

TRILUX
SIMPLIFY YOUR LIGHT.

RETROFIT

WHITEPAPER





Seit mehr als 10 Jahren haben sich LED-Leuchten zunehmend im Markt etabliert. Die LED-Technik nähert sich nach anfänglich großer Dynamik nun mit ihrer fortschreitenden Entwicklung einem Zielniveau. Dies gilt ebenso für LED-Austausch-Lampen, die für einen Lampenwechsel und den Betrieb in Bestandsleuchten im Markt ebenfalls angeboten werden. Diese gibt es auch als Substitut für langgestreckte Leuchtstofflampen, die aufgrund europäischer Richtlinie ab September 2023 nicht mehr in Verkehr gebracht werden dürfen. Vor diesem Hintergrund soll hier eine aktuelle Bestandsaufnahme bezüglich des möglichen Ersatzes der bisherigen Lichtquellen vorgenommen werden.

Verbesserte Produkteigenschaften sind, wie für LED-Leuchten, auch für LED-Austausch-Lampen möglich geworden. Beleuchtungsanforderungen nach heutigem Stand der Technik (siehe unten) sowie eine allgemein befriedigende Lichtqualität sind jedoch mit einer Umstellung auf T8/T5-LED-Austausch-Lampen kaum zu erreichen, auch wenn im Vergleich zum bisherigen Betrieb mit Leuchtstofflampen der Erhalt der Beleuchtungsstärke in einigen Fällen annähernd möglich ist.

Ein weiterer Aspekt ist, dass solche Austausch-Lampen in sehr großer Zahl in sehr unterschiedlichen Qualitäten (siehe Tabelle 1) und jeweils spezifischer Eignung für unterschiedliche technische Rahmenbedingungen (z. B. Retrofit-Lampen für 50Hz-Betrieb oder HF-Betrieb, siehe unten) zur Verfügung gestellt werden. Dies gilt auch innerhalb des jeweiligen Sortiments der etablierten Lampenhersteller und macht die geeignete Auswahl recht schwierig und unübersichtlich.

Bei der Entscheidung, ob ein Lampentausch mit LED-Austausch-Lampen vorgenommen werden soll, oder eine Sanierung der Beleuchtung mit neuen LED-Leuchten vorzuziehen ist, sollten folgende Punkte berücksichtigt werden.

- Bei einer Umrüstung bestehender Leuchten von dem Betrieb von Leuchtstofflampen auf einen Betrieb von LED-Austausch-Lampen ist grundsätzlich zwischen Retrofit-Lampen und Konversions-Lampen zu unterscheiden. Ist ein Eingriff in den elektrischen Aufbau der Leuchte (z. B. Deaktivierung des Vorschaltgerätes) für den Betrieb der Lampe vorzunehmen, so handelt es sich um eine Konversions-Lampe. Ist nur der Tausch der Lampe gegen die LED-Lampe und des Lampenstarters gegen ein zu der Lampe gehörendes Austausch-Gerät erforderlich, so handelt es sich um eine Retrofit-Lampe.
- Bei Umbau der Leuchte für den Betrieb einer Konversions-Lampe ist zu beachten:
 - Es erlöschen Garantie und Produkthaftung des Leuchtenherstellers und gehen auf die umbauende Person über.
 - Es erlischt die Konformitätserklärung des Herstellers für die Leuchte.
 - Es ist das Typenschild der Leuchte zu entfernen und durch ein neues Typenschild mit den notwendigen Angaben zu ersetzen.
 - Es ist sicherzustellen, dass bei Einsatz einer anderen verwechselbar passenden Lampe, wie z. B. einer Leuchtstofflampe, keine Gefahr von der Leuchte ausgeht.
 - Die den Umbau durchführende Person wird durch den Umbau zum Hersteller dieser Leuchte.
 - Die den Umbau durchführende Person muss eine neue Konformitätserklärung für die Leuchte erstellen.
- Bei Einsatz von LED-Retrofit-Lampen in Leuchten für Leuchtstofflampen ist zu beachten:
 - Es erlöschen die Garantie und Produkthaftung durch den Leuchtenhersteller. Dies gilt auch, wenn die einzusetzenden LED-Retrofit-Lampen ein VDE-Zeichen tragen.
 - Die Produkthaftung wird dabei an den Hersteller der Retrofit-Lampe übertragen.
 - Das VDE-Zeichen auf der Retrofit-Lampe besagt, dass die vorliegende Retrofit-Lampe durch den VDE gemäß der europäischen Norm DIN EN 62776:2015-12 (VDE 0715-16:2015-12) geprüft wurde und keine unmittelbare Gefahr von ihr ausgeht¹.
 - Für den Betrieb von LED-Retrofit-Lampen an EVG für Leuchtstofflampen (HF-Betrieb) ist zu beachten, dass eine Zulassung für ihren Betrieb vom Hersteller nur für die im Datenblatt der Retrofit-Lampe gelisteten EVG-Typen – mit Vorbehalt – erteilt wird. Es ist also mindestens sicherzustellen, dass in allen Leuchten der Beleuchtungsanlage gelistete EVG enthalten sind² (siehe auch Abbildung 1).
 - Für dimmbare Leuchten ist eine Umstellung auf LED-Retrofit-Lampen grundsätzlich nur in Sonderfällen und unter Beachtung der ggf. in der EVG-Kompatibilitätsliste angeführten Einschränkungen möglich. In den meisten Fällen wäre eine Konversionslösung erforderlich, mit den oben genannten Konsequenzen.
 - Bei dem Betrieb von LED-Retrofit-Lampen in parallel-kompensierten Leuchten kann sich ein sehr kleiner Leistungsfaktor λ der Schaltung einstellen und einen hohen Blindstrom in der Elektroinstallation bewirken (siehe auch Abbildung 2 und <https://www.trilux.com/de/beleuchtungspraxis/leuchten/betrieb-von-leuchten-fuer-entladungslampen/blindleistungskompensation/>).
 - Für Tandem-Schaltungen (2 Leuchtstofflampen in Reihenschaltung an einem Vorschaltgerät), wie sie im Bestand in mehrlampigen Leuchten mit 18-Watt-T8-Lampen üblich sind, ist ein möglicher Betrieb von LED-Retrofit-Lampen gesondert zu prüfen. Ggf. kann eine Konversion der Leuchte erforderlich sein (siehe oben).
- Bei Einsatz in chemisch belasteten Atmosphären können spezifische Unverträglichkeiten zur Schädigung und zum Ausfall von LED-Austausch-Lampen führen. Wechselwirkungen mit Komponenten der Leuchte können zudem zu Schädigungen der Leuchte führen.
- In Sonderanwendungen (hohe Temperaturen, mechanische Belastungen durch Vibrationen und mehr) sind große Abweichungen vom normalen Betriebsverhaltens der LED-Austausch-Lampen – und auch im Vergleich zum Betrieb von Leuchtstofflampen – möglich.

