

Leitfaden zur Umrüstung auf energieeffiziente LED-Technik

Saal- und Arbeitslicht von
Veranstaltungsstätten
Tagungsräumen, Foyers,
Konzertsälen und Theatern



Leitfaden und Planungshilfe – Version III
© 2023 Feiner Lichttechnik GmbH



LEITFADEN MIT CHECKLISTE

Der folgende Leitfaden soll eine Hilfestellung bei der Planung und Umrüstung der Saal- und Foyerbeleuchtung von Tagungszentren, Theatern, Versammlungsstätten, Sport- und Messehallen auf LED-Technik geben.

Auch gehen wir auf das Thema Arbeitslicht ein, da in vielen Mehrzweckhallen die Saalbeleuchtung auch als Arbeitslicht für Bestuhlung und Umbauten genutzt wird.

Hohe Energiekosten, veralteter Leuchtenbestand, Erreichung von Klimaschutzziele – die Liste mit Gründen zur Umrüstung auf energieeffiziente LED-Beleuchtung ist lang.

Dem hohen Handlungsdruck stehen häufig Angst vor Aktionismus, ein oft schwierig zu durchschauendes Marktangebot sowie Unklarheiten für die Planung und bei den Kosten gegenüber.

Wir möchten hier folgend Klarheit schaffen und anhand von einigen Eckpunkten den Einstieg in Planung und Umbau erleichtern.

VORAUSSETZUNGEN UND IST-SITUATION

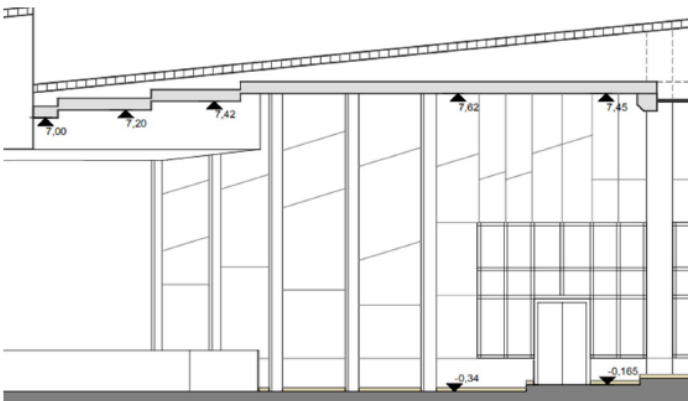
Lange Laufzeiten beim Arbeitslicht

Auf Bühnen gibt es im Gegensatz zu Bürogebäuden normalerweise keinen Tageslichteinfall. Das Arbeitslicht wird immer künstlich erzeugt und außerhalb von Vorstellungen und Proben oft ganztägig genutzt. Noch längere Laufzeiten gibt es häufig in Mehrzweckhallen. Dort sind zwar oft Fenster vorhanden, dafür aber zumeist gar kein separates Arbeitslicht. Für Auf- und Abbauarbeiten, Bestuhlung und Reinigung wird die Saal- oder Foyerbeleuchtung einfach eingeschaltet und ganztägig betrieben. Das führt zu Nutzungszeiten von 6-8 Stunden, wenn keine Veranstaltungen stattfinden, ansonsten eher mehr.

Saallicht – Leuchten Altbestand

Bedingt durch größere Raumhöhen sind auch häufig Leuchten mit hohen Leistungen im Einsatz. Üblich sind oft Halogenlampen mit 80W bis 300W je Leuchte.

Teilweise sind diese Leuchten dann früher auch eher nach architektonischen als nach Effizienz-Kriterien ausgewählt worden.



Raumhöhen von 6m bis 12m oder mehr in Mehrzweckhallen



Das führt zu hohem Stromverbrauch bei gleichzeitig geringer Lichtstärke. Derartige Beleuchtungsanlagen in Sälen und Foyers sind oft schon seit Jahrzehnten im Einsatz. Die Kosten des Stromverbrauchs sind nicht täglich bei der Nutzung präsent. Die nötigen Lichtstärken für die Einhaltung von Arbeitsschutz-Richtlinien werden trotzdem häufig nicht erzielt.

Glühlampensterben



Die alten Halogenleuchtmittel sind ein Auslaufmodell und werden irgendwann nicht mehr oder nur noch schwierig bzw. teuer erhältlich sein (EU-Glühlampenverbot, Produktionseinstellung bei Leuchtmittelherstellern, ...). Auch dadurch stehen die Zeichen auf nötiger Umrüstung, selbst wenn noch Ersatzlampen im Haus gelagert werden.

