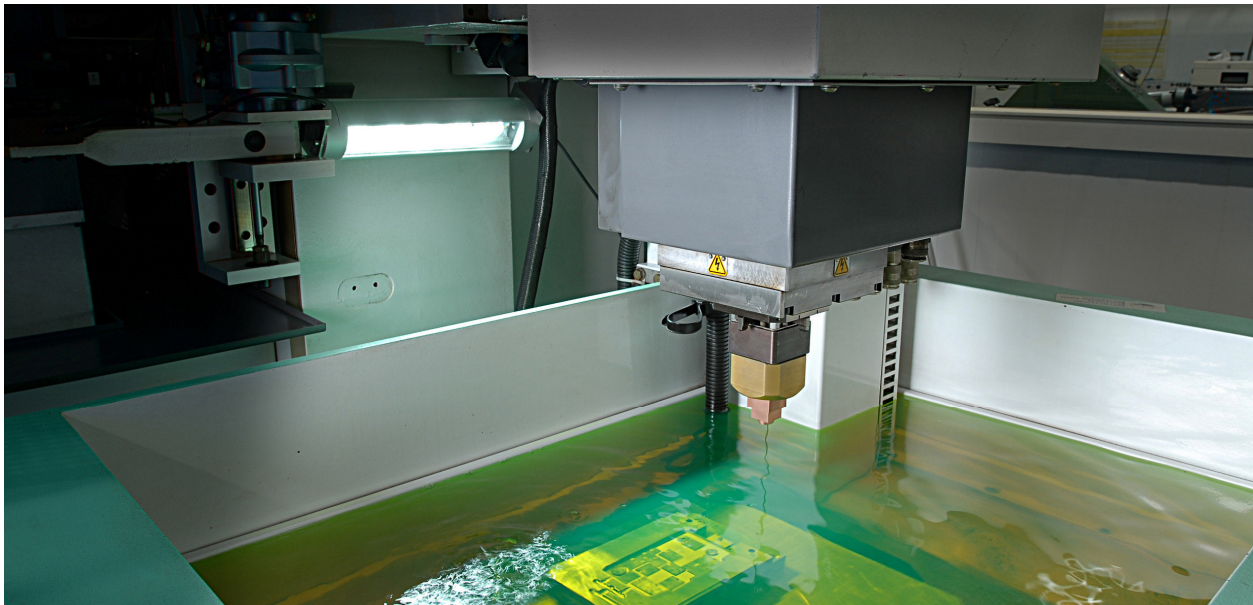


## White Paper

### LED-Beleuchtungen für die Industrie

---

**Autor: Thorsten Landau**  
**Technischer Berater**



## Inhaltsverzeichnis

<b>Einleitung</b>	<b>3</b>
<b>Lange Betriebszeiten</b>	<b>3</b>
<b>Unterschiedliche Lichtfarben</b>	<b>4</b>
<b>Einsatzfeld spezifiziert konkrete Anforderungen</b>	<b>5</b>
<b>Ansteuerung über SPS</b>	<b>5</b>
<b>Flexibel, schlagfest, ölbeständig</b>	<b>6</b>
<b>Aktives Temperaturmanagement</b>	<b>7</b>
<b>Flächige Ausleuchtung in hoher Schutzklasse</b>	<b>7</b>
<b>Prädestiniert für hohe Umgebungstemperaturen</b>	<b>9</b>
<b>Erfüllung von erhöhten Hygieneanforderungen</b>	<b>10</b>
<b>Äußerst hart im Nehmen</b>	<b>11</b>
<b>Gleichmäßige Lichtverteilung am Arbeitsplatz</b>	<b>12</b>
<b>Fazit</b>	<b>12</b>

## Einleitung

Eine auf den jeweiligen Arbeitsplatz abgestimmte Beleuchtung ist in vielen Industriebereichen unverzichtbar. Richtiges Licht steigert nicht nur die Fertigungsqualität, sondern erhöht auch die Arbeitssicherheit. Für die Ausleuchtung von Werkplätzen, Arbeitsbereichen von Maschinen oder Schaltschränken, um nur einige Beispiele zu nennen, gibt es mittlerweile eine Vielzahl an Lösungen. Doch welche Beleuchtungen empfehlen sich tatsächlich für welche Anwendungen?

