OHOE SERVICE



LICHT ALS SERVICE

MODERNE LEUCHTMITTEL IN PRODUKTIONSANLAGEN

Verbessern Sie jetzt die Qualität und Effizienz Ihrer Beleuchtung!

WWW.OHOE-LED.EU



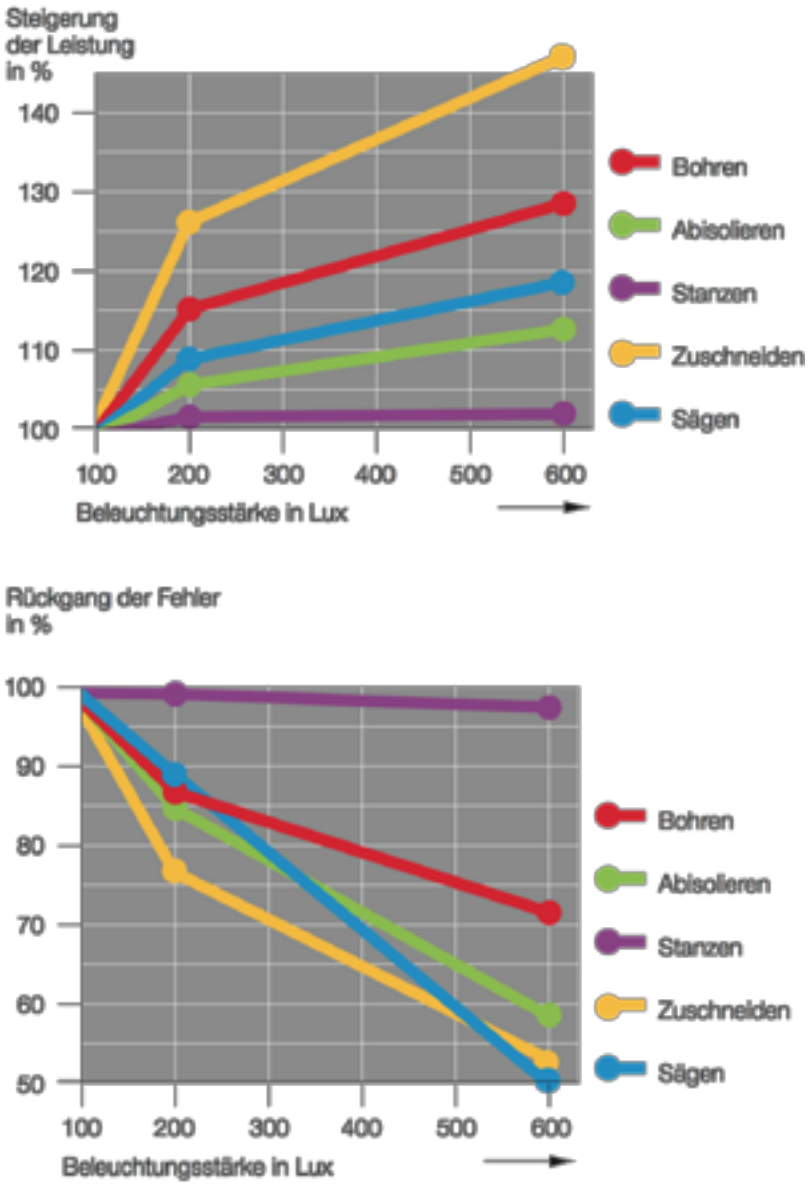
Das Licht bestimmt unseren Tag-Nacht-Rhythmus, beeinflusst unser gesamtes Wohlbefinden und unsere Leistungsfähigkeit. So lässt sich durch den Einsatz moderner Leuchtmittel und Beleuchtungsmethoden die Qualität in der Produktion und die Sicherheit am Arbeitsplatz steigern. Dieses Whitepaper beschreibt die Eigenschaften einer optimalen Beleuchtung und warum es sich lohnt, in gutes Licht zu investieren.

Eine Produktionshalle mit den richtigen Leuchtmitteln auszustatten und zugleich optimal auszuleuchten, ist eine große Herausforderung. Auch für die Büroarbeitsplätze im Unternehmen die richtige Beleuchtung zu finden und diese dann optimal zu platzieren, erfordert eine gewissenhafte Planung. Entscheidungen aus dem Bauch heraus funktionieren nicht und Fehler lassen sich später nur teuer und aufwendig korrigieren.

So ist die Beleuchtung von Arbeitsstätten in Deutschland in verschiedenen DIN-Reihen festgelegt, etwa in der DIN EN 124641, die der „Beleuchtung von Arbeitsstätten in Innenräumen“ gewidmet ist. Allerdings: Eine Norm beschreibt immer eine Mindestanforderung. Besser – in diesem Fall mehr Licht – ist also durchaus erlaubt.