Einsparpotential

Das Einsparpotential durch moderne LED-Beleuchtung ist gegenüber der Glühlampentechnik enorm. Der **Energieverbrauch lässt sich normalerweise um 80-90% reduzieren**. Auch gegenüber Leuchtstofflampen liegt der Wert meist noch bei ca. 50%. Hinzu kommen Einsparungen bei Wartung und Service der Leuchten. Bei einer normalen größeren Mehrzweckhalle und entsprechender Nutzung liegt die Kosteneinsparung im fünfstelligen Bereich – pro Jahr!

WAS IST BEI EINER UMRÜSTUNG ZU BEACHTEN?

1. Retrofit nicht immer empfehlenswert

Der erste und einfachste Weg ist wie so oft nicht unbedingt der beste. Retrofit-Leuchtmittel, also LED-Ersatztypen der klassischen Glühlampe, werden meist für den Consumer-Markt hergestellt und sind nicht unbedingt für den professionellen Einsatz in größeren Mengen konzipiert. Auch lassen sich mit Retrofit-Leuchtmitteln die teilweise bestehenden mangelhaften optischen Eigenschaften der Bestandsleuchten nicht beheben. Andererseits ist die Umrüstung einfach und sowohl Dimmeranlage als auch Verkabelung können weiter genutzt werden. Das Thema wird folgend noch behandelt





Beispiel einer Altbestandsleuchte ohne Reflektor

In einigen Fällen wie bei Kronleuchtern, Wand- oder speziellen Deckenleuchten ist der Einsatz von Retrofit-LED-Leuchtmitteln unumgänglich. In diesem Fall verbessern moderne Phasenabschnittdimmer (z.B. Electron DMR.731 oder DMR.734) das Dimmverhalten dieser LED-Lampen.

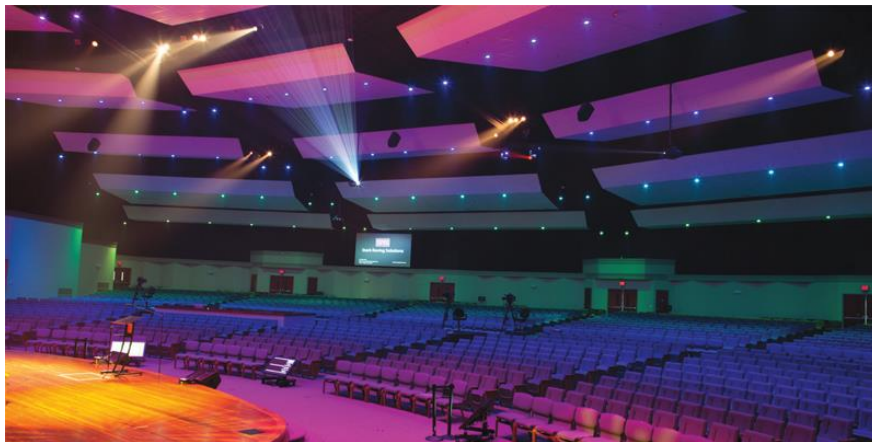
2. Bedarfsanalysen durchführen

Vielleicht haben sich ja seit dem Bau in den 80er oder 90er Jahren die Anforderungen an die Saalbeleuchtung geändert. Eine Analyse des heutigen Bedarfs ist als erster Schritt bei der Modernisierung sehr empfehlenswert. Auch können bisherige Mängel behoben werden.

Die LED-Technik bietet heute Möglichkeiten, die früher nicht zur Verfügung standen:

- Wahl der Farbtemperatur von warmen bis kaltem Licht.
- Regelbare Lichtfarbe mit Anpassung an die jeweilige Veranstaltung (von der Dinner/Abendveranstaltung bis Ausstellungsbeleuchtung).
- Atmosphäre schaffen durch farbige Beleuchtung.

Hier kann also ein Mehrwert geschaffen werden, den man in seine Überlegungen zur Umrüstung einbeziehen sollte.



Atmosphäre durch farbige Saalbeleuchtung



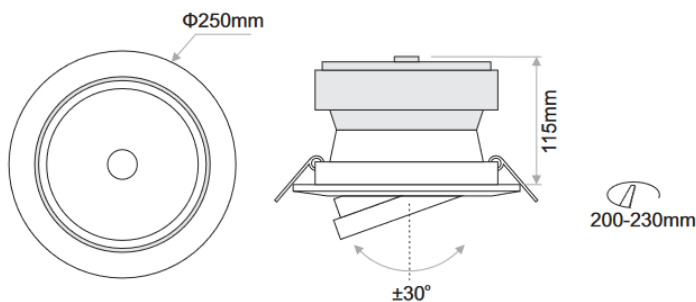
3. Leuchtenpositionen und vorhandene Einbaudurchmesser

Sollen die Leuchtenpositionen übernommen werden? Manchmal sind durch neue LED-Leuchten andere Positionen als bisher realisierbar.