Der Einsatz herkömmlicher Leuchtmittel ist in vielen Industrieanwendungen wenig sinnvoll, da sie nicht für die spezifischen und teilweise auch sehr rauen Umgebungsbedingungen ausgelegt sind. Je nach Applikation muss die richtige Beleuchtung neben einem möglichst perfekten Licht eine Reihe an zusätzlichen Anforderungen erfüllen. Hierzu gehören z. B. eine hohe Schock- und Vibrationsfestigkeit, die Resistenz gegen Kühl- und Schmierstoffe, eine hohe Dichtigkeit oder auch spezifische Hygieneanforderungen, um nur einen kleinen Ausschnitt zu geben. Neben diesen und weiteren vielfältigen Anforderungen stehen eine lange Lebensdauer und eine hohe Energieeffizienz im Fokus.

## Lange Betriebszeiten

Vielfach durchgesetzt haben sich daher LED-Beleuchtungen, da sie vor allem durch lange Betriebszeiten überzeugen. Mit durchschnittlich 50.000 Betriebsstunden und darüber hinaus können LED mit einer Lebensdauer aufwarten, die im Vergleich zu herkömmlichen Leuchtmitteln (ca. 4.000 bis 5.000 Betriebsstunden) um den Faktor 10 höher liegt.

Die in solchen Leuchten verwendeten LED strahlen Weißlicht ab. Weißlicht ist ein sogenanntes polychromatisches oder auch spektralbreitbandiges Licht, das sich aus einer Mischung von elektromagnetischer Strahlung mit unterschiedlicher Wellenlänge im Bereich von 390 bis 780 nm zusammensetzt (Abb. 1). Je nach Ausprägung der verschiedenen Wellenlängenanteile empfindet das menschliche Auge die Lichtfarbe als eher „kalt“ oder „warm“.