¹ Diese Norm bezieht sich ausschließlich auf Retrofit-Lampen für den direkten Austausch und nicht auf Konversions-Lampen, deren Betrieb einen Eingriff in den elektrischen Aufbau der Leuchte erfordert. Für Konversion-Lampen wird kein VDE-Zeichen vergeben.

² Hinweis aus der EVG-Kompatibilitätsliste von OSRAM: „OSRAM SUBSTITUBE® LED RÖHRE

Wichtiger Hinweis: Diese Dokument dient zu Informationszwecken und muss als Empfehlung behandelt werden. Die Kompatibilitätsliste basiert auf Tests, die von LEDVANCE in einer laborsimulierten Umgebung durchgeführt wurden. Die Ergebnisse können in bestimmten Feldanwendungen aufgrund unterschiedlichen Faktoren variieren. LEDVANCE übernimmt keine Verantwortung, Garantie oder Haftung, dass diese Ergebnisse unter Verwendung der Geräte unter anderen Bedingungen oder bei Verwendung von Nachfolgemodellen der getestete Geräte oder verschiedene Modelle desselben Herstellers erreicht werden können. Bei Nichtbeachtung der Anweisungen können Sicherheitsrisiken bei der LED Röhre SubstiTUBE® oder dem HF (EVG) Ballast auftreten, z.B. Flackern, kein Licht, Überhitzung, vorzeitige Alterung, Ausfall von Geräten, etc..Der Lichtstrom kann sich in Abhängigkeit vom verwendeten Vorschaltgerät ändern. ...”

- LED-Austausch-Lampen weisen generell eine geringe Farbkonsistenz auf. Typischerweise wird von den namhaften Herstellern ein Wert der Farborttoleranz (initial MacAdam) ≤ 6 SDCM angegeben. In einigen Fällen leistungsfähigerer Produkte wird ein Wert ≤ 5 SDCM angegeben. Auch bei 5 SDCM sind Farbabweichungen deutlich erkennbar.
- Für LED-Austausch-Lampen werden in der Regel keine oder sehr „großzügige“ Angaben zu Ausfallraten gemacht (z. B. max. 10 % Ausfall innerhalb von 6.000 h).
- LED-Austausch-Lampen haben vielfach einen deutlich geringeren Lichtstrom als entsprechende Leuchtstofflampen gleicher Länge. Ein direkter Austausch führt dann zu einer deutlichen Verringerung der Beleuchtungsstärke im Raum. Die Beleuchtung ist nicht mehr normgerecht und Bestimmungen zur Arbeitssicherheit sind nicht mehr eingehalten, sofern die Auswahl der Austausch-Lampe nicht mit großer Sorgfalt erfolgt.
- Auch der maximale Lichtstrom am Markt verfügbarer LED-Austausch-Lampen ist in der Regel knapp bemessen (z. B. 3.700 lm als Ersatz für 5.000 lm im Fall der T8-58W-Lampe, siehe Tabelle 1). Dabei ist zu berücksichtigen, dass für LED-Austausch-Lampen in der Regel ein Lichtstromrückgang bis zum Lebensdauerende auf 70% des angegebenen Anfangslichtstroms (also z. B. $3.700 \text{ lm} \cdot 0,7 = 2.590 \text{ lm}$, siehe unten) zu kalkulieren ist.
- Eine von der Leuchtstofflampe abweichende Abstrahlcharakteristik der LED-Austausch-Lampe führt ggf. zu einer verringerten Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke im Raum. Die Einhaltung der Bestimmungen zur Arbeitssicherheit ist auch diesbezüglich zu prüfen.
- Eine von der Leuchtstofflampe abweichende Abstrahlcharakteristik der LED-Austausch-Lampe führt bei abgehängten Leuchten mit Indirektanteil zu erheblichen Abweichungen der Lichtverteilung.
- Die zu erwartende Lichtqualität kann bei direktem Austausch der Lampen also bestenfalls dem zuvor erreichten Status angenähert werden. Anforderungen gemäß heutigem Stand der Technik, wie er in der DIN EN 12464-1 in der aktuellen Fassung von 2021 beschrieben ist, werden nicht erreicht. Empfohlen werden insbesondere:
 - die bei Bedarf gegebene Verfügbarkeit einer um ein bis zwei Stufen erhöhten Beleuchtungsstärke, die durch dimmbare Leuchten und ein geeignetes Lichtmanagement geregelt werden sollte, sowie
 - eine angemessene Leuchtdichteverteilung mit Mindestbeleuchtungsstärken an Wänden und Decken, die im Bestand häufig nicht erreicht wird (z. B. mit tief strahlenden Rasterleuchten, Darklight-Leuchten, siehe Beispiel „Beleuchtung eines Büros“).
- Die Kennzahlen der Lichtausbeute von LED-Austausch-Lampen werden für ihren frei strahlenden Betrieb ohne Berücksichtigung von Verlusten durch den Betrieb in einer Leuchte angegeben. Diese relativieren sich vielfach bei ihrem Betrieb in Leuchten für Leuchtstofflampen (Beispiel 1 und 3). Auch ihre Nutzlebensdauer kann sich durch die Erwärmung im Inneren der Leuchte erheblich verkürzen (Beispiel 1).
- Die Nutzlebensdauer von LED-Austausch-Lampen wird marktüblich für eine L70-Degradation (Lichtstromrückgang um 30 % auf einen Restlichtstrom von 70 % am Ende der Lebensdauer) angegeben. In Bezug auf die Arbeitssicherheit ist also zu berücksichtigen, dass am Lebensdauerende nur noch 70 % des ohne hin verringerten Anfangslichtstromes zur Verfügung stehen.
- Für LED-Leuchten (Leuchten mit fest integrierten LEDs) werden – für Qualitätsleuchten – die Lebensdauern für Restlichtströme von mindestens 80 % (L 80) angegeben.
- Die Änderung der lichttechnischen Eigenschaften der Bestandsleuchte durch den Einsatz von LED-Austausch-Leuchtmitteln kann in der Regel nur grob geschätzt werden. Weder der verfügbare Lichtstrom noch die resultierende Lichtverteilung sind bekannt. Eine Aussage über die sich ergebende Beleuchtungssituation im Raum nach dem Tausch der Lampen ist daher nur sehr eingeschränkt möglich.
- LED-Retrofit-Lampen können ein erhebliches Flickerverhalten aufweisen, welches das einer Leuchtstofflampe im Betrieb am VVG weit übersteigt (siehe auch Abbildung 3.191 b) unter <https://www.trilux.com/de/beleuchtungspraxis/leuchten/betrieb-von-leuchten-fuer-entladungslampen/vorschaltgeraete/induktive-vorschaltgeraete/>.