Bei Deckeneinbauleuchten ergibt sich aber häufig der Wunsch nach einem 1:1-Ersatz, da sonst zusätzliche bauliche Maßnahmen durch Trockenbau etc. notwendig würden. Das führt zu einem der Hauptkriterien für den Einsatz neuer LED-Downlights – dem Einbau-Durchmesser bzw. des vorhandenen Deckenausschnitts.

Folgende Punkte sind zu beachten:

- Wenn keine Änderung des Einbaudurchmessers erfolgen soll, bestimmt dieser wesentlich die Auswahl des neuen LED-Downlights.
- Zusätzlich ist hier die Stärke der Decke (z.B. 5mm Stahl oder 15mm Holz bzw. Gipskarton) zu beachten. Die Halterung eines Downlights ist oft auf die Dicke von Gipskarton ausgerichtet und greift nicht auf dünnerem Material.
- Ein breiterer Rand der Leuchte deckt frühere oder neue Montageschäden an der Decke ab.



Leuchten-Beispiel ELECTRON RONELO für 200mm-230mm Deckenausschnitt und 250mm Leuchten-Außendurchmesser

4. Regelung und Dimmverhalten von LEDs

Im Gegensatz zu Glühlicht verhalten sich LEDs beim Dimmen nicht träge. Schritte in der Regelung werden bei der Nutzung von Ein- und Ausblendzeiten ab 4-5sec als Stufung sichtbar. Die 256 Schritte des 8bit DMX-Signals reichen deswegen für Theater- Konzert und Kinosäle normalerweise nicht aus. Am besten wird DMX mit 16bit (das entspricht 65.526 Schritten) für diese Anwendungen eingesetzt. Einige Treiber verfügen auch über interne höhere Auflösungen von 2000 oder auch 20.000 Schritten. Für eine reine Schaltung auf Helligkeitsstufen (wie z.B. in Tagungsräumen) ist das wiederum unproblematisch.

LED-Dimmer/Treiber

Meistens werden die Dimmer/Treiber von LED-Leuchten direkt über Bussysteme wie DALI oder DMX gesteuert. Im Veranstaltungsbetrieb bietet sich eine Ansteuerung über DMX an.





FBox LED-Dimmer mit 16bit DMX und HDTV/4K-Tauglichkeit

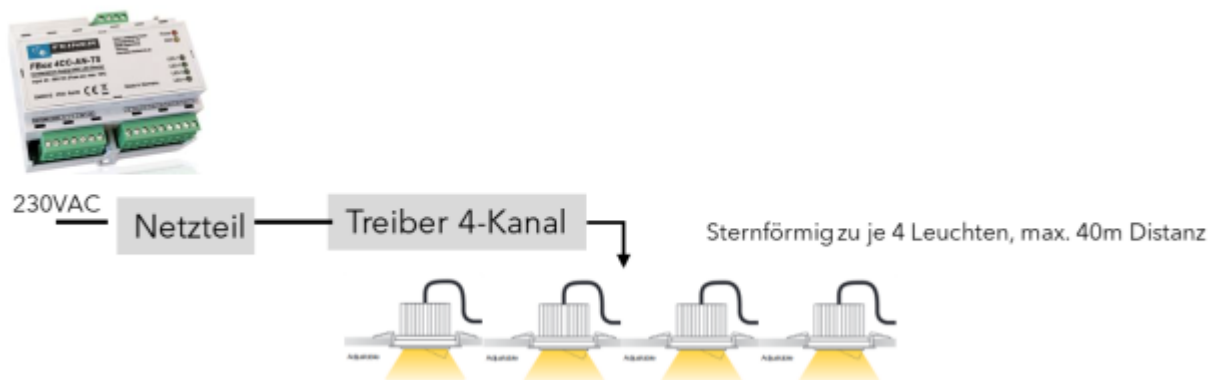
Treiber pro Leuchte oder mehrkanalige Treiber in einer Unterverteilung

Es gibt einerseits 1-Kanal-Treiber, die neben jeder einzelnen Leuchte untergebracht werden oder mehrkanalige Treiber, die zumeist in Unterverteilungen oder dezentralen Kleinverteilern montiert werden.