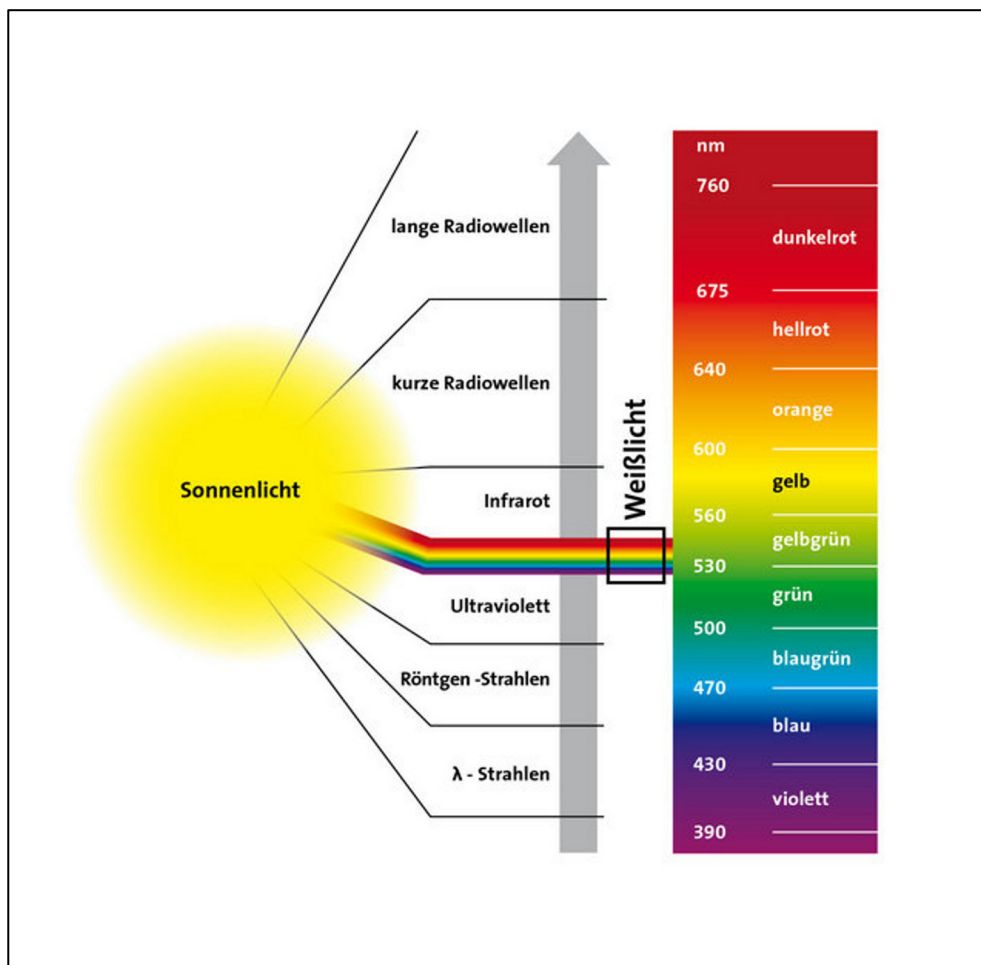


Abb. 1: Weißlicht setzt sich aus einer Mischung von elektromagnetischer Strahlung mit unterschiedlicher Wellenlänge im Bereich von 390 bis 780 nm zusammen.

## Unterschiedliche Lichtfarben

In den Anfängen waren Weißlicht-LED nur in der Lichtfarbe „Kaltweiß“ bzw. „Tageslichtweiß“ mit einer Farbtemperatur von über 5.000 Kelvin (K) verfügbar. Mittlerweile sind diese Leuchtmittel auch in „Neutralweiß“ sowie „Warmweiß“ mit Farbtemperaturen von 3.300 bis 5.000 K respektive unter 3.000 K (Warmweiß) erhältlich. Vorangetrieben wurde diese Entwicklung vor allem durch die Konsumenten, die das kalte LED-Licht speziell in Wohnbereichen als unangenehm empfanden und daher die ersten neuen Lösungen mit LED-Technologie vielfach ablehnten.

## Einsatzfeld spezifiziert konkrete Anforderungen

Im Gegensatz zum allgemeinen Gebrauch im häuslichen Umfeld wird die Wahl der richtigen Beleuchtung in der Industrie grundlegend von ihrem potenziellen Einsatzfeld bestimmt. Hierbei spielen die bereits genannten Anforderungen, die durch den konkreten Einsatzbereich weiter spezifiziert werden, eine wesentliche Rolle. Zusätzlich zu diesen Anforderungen ist im Zusammenhang mit der Lichtleistung mitunter auch der zur jeweiligen Applikation passende Abstrahlwinkel der Beleuchtungslösung zu berücksichtigen. Der Abstrahlwinkel bestimmt in Abhängigkeit der Entfernung des Leuchtmittels zum Arbeitsbereich die in einer Anwendung zu erzielende Flächenausleuchtung.

Das Spektrum an industriellen Beleuchtungslösungen ist breitgefächert und reicht von kompakten M18-Leuchten mit einer LED, über High-Power-Leuchten mit bis zu 20 LED bis hin zu sehr widerstandsfähigen Leuchten mit hoher Dichtigkeit und Beständigkeit gegen aggressive Stoffe.

## Ansteuerung über SPS

Robuste M18-LED-Leuchten (Abb. 2) sind aufgrund ihrer Abstrahlwinkel von 22° (mit drei LED) sowie 120° (mit einer LED) sehr vielseitig einsetzbar und können direkt in eine Maschine oder einen Schaltschrank montiert werden. Da die Stromaufnahme der Leuchten 27 bzw. 38 mA bei einer Versorgungsspannung von 24V DC beträgt, lassen sie sich außerdem über einen SPS-Ausgang ansteuern. Eine solche Ansteuerung ist vor allem dann sinnvoll, wenn die Leuchte nicht permanent, sondern nur bei bestimmten Tätigkeiten oder Maschinenfunktionen aktiv sein soll. Durch ein solches zeitgesteuertes Beleuchten des Arbeitsbereichs erhöht sich außerdem die Lebensdauer der LED-Leuchte. Geschützt werden die Weißlicht-LED der M18-Leuchten durch eine Frontscheibe aus Luxacryl 2h, ein Material mit beidseitiger Hartbeschichtung, das für eine erhöhte Kratz- und Chemikalienbeständigkeit sorgt.

Abb. 2: Robuste M18-LED-Leuchten sind aufgrund ihrer Abstrahlwinkel von 22° (mit drei LED) sowie 120° (mit einer LED) sehr vielseitig einsetzbar und können direkt in eine Maschine oder einen Schaltschrank montiert werden.



