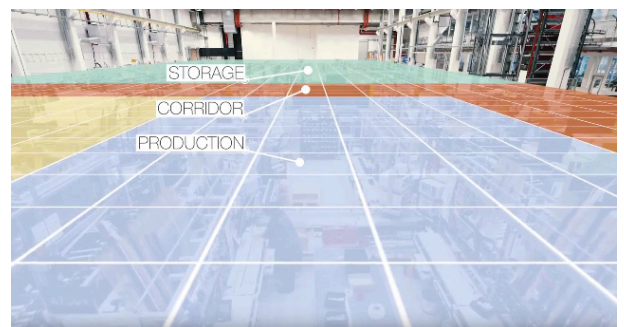
Daher ist es notwendig, die Voraussetzungen, die wirklichen Erfordernisse und die Herausforderungen innerhalb der Industrie zu verstehen, um für jede Situation die richtige Lichtlösung anzubieten, die alle Industrieanwendungen abdeckt.

Im Folgenden sind mehrere Beispiele für unterschiedliche Anforderungen innerhalb der Industrie aufgeführt<sup>3</sup>.

- 1 Logistik: Große Hallen und lange Betriebszeiten erfordern energieeffiziente Lichtlösungen mit minimalen Wartungskosten.
- 2 Metallbearbeitung: Die Metallindustrie ist von glänzenden Oberflächen, unterschiedlichen Sehaufgaben und ölhaltigen Umgebungen geprägt.
- 3 Automobilbereich: Optimierte Lösung für komplizierte Montage und Karosseriearbeiten. Silikonfreie Umgebung.
- 4 Lebensmittel: Hygienestandards bringen hohe Qualitätsanforderungen mit sich. Strenge und regelmäßige Reinigungszyklen.
- 5 Chemikalien und Pharmazeutika: Insbesondere Reinräume erfordern spezielle bauliche und materielle Produkteigenschaften.
- 6 Parkplätze: Anforderungen an Sicherheit, effektive Flächennutzung und Energie.
- 7 Qualitätsprüfungen: Optimale Lösung zur Unterstützung von Mitarbeitern bei der Ausführung komplexen Sehaufgaben.



© Zumtobel



© Zumtobel

- 8 Holz, Papier, Textilien: Hohe Schutzarten sind in Umgebungen mit erhöhter Ansammlung von Staub und/oder Fasern unerlässlich.
- 9 Landwirtschaft: Höhere Schutzart gegen hartnäckigen Schmutz, Ammoniak und andere aggressive Gase.

### **ANPASSBARES LICHT VERBINDET**

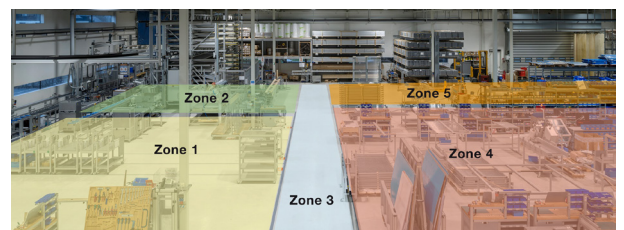
Produktionsoptimierungen und Leistungssteigerungen durch effektive Nutzung der jeweiligen Ressourcen sind in jeder Branche erforderlich. Angetrieben durch die rasante Entwicklung in der Informations- und Kommunikationstechnologie sind Hersteller vermehrt der Ansicht, dass miteinander vernetzte Maschinen nicht nur die traditionelle Gestaltung von Produktionsanlagen verbessern, sondern auch eine gänzlich neue Dimension an industrieller Produktivität eröffnen. Zudem bringen neue Technologien eine effizientere Nutzung der Material- und Energieressourcen mit sich und tragen so zu einer geringeren Umweltbelastung bei; ein Beschleuniger, der Innovation, Effizienz und Optimierung von Fabrikanlagen vorantreibt.