Licht am Arbeitsplatz

Licht im Arbeitsumfeld einzusetzen, hat zunächst das Ziel, die Sehleistung des Menschen bei der Ausübung seiner Tätigkeit zu verbessern. Fehler lassen sich größtenteils vermeiden, wenn Mitarbeiter Details aufgrund optimaler Lichtverhältnisse besser wahrnehmen, etwa bei Tätigkeiten wie Bohren, Sägen, Stanzen, Abisolieren oder Prüfen der Maßhaltigkeit von Werkstücken.



Mehr Licht führt zu besseren Leistungen und weniger Fehlern.
Untersucht wurden die Leistungen und die Fehlerhäufigkeit an 350 Arbeitsplätzen. Quelle: Licht.de/TU Ilmenau.[2]

Somit wird bei richtiger Beleuchtung am Arbeitsplatz weniger Ausschuss produziert, bessere Qualität geliefert, die Produktivität gesteigert und es werden Kosten gespart. Verbesserte Sichtverhältnisse haben aber noch einen weiteren wichtigen Effekt: Sie tragen dazu bei, Arbeitsunfälle zu vermeiden, etwa weil Mitarbeiter bei optimaler Ausleuchtung ihrer Arbeitsumgebung Gefahrenstellen besser erkennen.

Licht und Farbe am Arbeitsplatz



Unser Sehsinn lässt uns Farben erkennen und Hell und Dunkel wahrnehmen. Die Farben haben dabei eine nicht zu unterschätzende Wirkung auf das Wohlbefinden des Menschen. Lichtverfälschungen einer künstlichen Beleuchtung am Arbeitsplatz können die Gesundheit der Mitarbeiter durchaus negativ beeinflussen. Die richtige Farbwiedergabe der eingesetzten Leuchtmittel ist daher äußerst wichtig.

Die Eigenschaft der Farbwiedergabe elektrischer Leuchtmittel beschreibt der Farbwiedergabe-Index Ra. Je höher er ist, desto besser ist die Farbwiedergabe. In der Praxis wird die Lichtfarbe einer Beleuchtungseinrichtung häufig durch die Farbtemperatur beschrieben und in Kelvin (K) angegeben. Drei verschiedene Lichtfarben werden dabei unterschieden:

Lichtfarbe	Farbtemperatur	Empfindung als
warmweiß	<3300 K	angenehm, behaglich
neutralweiß	3300 bis 5300 K	sachlich
tageslichtweiß	>5300 K	neutral, kühl

Für Büroräume, Produktionshallen und Erholungsräume eignen sich die Lichtfarben Warmweiß und Neutralweiß am besten. Bei Farbprüfungen und Qualitätskontrollen ist die Lichtfarbe Tageslichtweiß zu empfehlen.

Gesund bleiben, trotz Nachtarbeit

Viele Produktionsbetriebe stellen ihre Produkte im Schichtbetrieb her, also auch nachts. Der Mensch ist aber gewohnt, tagsüber, wenn es hell ist, wach zu sein und nachts, wenn es dunkel ist, zu schlafen. Der Schlaf ist für die Gesundheit des menschlichen Körpers wichtig für die Regeneration.

Das dafür benötigte Hormon Melatonin schüttet der Körper daher nur bei Dunkelheit aus. Licht sorgt dafür, dass er das überschüssige Melatonin abbaut. Wird dieser als innere Uhr bezeichnete Rhythmus gestört, führt das zu körperlichen Einschränkungen wie Müdigkeit, Antriebslosigkeit und auf längere Zeit zu Depressionen. Wie lässt sich nun dieser Prozess so beeinflussen, dass nachts arbeitende Menschen keinen gesundheitlichen Schaden erleiden?



Die richtige Arbeitsplatzbeleuchtung sorgt für ein besseres Wohlbefinden der Mitarbeiter, verhindert Ausschussproduktion und wirkt sich positiv auf die Produktivität aus. Zugleich trägt sie maßgeblich dazu bei, Arbeitsunfälle zu vermeiden.

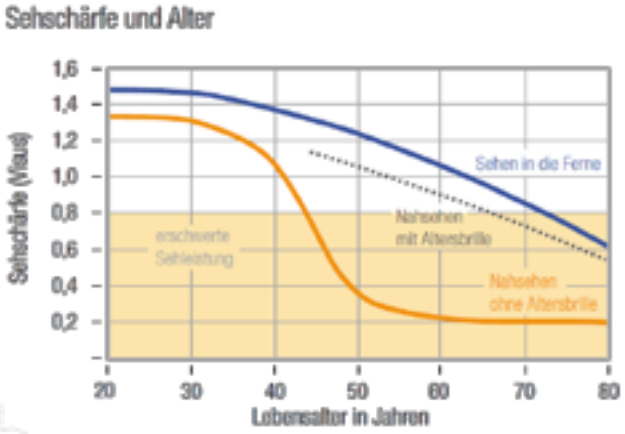
In der Nachtschicht die Intensität der Beleuchtung in den Produktionshallen zu verringern, genügt als alleinige Maßnahme leider nicht. Heute ist bekannt, dass ein angepasstes Farbspektrum des Lichts den Tag-Nacht-Rhythmus des Körpers positiv beeinflusst. Nachts muss also das Spektrum des Lichts anders sein als tagsüber. So wirkt sich blaues Licht stark auf die Ausschüttung des Hormons Melatonin aus, wogegen rötliches, warmweißes Licht darauf so gut wie keine Auswirkung hat.