Bei 1-Kanal-Lösungen müssen die Treiber auch einzeln untergebracht und per Bus-Signal gesteuert werden. Die mehrkanaligen Treiber sind für Service und Wartung in Unterverteilungen leichter zugänglich und bei größeren Mengen an Leuchten sehr empfehlenswert.



Beispiel: 1-Kanal LED-Treiber/Dimmer neben der Leuchte

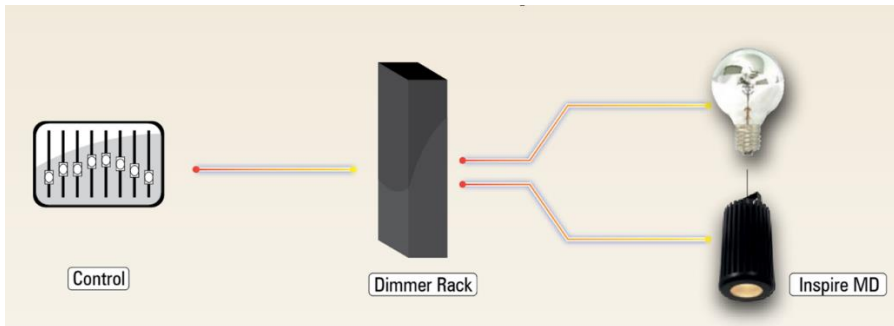


Beispiel: 4-Kanal LED-Treiber/Dimmer mit sternförmiger Verkabelung



Regelung über bestehende Dimmeranlagen

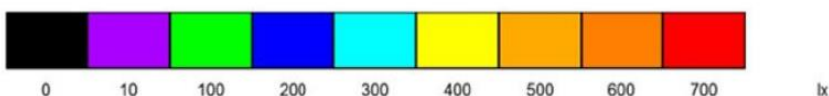
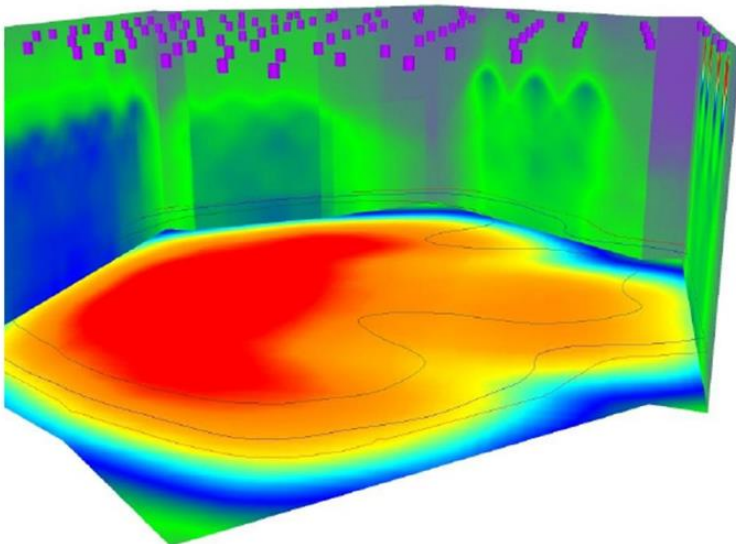
Eine weitere Möglichkeit ist die Regelung über eine (bestehende) Dimmeranlage. Dazu werden spezielle LED-Treiber oder Leuchten benötigt. Das ist vor allem dann interessant, wenn die bestehende Verkabelung nicht getauscht werden kann oder die Dimmeranlage unbedingt weiter genutzt werden muss. Den Anspruch an das Dimmverhalten der Leuchten muss man hier aber zumeist etwas zurückschrauben. Dafür wird die Montage stark vereinfacht, da nur die alte Leuchte gegen eine neue getauscht werden muss. Der Aufwand einer neuen Verkabelung entfällt.



Einfacher Wechsel zu LED-Technik mit Weiternutzung der Dimmeranlage

LICHTPLANUNG

Der optimale Einstieg in eine Umrüstung sind Messungen der Lichtstärken des Leuchten-Altbestands. Zusammen mit der oben angeführten Bedarfsanalyse ergeben sich Anforderungen an die neue Beleuchtungsanlage. Hier zählt sich die Zusammenarbeit mit einem Lichtplaner aus.



Falschfarben-Rendering zur Lichtplanung



FÖRDERUNG

Für die Beantragung von Fördergeldern ist ebenfalls eine Lichtplanung auf Grundlage der DIN EN 12464-1:2021 bzw. bei Sportstätten nach DIN EN 12193 durch qualifizierte Fachplaner nötig.

