

WERKNORM

Beleuchtungskonzept für Innen- und Außenbeleuchtungsanlagen

RN
612-259
Juni 2020

Inhalt	Seite		Seite
1	Zweck und Anwendungsbereich 2	4.3.1	Blitzschutz und Überspannungsschutz 11
2	Normen und Vorschriften 2	4.3.2	Einschaltstrombegrenzung..... 11
3	Aufbau von Beleuchtungsanlagen auf Gasanlagen / Verdichterstationen 2	4.3.3	Stromlaufpläne 12
3.1	Innenbeleuchtung..... 2	4.3.4	Ex-Schutz..... 12
3.2	Außenbeleuchtung 4	4.3.5	Lichtverschmutzung / Lichtemission 12
3.2.1	Wegebeleuchtung 5	4.3.6	Anordnung und Platzierung von Leuchten..... 13
3.2.2	Anlagenbeleuchtung 5	4.4	Energieeffizienz..... 13
3.2.3	Objektschutzbeleuchtung..... 5	4.4.1	Grundsätze..... 13
3.3	Notbeleuchtung 5	4.4.2	Maßnahmen 14
4	Planungsgrundsätze 6	4.5	Nachweis der Beleuchtungsstärke..... 15
4.1	Parameter 7	4.5.1	Aufbau der Beleuchtungsdatei..... 15
4.1.1	Mindestbeleuchtungsstärke 7	5	Reinvest von Beleuchtungsanlagen..... 16
4.1.2	Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke..... 7	5.1	Retrofit..... 16
4.1.3	Reflexionsgrad 7	5.2	Inspektion und Wartung 16
4.1.4	Farbwiedergabe 7	5.3	Technische Lebensdauer 17
4.1.5	Blendung 8	6	Dokumentation 17
4.1.6	Wartungsfaktor 8	Bezugsdokumente..... 17	
4.2	Auswahl und Qualität der eingesetzten Leuchten..... 9	Anlagen 18	
4.3	Auslegung von Beleuchtungsanlagen..... 11		



1 Zweck und Anwendungsbereich

Diese Werknorm beschreibt die Anforderungen an die Planung und Ausführung von Beleuchtungsanlagen auf Verdichterstationen sowohl für Neubau- als auch bei Reinvest-Maßnahmen. In Teilen ist diese Werknormen auch für andere Anlagentypen, wie z.B. LSE-Stationen, GDRM-Stationen, etc. anwendbar.

Das Dokument dient als Vorgabe von Rahmenbedingungen für die fachgerechte Planung, so dass die Anforderungen auf Gasanlagen ausreichend beachtet werden. Darüber hinaus wird im Abschnitt 5 ein Leitfaden für den Austausch bzw. Reinvest von Beleuchtungsanlagen aufgeführt.

2 Normen und Vorschriften

Die Anlage ist so zu planen und zu errichten, dass die den zum Ende der technischen Klärung gültigen und relevanten Richtlinien entspricht, insbesondere:

- **DIN EN 12464-1** Licht und Beleuchtung - Beleuchtung von Arbeitsstätten
- Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen
- **DIN EN 12464-2** Licht und Beleuchtung - Beleuchtung von Arbeitsstätten
- Teil 2: Arbeitsplätze im Freien
- **ASR A 3.4** Technische Regeln für Arbeitsstätten - Beleuchtung

Sämtliches verwendetes Material muss den gültigen Vorschriften und Richtlinien entsprechen. Die zum Einsatz kommenden Materialien sind auf wenige Typen zu minimieren. Bei der Auswahl der Werkstoffe ist zu berücksichtigen, dass sie entsprechend dem Verwendungszweck und der Verarbeitung den mechanischen, chemischen und thermischen, korrosiven und alterungsbedingten Beanspruchungen gerecht werden. Bei der Auswahl der Werkstoffe sind technische und wirtschaftliche Gesichtspunkte sowie eine lange Standzeit der einzelnen Anlagenteile zu beachten. Für alle Ausrüstungen sind bewährte Fabrikate mit optimaler Auslegung und Konstruktion in Bezug auf Betriebssicherheit, Prüf- und Montagefreundlichkeit sowie hoher Lebensdauer einzusetzen.

3 Aufbau von Beleuchtungsanlagen auf Gasanlagen / Verdichterstationen

Auf Anlagen der OGE unterscheiden sich die Anforderungen an die Beleuchtungsanlage je nach Größe und Art (z.B.: Verdichterstation, LSE-Station, GDRM-Station, Betriebsstelle), so dass sich unterschiedliche Ausprägungen und Konstellation ergeben. Nachfolgend werden die möglichen Ausführungsvarianten von einander abgegrenzt. Grundsätzlich kann in eine Innenbeleuchtung und Außenbeleuchtung unterschieden werden, wobei eine weitere Unterteilung zwingend erforderlich ist.

3.1 Innenbeleuchtung

Die Beleuchtungsanlage für die Innenräume richtet sich stark nach dem Verwendungszweck des jeweiligen Raumes und ist daher entsprechend auszulegen. Neben den lichttechnischen Güteanforderungen wie Gleichmäßigkeit, Blendbegrenzung, Leuchtdichteverteilung, Farbwiedergabe, Beleuchtungsstärke und Wirtschaftlichkeit können weitere Anforderungen zum Beispiel an den Ex-Schutz und einer Notbeleuchtung vorhanden sein. In der Regel wird bei der Projektierung einer Beleuchtungsanlage, insbesondere in Arbeitsstätten, eine Allgemeinbeleuchtung vorgesehen. Die Beleuchtungsanlage wird so projektiert, dass sie innerhalb eines Raumes annähernd gleiche Sehverhältnisse schafft. Werden in einzelnen Bereichen des Raumes unterschiedliche Tätigkeiten ausgeübt, kann die Allgemeinbeleuchtung diesen Tätigkeiten arbeitsplatzorientiert angepasst oder durch den Einsatz einer arbeitsplatzspezifischen Zusatzbeleuchtung ergänzt werden.