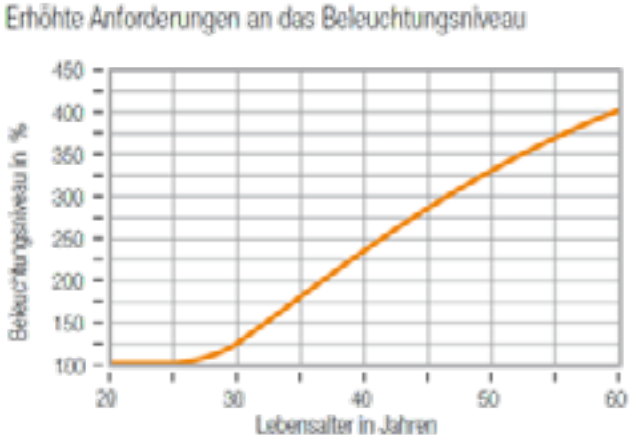
Optimal ist es daher, die Lichtverhältnisse in den Produktionshallen so nahe wie möglich den natürlichen Bedingungen nachzuempfinden. Ideal wäre, das Spektrum der Hallenbeleuchtung und die Intensität so anzupassen, wie sie dem Tagesverlauf in der Natur entspricht – allerdings immer unter der Voraussetzung, dass die in den DIN-Regularien genormte Mindestlichtstärke nicht unterschritten wird.

Die Tücken des Lichts kennen und ihnen begegnen

Wie viel Licht mindestens für einen bestimmten Arbeitsplatz erforderlich ist, definieren Normen. Diese Mindestvorgaben sind vom Arbeitgeber strikt einzuhalten. Allerdings ist dabei auch zu beachten, dass sich die Sehgewohnheiten und vor allem die Sehkraft sowie Lichtempfindlichkeit des menschlichen Auges mit dem Alter verändern.

Neben der Sehkraft verschlechtert sich mit zunehmendem Alter leider auch das Helligkeitsempfinden. Im Vergleich mit einem 20-jährigen Mitarbeiter benötigt ein 60-jähriger Mitarbeiter eine Beleuchtungsstärke mit etwa doppelt so hoher Intensität. Dieser Umstand ist bei einer Planung der Beleuchtungseinrichtung einer Produktionshalle zu berücksichtigen. Mit den heute verfügbaren modernen Technologien und Verfahren der Beleuchtungstechnik lässt sich beispielsweise eine personalisierte Beleuchtungsstärke durchaus realisieren.





Umwelteinflüsse berücksichtigen

Die Beleuchtung ist installiert, das Licht ist optimal. Die Mitarbeiter sind zufrieden und fühlen sich wohl – aber bleibt das Licht auch dauerhaft so, wie es jetzt scheint?

Kurz und knapp: Nein. Zunächst beeinflussen unterschiedliche Umwelteinflüsse die Qualität der Arbeitsplatzbeleuchtung. Staub und Schmutz reduzieren beispielsweise die Helligkeit. Deswegen sind abhängig vom Arbeitsumfeld regelmäßige Wartungsarbeiten an der Beleuchtung durchzuführen, um nicht die genormte Mindesthelligkeit zu unterschreiten und um nicht die korrekte Ausleuchtung bestimmter Arbeitsbereiche zu vernachlässigen.

Natürlich kann es auch passieren, dass Leuchtmittel kaputtgehen. Regelmäßige Kontrollen und ein zeitnaher Ersatz defekter Lichtquellen ist für die optimale Ausleuchtung des Arbeitsplatzes daher wichtig.

Warum die Glühlampe ein Auslaufmodell ist

Bis vor wenigen Jahrzehnten bestand die gängige Beleuchtung an Arbeitsplätzen aus Glühlampen. Das Prinzip: Innerhalb des Glaskolbens der Glühlampe befindet sich ein Metallfaden. Nach Anlegen einer elektrischen Spannung fließt ein Strom durch den Metallfaden. Dadurch erhitzt er sich und beginnt zu glühen.