Die Bearbeitungszeit für Förderanträge beim Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz beträgt ca. 9 - 18 Monate. Die Förderquote liegt bei 25% - 40% der Anschaffungskosten.

(Stand: Kommunalrichtlinie vom 22. November 2021 mit Änderung vom 18. Oktober 2022).

Dabei ist es durchaus interessant den Stromverbrauch und die daraus entstehenden Kosten innerhalb dieser Bearbeitungszeit im Auge zu behalten. In vielen Fällen liegen diese Stromkosten höher als die mögliche Förderung. Eine reine Wartezeit auf Fördergelder wäre damit unrentabel, wenn sich diese nicht in die normale Dauer des Planungs- und Beschaffungsprozesses integrieren lässt.

LEUCHTENTYPEN

Es gibt für praktisch alle Arten von Glühlichtleuchten einen adäquaten Ersatz in LED-Ausführung. Trotzdem sind für Veranstaltungsstätten einige Besonderheiten zu beachten.

Downlights für Deckeneinbau

Wie zuvor bereits behandelt haben moderne LED-Downlights oft kleinere Durchmesser als die alten Downlights. Wenn man nicht zu massiven Trockenbau-Maßnahmen greifen möchte, muss man sorgfältig nach passendem Ersatz in gleicher Größe suchen (z.B. gibt es Electron LED-Downlights auch für über 200mm Deckenausschnitte).



Electron Talus LED-Downlight

Pendel- und Aufbauleuchten

Häufig kommen auch Pendel- und Aufbauleuchten zum Einsatz. Wir bieten dazu eine größere Auswahl verschiedener Hersteller in allen möglichen Lichtstärken an.



Electron Talus Aufbauleuchte



Spotlight Hal Led in Sonderbauform



Lichtstärke und Alterungsprozess der LEDs

Es werden wegen der Saalhöhen in Veranstaltungsstätten relativ lichtstarke Leuchten benötigt. Dabei sollte auch das Nachlassen der Lichtstärke über die Jahre in der Spezifikation berücksichtigt und eine Leistungsreserve eingeplant werden. Bei unseren Lichtplanungen rechnen wir immer eine entsprechende Reserve ein.

Lüfterlose Leuchten und Dauerbetrieb

Auch LED-Leuchten benötigen Kühlung. Aktive Kühlung bei Saalbeleuchtung ist aber meistens wegen Lüftergeräuschen und erhöhtem Wartungsaufwand nicht möglich. Die entsprechende Qualität der Leuchten und gut dimensionierte Kühlkörper sollten deswegen berücksichtigt werden.

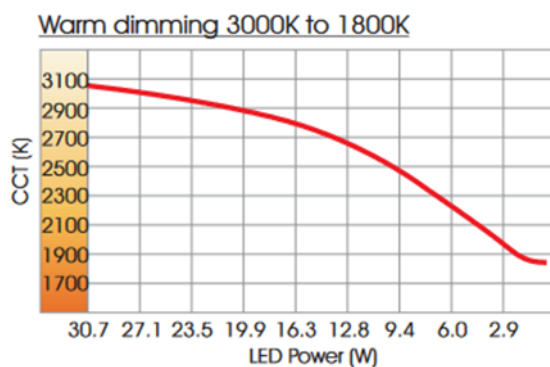
Regelbare Farbtemperatur und Farbmischung

Leuchten mit monochromen LEDs (z.B. rein warmweiße 3000K) verfügen über die größte Energieeffizienz.

Trotzdem werden häufig bei der Modernisierung der Beleuchtung in Erwägung gezogen:

- **Halogenartiges Dimmverhalten** mit wärmeren Licht beim Ausblenden. Sogenanntes Warm Dimming, Dim-to-Warm, Red Shift oder Amber Shift.

Warm Dimming 3000K to 1800K



- **Tunable White** mit regelbarer Farbtemperatur zwischen Kalt- und Warmweiß.

TUNABLE WHITE
2700K-----5000K

- **Farbiges Licht mit Farbmischung** über RGB, RGBW, RGBA (etc.) LED-Engines

R G B W



Diese regelbaren Systeme haben Ihre Vor- und Nachteile. Wesentliche negative Punkte sind die höheren Anschaffungskosten und die geringere Energieeffizienz. Durch den zweiten Punkt fallen Sie bis auf wenige Ausnahmen aus der Fördermöglichkeit, da die erforderliche Effizienz von 100lm/W nicht erreicht werden kann. Die Vorteile liegen in der höheren Flexibilität der Leuchtensysteme und die Anpassung an die Anforderungen des Hallenbetriebs. Z.B. Abendveranstaltungen mit sehr warmer Lichtfarbe und Messebetrieb mit neutralweißer Lichtfarbe.