Bis 2025 könnten 80-100% der Produktionsprozesse Internet of Things-Anwendungen<sup>4</sup> nutzen, indem Maschinen, Sensoren und weitere Infrastruktur über das Internet miteinander verbunden sind und kommunizieren. Dieses Konzept der sogenannten „Industrie 4.0“, bei der Mensch und Maschine direkt miteinander kommunizieren, indem sie digital vernetzte und intelligente Systeme nutzen, ist in greifbarer Nähe. Als aktiver Teil des Gesamtsystems agiert Licht als verbindendes Element – z.B. zum Erfassen von Daten oder zur Navigation – um so die Gestaltung von Fabrikhallen zu optimieren oder die Planung von Produktionswegen zu unterstützen. Industrie 4.0 hat demnach das Potenzial, industrielle Prozesse hinsichtlich Anpassbarkeit und Produktivität zukünftig noch weiter zu optimieren. Hier kann die Beleuchtung eine wesentliche Rolle spielen. So kann durch die automatische Anpassung der Lichtstärke an die jeweilige Aufgabe die perfekten Beleuchtungsbedingungen garantiert werden. Ferner kann durch die Vernetzung der Maschinen mit der Kommunikationstechnologie, der Systeme mit den Produkten, die Produktivität in der Industrie weiter gesteigert werden, ob aufgrund reduzierter Produktionszeiten, einer Datenanalyse oder verringerter Fehlerquoten.

Die Digital IQ-Umfrage von PricewaterhouseCoopers (PwC) aus dem Jahr 2014 zeigt, dass 54% der Spitzenunternehmen Menschen, Orte, Prozesse und Produkte mit Sensorik ausstatten, um über das Sammeln und der Analyse von Informationen bessere Entscheidungen zu treffen und die Transparenz zu erhöhen<sup>5</sup>. So kann das Internet der Dinge Unternehmen dazu verhelfen, durch die Erfassung und Auswertung

von Daten aus der Produktionsumgebung eine Prozessoptimierung und eine höhere Effizienz zu erreichen. In Zeiten der zunehmenden Digitalisierung laufen daher immer mehr Prozesse vollständig automatisch ab.

Die Produktionsprozesse in Industrieunternehmen ändern sich in immer kürzeren Intervallen. Ein und derselbe Raum muss stets verschiedene Nutzungsszenarien und visuelle Bedingungen erfüllen. Beleuchtungsanlagen sollten daher einen hohen Grad an Flexibilität aufweisen, damit sie schnell auf Veränderungen in der Flächennutzung reagieren und Produktionsausfälle entsprechend reduzieren können. Unterschiedliche Industriebereiche haben zudem unterschiedliche Produktionsprozesse und Auslastungsgrade. Die Beleuchtungsstärken sind je nach Aufgabe anders: So variiert in der Metallbe- und -verarbeitung der durchschnittliche Wartungswert der Beleuchtungsstärke z.B. zwischen 200 lx und 1000 lx. Zone 1 benötigt 500 lx; Zone 2 und 4750 lx und Zone 3 als Korridor 300 lx. Zone 1 und 5 sind ferner weniger ausgelastet und benötigen kein Dauerlicht. Unter Einbezug einer Sensortechnologie kann Active Light alle Erfordernisse der verschiedenen Zonen oder Prozesse in der Industrie befriedigen. Es ist einfacher und flexibler realisierbar, indem es für zukünftige Aufteilungsänderungen programmiert werden kann, ohne dabei die räumliche Aufteilung zu ändern. Eine zeitraubende Neupositionierung der Sensoren gehört somit der Vergangenheit an.