Der Metallfaden glüht unter der Voraussetzung, dass der Strom ausreichend hoch ist. Die Temperatur des Metallfadens liegt dann zwischen 1500 und 3000 °C und erzeugt eine elektromagnetische Strahlung im Bereich der Infrarotstrahlung und des sichtbaren Lichts. Damit er nicht verglüht, wird ein entsprechendes Material verwendet, etwa Wolfram. Zudem wurde die Luft aus dem Glaskolben gesaugt und stattdessen ein Schutzgas eingefüllt.

Glühlampen haben den großen Nachteil, dass sie im Vergleich zur aufgenommenen elektrischen Leistung nur einen geringen Anteil – rund 2 Prozent – an Licht abstrahlen. Der große Rest ist Strahlung im infraroten Bereich, also Wärmestrahlung. Ihr Wirkungsgrad ist damit sehr gering und auch die Lichtausbeute im Verhältnis zur aufgenommenen Leistung ist äußerst dürftig.



Leuchtstoffröhren als Arbeitsplatzbeleuchtung

Als Arbeitsplatzbeleuchtung wurden die wirtschaftlich unrentablen Glühlampen zumeist durch Leuchtstofflampen ersetzt. Diese haben im Vergleich zur Glühlampe eine höhere Lichtausbeute bei einer Energieersparnis von 70 bis 85 Prozent.



Bei der Planung einer modernen Beleuchtung für Produktionsanlagen ist auch das Alter der Beschäftigten zu berücksichtigen. So benötigt ein 60-jähriger Mitarbeiter für die Ausübung einer Tätigkeit rund doppelt soviel Helligkeit wie sein 20-jähriger Kollege.

Die Leuchtstoffröhre ist eine Gasentladungsröhre. Sie ist mit Quecksilberdampf gefüllt, meist unter Zusatz von Argon. Das Gas wird mithilfe der Starterelektronik oder eines einfachen Glimmzünders in Kombination mit einer Vorschaltdrossel (spezielle Spule mit Eisenkern) gezündet.

Solange dann Strom zwischen den beiden Kathoden am jeweiligen Ende der Röhre fließt, emittiert das Gas eine Ultraviolettstrahlung. Das innere der Leuchtstoffröhre ist zusätzlich mit einem fluoreszierenden Leuchtstoff beschichtet. Er hat die Eigenschaft, die ultraviolette Strahlung in sichtbares Licht umzuwandeln.

Leuchtstofflampen werden in vielen unterschiedlichen Weiß-Varianten hergestellt. Grob unterscheiden sie sich in den drei Varianten Warmweiß, Kaltweiß und Tageslichtweiß. Zudem sind sie in vielen Bauformen und für den Einsatz unter verschiedensten Raumbedingungen erhältlich.

Ein Nachteil der Leuchtstoffröhre für den Einsatz zur Arbeitsplatzbeleuchtung ist ihr Stroboskop- oder Flimmereffekt. Der entsteht bedingt durch die Wechselspannung von 50 Hertz und ist als Flimmern mit einer Frequenz von 100 Hertz wahrzunehmen.

Im ungünstigsten Fall lässt dieser Effekt rotierende Maschinenteile als unbewegliche Teile erscheinen und bewirkt so ein erhöhtes Unfallrisiko. Außerdem führt das Flimmern zu einer schnellen Ermüdung der Mitarbeiter. Verschiedene Maßnahmen und Zusatzgeräte tragen dazu bei, diese Effekte zu verringern. Dennoch sind die Tage der Leuchtstoffröhren zur Arbeitsplatzbeleuchtung gezählt. Denn modernere Leuchtmittel zeigen wesentlich bessere Eigenschaften für jede Arbeitsplatzbeleuchtung.

HQL-Strahler sind out

Vor allem in hohen Produktionshallen wurden bisher oft HQL-Strahler eingesetzt. Diese Leuchten sind auch als Quecksilberdampflampen bekannt und derzeit immer noch sehr verbreitet. Sie gehören, ähnlich wie Leuchtstoffröhren, zu den Gasentladungslampen. HQL-Strahler sind mit Quecksilberdampf gefüllt und enthalten zusätzlich noch ein Edelgas, meist Argon.

Dieser Lampentyp hat eine vergleichsweise geringe Energieeffizienz. Ihr hoher Anteil an UV- und Infrarotstrahlung lockt beispielsweise jede Menge Insekten an, die das Leuchtmittel schnell verschmutzen lassen. Hinzu kommt, dass ihre Leuchtkraft technisch bedingt relativ schnell nachlässt. All das erfordert einen erhöhten Wartungsaufwand und damit verbundene relativ hohe Kosten.

Nach den geltenden EU-Richtlinien dürfen HQL-Strahler seit April 2015 nicht mehr hergestellt und nicht mehr vermarktet werden. Das schließt auch den Import dieses Lampentyps ein. Hintergrund ist vor allem die hohe Ineffizienz der HQL-Strahler sowie ihr hoher Gehalt an Quecksilber.
HQL-Strahler lassen sich hervorragend durch die wesentlich effizienteren LED-Leuchten schnell und einfach ersetzen. Sie übertreffen außerdem die Lebensdauer einer HQL um ein Vielfaches und amortisieren sich innerhalb kurzer Zeit.