Die unten stehenden Beispiele verdeutlichen exemplarisch, welcher Nutzen von einer Sanierung im Vergleich zu einem Lampentausch mit LED-Austausch-Lampen ausgehen kann. Wichtige Vorteile der Sanierung sind, dass

- moderne LED-Leuchten mit optimierter Lichttechnik das Licht in der spezifischen Anwendung vielfach gezielter verteilen können, als die mit Leuchtstofflampenleuchten möglich war,
- sie dadurch besonders energieeffizient sind,
- sie durch ein hochwertiges Binning eine hohe Farbkonsistenz (Farbortoleranz ≤ 3 SDCM) aufweisen,
- für moderne LED-Leuchten über ihre gesamte Lebensdauer praktisch keine Ausfälle (Ausfallrate nahe Null) zu erwarten sind,
- zeitgemäße Anforderungen an die Beleuchtungsqualität erfüllt werden können,
- für sie lichttechnische Datensätze zur Überprüfung der resultierenden Beleuchtung zur Verfügung stehen,
- Störungen des Sehkomforts durch 100-Hertz-Flimmern durch ausgewiesene geringe Flickerfaktoren vermieden werden,
- auch die elektrotechnischen Betriebsdaten im Detail bekannt sind und vom Leuchtenhersteller – inklusive Produkthaftung – garantiert werden,
- bei einem Lampentausch mit LED-Austausch-Lampen defekte Fassungen der Bestandsleuchten unter Umständen nicht zu ersetzen sind und
- eine somit bessere Wirtschaftlichkeit der LED-Leuchten im Vergleich zu einem Lampentausch mit LED-Austausch-Lampen erzielt wird (Beispiele 1, 2 und 3).

Insbesondere ein erhöhtes, verfügbares Beleuchtungsniveau bei gleichzeitig möglicher Dimmbarkeit, wie es in der aktuellen EN 12464-1 beschrieben wird, kann durch den Einsatz von LED-Leuchten in Kombination mit einem geeigneten Lichtmanagement erreicht werden. Es erschließen sich dabei zusätzliche Energie-Einsparpotenziale bei erhöhter Beleuchtungsqualität.

T8-LED-RETROFIT-LAMPE VS. LED-LEUCHTE

T8	OSRAM SubstiTUBE PRO UO UN	SubstiTUBE Value	Philips Master	CorePro
18 W 1300 lm	6,7 W 1100 lm (-15 %)	7,3 W 800 lm (- 38 %)	8 W 1050 lm (- 19 %)	8 W 800 lm (- 38 %)
36 W 3200 lm	14,3 W 2500 lm (- 22 %)	16,4 W 1800 lm (- 44 %)	15,5 W 2500 lm (- 22 %)	18 W 2000 lm (- 38 %)
58 W 5000 lm	23 W 3700 lm (- 26 %)	20 W 2200 lm (- 56 %)	23 W 3700 lm (- 26 %)	23 W 2700 lm (- 46 %)

Tabelle 1: Beispiele für T8 LED-Retrofit-Röhren: Leistungsaufnahme und Lichtstrom
<https://www.ledvance.com/professional/products/lamps/led-tubes-c7009>
<https://www.lighting.philips.de/produkte/master-ledtubes>

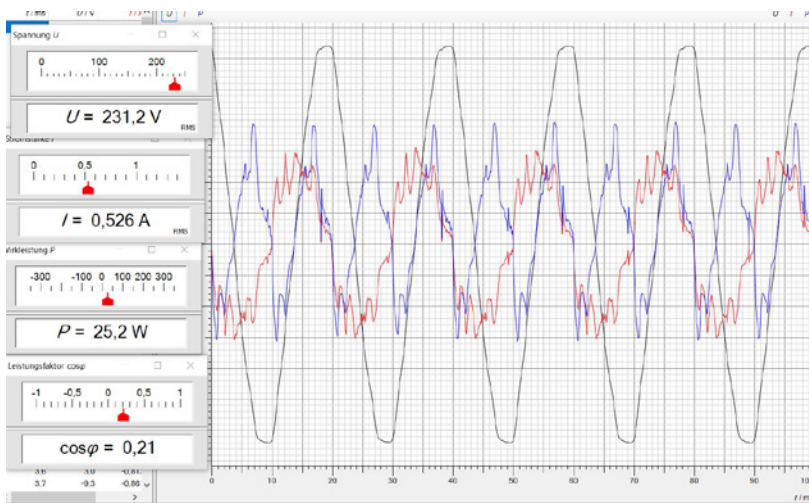


Abbildung 1: Messung mit LED-Retrofit-Lampe 23 W/4000 K 1500 mm in TRILUX-Leuchte mit nicht zugelassenem EVG. Die Lampe wird mit erhöhter Leistung betrieben (32,6 W anstatt 23 W).