Gegenüberstellung Tunable-White- und RGBW-Leuchten

Normale Tunable White / Bicolor Leuchten sind zwar in der Farbtemperatur regelbar, reichen aber normalerweise nicht so weit in den Warmton-Bereich, wie häufig bei Abendveranstaltungen gewünscht. In diesem Fall muss man auf Leuchten mit sehr hochwertiger Farbmischung (z.B. Chroma-Q Inspire) zurückgreifen, die dann sowohl Farblicht und regelbares Weißlicht in entsprechender Lichtstärke und Qualität liefern können.



Chroma-Q- Inspire Serie mit hochwertiger RGBW-Farbmischung für verschiedene Weißlicht-Farbtemperaturen sowie Farblicht



Beispiel für regelbares Weißlicht und farbige Beleuchtung mit Inspire Leuchten

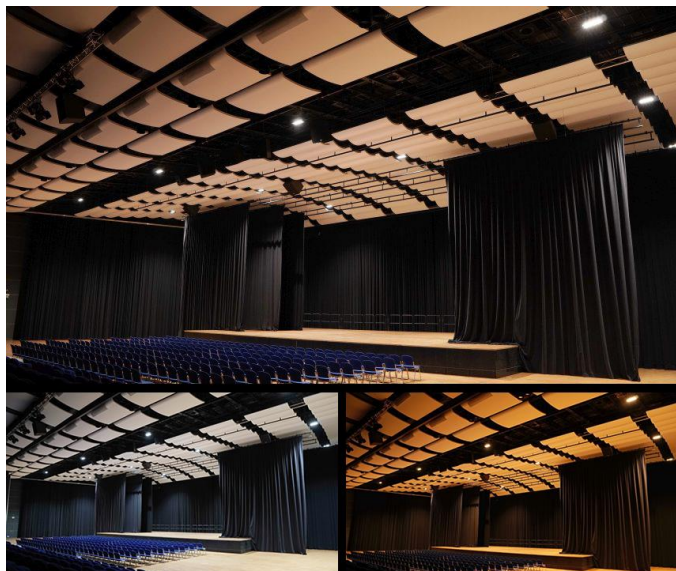
Dim-to-Warm / Warm Dimming LEDs

Die reinen Warm-Dimming-LEDs sind nicht so hell wie die vergleichbaren monochromen LEDs. Deren Einsatz muss sehr exakt durchgerechnet werden.



Mischung der Systeme

Man kann auch die unterschiedlichen Systeme in einem Projekt mischen. Denkbar sind zum Beispiel monochrome extrem energieeffiziente Leuchten für die Saalmitte und farbige Leuchten zur Akzentuierung der Wände. Je nach Anwendung und Budget ist hier eine entsprechende Abwägung und Priorisierung nötig. Diese lässt sich am besten bei einer individuellen Beratung herausarbeiten.



Saalbeleuchtung der Stadthalle Cottbus in verschiedenen Lichtfarben über Tunable White Fluter

Arbeitslicht

Besonders wenn Leuchten auch als Arbeitslicht mit sehr langen täglichen Betriebszeiten genutzt werden sollen, müssen diese für den Dauerbetrieb geeignet sein. Zusätzlich sollten Sie über die erforderliche Lichtstärke, eine hervorragende Kühlung und die entsprechende photobiologische Sicherheitsklasse.



FL1200DMX Weißlichtfluter



FL700DMX Weißlichtfluter



FL2200DMX Weißlichtfluter

Für Konzertsäle, Theater und Mehrzweckhallen werden lichtstarke Flächenleuchten als Arbeits- und Spielflächenlicht sowie als reines Oberlicht benötigt. Auch finden die Feiner lichttechnik Fluter in Sport- und Messehallen Verwendung. Es sind unterschiedliche Leistungsklassen verfügbar.

Der FL1200 LED-Weißlichtfluter (vergleichbar mit 1.200W Halogenflutern) ist mit verschiedenen Lichtfarben und Abstrahlwinkeln erhältlich. Die Scheinwerfer sind lüfterlos, fernsehtauglich und werden in Deutschland gefertigt. Je nach Nutzungsdauer amortisieren sich die Anschaffungskosten durch den niedrigeren Stromverbrauch der LED-Technik bereits ab eineinhalb Jahren. Die Energieeinsparung gegenüber Halogenlicht liegt bei 90%.