© Zumtobel

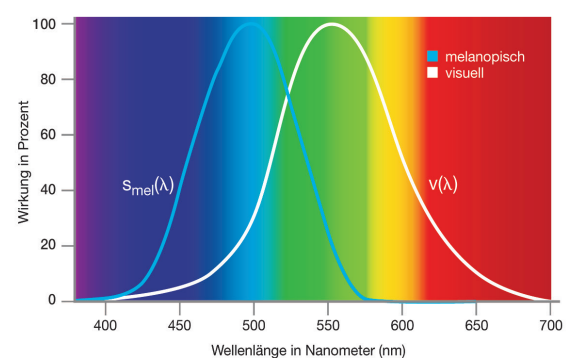
## PRODUKTIVITÄT – DER MENSCH IM FOKUS DES LICHTS

Der Arbeitsmarkt ist heute von einem hohen Bildungsniveau gekennzeichnet – und setzt hohe Berufsqualifikationen voraus. Mit dem Anstieg des technischen Know-Hows im Industriesektor werden die Anforderungen an die Arbeiter in Zukunft merklich steigen. Während Routinearbeiten immer mehr automatisiert werden, erfordern zunehmend komplexe, nicht automatisierbare Aufgaben entsprechend ausgebildete Mitarbeiter.

Darüber hinaus macht sich der demografische Wandel bemerkbar: eine sich wandelnde Altersstruktur der Belegschaft bringt neue Anforderungen am Arbeitsplatz mit sich. Die Unternehmen müssen auf diese Veränderungen reagieren und so auch die Beleuchtung an immer komplexer werdende Prozesse, vielfältige Sehaufgaben und die individuellen Bedürfnisse der Mitarbeiter anpassen. Eine hohe Lichtqualität ist eine grundlegende Voraussetzung für das Wohlbefinden der Mitarbeiter, damit sie motiviert sind und sich ausreichend auf solche hochkomplexe Aufgaben konzentrieren können. Sie erhöht somit die Arbeitsleistung und senkt nachweislich die Fehlerquoten.

Neben der visuellen und emotionalen ist auch die biologische Wirkung

## Spektrale Wirkungsfunktionen



© Licht.de

des Lichts am Arbeitsplatz wichtig: Kurzwelliges Licht – die blauen Anteile des Lichtspektrums – hat eine anregende Lichtwirkung, während warmweißes Licht einen entspannenden Einfluss hat. Biologisch wirksame Beleuchtung kann langfristig förderlich für die Gesundheit der Mitarbeiter sein, insbesondere in Produktionsbereichen ohne natürliches Tageslicht oder im Nacht-schichtbetrieb<sup>6</sup>.

Der natürliche Schlaf-Wach-Rhythmus wird durch die gezielte Nutzung der Beleuchtung und Lichtfarben verbessert, das natürliche Tageslicht imitieren. In der Netzhaut von Säugetieren gibt es drei bekannte Typen von Fotorezeptoren (Sehzellen, die auf zellulärer Ebene spezialisierten lichtempfindlichen Sinneszellen eines Auges):

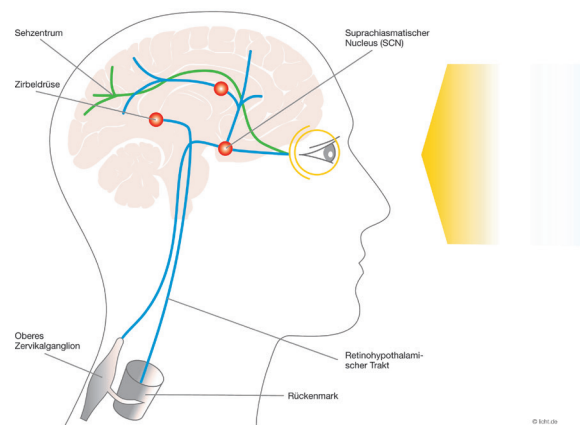
- 1 Stäbchen: für peripheres Sehen zuständig, arbeiten bei weniger intensivem Licht
- 2 Zapfen: für das Farbsehvermögen zuständig und arbeiten am besten bei relativ hellem Licht
- 3 die ipRGC (fotosensitive Ganglienzellen), auch dritter Rezeptor genannt, arbeiten im kürzeren Wellenlängenbereich und sind empfindlich für höhere Farbtemperaturen von mehr als 6500 K