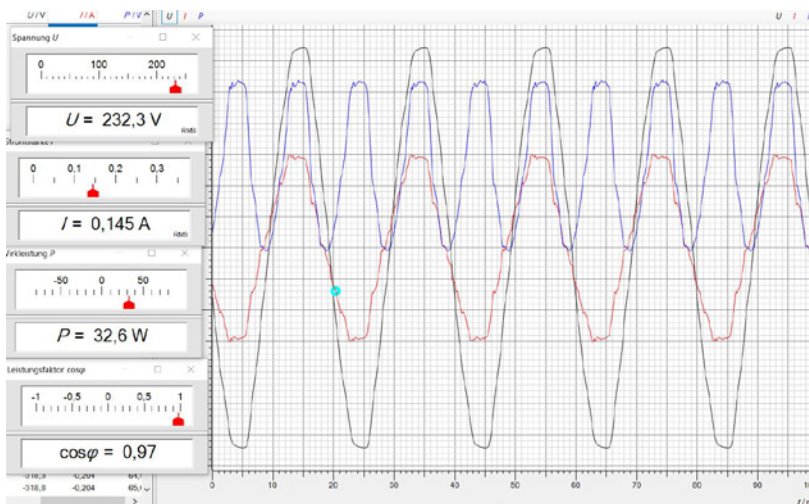


Abbildung 2: Messung mit SubstiTUBE T8 UN Pro Ultra Output 23 W/4000 K 1500 mm in einer TRILUX-Feuchtraumleuchte (Aragon 158K, Herstelldatum ca. 2010) mit induktivem VG und Parallelkompensation. Ein Leistungsfaktor von $\lambda = 0,21$ führt zu einem hohen Blindstrom und in einer Beleuchtungsanlage mit vielen Leuchten ggf. zu einer überhöhten Leitungsbelastung und dem Auslösen des Leitungsschutzschalters. Das VDE-Zertifikat für Retrofit-Lampen berücksichtigt solche praktischen Fehlfunktionen nicht, sondern bewertet lediglich das mögliche Auftreten eines Sicherheitsrisikos, das in einer ordnungsgemäßen Installation durch den Leitungsschutzschalter vermieden ist.



- **1.1 Beleuchtung einer Versandhalle**

- Direkter Austausch der T8-Lampe gegen LED-Retrofit-Lampen in einer einlampigen Feuchtraumleuchte.
- 1-zu-1-Tausch mit TRILUX Aragon Fit-Leuchten

- **1.2 Beleuchtung einer sauberen Fertigungsstätte**

- Direkter Austausch von T8-Lampen als Freistrahler gegen LED-Retrofit-Lampen
- Austausch der E-Line-Geräteträger mit T8-Lampen gegen aktuelle LED-Geräteträger

- **1.3 Beleuchtung eines Büros**

- Direkter Austausch von T8-Lampen in einer Rasterleuchte gegen LED-Retrofit-Lampen
- 1-zu-1-Leuchtentausch gegen TRILUX LED-Leuchten Arimo Fit
- Neuinstallationen/Neukonzeption mit TRILUX LED-Leuchten.

Bestand: 84 Feuchtraumleuchten, T8-58W, einlampig

Grundfläche: 600 m²

Anforderungen: D-Zeichen erforderlich (feuergefährdete Bereiche), IP ≥ 50, Ra ≥ 65

Im Vergleich:

1. Bisheriger Betrieb von T8-Lampen in 1-lampigen Leuchten höherer Schutzart (siehe Planung).
2. Austausch gegen LED-Retrofit-Lampen³, exemplarisch von OSRAM und Philips:
 - OSRAM ... SubstiTUBE PRO U0 UN
 - Philips... MASTER LEDtube VLE 1500mm U0 24W 840 T8
3. Direkter Austausch gegen Leuchten TRILUX Aragon Fit

zu 1: Bisheriger Betrieb mit T8-Leuchtstofflampen

Die erforderliche Beleuchtungsstärke wurde knapp erreicht.

zu 2: Austausch gegen LED-Retrofit-Lampen

Ein Vergleich des verfügbaren Lichtstroms je Leuchte zeigt, dass am Ende der Lampenlebensdauer (Wartungszeitpunkt) die erforderliche Beleuchtungsstärke in der gezeigten Halle mit den LED-Retrofit-Lampen nicht erreicht werden kann.

	Leuchtstofflampe	Retrofit-Lampe
Lichtstrom der Lampe (neu)	5.200 lm	3.700 lm
Leuchtenbetriebswirkungsgrad	0,8	< 0,95 ²
Lichtstrom der Leuchte (neu)	4.160 lm	3.515 lm
LLWF	0,8	0,7
Verfügbare Lichtstrom einer Leuchte zum Wartungszeitpunkt	4.160 lm · 0,8 = 3.328 lm	3.515 lm · 0,7 = 2.461 lm

Bei annähernd gleicher Lichtverteilung ergibt sich mit der Retrofit-Lampe eine Beleuchtungsstärke von

$$\bar{E}_m \leq 309 \text{ lx} \cdot \frac{2.461 \text{ lm}}{3.328 \text{ lm}} = 229 \text{ lx}$$

zu 3: Direkter Austausch gegen Leuchten TRILUX Aragon Fit

Es stehen Leuchten mit geeigneten Lichtstrompaketen und Lichtverteilungen, z. B. 4.400 lm, breitstrahlend, zur Verfügung, um eine optimierte Beleuchtung zu ermöglichen. Die Leuchten sind in dimmbarer Ausführung (DALI) für den Betrieb mit einem Lichtmanagementsystem verfügbar.

³Typischerweise 5 % optische Verluste bei einer Feuchtraumleuchte.



**Planung der Innenraumbelichtung
DIN EN 12464-1**

TRILUX-LENZE GmbH + Co KG
Heidestraße D-59759 Arnsberg
D-59759 Arnsberg
Postfach 1960
D-59753 Arnsberg

Projektbeschreibung **Versandhalle**
Versandhalle mit FR-Leuchten 1x58 W, KVG

Datum/Bearbeiter 19.01.2012 / Ev
Projektanlage Versandhalle
Berechnungsablage Aragon_Bestand

Raumabmessungen

Länge 30,00 m
Breite 20,00 m
Höhe 7,00 m
Höhe der Leuchtenebene 5,95 m

Projektierungsdaten

Wartungsfaktor 0,80
Wartungswert der Beleuchtungsstärke 300 lx
Anzahl Berechnungspunkte (x/y/z) 14 / 9 / 9

Mittlere Reflexionsgrade

Decke 0,60
Wand 1 0,50
Wand 2 0,50
Wand 3 0,50
Wand 4 0,50
Boden 0,20

Berechnungsergebnisse

UGR-Wert Blickrichtung von Wand
24,6 18,9 24,6 18,9

Anschlussleistung 5,71 kW
Spezifische Anschlussleistung 9,5 W/m² (') 9,5 W/m² (")
(Elektrische Bewertungsleistung nach DIN V 18599-4)

Nutzenergiebedarf 1084 kWh/a (') 1075 kWh/a (")
(') tatsächlicher Wert
(') bezogen auf den Wartungswert der Beleuchtungsstärke (300 lx)