## Flexibel, schlagfest, ölbeständig

Für den Einsatz an Dreh-, Fräs- oder Erodiermaschinen respektive Stanz- oder Spritzgießautomaten eignen sich Arbeitsleuchten mit flexibel einstellbarem Schwanenhals (Abb. 3) aufgrund ihres Abstrahlwinkels von 25°, der bei einem Abstand von 50 cm eine Flächenausleuchtung von rund 30 cm Durchmesser ergibt. Diese Leuchten bestehen aus schlagfestem sowie ölbeständigem Kunststoff und lassen sich mit einem starken Magnetfuß direkt an ferrometallische Oberflächen anbringen, was deren flexiblen Einsatz erhöht. Alternativ hierzu können sie aber auch mit einem Anschraubsockel befestigt werden. Der flexibel handhabbare Schwanenhals in Längen von 250 mm und 500 mm ermöglicht außerdem die Verwendung dieser Lösung als Tischleuchte für Werkbänke, an Prüfplätzen oder als Beleuchtung für Mikroskope.



Abb. 3: Aufgrund ihres Abstrahlwinkels von 25° eignen sich Arbeitsleuchten mit flexibel einstellbarem Schwanenhals für den Einsatz an Dreh-, Fräs- oder Erodiermaschinen respektive Stanz- oder Spritzgießautomaten.

## Aktives Temperaturmanagement

Direkt in die Maschine montiert werden können kaltweiße LED-Aufbau-Leuchten mit direkter (kreisförmiger) oder diffuser Beleuchtungsgeometrie (Abb. 4). Durch die verwendeten Gehäusematerialien aus Kunststoff (Längsleuchte, 120 x 25 x 23,5 mm) und vor allem Aluminium (Würfelleuchte, 41 x 41 x 66 mm) lassen sich diese LED-Leuchten selbst in kritischen Umgebungen, etwa bei Einsatz von Kühl- sowie Schmierstoffen, nutzen. Für den Schutz der LED, die für eine Betriebsdauer von 50.000 Stunden ausgelegt sind, verfügen die Leuchten über ein aktives Temperaturmanagement, das bei zu starker Erwärmung den LED-Strom entsprechend herunterregelt.



Abb. 4: Durch die verwendeten Gehäusematerialien aus Kunststoff (Längsleuchte, 20 x 25 x 23,5 mm) und vor allem Aluminium (Würfelleuchte, 41 x 41 x 66 mm) lassen sich diese LED-Leuchten selbst in kritischen Umgebungen, etwa bei Einsatz von Kühl- sowie Schmierstoffen, nutzen.

## Flächige Ausleuchtung in hoher Schutzklasse

Müssen hingegen Arbeitsbereiche flächig ausgeleuchtet werden, wie z.B. in Bearbeitungszentren (BAZ), bieten High-Power-LED-Leuchten (Abb. 5) trotz kompakter Bauform die hierfür notwendige hohe Lichtleistung. Diese Leuchten sind mit sechs Hochleistungs-LED (je 1,5 W Leistung) bestückt und erzielen mit einem Abstrahlwinkel von 70° eine gleichmäßige Ausleuchtung von Arbeitsbereichen nicht nur in BAZ, sondern auch in Dreh-, Bohr- und Fräsmaschinen oder in Stanzautomaten. Da derartige Einsatzbereiche immer auch mit rauen Umgebungsbedingungen einhergehen, müssen solche Beleuchtungslösungen zumeist auch erhöhte Anforderungen an die Dichtigkeit erfüllen. Aus diesem Grund sind sämtliche Dichtungen der High-Power-LED-Leuchten aus Viton, die eine hohe Schutzart IP67 gewährleisten. Nur zum Vergleich: In Industrieanlagen werden typischerweise Gehäuse in IP54 verbaut, die somit gegen Staub in „schädigenden Mengen“ und allseitiges Spritzwasser geschützt sind. IP67 hingegen bedeutet komplette Dichtigkeit gegen Staub und ermöglicht ein zeitweiliges Untertauchen des Gehäuses in Wasser (Vergleiche Abb. 6).



Abb. 5: Müssen Arbeitsbereiche flächig ausgeleuchtet werden, bieten High-Power-LED-Leuchten die hierfür notwendige hohe Lichtleistung.