## VISUELLE UND NICHTVISUELLE EFFEKTE: FLEXTRONICS

Eine dynamische Beleuchtung mit nichtvisuellen Effekten hat eine energiefreisetzende Wirkung am Morgen und zur Mittagszeit und verhilft zu besserem Schlaf. Viele Industrie-Schichtarbeiter müssen z.B. sehr früh am Morgen aufstehen. Sie beklagen sich oft über schlechten Schlaf und Müdigkeit am Tag. Das führt zu einer geringeren Produktivität, denn Arbeiter, die sich nachts nicht regenerieren können, können tagsüber ihre Leistung nicht ausreichend abrufen. Eine von Zumtobel zusammen mit Bartenbach durchgeführte Studie zeigt drei psychophysiologische und produktivitätsbezogene Lichtwirkungen bei einer sich in der Morgenschicht ändernden Raumbelichtung für Arbeiter am Althofen-Werk von Flextronics<sup>7</sup>.

Wissenschaftler sind sich inzwischen einig, dass Licht einen entscheidenden Einfluss auf die Sehleistung und das Wohlbefinden von Menschen bei der Arbeit hat. Eine hohe Beleuchtungsqualität hat daher indirekt Einfluss auf die Produktivität. Bei zu niedriger Beleuchtungsstärke ist die Fehlerquote erheblich höher. Bei einfachen manuellen Tätigkeiten sinken die Fehlerquoten erst bei Beleuchtungsstärken ab ca. 500 lx<sup>8</sup>.

Visueller (grün) und biologischer (blau) Pfad



Neben der visuellen Wirkung (grüner Pfad) ist auch die biologische Wirkung des Lichts (blauer Pfad) am Arbeitsplatz wichtig. © Licht.de

## BIOLOGISCHE EFFEKTE: IWL LANDSBERG

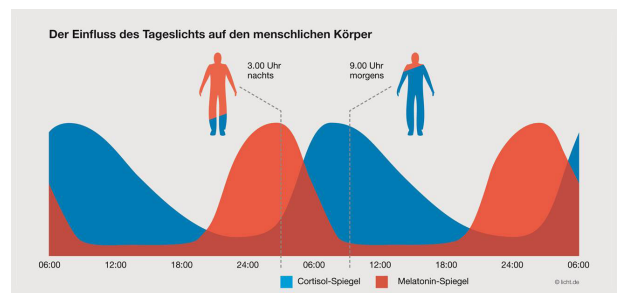
In einer kürzlich durchgeführten Studie am IWL Landsberg untersuchte Zumtobel in Zusammenarbeit mit der Hochschule für angewandte Wissenschaften München und dem Lichtplanungsbüro 3|pi eine Kunstlichtlösung<sup>9</sup>. Sie begann im Jahr 2014 mit dem Bau einer 2500 m<sup>2</sup> großen Produktionsanlage für Menschen mit Behinderungen. Die Lichtplanung basierte auf einem Konzept, das Tages- mit Kunstlicht kombiniert, stets unter Berücksichtigung des aktuellen Wissensstandes zur nicht sichtbaren Wirkung von Licht. Für ein Maximum an Tageslicht wurde nicht nur die Dachkonstruktion, sondern auch die Innenraumgeometrie geprüft, und reflektierende Oberflächen wurden in Teilen optimiert. So wurde die Transparenz der beschichteten Dachverglasung durch Nutzung von Dachbindern um 40% erhöht. Auch die melanopische Wirksamkeit konnte um 14% erhöht werden, indem eine Verglasung mit einer höheren Lichtdurchlässigkeit im 490 nm-Spektrum ausgewählt wurde. Durch den hohen Blauanteil sind die verwendeten Leuchten melanopisch wirksam.