Die Leuchten der Allgemeinbeleuchtung sind ortsfeste Zweckleuchten. Leuchten sind so an- und einzubringen, dass kein Wärmestau entsteht und dass die auf entflammbare Stoffe nicht negativ einwirken. Die Montage der Beleuchtungskörper darf grundsätzlich nur in der von dem Hersteller definierten Gebrauchslage erfolgen. Ist keine Gebrauchslage für die Leuchten definiert, sind die Leuchten ausschließlich waagrecht hängend zu montieren.

In den nachfolgenden Unterabschnitten sind einzelne raumspezifische Anforderungen definiert. Diese raumspezifischen Anforderungen werden ergänzt durch Anlage 2.

Büroräume

Die Beleuchtungsanlagen der Büroräume und der Räume ähnlicher Nutzung sind als Allgemeinbeleuchtung für hohe Sehaufgaben zu projektieren. Die Beleuchtungsanlage soll an allen Stellen des Raumes etwa gleiche Sehbedingungen schaffen, wobei hier die Güteanforderungen an die Beleuchtung für „Arbeitsplätze mit Bildschirmunterstützung“ gemäß der Arbeitsstättenrichtlinie **ASR A 3.4** erfüllt sein müssen. Hier sind in der Regel LED-Rasterleuchten in der abgehängten Decke vorzusehen. Bei definierter Lage der Arbeitsplätze und Blickrichtung der Personen sind die Leuchten so anzuordnen, dass die Blickrichtung der Personen parallel zu den Längsseiten der Leuchten verläuft.

In Besprechungsräumen ist insbesondere die Helligkeitssteuerung zu berücksichtigen. Dabei können dimmbare Leuchten bzw. Gruppenschaltungen zum Einsatz kommen. Hier ist zu gewährleisten, dass Präsentationen mit Beamer etc. möglich sind

Stationswartenraum

Der Bereich der Bedien- und Beobachtungsebene ist mit einer Beleuchtungsanlage auszurüsten, die hohen Sehaufgaben gerecht wird. Die Leuchten sollen, um eine zu starke Änderung der Schattigkeit beim Übergang vom Tageslicht zum künstlichen Licht zu vermeiden, parallel zur Fensterfront verlaufen. Die Aufteilung der Beleuchtungsanlage soll auf mehrere Stromkreise erfolgen, wobei diese Stromkreise wiederum auf die drei Phasen aufgeteilt werden. Bei Vorhandensein von Fensterflächen, deren Tageslichteinfall zur Nennbeleuchtungsstärke wesentlich beiträgt, sollen die Beleuchtungsanlage gruppenweise durch eine Lichtsteuerung tageslichtabhängig zurückgeschaltet werden. Die Beleuchtungsanlage ist dimmbar auszuführen.

Bei kombinierten Stationswarten (BuB-Bereich + Schaltschrankbereich) ist der Schaltschrankbereich gemäß den Güteanforderungen für Beleuchtungsanlagen in elektrischen Betriebsstätten zu versehen.

Sozialräume

Die Räume sind entsprechend ihrer Nutzung mit einer Allgemeinbeleuchtungsanlage zu versehen.

Verkehrswege in Gebäuden

Die Beleuchtung der Verkehrswege in Gebäuden (Flure, Treppen etc.) soll in Anlehnung an die Beleuchtungsstärken der benachbarten Räume erfolgen.

Die Aufteilung der Beleuchtungsanlage soll auf mehrere Stromkreise erfolgen, wobei diese Stromkreise wiederum auf die drei Phasen aufgeteilt sind. Ein Teil der Beleuchtungsanlage wird als Notbeleuchtung ausgeführt, welche über die unterbrechungsfreie Stromversorgung gespeist wird.

Sicherheitsfarben und -kennzeichnungen müssen immer als solche erkennbar sein.

Betriebsräume

Für die Beleuchtungsanlagen in Betriebsräume (z.B. Heizungsraum, Schaltraum, etc.) sind Lichtbandleuchten oder Anbauleuchten einzusetzen. Die Anordnung der Leuchten muss so erfolgen, dass Bedien-, Wartungsaktivitäten sowie Störungsbeseitigungen ohne Zusatzbeleuchtung möglich sind. Bei elektrischen Betriebsräumen entspricht dies einer Anordnung in Längsrichtung der Schaltschrankreihen. Insbesondere sind dabei auch die möglichen Umgebungseinflüsse zu berücksichtigen.

In elektrischen Betriebsräumen ist die Beleuchtungsanlage derart auszulegen, dass die vertikalen Flächen an den Schaltschränken ausgeleuchtet werden. Dies bedeutet, dass bei Auslegung der Beleuchtung die Mindestbeleuchtungsstärke auf diese Fläche angewendet wird. Eine Notbeleuchtung ist für kritische, für die Wiederherstellung der Energieversorgung elementar wichtige und zentrale Räume, vorzusehen. Hierzu zählen insbesondere der Stromersatzaggregate-Raum und der Mittelspannungsraum. Darüber hinaus sind elektrische Betriebsmittelräume mit einer Notbeleuchtung auszustatten, wenn diese eine Räumgröße von 30 m² überschreiten oder die Anordnung der Schaltfelder und somit die Zugänglichkeit dies erforderlich macht. Dadurch kann gewährleistet werden, dass die Beleuchtungs-Schaltfelder gefahrlos erreicht werden können.

Werkstätten

Werkstätten sind mit Beleuchtungsanlagen auszurüsten, die den Anforderungen an die Sehaufgabe und den zu erwartenden äußeren Einflüssen gerecht werden. Hierbei ist insbesondere darauf zu achten, dass bei sich drehenden Maschinen oder Anlagenteilen, eine LED-Beleuchtung zu verwenden ist, welche den stroboskopischen Effekt vermeidet. Die LEDs müssen als Qualitätsmerkmal flacker- und flimmfrei sein.