Nutzungsprofil nach DIN V 18599-10 (Em geändert):
Lager (Technik, Archiv)

Referenzwert EnEV 2009: 1239 kWh/a

Ausgewählte Leuchten

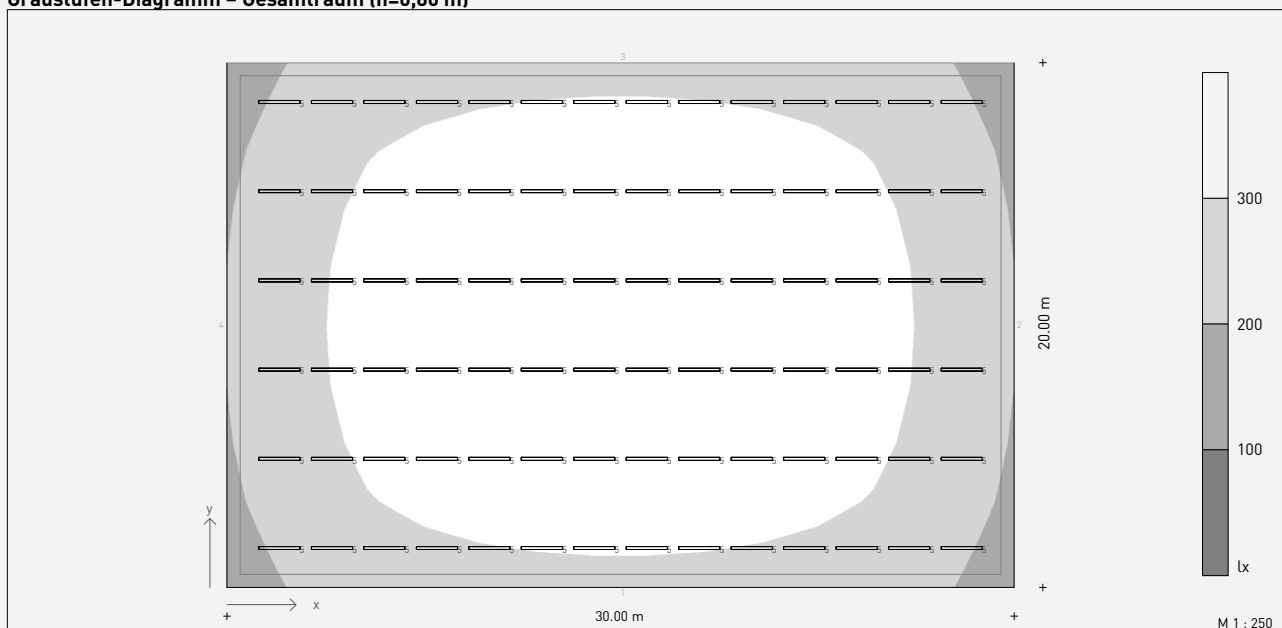
Typ	Anzahl	Leuchten-Bezeichnung	z*	Bestückung	Dateiname
5	84	Aragon 158	5,95 m	1 x 58 W IND G13 (Ø) - 5200 lm	TX3725.ELX

*z: Aufhängehöhe der Leuchten über Boden (Leuchtenmittelpunkt)

Berechnungsergebnisse Bereiche der Sehaufgaben

Bereich der Sehaufgabe	Bereich der Sehaufgabe		unmittelbarer Umgebungsbereich	
	Em/lx	Emin/Em	Em/lx	Emin/Em
1: Bereich der Sehaufgabe 1 (Eh)	309	0,65	223	0,67

Graustufen-Diagramm - Gesamttraum (h=0,80 m)



Die angegebenen Anlagendaten sind Grundlage der lichttechnischen Berechnung. Infolge verfahrensbedingter Abweichungen können es tsprechend nationalen und internationalen Empfehlungen Differenzen zwischen Planungs- und Ausführungsergebnissen entstehen.

Bestehende Beleuchtungsanlage mit 2-lampigen E-Line Geräteträgern mit weißem Reflektor (siehe Planung)
Anforderungen: 300 lx, IP20, Ra >80

Im Vergleich:

1. Austausch der T8-Lampen
2. Austausch gegen LED-Retrofit-Lampen⁴, exemplarisch von OSRAM und Philips:
 - OSRAM ... SubstiTUBE PRO UO UN
 - Philips... MASTER LEDtube VLE 1500mm UO 24W 840 T8
3. Direkter Austausch der alten Geräteträger gegen Geräteträger TRILUX E-Line LED

zu 1: Direkter Austausch der alten Geräteträger gegen Geräteträger TRILUX E-Line LED

Die erforderliche Beleuchtungsstärke wurde knapp erreicht.

zu 2: Austausch gegen LED-Retrofit-Lampen

Ein Vergleich des verfügbaren Lichtstroms je Leuchte zeigt, dass am Ende der Lampenlebensdauer (Wartungszeitpunkt) die erforderliche Beleuchtungsstärke in der gezeigten Fertigungshalle mit den LED-Retrofit-Lampen nicht erreicht werden kann.

	Leuchtstofflampe	Retrofit-Lampe
Lichtstrom der Lampe (neu)	2 · 5.000 lm	2 · 3.700 lm
Leuchtenbetriebswirkungsgrad	0,72	< 0,90 ²
Lichtstrom der Leuchte (neu)	7.200 lm	≤ 6.660 lm
LLWF	0,8	0,7
Verfügbarer Lichtstrom einer Leuchte zum Wartungszeitpunkt	7.200 lm · 0,8 = 5.760 lm	6.600 lm · 0,7 = 4.662 lm

Bei annähernd gleicher Lichtverteilung ergibt sich mit der Retrofit-Lampe eine Beleuchtungsstärke von

$$\bar{E}_m \leq 340 \text{ lx} \cdot \frac{4.662 \text{ lm}}{5.760 \text{ lm}} = 275 \text{ lx}$$

Die normativen lichttechnischen Anforderungen, die zum Zeitpunkt der Errichtung der Beleuchtungsanlage galten, sind somit ggf. nicht mehr erfüllbar.

zu 3: Direkter Austausch gegen TRILUX E-Line Geräteträger

Es stehen Geräteträger mit geeigneten Lichtstrompaketen und Lichtverteilungen, z. B. 8.000 lm, breitstrahlend, zur Verfügung, um eine normgerechte Beleuchtung sicherzustellen.