1. Kennziffer		Bedeutung:	
DIN 40 050 Teil 9	DIN EN 60529	Schutz gegen Fremdkörper	Schutz gegen Berührung
0	0	kein Schutz	kein Schutz
1	1	Geschützt gegen feste Fremdkörper mit Durchmesser ab 50 mm	Geschützt gegen den Zugang mit dem Handrücken
2	2	Geschützt gegen feste Fremdkörper mit Durchmesser ab 12,5 mm	Geschützt gegen den Zugang mit einem Finger
3	3	Geschützt gegen feste Fremdkörper mit Durchmesser ab 2,5 mm	Geschützt gegen den Zugang mit einem Werkzeug
4	4	Geschützt gegen feste Fremdkörper mit Durchmesser ab 1,0 mm	Geschützt gegen den Zugang mit einem Draht
5K	5	Geschützt gegen Staub in schädigender Menge	vollständiger Schutz gegen Berührung
6K	6	Staubdicht	vollständiger Schutz gegen Berührung

2. Kennziffer		Bedeutung: Schutz gegen Wasser
DIN 40 050 Teil 9	DIN EN 60529	
0	0	kein Schutz
1	1	Schutz gegen senkrecht fallendes Tropfwasser
2	2	Schutz gegen fallendes Tropfwasser, wenn das Gehäuse bis zu 15° geneigt ist
3	3	Schutz gegen fallendes Sprühwasser bis 60° gegen die Senkrechte
4	4	Schutz gegen allseitiges Spritzwasser
4K		Schutz gegen allseitiges Spritzwasser mit erhöhtem Druck
5	5	Schutz gegen Strahlwasser (Düse) aus beliebigem Winkel
6	6	Schutz gegen starkes Strahlwasser
6K		Schutz gegen starkes Strahlwasser unter erhöhtem Druck, spezifisch für Straßenfahrzeuge
7	7	Schutz gegen zeitweiliges Untertauchen
8	8	Schutz gegen dauerndes Untertauchen
9K		Schutz gegen Wasser bei Hochdruck-/Dampfstrahlreinigung, spezifisch für Straßenfahrzeuge

Abb. 6: Den in der Schutzartbezeichnung vorhandenen Buchstaben IP werden zwei Kennziffern angehängt, die zeigen an, welchen Schutzzumfang ein Gehäuse bezüglich Berührung bzw. Fremdkörper (erste Kennziffer) und Feuchtigkeit bzw. Wasser (zweite Kennziffer) bietet. (Bildquelle: Wikipedia)



## Prädestiniert für hohe Umgebungstemperaturen

Wird in rauen Umgebungen eine gleichermaßen hohe Lichtausbeute sowie stets konstante Helligkeit benötigt, empfehlen sich High-Power-LED-Strahler (Abb. 7). Bei diesen Kompakt-Aufbauleuchten mit einem Durchmesser von 160 mm Durchmesser bleibt die Helligkeit der Leuchte (kaltweißes Licht mit Abstrahlwinkel von 8° bzw. 38°) selbst bei schwankender Betriebsspannung konstant. Ein robustes Aluminiumgehäuse, thermisch gehärtete Frontscheiben (Einscheibensicherheitsglas) und ein Spezialverguss zum Schutz der Elektronik prädestinieren solche Lösungen vor allem für den Einsatz in kritischen Umgebungen (Wasser, bedingt auch Kühl- und Schmierstoffe) sowie in der Lebensmittelindustrie.



Abb. 7: Hohe Lichtausbeute sowie eine stets konstante Helligkeit bieten die High-Power-LED-Strahler selbst in sehr rauen Umgebungen.

Durch ihr aktives Temperaturmanagement lassen sich diese Leuchten auch bei hohen Umgebungstemperaturen einsetzen, wobei die Verwendung der Dickschichthybrid-Technologie als Leiterplatten-trägermaterial für sehr geringe thermische Übergänge sowie zusätzlich große Kühlkörper am Gehäuse für eine geringe Wärmeentwicklung sorgen. Die Lebensdauer dieser High-Power-LED-Strahler beträgt mehr als 50.000 Betriebsstunden.

## Erfüllung von erhöhten Hygieneanforderungen

Für viel Licht und eine flächige Ausleuchtung u.a. in Bereichen mit erhöhten Hygieneanforderungen wie z. B. in der Nahrungsmittel- und Getränkeindustrie sorgen High-Power-Leuchten mit bis zu 20 LED (Abb. 8/Abb. 8.1). Diese Leuchten ermöglichen es u.a., bereits vorhandene Befestigungen zur Montage zu nutzen. Das Aluminium-Strangpressprofil lässt sich wahlweise mit fünf, zehn oder 20 LED bestücken und verfügt über eine gute Wärmeableitung. Bedingt durch den Abstrahlwinkel von 60°/70° werden große Flächen bei einem Abstand von 1 m gleichmäßig ausgeleuchtet. Da alle Dichtungen aus Viton bestehen, verfügt diese Leuchte über die Schutzart IP67. In Kombination mit einer Frontscheibe aus Hartglas können diese High-Power-Lösungen hohen mechanischen Belastungen widerstehen.