Hier sind Leuchten mit entsprechendem Wasser- und Staubschutz in Form von Lichtband- oder durch Einzelmontagen zu errichten. Die Aufteilung der Beleuchtungsanlage soll auf mehrere Stromkreise erfolgen, wobei diese Stromkreise wiederum auf die drei Phasen aufgeteilt sind. Besonders arbeitsplatzspezifische Anforderungen an die Sehaufgabe sind durch arbeitsplatzorientierte Zusatzbeleuchtung zu erfüllen.

Maschinenhallen und prozesstechnische Räume

Entsprechend der Einteilung der explosionsgefährdeten Bereiche nach dem Ex-Zonenplan sind die Leuchten gemäß den Anforderungen zu projektieren. Leuchten sind so zu positionieren, dass sie möglichst geringen Umgebungstemperaturen ausgesetzt und zu Wartungszwecken zugänglich sind.

Die Aufteilung der Beleuchtungsanlage soll auf mehrere Stromkreise erfolgen, wobei diese Stromkreise wiederum auf die drei Phasen aufgeteilt sind. Ein Teil der Beleuchtungsanlage wird als Notbeleuchtung ausgeführt, welche über die unterbrechungsfreie Stromversorgung gespeist wird. Die Nachlaufzeit der Notbeleuchtung beträgt 20 Minuten, insbesondere für Maschinenhallen. Abweichende Nachlaufzeiten sind projektspezifisch abzustimmen.

3.2 Außenbeleuchtung

Beleuchtungsanlagen im Außenbereich unterscheiden sich grundsätzlich von Innenbeleuchtungsanlagen. Der Unterschied der Beleuchtungsanlagen begründet sich aus lichttechnischer Sicht durch die Art der Berechnung der Beleuchtungsstärke, der Gleichmäßigkeit, der Leuchtdichte sowie nicht zuletzt durch die Blendbegrenzung. An die Leuchten für den Außenbereich werden sowohl lichttechnisch als auch aus konstruktiver Hinsicht in Bezug auf wasser- und Staubschutz, Korrosionsschutz, mechanischer Stabilität sowie elektrischer Sicherheit höhere Anforderungen gestellt, als an Leuchten für den Innenraum. Der Artenschutz spielt auch bei den Außenbeleuchtungsanlagen eine wesentliche Rolle. Es sind bei Außenbeleuchtungsanlagen Möglichkeiten zur Beibehaltung der lichttechnischen Güteigenschaften zu finden, die den ökologischen Empfehlungen zum Artenschutz möglichst nahekommen.

3.2.1 Wegebeleuchtung

Die Aufgabe der Wegebeleuchtung ist die Beleuchtung von Wegen und Werksstraßen innerhalb eines abgegrenzten Außenbereiches.

Während man bei den öffentlichen Straßenbeleuchtungsanlagen das Leuchtdichteverfahren anwendet und die Helligkeit nach der Verkehrsdichte festlegt, wird für die Werksstraßen die Beleuchtungsstärke in Abhängigkeit von der Nutzung dieser Straße oder des Weges festgelegt.

Die Schaltmöglichkeit für eine Wegebeleuchtung ist sowohl am Schaltschrank selbst, als auch am Zugang zu der Station (Tor, Pfortner etc.) möglich ist. Bei besetzten Stationen sind darüber hinaus Dämmerungsschalter mit einzubinden. Ausführungsdetails sind dem E-Plan Vorlageprojekt zu entnehmen und ggfs. Projekt- und Anlagenspezifisch festzulegen.

3.2.2 Anlagenbeleuchtung

Die Anforderungen an die Anlagenbeleuchtung sind entsprechend den zu beleuchtenden Anlagenteilen sehr differenziert. Neben den allgemeinen Güte Merkmalen ist hier der Blendbegrenzung ein besonders hoher Stellenwert zuzuordnen. Generell ist die Anlagenbeleuchtung auf OGE-Anlagen unabhängig vom Ex-Zonenplan explosionsgeschützt auszuführen. Die Anlagenbeleuchtung hat die Aufgabe, in Dunkelstunden gesondert zuschaltbar, z.B. Wartungs- und Reparaturarbeiten zu ermöglichen. Weiterhin ist durch die Anlagenbeleuchtung ein, aus beleuchtungstechnischer Sicht, gefahrloses Erreichen von prozesstechnischen Anlagenteilen sicherzustellen. Im Einzelfall ist zu prüfen, ob eine gesonderte Arbeitsplatzbeleuchtung benötigt wird, sowohl stationär oder mobil.

3.2.3 Objektschutzbeleuchtung

Die Objektschutzbeleuchtung soll im Zusammenwirken mit anderen Maßnahmen das Eindringen unbefugter Personen in ein Objekt mit erhöhten Sicherheitsanforderungen verhindern. Die Beleuchtungsanlage ist so zu planen, dass eine mögliche Gefahrensituation deutlich erkannt werden kann, das Wachpersonal aber nicht in der Sicht behindert wird.

3.3 Notbeleuchtung

Eine Notbeleuchtung dient dem Schutz von Personen insbesondere in Gebäuden, aber auch im freien Feld, in welchen sich Menschen aufhalten können. Die Notbeleuchtung dient dabei dem Zweck des sicheren Verlassens der Gefahrenstelle und dem Auffinden von Brandbekämpfungsmitteln und Sicherheitseinrichtungen. Die Notbeleuchtung muss bei jeder Beleuchtungsanlage auf den OGE-Stationen mit berücksichtigt und eingeplant werden. Nach den Technischen Regeln für Arbeitsstätten **ASR A 3.4/7** muss die Mindestbeleuchtungsstärke auf der Mittelachse der Flucht- bzw. Rettungswege in einer Höhe bis 20 cm mindestens 1 Lux betragen.