LICHTMESSUNG VOR UND NACH EINER UMRÜSTUNG

Falls über die Lichtstärke des Leuchten-Altbestands gar keine Klarheit besteht, empfiehlt sich zunächst eine Lichtmessung des Bestands. In manchen Fällen werden die vorgeschriebenen Beleuchtungsstärken gar nicht (mehr) erreicht. Um die Effizienz einer Umrüstung zu Prüfen sind Vorher-Nachher-Messungen empfehlenswert.

Folgend eine Beispielmessung:

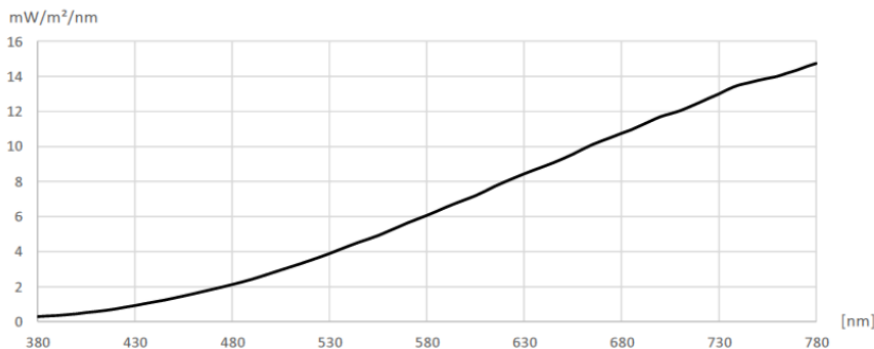
Messung Altbestand

Messprotokoll

GOSSEN

Prüfung: Stadthalle Deggendorf
Glühlicht Saalbeleuchtung Altbestand
Glühlampen 150W

Messdatei: 10-19-34.CSV
Datum der Messung: 16.01.2018
Uhrzeit der Messung: 10:19:34



| | | | | | |
|-----------|------------|---------------------------------|------------|---|-------------|
| R1 = 99,2 | Ra = 99,2 | Beleuchtungsstärke | 385,79 lx | ← | CIE1931 |
| R2 = 99,3 | Re = 98,9 | Ee | 2,665 W/m² | ← | x = 0,4674 |
| R3 = 99,5 | GAI = 44,6 | LER | 144,8 lm/W | | y = 0,4144 |
| R4 = 99,1 | | Ähnlichste Farbtemperatur (CCT) | 2626 K | ← | CIE1976 |
| R5 = 99,0 | | Duv | 0,0008 | | u' = 0,2657 |
| R6 = 99,0 | | | | | v' = 0,5299 |
| R7 = 99,7 | | | | | |

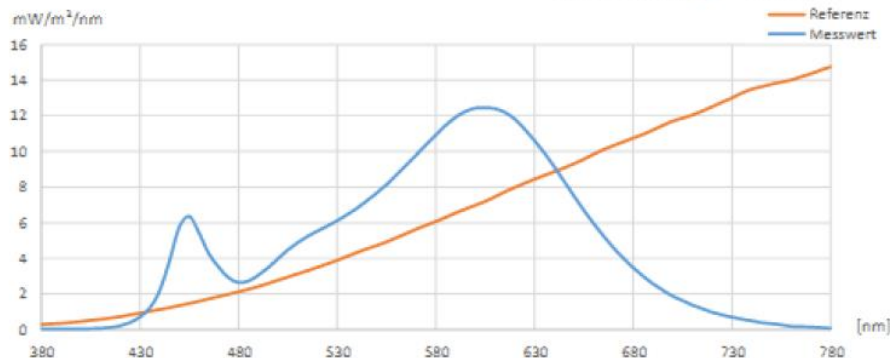
Messung nach Erneuerung auf LED-Beleuchtung

Messprotokoll

GOSSEN

Prüfung: Stadthalle Deggendorf
Saalbeleuchtung
Electron TALUS Leuchten

Messdatei: 10-33-19.CSV
Datum der Messung: 16.10.2018
Uhrzeit der Messung: 10:33:19
Referenzdatei: 10-19-34.CSV
Datum der Messung: 16.01.2018
Uhrzeit der Messung: 10:19:34



| | Referenz | Messwert | Δ |
|---------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Beleuchtungsstärke | 385,79 lx | 616,00 lx | 230,21 lx |
| Ee | 2,67 W/m ² | 1,87 W/m ² | -0,8 W/m ² |
| LER | 144,8 lm/W | 330,2 lm/W | 185 lm/W |
| Ähnlichste Farbtemperatur (CCT) | 2.626 K | 2.963 K | 337 K |
| Duv | 0,0008 | -0,0003 | -0,0011 |

Der Referenzwert der Grafik ist die alte Halogenbeleuchtung, der Messwert die neue LED-Beleuchtung.