Die Geräteträger sind darüber hinaus auch in dimmbarer (DALI) und in der Active-Ausführung (DALI DT8 mit veränderlicher Farbtemperatur) verfügbar, um einen energiesparenden Betrieb mit einem Lichtmanagementsystem zu ermöglichen. Die Empfehlungen aktueller Normen und Bestimmungen, wie z. B. der europäischen Beleuchtungsnorm DIN EN 12464-1 von 2021, können so zusätzlich berücksichtigt werden.

Wirtschaftlichkeit

Ein Vergleich der Wirtschaftlichkeit kann in dem hier betrachteten konkreten Beispiel nicht vorgenommen werden, da der Einsatz von Retrofit-Lampen nicht zu einer zulässigen Lösung der Beleuchtungsaufgabe führt.

Um einen Vergleich hypothetisch durchzuführen, kann jedoch eine Situation angenommen werden, in der der verfügbare Lichtstrom der Retrofit-Lampen ausreichen soll. In dem Fall kann ein E-Line Geräteträger mit einem Netto-Lichtstrom von 6.500 lm als mindestens gleichwertig angesehen werden. Die untenstehende Vergleichsberechnung zeigt, dass der Einsatz neuer Geräteträger zu allen oben aufgeführten technischen Vorzügen auch finanziell ein mindestens zum Retrofit-Lampentausch identisches Einsparpotential aufweist.

⁴ Typischerweise 10 % optische Verluste bei einer Rasterleuchte.



TRILUX
SIMPLIFY YOUR LIGHT.

**Planung der Innenraumbeleuchtung
DIN EN 12464-1**

TRILUX-LENZE GmbH + Co KG
Heidestraße D-59759 Arnsberg
D-59759 Arnsberg
Postfach 1960
D-59753 Arnsberg

Projektbeschreibung Retrofit im Industrieraum
Bestand, E-Line, T8

Datum/Bearbeiter 19.01.2012 / Ev

Projektablage Retrofit im Industrieraum

Berechnungsablage E_Line_Bestand_IP20

Raumabmessungen

Länge 30,00 m
Breite 20,00 m
Höhe 7,00 m
Höhe der Leuchtenebene 6,94 m

Projektierungsdaten

Wartungsfaktor 0,80
Wartungswert der Beleuchtungsstärke 300 lx
Anzahl Berechnungspunkte (x/y/z) 14 / 9 / 9

Mittlere Reflexionsgrade

Decke 0,60
Wand 1 0,50
Wand 2 0,50
Wand 3 0,50
Wand 4 0,50
Boden 0,20

Berechnungsergebnisse

UGR-Wert 23,2 23,9 23,2 23,9
Anschlussleistung 3,96 kW
Spezifische Anschlussleistung (Elektrische Bewertungsleistung nach DIN V 18599-4) 6,6 W/m² (*) 6,0 W/m² (**)
Nutzenergiebedarf 8910 kWh/a(*) 8063 kWh/a(**)
(*) tatsächlicher Wert
(**) bezogen auf den Wartungswert der Beleuchtungsstärke (300 lx)
Nutzungsprofil nach DIN V 18599-10 (Em geändert):
Werkstatt (Montage, Fertigung)
Referenzwert EnEV 2009: 15328 kWh/a

Ausgewählte Leuchten

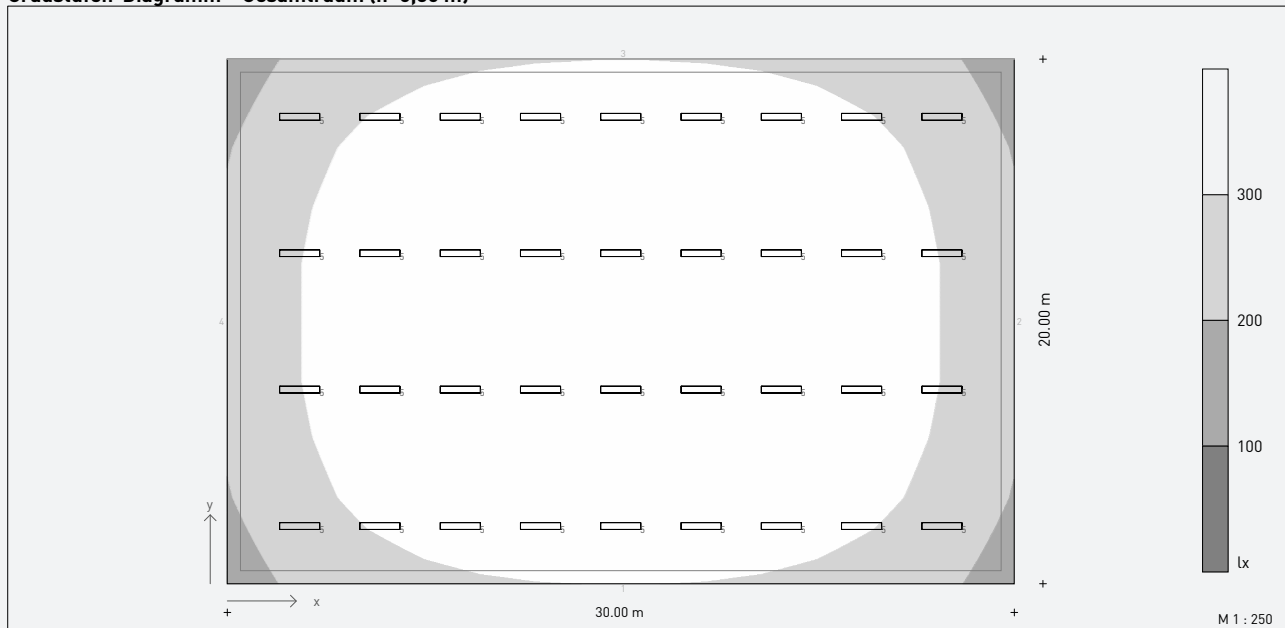
Typ	Anzahl	Leuchten-Bezeichnung	z*	Bestückung	Dateiname
	36	E-Line T8 R 2x58W	6,94 m	2 x 58 W ED G13 - 10000 lm	TX007761.ELX

*z: Aufhängehöhe der Leuchten über Boden (Leuchtenmittelpunkt)

Berechnungsergebnisse Bereiche der Sehaufgaben

Bereich der Sehaufgabe	Bereich der Sehaufgabe		unmittelbarer Umgebungsbereich	
	Em/lx	Emin/Em	Em/lx	Emin/Em
1: Bereich der Sehaufgabe 1 (Eh)	340	0,63	238	0,65



Graustufen-Diagramm – Gesamttraum (h=0,80 m)



Die angegebenen Anlagendaten sind Grundlage der lichttechnischen Berechnung. Infolge verfahrensbedingter Abweichungen können es tsprechend nationalen und internationalen Empfehlungen Differenzen zwischen Planungs- und Ausführungsergebnissen entstehen.