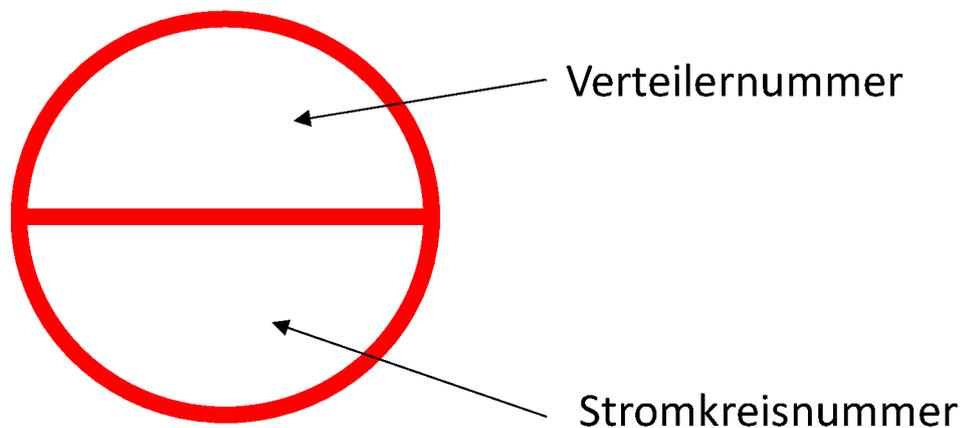
Die Situation der Energieversorgung insbesondere der Beleuchtungsanlage auf den OGE-Stationen (hier werden lediglich die Verdichterstation betrachtet) stellt sich wie nachfolgend aufgelistet dar:

- Die Aufteilung der Allgemeinbeleuchtung erfolgt auf mehrere Stromkreise, wobei diese Stromkreise wiederum auf die drei Phasen aufgeteilt sind.
- Alle OGE-Stationen werden mit einem Stromerzeugungsaggregat ausgestattet, welches bei Netzausfall nach 15 Sekunden die komplette Last übernimmt. Hierbei ist die Allgemeinbeleuchtung mit berücksichtigt worden.

- Die Notbeleuchtung in den einzelnen Gebäuden und auf dem Gelände der Verdichterstation wird über die unterbrechungsfreie Stromversorgung versorgt. Die USV ist wiederum für einen Notbetrieb von mindestens 1h ausgelegt.
- Zusätzlich sind in besonders gefährdeten Aufenthaltsorten wie z.B. den Schalträumen Akku-Handleuchten mit Notlichtfunktion aufgestellt
- Darüber hinaus werden durch mehrere OGE-eigene Arbeitsanweisungen gefährliche Arbeitsabläufe, soweit möglich, ausgeschlossen (z.B. Arbeiten unter Spannung für die eine Spezialausbildung erforderlich ist, sind verboten; Wartungs- / Instandhaltungsarbeiten am Verdichter finden lediglich im entspannten Zustand statt).

Die Beleuchtung, welche bei Netzausfall aktiv bleibt bzw. aktiv geschaltet wird, wird auf OGE-Stationen als Notbeleuchtung bezeichnet und gemäß Bild 1 neben oder am Leuchtmittel gekennzeichnet.

Bild 1 Kennzeichnung der Notbeleuchtung gemäß DIN VDE 0100-560 mit mindestens 30 mm Durchmesser



Im Einzelfall bleibt es zu prüfen, ob anstatt der Notbeleuchtung eine Sicherheitsbeleuchtung zum Einsatz kommen muss, insbesondere wenn die Arbeitsstätte nicht gefahrlos verlassen werden kann.

4 Planungsgrundsätze

Die Planungsgrundsätze dienen dem Planer als grundlegende Orientierungspunkte und Merkmale für die Auslegung und bei der Planung der einzelnen Teile der Beleuchtungsanlage. Bei Berücksichtigung und Umsetzung der einzelnen, in den nachfolgenden Unterabschnitten beschriebenen Parametern und Anforderungsmerkmalen, können die einzelnen Beleuchtungsgruppen optimal auf Ihre Beleuchtungsaufgabe angepasst werden. Auf zukünftigen Anlagen und bei Nach- bzw. Umrüstungsprojekten sind LEDs als Leuchtmittel einzusetzen.

Zu den einzelnen Parametern sind in der Anlage 2 „Auslegungsparameter“ für die einzelnen Beleuchtungsanlagen, welche sich auf den OGE-Anlagen befinden, Vorgaben aufgeführt. Diese Vorgaben sind bei der lichttechnischen Planung zu berücksichtigen und einzuhalten.

4.1 Parameter

4.1.1 Mindestbeleuchtungsstärke

Der Mindestwert der Beleuchtungsstärke ist der Wert, unter den die mittlere Beleuchtungsstärke auf einer bestimmten Fläche nicht sinken darf. Die Beleuchtungsstärke und ihre Verteilung hat einen wesentlichen Einfluss auf die Wahrnehmung im Bereich der Sehaufgabe sowie im Umgebungsbereich, wie schnell und sicher eine Person die Sehaufgabe erfasst und ausführt. Die empfohlene Beleuchtungsstärke für jede Aufgabe ist als Wertungswert der Beleuchtungsstärke \bar{E}_m anzugeben. Die erforderlichen Werte für den Wertungswert der Beleuchtungsstärke \bar{E}_m für die verschiedenen Raumtypologien einer Gasstation können der Anlage 2 entnommen werden.

4.1.2 Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke

Die Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke U_0 gibt das Verhältnis der niedrigsten Beleuchtungsstärke zur mittleren Beleuchtungsstärke auf einer gegebenen Fläche wieder. Die **DIN EN 12464-1** legt in diesem Zusammenhang Mindestwerte auf der Bewertungsfläche für den Wertungswert der Beleuchtungsstärke fest. Die Abhängigkeit der örtlichen Gleichmäßigkeit ist gegeben durch die Lichtstärkeverteilungskurve der Leuchten und von deren Anordnung im Raum. Des Weiteren ergibt sich ein zusätzlicher Einfluss durch die Reflexionseigenschaften der Raumbegrenzungsflächen.