Zu festen Tageszeiten wird das Lichtangebot zudem verändert. Damit ist der biologische Effekt gewährleistet und der Biorhythmus der Nutzer wird unterstützt. Eine melanopisch wirksame Beleuchtung kann daher auch in industriellen Arbeitsumgebungen einen positiven Effekt auf den menschlichen Biorhythmus haben. Das bedeutet, der Blauanteil hat einen entscheidenden Einfluss – jedoch in der richtigen Menge zur richtigen Zeit, d.h. Lichtlösungen mit weißkühlem und höherem Luxanteil zum Vormittag und frühen Nachmittag sowie warmweißem und niedrigerer Beleuchtung zur Abendzeit.

Eine biologisch wirksame Beleuchtung kann also langfristig förderlich für die Gesundheit der Mitarbeiter sein, insbesondere in Produktionsbereichen ohne natürlichem Tageslicht oder im Nachtschichtbetrieb. Der natürliche Schlaf-Wach-Rhythmus wird durch die gezielte Nutzung der Beleuchtung und vor allem der Lichtfarben verbessert, die das natürliche Tageslicht imitieren. Eine aktivitätsbasierte Beleuchtung wirkt so auf den menschlichen Biorhythmus anhand dynamischer Eigenschaften mit variierender Intensität und ans natürliche Sonnenlicht anpassbarer Farbe in der richtigen Menge zur richtigen Zeit. Ein optimaler Beleuchtungspegel gepaart mit einer melanopischen Beleuchtung ist für das gesamte Wohlbefinden der Mitarbeiter förderlich und unterstützt sie bei der Aufrechterhaltung ihrer Produktivität.



**IWL Werkstätten für Menschen mit Behinderung, Landsberg | DE**  
Feldstudie zu biologisch wirksamer Beleuchtung. © Zumtobel



Melatonin, das zur Abendzeit und zur frühen Nachtzeit produziert wird, wird auch als Schlafhormon bezeichnet. Wenn Licht im blauen Bereich Melatonin unterdrückt, spricht man von melanopischen Lichtwirkungen.  
© Licht.de

## **ZUVERLÄSSIGKEIT – LICHT IST BESTÄNDIG**

Aufgrund unterschiedlicher Umgebungsbedingungen im Industrie- und Handwerkswesen müssen Beleuchtungsanlagen zuverlässig und anwendungsspezifisch sein. Als Alternative zu einheitlichen Lösungen sind haltbare, zuverlässige Produkte erforderlich, die optimal an die individuellen Anwendungsanforderungen und Kundenbedürfnisse angepasst sind.

Industrie und Handwerk sind sehr vielfältig und von äußerst unterschiedlichen Umgebungsbedingungen geprägt. Die Ermittlung der vorherrschenden Umgebungseinflüsse spielt daher bei der Auswahl der richtigen Beleuchtung eine wesentliche Rolle. Die technischen Komponenten einer Leuchte sollten z.B. im Falle sehr hoher Temperaturen gegen Überhitzung geschützt sein. In Bereichen mit hoher Feuchtigkeit oder Verschmutzung sollten keine Flüssigkeiten oder Fremdkörper in das Innere eindringen können. Bei intensiven Reinigungsprozessen und chemisch belasteten Umgebungen muss der richtigen Materialauswahl erhöhte Aufmerksamkeit geschenkt werden, um Beständigkeit gegen Substanzen zu gewährleisten, die in dieser Anwendung vorhanden sind. Anwendungsspezifische Standards und Richtlinien enthalten häufig lichtbezogene Vorgaben, die erfüllt werden müssen. Prüflisten geben einen Überblick und erfassen die bestehenden allgemeinen Bedingungen in einem Industrieprojekt möglichst vollständig:

### **MECHANISCHE BESTÄNDIGKEIT**

Die mechanische Beständigkeit von Leuchten hat eine hohe Priorität in vielen Industrieanwendungen, denn oft können Ausrüstungsgegenstände mit Beleuchtungskörpern in Kontakt kommen. Der Schutz von Leuchten gegen äußere Einflüsse ist notwendig, um in dieser rauen Umgebung zu bestehen.