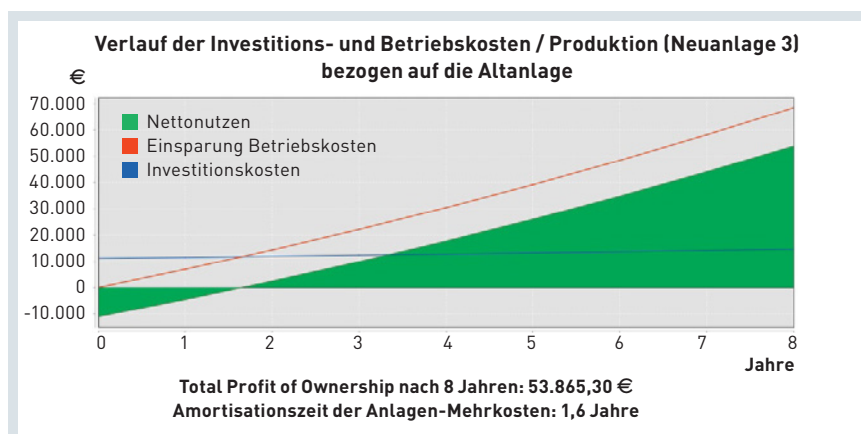
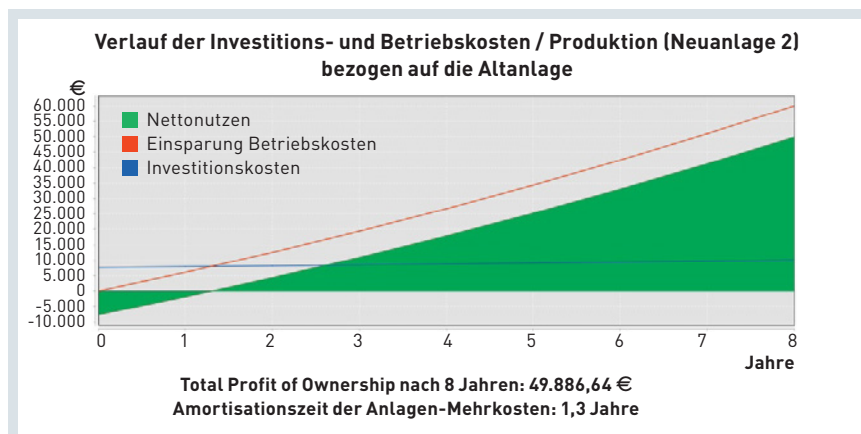
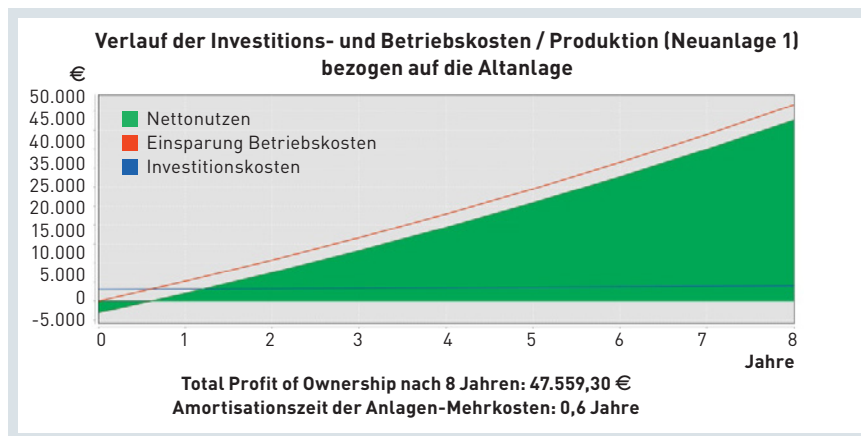
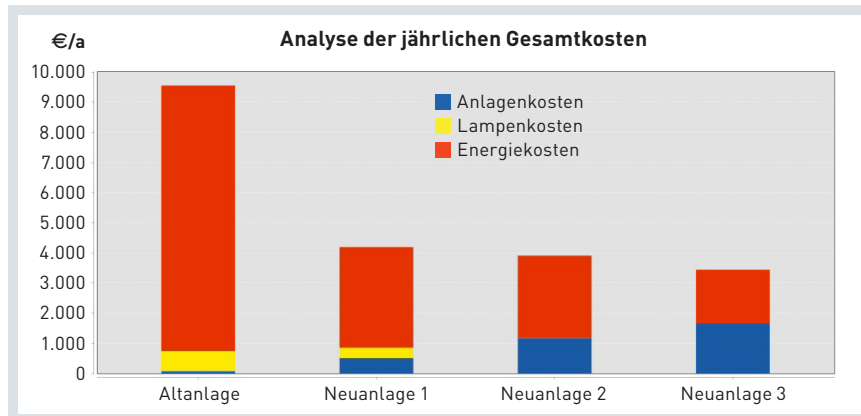
Produktion