4.1.3 Reflexionsgrad

Der Reflexionsgrad gibt das Verhältnis des zurückgeworfenen Lichtstroms an. Dieses Verhältnis ist bei der Lichtberechnung für einen Raum maßgeblich. Ein Raum mit gut reflektierenden Wänden, Böden und Decken sorgt für eine größtmögliche Reduzierung des künstlichen Lichts. Der Reflexionsgrad ρ ist dimensionslos, der größte Wert ist 1.

Für die wichtigsten diffus reflektierenden Raumbooberflächen sind nach der **DIN EN 12464-1** folgende Reflexionsgrade einzuhalten:

- Decke: 0,7 bis 0,9
- Wände: 0,5 bis 0,8
- Boden: 0,2 bis 0,4

Die Werte sind durch die Raumplanung oder messtechnisch zu ermitteln und zu bestätigen.

4.1.4 Farbwiedergabe

Die Farbwiedergabe ist die Wirkung einer Lichtquelle auf den Farbeindruck, den ein Mensch von einem Objekt hat, das mit dieser Lichtquelle beleuchtet wird. Der Farbwiedergabeindex R_a ist eine dimensionslose Kennzahl von 0 bis 100, mit der die Farbwiedergabeeigenschaften der Lampen klassifiziert werden. Je höher der Wert, je besser ist die Farbwiedergabe. Ein Wert unter 80 hat zur Folge, dass die Farbe von Sicherheitsschildern nicht mehr korrekt wiedergegeben werden kann. Die erforderlichen Werte sind ebenfalls für jede Räumlichkeit aus den Tabellen der **DIN EN 12464-1** zu entnehmen. Auf Gasanlagen sollte die Farbwiedergabe in folgenden Bereichen liegen:

- $100 \geq R_a \geq 90$ sehr gute Farbwiedergabe
- $90 > R_a \geq 80$ gute Farbwiedergabe

4.1.5 Blendung

Unter Blendung versteht man Störungen durch zu hohe Leuchtdichten oder zu große Leuchtdichteunterschiede im Gesichtsfeld. Blendung entsteht z.B. durch schlecht abgeschirmte und zu helle Lichtquellen (Direktblendung) oder störende Spiegelungen von hellen Lichtquellen auf glänzenden Oberflächen von Arbeitsmitteln z.B. auf Bildschirmen, blanken Werkstücken oder glänzenden Maschinenteilen (Reflexblendung).

4.1.6 Wartungsfaktor

Der Wartungsfaktor wird angesetzt, um dem Wert der Beleuchtungsstärke E_m gerecht zu werden. Dieser richtet sich nach dem Grad der Verschmutzung der Leuchte und liegt in folgenden Bereichen:

- Geringe Verschmutzung: 0,8
- Mittlere Verschmutzung: 0,7
- Starke Verschmutzung: 0,6

Der Wartungsfaktor setzt sich dabei aus vier unterschiedlichen Unter-Wartungsfaktoren zusammen:

- **Lampen-Lichtstrom-Wartungsfaktor LLMF:** Verhältnis vom Lichtstrom der Leuchte zum Zeitpunkt X zu dem Anfangswert.
- **Lampen-Lebensdauer-Faktor LSF:** Verminderung der Beleuchtungsstärke durch Lampenausfall, wird durch den Totalausfall beschrieben.
- **Leuchtenwartungsfaktor LMF:** Verhältnis von dem Betriebswirkungsgrad einer Leuchte zum Zeitpunkt X zu dem Anfangswert. Rückgang des Lichtstromes auf Basis von Verschmutzung.
- **Raumwartungsfaktor RMF:** Verminderung der Beleuchtungsstärke auf der Nutzebene aufgrund von Verschmutzung und damit einhergehender Abnahme der Oberflächenreflexion.

Der Wartungsfaktor lässt sich wie folgt bestimmen:

$$MF = LLMF \times LSF \times LMF \times RMF$$

Bei einem Totalausfall eines Leuchtmittels wird dieses zeitnah ausgetauscht, daher findet hier eine Einzelauswechslung statt, somit beträgt der Lampen-Lebensdauer-Faktor LSF 1:

$$MF = LLMF \times LMF \times RMF$$

Für die Berechnung des Wartungsfaktors bei Außenbeleuchtungsanlagen entfällt der Raumwartungsfaktor:

$$MF = LLMF \times LMF$$

Für die Bestimmung des LLMF-Wertes werden Informationen über die Bemessungslebensdauer aus den Leuchtendatenblatt benötigt. Die Angabe erfolgt als $L_x = X$ h. Hierbei beschreibt der Ausdruck L_x den prozentualen Restlichtstrom nach Ablauf der angegebenen Zeitspanne der Bemessungslebensdauer. Darüber hinaus muss noch die Nutzungsdauer der Leuchte definiert werden. Mit diesen Daten können auf Basis von Tabellen zu Bestimmung des LLMF-Wertes, welche bei jedem Hersteller hinterlegt sind, die passenden Werte abgelesen werden.

Für die Bestimmung des Leuchtenwartungsfaktors LMF, muss das Wartungsintervall der Anlage bekannt sein und eine Aussage über die Verschmutzung der Anlage getroffen werden. Für die unterschiedlichen Leuchtentypen sind auch hier Tabellen bei den Herstellern hinterlegt, um den passenden Leuchtenwartungsfaktor bestimmen zu können.

Der Raumwartungsfaktor betrifft die Innenbeleuchtungsanlagen und für die Bestimmung des RMF-Wertes muss das Intervall für die Raumwartung bekannt sein sowie der Verschmutzungsgrad des Raumes. Hierfür gibt es wiederum, abhängig von der Leuchtenart, Tabellen zur Bestimmung des Raumwartungsfaktors.

Die Grundlagen der angegebenen Tabellen stellt das Dokument „CIE Technical Report 97: 2005“ dar.