### **UMGEBUNGSBESTÄNDIGKEIT**

Aufgrund unterschiedlicher Fertigung und unterschiedlicher Prozesse verändern sich Industrieumgebungen ständig. Faktoren wie Staub, Feuchtigkeit und Temperatur haben Auswirkung auf die Lebensdauer und Qualität der Leuchten. Faktoren wie sehr hohe oder sehr niedrige Temperaturen beeinflussen womöglich nicht nur die Materialien, sondern auch die Lebensdauer und das einwandfreie Funktionieren der elektronischen Komponenten einer Lichtlösung. Außerdem führen Temperatur und Feuchtigkeit zu weiteren Reaktionen mit den Chemikalien in der Umwelt, was wiederum eine kurze Lebensdauer zur Folge hat und zu frühen Fehlfunktionen der Leuchten führt.

#### CHEMISCHE BESTÄNDIGKEIT

Es ist äußerst wichtig, vor der Auswahl der richtigen Materialien den Einfluss der Chemie in der Industrie zu bedenken. Diese sind in zwei Arten unterteilt – chemische Substanzen in der Umwelt und Chemikalien in Reinigungsmitteln. Chemische Substanzen in der Umwelt können durch verschiedene Prozesse in der Industrie hervorgerufen werden, z.B. durch die Verwendung von Ammoniak im landwirtschaftlichen Viehbestand. Chemikalien wie Alkalien, saure Reinigungsmittel, Desinfektionsmittel und Lösungsmittel, werden daneben in verschiedenen Industrien zur Reinigung verwendet. Lebensmittel-, Metall-, Pharma- oder Chemieindustrien können so einen negativen Einfluss auf die elektrische Anlagen, darunter die Beleuchtungsanlage, haben. Kunststoff- und Metallkomponenten können letztlich verschiedentlich auf ätzende Substanzen in Reinigungsmitteln reagieren.

Um das zu veranschaulichen, drei konkrete Beispiele aus der Industrie:

#### LEBENSMITTELINDUSTRIE

Wesentliche Voraussetzungen in der Lebensmittelindustrie umfassen den mechanischen Schutz wie Bruchsicherheit, Temperaturbeständigkeit aufgrund von Kaltlagerung und Heißverarbeitungsbereichen. Ferner ein chemischer Schutz gegen saure und alkalische Reinigungsmittel. Kunststoffe wie Polymethylmethacrylat (PMMA) bieten dafür eine maximale Beständigkeit.

#### PHARMAINDUSTRIE

In der Pharmaindustrie verwendete Reinigungsmittel enthalten Alkohol oder Ethanol als Desinfektionsmittel. Außerdem müssen Leuchten gegen Staub und Feuchtigkeit geschützt sein. Kunststoffe wie Polycarbonat (PC) bieten dafür eine maximale Beständigkeit.

#### METALLINDUSTRIE

In der Metallindustrie besteht das Risiko, dass Fremdkörper wie Kühlschmierstoffe, Schleifstaub, Fett- und Öldämpfe sowie Funkenflug, die Leuchte innen und außen beschädigen könnten. Eine hohe mechanische Widerstandsfähigkeit und Temperaturbeständigkeit ist daher erforderlich, um in der rauen Umgebung zu bestehen. Kunststoffe wie CHEMO bieten dafür eine maximale Beständigkeit.

Da die Beständigkeit von Metall, Kunststoff und Elastomeren jedoch durch die Präsenz, Konzentration und Temperatur anderer Chemikalien sowie weiteren Faktoren beeinträchtigt werden kann, sollte diese Information jedoch weniger als uneingeschränkte Gewährleistung, sondern lediglich als allgemeine Regel angesehen werden.