Moderne Leuchtmittel

Nach und nach erkennen Unternehmen die Vorteile moderner Leuchtmittel an Arbeitsplätzen in Büroräumen und Produktionshallen. Aber einfach alleine nur die herkömmliche Beleuchtung gegen modernere Leuchtmittel zu ersetzen, lässt viele Eigenschaften ungenutzt. Wichtig ist daher, zum einen die Eigenschaften und zum anderen die sich daraus ergebenden Möglichkeiten zu kennen.
Moderne Leuchtmittel setzen heutzutage auf die LED-Technologie. Die Buchstaben LED stehen für „Light Emitting Diode“ – ein elektronisches Halbleiter-Bauelement (Diode), das Licht abstrahlt oder aussendet. Andere Bezeichnungen sind „Leuchtdiode“ und „Lumineszenz-Diode“.

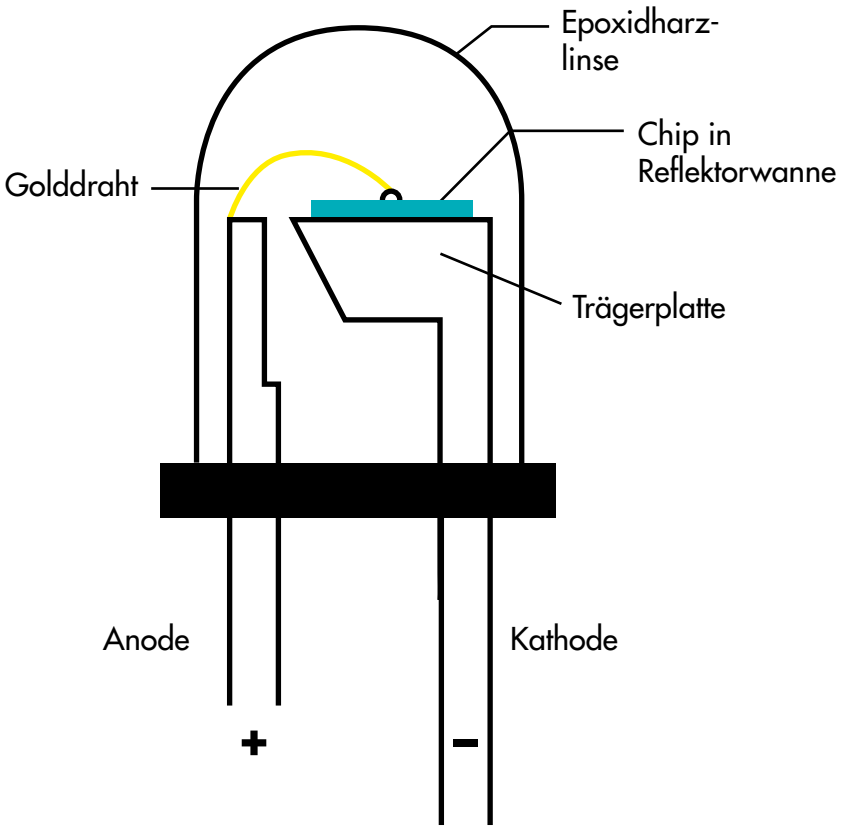
Die elektrischen Eigenschaften einer LED entsprechen denen einer Diode. Abhängig von der Polarisation der angelegten Spannung, fließt durch die Diode hindurch entweder ein Strom (Durchlassrichtung) oder nicht (Sperrrichtung). Das Besondere der LED ist: Sobald ein Strom durch sie hindurchfließt, sendet sie Licht aus. Dabei hängt die Wellenlänge des Lichts vom verwendeten Halbleitermaterial sowie dessen Dotierung (das Einbringen von Fremdatomen in das Halbleiter-material) ab. So sind LEDs auch geeignet, ultraviolettes oder infrarotes Licht abzustrahlen.

LEDs strahlen keine Wärme ab, wie das beispielsweise bei Glühlampen der Fall ist. Das abgestrahlte Licht ist monochromatisch, hat also eine ganz bestimmte Wellenlänge. Außerdem ist die Lichtleistung (Lumen, lm) einer LED in Bezug auf ihre Leistung (Watt, W) um ein vielfaches höher als bei Glühlampen und bei Leuchtstoffröhren. Der Einsatz moderner LED-Leuchtmittel an Arbeitsplätzen und in Produktionshallen wirkt sich daher sehr positiv auf die Energiebilanz des Unternehmens aus.