Wir unterstützen Sie gerne bei der Planung und Umsetzung Ihres Projekts. Folgende Checkliste hilft Ihnen und uns zur Erfassung von Informationen, Wünschen und Prioritäten

In Zeiten von dringendem nötigem Klimaschutz sowie steigenden Strompreisen auf der einen und vorhandenen Fördermaßnahmen auf der anderen Seite, sollte möglichst kurzfristig eine Umrüstung auf energieeffizientere Beleuchtung eingeplant werden.

Mit einem Blick auf das Potential bei der Kosteneinsparung durch LED-Technik, der Anpassung der Beleuchtungsanlage an den heutigen Bedarf sowie dem möglichen Beitrag zum Klimaschutz gibt es keinen Grund eine Umrüstung auf die lange Bank zu schieben.

Dieser Leitfaden soll nur eine Hilfestellung geben. Am besten lassen Sie sich individuell beraten.



Feiner Lichttechnik GmbH
 Donaustauerstr. 93
 93059 Regensburg
Ansprechpartner:
 Gerhard Feiner

Tel 0941/604050

Fax 0941/604058

www.feiner-lichttechnik.de

info@feiner-lichttechnik.de

© 2023 Feiner Lichttechnik GmbH



CHECKLISTE

| | |
|--|---|
| <p>Erfassung der Bestandsleuchten</p> <p>Welche Typen mit welchen Leistungen sind pro Raum vorhanden?</p> | <p>Stückzahl(en):</p> <p>Typ(en)/Leistung:</p> |
| <p>Laufzeiten der Leuchten pro Tag?</p> | |
| <p>Bei Downlights: vorhandene exakte Einbaudurchmesser?</p> <p>Am besten auch noch Erfassung von möglichen Einbautiefen.</p> | <p>Deckenausschnitt(e):</p> <p>Einbautiefen:</p> |
| <p>Farbtemperatur und Lichtstärke:</p> <p>Feste Farbtemperatur, regelbares Weißlicht oder Farblicht?</p> <p>Lichtstärke Bestand und neue Leuchten?</p> <p>Was ist gewünscht bzw. Vorgabe?</p> | <p><input type="checkbox"/> Feste Farbtemperatur:</p> <p><input type="checkbox"/> Dim-to-Warm / Warm Dimming</p> <p><input type="checkbox"/> Tunable White</p> <p><input type="checkbox"/> Farblicht</p> <p><input type="checkbox"/> Lichtstärke Altbestand:</p> <p><input type="checkbox"/> Lichtstärke geplant / neu:</p> |
| <p>Regelung</p> <p>über Dimmeranlage, DALI oder DMX?</p> | <p><input type="checkbox"/> DMX</p> <p><input type="checkbox"/> DALI</p> <p><input type="checkbox"/> Bestandsdimmer</p> <p><input type="checkbox"/> Neue Phasenabschnitt-Dimmer</p> |
| <p>Wie ist die bestehende Verkabelung?</p> <p>Soll bzw. kann diese weiter genutzt werden?</p> <p>Sollen die LED-Dimmer dezentral bei den Leuchten oder zentral in Unterverteilungen untergebracht werden?</p> | <p><input type="checkbox"/> Treiber/Dimmer bei jeder Leuchte</p> <p><input type="checkbox"/> Dezentrale Kleinverteiler/Unterverteilungen</p> <p><input type="checkbox"/> Zentraler Schaltschrank</p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/> Neuverkabelung geplant</p> <p><input type="checkbox"/> Bestandsverkabelung unklar</p> <p><input type="checkbox"/> Noch keine Entscheidung gefallen</p> |
| <p>Förderung</p> <p>Soll eine Förderung beantragt werden?</p> | <p><input type="checkbox"/> Ja</p> <p><input type="checkbox"/> Nein</p> |
| <p>Durchführung</p> <p>Zeitraumen</p> | <p><input type="checkbox"/> Dieses Jahr</p> <p><input type="checkbox"/> Nächstes Jahr</p> <p><input type="checkbox"/> Später</p> <p><input type="checkbox"/> Nur generelles Interesse</p> |

Anhand dieser Checkliste kann man den eigenen Bedarf besser analysieren oder auch gut vorbereitet in ein Beratungsgespräch gehen. Die Liste soll nur eine Grundlage bilden und kann natürlich je nach Objekt entsprechend ergänzt werden.