## **LEUCHTEN BIETEN MEHR ALS NUR EFFIZIENZ**

Ressourcen werden zunehmend weiter ausgeschöpft – mit der Folge, dass die Energiekosten kontinuierlich steigen. Das ruft zum Umdenken auf – insbesondere dort, wo die Leuchten beinahe ständig im Einsatz sind. Erst die Kombination aus LED-Leuchten mit Lichtsteuerungssystemen resultiert in einer energieeffizienten Lösung, die sowohl Energie als auch Wartungskosten einspart.

Gerade in der Industrie ist der Energieverbrauch aufgrund langer Betriebs- und Produktionszeiten besonders hoch. Das hat einen negativen Einfluss auf die CO<sub>2</sub>-Bilanz und kann Energiekosten in die Höhe treiben. Die Auswahl der richtigen Beleuchtung und Steuerungssysteme trägt somit wesentlich zu einer optimierten Nutzung der Energieressourcen bei: Energieeffiziente, dimmbare LED-Leuchten können den Stromverbrauch im Vergleich zu herkömmlichen Lichtlösungen um bis zu 25% reduzieren. Zentral gesteuerte Zeitmanagementsysteme und präzise positionierte Anwesenheitssensoren können zudem gewährleisten, dass die Beleuchtung nur eingeschaltet ist, wenn sie tatsächlich benötigt wird. Tageslichtsensoren dimmen die Leuchten schließlich je nach einfallendem Tageslicht, um einen konstanten Lichtpegel zu garantieren.



Saurabh Madan  
Lighting Application Manager  
Zumtobel Lighting GmbH



## Index

- <sup>1</sup> <http://www.zumtobel.com/com-de/active-light-industrie-technik.html>, Active Light. Connecting with Nature - Creating Light Creates Precision, Zumtobel, Dornbirn, Österreich.
- <sup>2</sup> <http://www.zumtobel.com/com-de/active-light-industrie-technik.html>, Four dimensions of Active light for Industry and Engineering, Zumtobel, Dornbirn, Österreich.
- <sup>3</sup> [http://www.zumtobel.com/PDB/teaser/DE/AWB\\_Industrie.pdf](http://www.zumtobel.com/PDB/teaser/DE/AWB_Industrie.pdf), Light for Industry and Engineering, brochure, Zumtobel, Dornbirn, Zumtobel, Dornbirn, Österreich.
- <sup>4</sup> <https://blogs.intel.com/iot/2014/05/21/smart-factory-internet-things-opportunity/>, Robinson, Jim, 2014, Smart Factory and the Internet of Things Opportunity, Intel, USA.
- <sup>5</sup> <http://www.pwc.com/us/en/advisory/digital-iqsurvey/assets/sensor-technology.pdf>, Sensing the future of the Internet of Things, PwC, USA.
- <sup>6</sup> [https://www.licht.de/fileadmin/Publications/licht-wissen/1409\\_LW19\\_E\\_Impact-of-Light-on-Human-Beings\\_web.pdf](https://www.licht.de/fileadmin/Publications/licht-wissen/1409_LW19_E_Impact-of-Light-on-Human-Beings_web.pdf), Wirkung des Lichts auf den Menschen, Licht.de 19, Frankfurt/Main, Deutschland.
- <sup>7</sup> <http://lighting.zumtobelgroup.com/study-flextronics>, Effect of changing lighting conditions on productivity, Zumtobel Research, Dornbirn, Österreich.
- <sup>8</sup> Nutzen einer besseren Beleuchtung, Völker, Stephan / Gall, Dietrich | IuD Bahn | 1997.
- <sup>9</sup> <http://www.zumtobel.com/com-de/downloads.html#studies>, Zumtobel Research Studies, Dornbirn, Österreich.