Die Ermittlung des Wartungsfaktors ist abhängig von mehreren Faktoren. Unter anderem üben die Wartungsintervalle der Beleuchtungsanlagen und der Gebäude einen großen Einfluss auf den Wartungsfaktor aus. Daher werden in der Anlage 2 „Auslegungsparameter“ die Wartungsfaktoren vorgegeben, bzw. ein Bereich für die Wartungsfaktoren vorgegeben. Projektspezifisch und anlagenbezogen müssen die Wartungsfaktoren festgesetzt und auf Plausibilität geprüft werden.

Bei der Planung müssen alle Annahmen für den einbezogenen Wartungsfaktor aufgeführt werden. Zusätzlich muss die Beleuchtungseinrichtung entsprechend der Raumnutzung festgelegt und ein umfassender Wartungsplan erstellt werden.

4.2 Auswahl und Qualität der eingesetzten Leuchten

Eine Auswahl und Beurteilung der einzusetzenden Leuchten ist unter Berücksichtigung nachfolgender Kriterien durchzuführen.

Kriterium	Beschreibung
<p>Angabe konkreter Leistungsdaten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bemessungsleistung • Bemessungslichtstrom • Leuchten-Lichtausbeute • Lichtstärkeverteilung • Farbqualität (ähnlichste Farbtemperatur, Farbwiedergabeindex, Farbtoleranz) • Bemessungsumgebungstemperatur 	<ul style="list-style-type: none"> • Die Bemessungsleistung der Lampe entspricht der Leistung, für die die Lampe bei Betrieb am EVG ausgelegt worden ist. Die Bemessungsleistung entspricht hierbei nicht der Nennleistung, welche normalerweise höher ist. • Der Bemessungslichtstrom bezeichnet die gesamte Strahlungsleistung einer Leuchte, die im sichtbaren Bereich in alle Richtungen abgestrahlt wird. • Die Lichtausbeute von Leuchten durch den anfänglich ermittelten Bemessungslichtstrom und die anfänglich gemessene Bemessungsleistung ermittelt und in Lumen pro Watt angegeben. • Die Lichtstärke gibt den auf den Raumwinkel bezogenen Lichtstrom an. Die räumliche Verteilung der Lichtstärke innerhalb dieses Raumwinkels einer Leuchte wird durch Lichtstärkeverteilungskuren beschrieben. • Die Farbqualität von weißem Licht wird durch die Lichtfarbe, die Farbwiedergabe und die Farbtoleranz gekennzeichnet. • Das Betriebsverhalten einer Leuchte wird durch die Umgebungstemperatur beeinflusst. Mit diesem Temperaturwert wird die höchste Umgebungstemperatur festgelegt, bei der die Leuchte unter Einhaltung aller sicherheitsrelevanten Parameter betrieben werden darf.

Kriterium	Beschreibung
<ul style="list-style-type: none"> • Lebensdauerkriterien • Einschaltstrom • IP-Schutzart 	<ul style="list-style-type: none"> • Die Lebensdauer von LEDs, Modulen und Leuchten wird durch ihren Totalausfall bzw. den Totalausfall der zugehörigen Elektronik oder durch das Unterschreiten eines zuvor festgelegten Mindestlichtstrom beschrieben. Bei LEDs hängen diese beiden Parameter vom Durchlassstrom und der Temperatur im Inneren der LED ab. • Durch den Glättungskondensator in dem vorgeschalteten Netzteil der LED-Leuchten kommt es im Einschaltaugenblick zu sehr hohen Stromaufnahmen, welche zu berücksichtigen sind. • Die IP-Schutzart gibt die Eignung der Leuchte für verschiedene Umgebungsbedingungen an.
Hersteller	Es sind Leuchten der Hersteller Trilux, Schuch, CEAG, Siteco, Philipps zu verwenden. In begründeten Einzelfällen kann in Absprache mit dem Auftraggeber davon abgewichen werden.
Thermomanagement	<ul style="list-style-type: none"> • Darlegung eines thermischen Konzepts (aktive, passive Kühlung) • LED-Anbindung an das Leuchtengehäuse für die Abführung der entstehenden Wärme • Einhaltung der maximalen Grenztemperatur T_a zur Verwirklichung der Lebensdauer- und Lichtstromangaben der LED für den Betrieb
Bedien- und Wartungsanleitung	Durch den Hersteller sind im Vorfeld Bedien- und Wartungsanleitung zur Verfügung zu stellen, so dass Umfang und Zyklen der Wartung bekannt sind.
Entsorgungskonzept	Einfache Demontierbarkeit und Wertstofftrennung der Leuchte sowie einem geringen Anteil an Sonderabfälle (Recyclingfähigkeit)
Ersatzteillieferung (in Jahren)	Die Nachlieferzeit sollte mindestens zehn Jahre betragen. Folgeentwicklungen von licht- und elektrotechnischen Komponenten sollten auf Altsysteme adaptierbar sein.
Konformitätserklärung	durch eine unabhängige Drittstellenzertifizierung und Dokumentation durch das ENEC-Zeichen erfüllt

4.3 Auslegung von Beleuchtungsanlagen

4.3.1 Blitzschutz und Überspannungsschutz

Um die negativen Effekte der Überspannung durch Blitzeinschläge entgegenzuwirken ist ein Überspannungsschutz, bei Leuchten in der Blitzschutzzone LPZ0_B, einzusetzen. Die Montage von Leuchten in der Nähe von Fangeinrichtungen bzw. Ableitvorrichtungen des äußeren Blitzschutzes ist zu vermeiden. Ist dies nicht vermeidbar, z.B. bei der Wegebeleuchtung, ist der Einsatz von Überspannungsschutzgeräten an jedem Zonenübergang vorzusehen.

Dieser Überspannungsschutz schützt die restlichen Anlagenteile gegen Überspannungen. Hierbei ist generell ein SPD (Surge protective Device) Typ 2 einzusetzen. Für genauere Details sind die Typicals RTD 39 Blatt 1, RTD 39 Blatt 2 und RTD 40 gemäß **RN 352-261** zu beachten.