Abb. 8: Das Aluminium-Strangpressprofil lässt sich wahlweise mit fünf, zehn oder 20 LED bestücken und verfügt über eine gute Wärmeableitung.



Abb. 8.1: Da alle Dichtungen der High-Power-Leuchte aus Viton bestehen, verfügt sie über die Schutzart IP67.

## Äußerst hart im Nehmen

Erfordert eine Anwendung eine sehr hohe Chemikalien- und Temperaturbeständigkeit der Beleuchtungslösung, können hierfür High-Power-Leuchten, ebenfalls in IP67, mit Frontscheibe aus Borsilikatglas eingesetzt werden (Abb. 9).



Abb. 9: High-Power-Leuchten in IP67 mit Frontscheibe aus Borsilikatglas

Borsilikatglas wird aufgrund seiner Eigenschaften häufig für Glasgeräte in Laboren oder in der chemischen Verfahrenstechnik verwendet. Die Beständigkeit dieses Glases gegenüber vielen Chemikalien und auch einigen pharmazeutischen Produkten resultiert aus dem hohen Bor-Gehalt im Glas. Borsilikat hat zudem einen sehr geringen Wärmeausdehnungskoeffizienten, wodurch das Glas eine hohe Temperaturbeständigkeit und hohe Unempfindlichkeit gegenüber plötzlichen Temperaturschwankungen aufweist.

## Gleichmäßige Lichtverteilung am Arbeitsplatz

Als gleichermaßen robuste wie kosteneffiziente Lösung für die Arbeitsplatzbeleuchtung oder zur Montage direkt in Maschinen sowie Schaltschränken haben sich LED-Leuchten mit sechs bzw. 12 LED und einem Abstrahlwinkel von 120° bewährt (Abb. 10).

Die Stromaufnahme dieser Leuchten mit weißer Lichtfarbe und Frontscheibe aus Kunststoff liegt je nach LED-Anzahl bei 190 bzw. 380 mA bei 24V DC. Über einen kleineren Abstrahlwinkel von 110° jedoch über eine größere Anzahl möglicher LED (6, 12, 18 oder 24) verfügen die LED-Leuchten in Längen von 250 mm bis 1.000 mm. Die diffuse Kunststoff-Frontscheibe sorgt für eine sehr gleichmäßige Lichtverteilung. Das kompakte Profil der Leuchte mit weißer Lichtfarbe ermöglicht auch die Montage in Möbelstücken.

Abb. 10: Robuste wie kosteneffiziente Lösung für die Arbeitsplatzbeleuchtung.



## Fazit

Dieser Überblick zu Industriebeleuchtungen belegt, dass es im Grunde für jede Anwendung LED-Lösungen gibt, die auch sehr spezifische Herausforderungen bewältigen können. Sicherlich, die Anschaffungskosten von LED-Leuchten sind im Vergleich zu bisher in der Industrie eingesetzten herkömmlichen Leuchtmitteln höher. Die Investitionen amortisieren sich aber angesichts der sehr hohen Lebensdauer und des niedrigeren Stromverbrauchs von LED-Leuchten in sehr kurzer Zeit. Hinzu kommt, dass seit dem Inkrafttreten der europäischen Ökodesign-Verordnung im Jahr 2009 neue Anforderungen an die Energieeffizienz von Leuchtmitteln gestellt werden, wobei deren Hersteller bis zur letzten Umsetzungsstufe im Jahr 2017 Gelegenheit zur Umstellung ihrer Produktion haben. Analog hierzu muss sich die Industrie im Hinblick auf bislang verwendete Beleuchtungslösungen ebenfalls neu orientieren.

---

Dieses White Paper ist urheberrechtlich geschützt. Die Verwendung des Textes (auch in Auszügen) sowie der Bildmaterialien in diesem Dokument ist nur mit schriftlicher Genehmigung der ipf electronic gmbh gestattet. Änderungen vorbehalten.