Kalkulation

Leuchtauswahl					
Anlage		Altanlage	Neuanlage 1	Neuanlage 2	Neuanlage 3
Abbildung					
Leuchtenbezeichnung		E-Line T8 RW 2x58W	Retrofit Pro	7650B LED6500-840 ET	7650B LED6500-840 ETDD
Anlagen- und Nutzungsdaten					
Anzahl der Leuchten nach lichttechnischer Berechnung	Stck.	36	72	36	36
Lampentyp		T8	LED	LED	LED
Lampen-Nennleistung	W	58	0		
Anzahl der Lampen je Leuchte	Stck.	2	1	1	1
Art des Vorschaltgerätes		VVG	ET	ET	ETDD
Anzahl der Betriebsstunden (täglich)	Std.	24,00	24,00	24,00	24,00
Anzahl der Betriebsstage (jährlich)	Tage	345	345	345	345
Anzahl der Betriebsstunden (jährlich)	Std./a	8.280	8.280	8.280	8.280
Voraussichtliche Anlagennutzungsdauer	Jahre	8	8	8	8
Anlagenkosten					
Preis einer Leuchte	€	0,00	25,00	203,00	247,30
Preis für Lichtmanagement	€	0,00	0,00	0,00	1.600,00
Kosten für Montage und Anschluss einer Leuchte	€	0,00	25,00	25,00	25,00
Installationskosten Lichtmanagementsystem	€	0,00	0,00	0,00	250,00
Instandsetzungskosten bestehender Leuchte	€	15,00	0,00	0,00	0,00
Gesamtinvestition	€	540,00	3.600,00	8.208,00	11.652,80
Leuchtenkosten + Kosten Lichtmanagement					
Prozentsatz der jährlichen linearen Abschreibung	%/a	12,50	12,50	12,50	12,50
Zinssatz des eingesetzten Kapitals (Kapitaldienst)	%/a	3,5	3,5	3,5	3,5
Σ Jährliche Anlagenkosten (Nutzungsdauer)	€/a	76,95	513,00	1.169,64	1.660,52
	%	100 %	667 %	1.520 %	2.158 %
Lampen- und Wartungskosten					
Gesamtanzahl der Lampen	Stck.	72	72	36	36
Preis einer Lampe	€	3,00	12,50	0,00	0,00
Lampenwechselkosten je Leuchte	€	15,00	25,00	8,00	0,00
Preis eines Starters	€	0,00	0,00	0,00	0,00
Lampenlebensdauer	Std.	11.000	50.000	70.000	70.000
Lebensdauer 12B10 (12-Stunden-Schaltrythmus / 10% Ausfälle), nach deren Ablauf ein Gesamt-Austausch aller Lampen vorgenommen werden sollte					
Lampe im Lieferumfang		Nein	Ja	Ja	Ja
Anzahl Wechsel während Nutzungsdauer		7	1	0	0
Σ Mittlere Lampen-/Wartungskosten jährlich	€/a	661,50	337,50	0,00	0,00
	%	100 %	51 %	0 %	0 %
Energiekosten					
Systemleistung einer Lampe	W	66,0	25,0	41,0	41,0
Systemleistung einer Leuchte	W	132,0	25,0	41,0	41,0
Gesamt-Anschlussleistung der Beleuchtungsanlage	W	4.752	1.800	1.476	1.476
Erwartete Energie-Einsparung durch Lichtmanagement	%	0,00	0,00	0,00	35,00
Jährlicher Energieverbrauch, gesamt	kWh/a	39.347	14.904	12.222	7.944
Arbeitspreis je kWh	€	0,20	0,20	0,20	0,20
Jährliche Teuerungsrate für Stromkosten	%/a	3,0	3,0	3,0	3,0
Σ Mittlere Energiekosten jährlich	€/a	8.813,63	3.338,50	2.737,57	1.779,42
	%	100 %	38 %	31 %	20 %
Gesamtkosten jährlich					
	€/a	9.552,08	4.189,00	3.907,21	3.439,94
	%	100 %	44 %	41 %	36 %

Produktion

Grafiken



Rechtlicher Hinweis:

Die mit dieser Präsentation übermittelten Inhalte und Berechnungen dienen lediglich zu Informationszwecken und sind rechtlich unverbindlich. Die Ergebnisse resultieren aus mathematischen Berechnungen, die u. a. auf Vorgaben und Annahmen der DIN V 18599, DIN EN 12464 etc. basieren. Messungen wurden nicht durchgeführt. Beispielsweise kann das konkrete Verhalten der Nutzer einer Beleuchtungsanlage zu abweichenden Ergebnissen führen, ebenso das Vorhandensein weiterer Stromverbraucher an demselben Stromkreis. Eine Haftung oder eine Garantie für die Richtigkeit der Annahmen und der Effizienzberechnungen kann TRILUX nicht übernehmen. Die Berechnungsformeln, Produktparameter und -Informationen sowohl der neuen als auch der vorhandenen, zu ersetzenden Beleuchtungsanlage entsprechen den zum Zeitpunkt der Dateneingabe vorhandenen Kenntnissen. Diese Daten erheben jedoch keinen Anspruch auf Vollständigkeit und Richtigkeit. Änderungen und Irrtümer müssen vorbehalten bleiben. Bitte beachten Sie, dass ein Kauf-, Werk- oder Dienstleistungsvertrag mit TRILUX online nicht geschlossen werden kann. Die Preisangaben sind unverbindlich. Eine Not-/Sicherheitsbeleuchtung wurde nicht realisiert und muss falls gewünscht bauseits erfolgen.

Bestehende Beleuchtungsanlage mit 4-lampigen Rastereinbauleuchten mit Darklight-Raster
 Anforderungen: 500 lx, IP20, Ra >80, R_{UGL} ≥ 19

In einigen Fällen können nach dem Tausch der LED-Retrofit-Lampen die zum Zeitpunkt der Installation der Beleuchtungsanlage geforderten Kriterien der Beleuchtung gemäß der damaligen Fassung der Norm DIN EN 12464-1 erreicht werden. Sie bleiben dann also folglich bestenfalls auf diesem ehemaligen Stand bestehen, der danach für den Zeitraum des Betriebs der Retrofit-Lampen festgeschrieben ist.



a) Am frühen Morgen und ab dem späten Nachmittag



b) Am Tage um die Mittagszeit

Abbildung 1: An das Tageslicht angepasster Verlauf der Farbtemperatur der künstlichen Beleuchtung in einem Großraumbüro

Bei einem Tausch der Leuchten wird eine zeitgemäße Beleuchtungsqualität erreicht, die den heutigen Stand der Technik berücksichtigt. Auch die Anforderungen an die Kriterien der Beleuchtung gemäß der neuen Beleuchtungsnorm DIN EN 12464-1; 2021-11 werden erreicht. Darüber hinaus sind die Einrichtung einer gesteuerten Beleuchtung, ggf. mit melanopischer Wirksamkeit zur Unterstützung des circadianen Rhythmus möglich.

Wenn ein **Leuchtaustausch aus baulichen Gründen problematisch** sein sollte, können von TRILUX auf Anfrage **fassungslose Leuchteneinsätze** auf Basis von LED-Modulen angeboten werden. Im Einzelfall kann geprüft werden, ob in dem Zuge auch das optische System gegen eine zeitgemäße Lichttechnik ersetzt werden kann und ein Lichtmanagement möglich ist.