4.3.2 Einschaltstrombegrenzung

Die LED-Beleuchtung hat gegenüber konventioneller Leuchten-Technologie viele Vorteile, welche einen Einsatz unentbehrlich macht, jedoch birgt unter anderem auch das Einschaltverhalten der LED-Beleuchtung einige Gefahren. Beim Zuschalten benötigen LED-Lampen hohe Einschaltströme (Größenordnung: 15 A - 45 A). Werden viele LED-Lampen an einen Stromkreis angeschlossen, hat das Auswirkungen auf die Spannungsqualität.

Die Folgen können z.B. sein:

- Spannungseinbrüche
- Auslösen von Sicherungen
- Störungen anderer Verbraucher
- Zerstörung anderer Verbraucher

Diese Auswirkungen hängen dabei von mehreren Faktoren ab:

- Elektrische Struktur des vorhandenen Stationsnetzes
- Transformatorleistung
- Netzimpedanz des vorgeordneten Versorgungsnetzes
- Entfernung der Leuchten vom Einspeisepunkt
- Systemleistung der einzelnen Leuchten
- Leuchtentyp

Daher sind bei Auslegung der Beleuchtungsanlage immer die Angaben der Hersteller hinsichtlich max. Anzahl der Geräte und Absicherung zu berücksichtigen. Generell sind die Leuchten dabei in unterschiedlichen Gruppen aufzuteilen und diese Gruppen sind auf die drei Phasenleiter zu verteilen. Zwischen den einzelnen Gruppen sind Zeitverzögerungen (Größenordnung: 500 ms) einzusetzen, um ein gleichzeitiges Einschalten der unterschiedlichen Gruppen zu vermeiden. Sind durch den Hersteller keine Angaben bzgl. der max. Anzahl gemacht worden, sollten die Gruppen möglichst klein sein und ggfs. Einschaltstrombegrenzer eingesetzt werden. Generell sind die einzelnen Gruppen so klein wie möglich zu gestalten.

Insbesondere bei Bestandsanlagen sind bei Nachrüstungen von LED-Beleuchtungsanlagen folgende Kriterien – besonders bei der Notbeleuchtung – zu berücksichtigen:

- Anzahl der in Reihe geschalteten Leuchten
- Systemleistung der Leuchten
- Leistung und Strombelastbarkeit der Wechselrichteranlage bzw. Impedanz und Steifheit der Quelle
- Auslastung der Wechselrichteranlage (Quelle)
- Impedanz-Verhältnis (Entfernung) zwischen Wechselrichteranlage und der Notbeleuchtung

Führen die Einschaltstromimpulse auf den Stationen zu nicht tolerierbaren Spannungsverzerrungen, sind hier Einschaltstrombegrenzer oder Zeitverzögerungen (in den einzelnen Leuchten) einzusetzen, um die Impulse zu dämpfen.

4.3.3 Stromlaufpläne

Für die Ausführung der Beleuchtungsabgänge in den Verteilern (UV bzw. S-NSV) gibt es eine Reihe von Typicals, die in der Werknorm **RN 612-221** beschrieben werden. Die Aufgabe des Planers einer Beleuchtungsanlage liegt darin, die richtigen Typicals zu der Beleuchtungsaufgabe auszuwählen.

4.3.4 Ex-Schutz

Leuchten dürfen nur dann in Bereiche mit explosionsfähiger Atmosphäre installiert werden, wenn sie keine Zündquelle für diese darstellen. Dies ist insbesondere bei der Anlagenbeleuchtung und Beleuchtung von Ex-Räumen zu beachten. Die Auswahl der Ex-Leuchten ist auf Basis des Ex-Zonenplanes durch den Fachplaner durchzuführen.

Darüber hinaus sind in der Nähe von gasführenden Anlagenteilen wie z.B. Maschinenpiping, Gaskühler, Filter, Eingangsbereich zu Ex-Bereichen etc. Ex-geschützte Leuchten einzusetzen, obwohl gemäß Ex-Zonenplan keine Zone ausgewiesen ist. Dies dient der Absicherung beispielsweise bei betriebsmäßigen Entspannungen, Leckagen o.ä.

Die ex-geschützten Leuchten müssen eine ATEX-Zertifizierung besitzen (siehe **2014/34/EUGuide**).

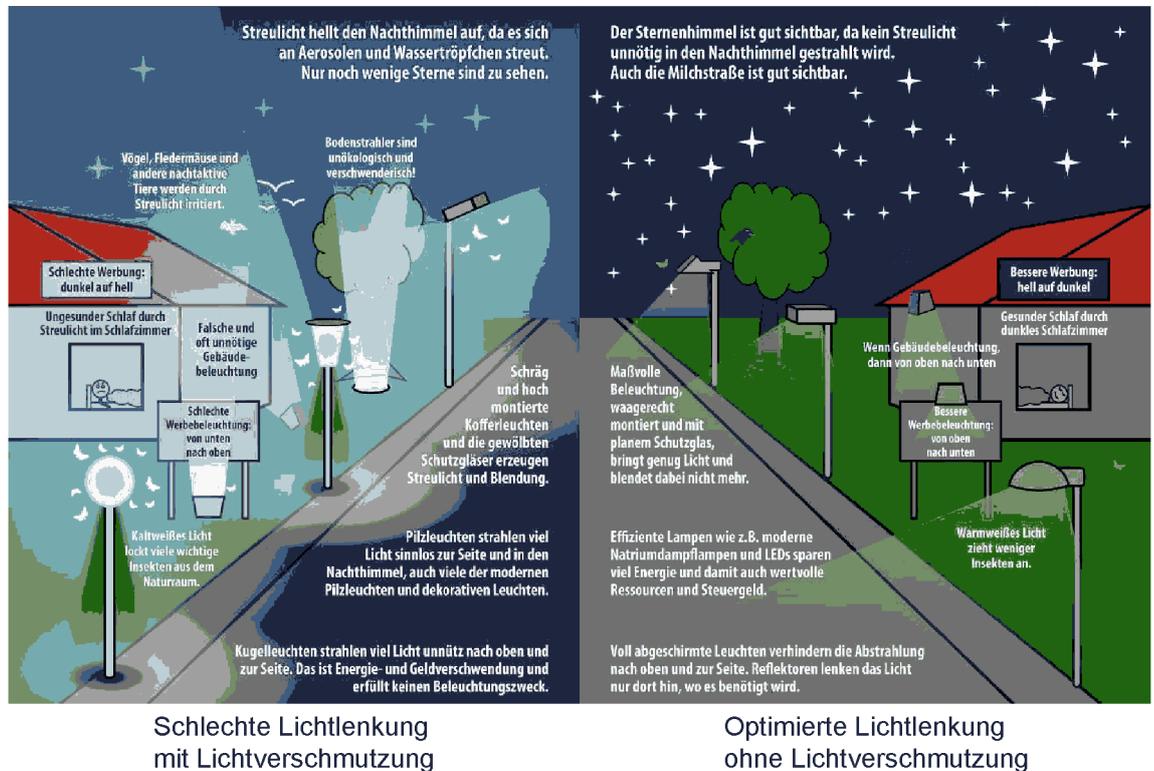
4.3.5 Lichtverschmutzung / Lichtemission