LED-Leuchtmittel am Arbeitsplatz

Die Lebensdauer einer LED kann bis zu 109 Stunden betragen. Allerdings ist das ein theoretischer Wert. Der tatsächliche Wert ist mit 50.000 bis 100.000 Stunden zwar wesentlich geringer, aber immer noch sehr hoch. Im praktischen Betrieb interessiert jedoch weniger die absolute Lebensdauer als vielmehr die Nutzlebensdauer. Aber was genau ist die Nutzlebensdauer und wodurch wird sie beeinflusst?

Eine Glühlampe funktioniert, bis ihr Glühfaden durchbrennt. Das geschieht abrupt – von 100 Prozent funktionierend zu defekt. Anders verhält sich eine LED. Sie altert während ihrer Lebenszeit allmählich. Das äußert sich in der Abnahme des Lichtstroms (Helligkeit) über die Zeit. Dieser Effekt ist messbar und wird als Degradation bezeichnet. In Datenblättern wird dieser Wert mit dem Buchstaben L gefolgt von einer Zahl angegeben.



Die Grafik zeigt den prinzipiellen Aufbau einer LED. Sobald ein Strom von wenigen Milliampere (mA) zwischen Anode und Kathode fließt, emittiert der Halbleiter Licht. Reflektor und Linse beeinflussen Lichtstärke und Helligkeit. Quelle: Wikipedia[3]

L80 steht beispielsweise für die Zeit, nach der der Lichtstrom oder die Helligkeit nur noch 80 Prozent erreicht, also um 20 Prozent abgenommen hat. Die zu diesem Wert zugleich angegebene Zeit in Stunden ist ein Mittelwert und nicht als Garantie zu verstehen. Echte Ergebnisse zum tatsächlichen Lichtstrom lassen sich nur durch Messung oder durch kontinuierliches Monitoring feststellen. Für die Degradation bei LED-Leuchtmitteln gibt es mehrere Gründe:

- Hohe Temperaturen: Sie beeinflussen die Halbleiterstruktur der LED dauerhaft ungünstig, indem es zu einer Zunahme von Fehlstellen kommt. Diese Bereiche sind nicht in der Lage, Licht zu emittieren. Die Folge ist, dass der Lichtstrom und damit die Helligkeit abnimmt.
- Umwelteinflüsse: Jede LED ist von einem Gehäuse umschlossen, das den unterschiedlichsten Umwelteinflüssen trotzen muss. Gerade im Arbeitsumfeld sind Staub, Schmutz und unterschiedliche Dämpfe alltäglich. Kommen sie mit dem LED-Gehäuse in Kontakt, kann das unterschiedliche Folgen haben, etwa Verschmutzung oder Trübung des Gehäusematerials. Auch das verringert den Lichtstrom.
- Materialalterung: Mit der Zeit kann es passieren, dass durch Alterungsprozesse bestimmte Verbindungen mechanisch zerstört werden. Das können Kontakte elektrischer Verbindungen sein. Aber auch verklebte Flächen können sich aufgrund des Alterns lösen und damit den Degradationsvorgang beschleunigen oder für den Totalausfall einer LED verantwortlich sein.

Trotz dieser Einschränkungen überwiegen die Vorteile von LED-Licht deutlich, da die Lebensdauer viel länger und der Stromverbrauch um Faktoren geringer ist als bei herkömmlichen Lichtmitteln.



Licht als Service – Lösungen und Vorteile

Wenn es um die richtige Beleuchtung am Arbeitsplatz und in Produktionshallen geht, darf nichts dem Zufall überlassen werden. Vielmehr lohnt es sich, die komplette Beleuchtungsanlage von der Idee über die Planung, von der Kostenbilanz bis hin zur Wartung als Komplettservice in Anspruch zu nehmen. Um eine bestehende Beleuchtungsanlage wirtschaftlich durch LED-Technik zu ersetzen, braucht es:

- eine kompetente Beratung
- LED-Technik, auf die Verlass ist
- einen Partner, der Erfahrung mit Beleuchtungsanlagen hat
- ein professionelles Projektmanagement zur Realisierung

Viele Unternehmen scheuen das Risiko, die bestehende Beleuchtung durch diese junge Technik zu ersetzen. Vor allem die damit verbundenen hohen Investitionen schrecken ab. Ein besonderer Ansatz ist daher, nicht mehr der Eigentümer der Lichtproduktion selbst zu sein, sondern das auszulagern. Letztlich möchten Sie als Unternehmen ja keine Lampen und Lichter betreiben, sondern sie benötigen für die Produktion Licht in der gewünschten Qualität und Menge.

Das ist die Lösung „Licht als Service“ von Open House of Energy: Sie nimmt dem Unternehmen die Investition zu 100 Prozent ab und managt den kompletten Umbau der Beleuchtung. Dazu zählt ebenfalls das komplette Engineering und Projektmanagement. Auch fallen für die komplette Umrüstung der Beleuchtung keine Investitionskosten an. Das Unternehmen muss keine Ressourcen für Wartung und Instandhaltung planen. Stattdessen lässt sich das eingesparte Geld in das Kerngeschäft investieren.

Bei „Licht als Service“ kommen unter anderem LED-Beleuchtungsanlagen mit Hallenstrahlern und Lichtbandsysteme zum Einsatz. Das sind hocheffiziente LED-Leuchtmittel mit 135 bis 160 Lumen je Watt (lm/W). Der Einsatz intelligenter Steuerungssysteme für das Licht sorgt immer für die optimale Ausleuchtung und dafür, dass Mitarbeiter produktiver sind. Selbstverständlich überwacht ein Lichtmanagementsystem die komplette Beleuchtung, um beispielsweise die Degradation der LEDs zu kontrollieren.

Ohne etwas investieren zu müssen, sind Unternehmen so in der Lage, die Lichtqualität für ihre Mitarbeiter zeitnah nachhaltig zu verbessern. Die höhere Effizienz der modernen Lichtanlage spart außerdem Strom und trägt dazu bei, die CO2-Emissionen zu reduzieren. Einzige Bedingung: Das Unternehmen muss sich für eine Laufzeit von mindestens 5 Jahren binden. Die Abrechnung des Service erfolgt nach Lichtleistung und Lichtqualität. Am Ende der Vertragslaufzeit bestehen die Optionen, die LED-Beleuchtungsanlage zu erwerben oder den „Licht als Service“-Vertrag zu verlängern.

Das folgende Diagramm zeigt, warum sich „Licht als Service“ lohnt: Es senkt nicht nur die laufenden Kosten, weil die neue Lichtlösung wesentlich effizienter arbeitet, das Unternehmen spart sich auch noch die Investitionen, hat keine Wartungskosten mehr, schafft mehr Qualität in der Produktion und senkt die Anzahl der Krankheitstage bei Mitarbeitern.

Beispiel: +300 Lux und 800.000 Euro Liquidität

Unternehmen: Maschinenbau, Fertigungshalle

Beleuchtung vor Umrüstung: 534 HQI-Strahler mit 200 W und 400 W Leistung

Beleuchtung nach Umrüstung: 1:1 Tausch: LED HighBays mit 140 W und 200 W

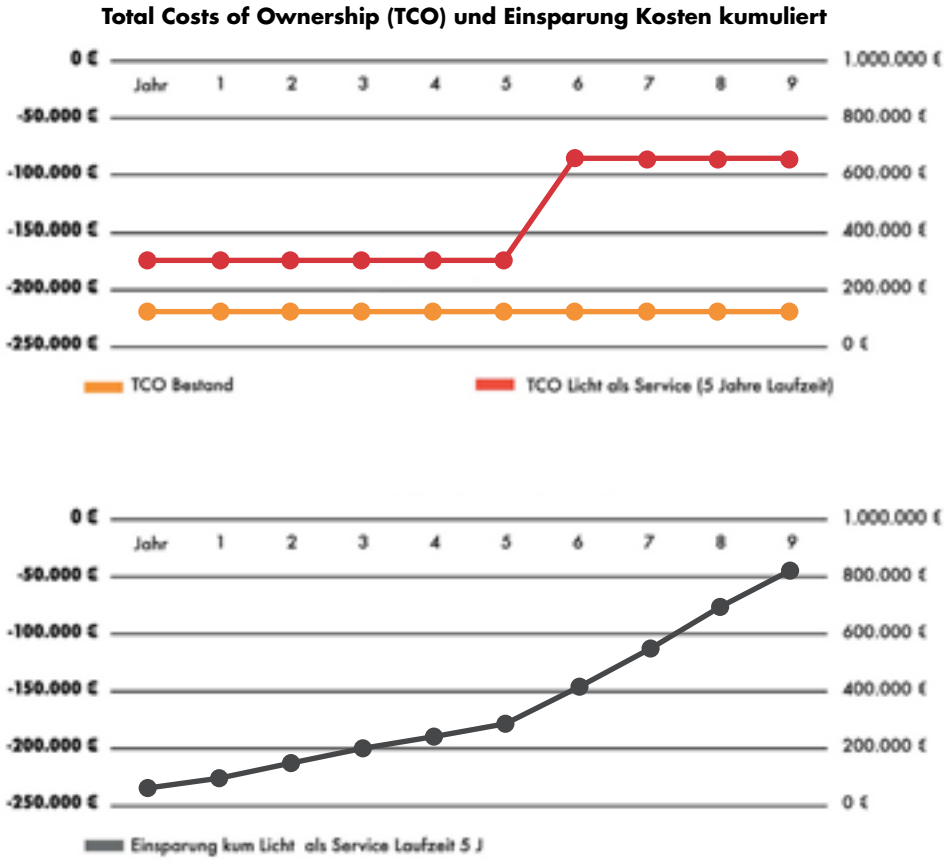
Effizienz: 156/lm/W

Strompreis: 14 cent/kWh

Brenndauer Licht: 6.800 h/a

Lebenszeit LED HighBays: >100.000 h; (L70 > 100.000 h)

Laufzeit Licht als Service Vertrag: 5 Jahre



Fazit

Die optimale Ausleuchtung des Arbeitsplatzes ist für Mitarbeiter und Unternehmen enorm wichtig. Sie beeinflusst die Produktivität, die Gesundheit der Mitarbeiter, die Fehlerquote und damit auch das Betriebsergebnis in der Produktion. Eine Modernisierung der Beleuchtung ist daher in vielen Fällen ein Gewinn für alle. Mit „Licht als Service" kann sich jedes Unternehmen diese Verbesserung leisten, weil es ohne Investitionskosten auskommt und wie ein Leasing funktioniert. Es spart darüber hinaus auch noch Wartungskosten.

Ein zuverlässiger Partner auf diesem Weg ist Open House of Energy. Als Partner stellt Open House of Energy die komplette Beleuchtungsanlage in Ihrem Unternehmen auf modernste LED-Lichttechnik um, übernimmt den Service, die Wartung und managt die Finanzierung des gesamten Projekts, ohne das Sie dafür hohe Investitionskosten veranschlagen müssen.

Lichtleistung und Effizienz

Eine wichtige Größe eines Leuchtmittels ist seine gesamte Lichtleistung. Sie wird in Lumen (lm) angegeben. Dabei spielt es keine Rolle, ob das Leuchtmittel sein Licht in alle Richtungen (kugelförmig), in verschiedene Richtungen oder punktförmig konzentriert als Spot abgibt.
Die Effizienz eines Leuchtmittels lässt sich einfach berechnen, indem die Lichtleistung in Lumen durch die elektrische Leistung (Watt) geteilt wird:

Effizienz der Leuchte = lm/W

Typische Werte für gängige Leuchtmittel sind:

- Glühlampe: 10 bis 30 lm/W
- Leuchtstoffröhre 45 bis 100 lm/W
- Energiesparlampe: 50 bis 80 lm/W
- NAV-Lampe 150 lm/W (monochromes Licht)
- LED-Lampe: 120 bis 180 lm/W

Leuchtmittel mit weniger als 50 lm/W sollten heutzutage nicht mehr eingesetzt werden.

Über Open House of Energy GmbH

Die Open House of Energy GmbH ist ein in Grafing bei München ansässiges Unternehmen. Als Partner managt Open House of Energy die komplette Umrüstung alter Beleuchtungsanlagen in der Industrie auf modernste LED-Lichttechnik. Dabei steht das Motto *Licht* als Service im Mittelpunkt. Neben einer kompetenten Beratung und einem professionellen Projektmanagement kümmert sich das Unternehmen um die Finanzierung sowie um die Wartung und Instandhaltung der kompletten Beleuchtungsanlage.

Open House of Energy GmbH
Am Schammacher Feld 21
D-85567 Grafing bei München
www.ohoe.eu
+49 8092-863 550

Quellenangaben:

1) Leitfaden zur DIN EN 12464: http://www.licht.de/fileadmin/Publikationen_Downloads/130307_Leitfaden_DIN_2_Web.pdf
2) licht.wissen, Ausgabe 5, Seite 12: http://www.licht.de/fileadmin/Publikationen.../lichtwissen05_Industrie_und_Handwerk.pdf
3) licht.wissen, Ausgabe 7, Seite 47: http://www.licht.de/fileadmin/Publikationen_Downloads/lichtwissen07_Gesundheitsfaktor-Licht.pdf
4) Leuchtdiode bei Wikipedia: https://de.wikipedia.org/wiki/Leuchtdiode
5) Degradation: http://www.ledshift.com/Degradation.html
6) Fraunhofer-Institut: https://blog.iao.fraunhofer.de/einfach-mehr-licht-warum-die-beleuchtung-in-produktionshallen-besser-werden-muss/
7) Sehen beim Menschen: https://de.wikipedia.org/wiki/St%C3%A4bchen_(Auge)
8) Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse: http://www.vkm-baden.de/arbeitssicherheit/beleuchtung.pdf

Bildnachweis:

Seite 1: Quelle: www.fotolia.de | Urheber: Nyo009
Seite 2: Quelle: www.fotolia.de | Urheber: Smileus
Seite 4: Quelle: www.fotolia.de | Urheber: Bits and Splits
Seite 5: Quelle: www.fotolia.de | Urheber: industrieblick
Seite 7: Quelle: www.fotolia.de | Urheber: phive2015
Seite 8: Quelle: licht.de – Brancheninitiative ZVEI
Seite 11: Quelle: www.fotolia.de | Urheber: ohsuriya