Künstliches Licht kann physiologische und ökologische Probleme für Menschen und Umwelt verursachen. Da sich die Gasanlagen weitestgehend in ländlichem Gebiet befinden, ist von einer geringen Gebietshelligkeit auszugehen, weswegen der Lichtverschmutzung / Lichtemission einen hohen Stellenwert zugrunde gelegt wird. Es ist zu beachten, dass LEDs eingesetzt werden, die keine UV-Strahlung emittieren.

Die Beleuchtungsanlage ist so zu projektieren und optimieren, dass die in **DIN EN 12464-2** aufgeführten Grenzwerte eingehalten werden. Um die Störwirkung zu reduzieren, können verschiedene Maßnahmen ergriffen werden. In der folgenden Abbildung sind Beispiele für schlechte Lichtlenkung mit Lichtverschmutzung und gute Beispiele für optimierte Lichtlenkung ohne Lichtverschmutzung aufgeführt. Die Lösungen der optimierten Lichtlenkung sind dabei umzusetzen.

Bild 2 Vermeidung von Lichtverschmutzung als Anforderung an das Beleuchtungskonzept der Verdichterstation

(Quelle: <https://www.sternenpark-schwaebische-alb.de>)



4.3.6 Anordnung und Platzierung von Leuchten

Bei der Planung der Beleuchtungsanlage ist ein besonderes Augenmerk auf die Anordnung und Platzierung der Leuchten innerhalb der einzelnen Räumlichkeiten und im Anlagenfeld zu werfen. Hierbei muss berücksichtigt werden, dass eine leichte Zugänglichkeit der einzelnen Leuchten für Wartungs- und Reparaturarbeiten möglich ist.

Dafür sind insbesondere bei dem Nachweis der Beleuchtungsstärke die Störkanten mit zu berücksichtigen und zu modellieren. Hierdurch wird verhindert, dass Leuchten an nicht oder kaum zugänglichen Stellen platziert werden. Darüber hinaus ist eine Darstellung der Störkanten zwingend für die Berechnung der Beleuchtungsstärke notwendig, da diese die Leuchtstärkenverteilung immens beeinflussen können.

4.4 Energieeffizienz

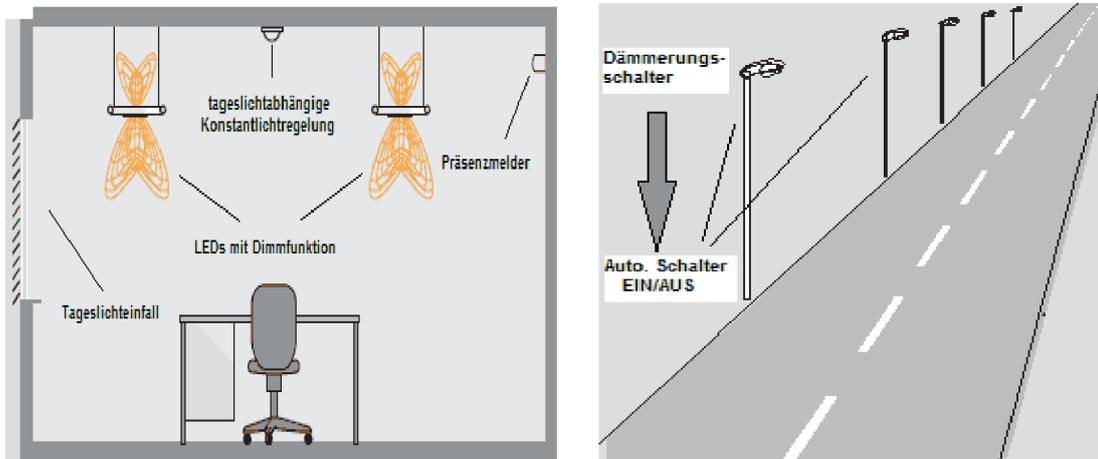
4.4.1 Grundsätze

Die Beleuchtungsanlage muss die spezifizierten Anforderungen weitestgehend energieeffizient erfüllen. Dabei ist zu beachten, dass Maßnahmen zur Energieeffizienz nicht im Widerspruch zu den Vorgaben aus DIN und ASR stehen. Die nachfolgend beschriebenen Maßnahmen sind je nach Beleuchtungsanlage projektspezifisch zu klären.

4.4.2 Maßnahmen

Bei der Planung und dem Betrieb von Beleuchtungsanlagen sind Maßnahmen zur Energieeinsparung zu untersuchen. Grundsätzlich ist, sofern möglich, das verfügbare Tageslicht optimal zu nutzen. Darüber hinaus ist z.B. der Einsatz von intelligenten und nutzungsgerechten Steuer- und Regelungstechniken (DALI, KNX), geeignete Beleuchtungssysteme mit effizienten Leuchtmitteln bzw. Vorschaltgeräten oder eine mögliche Aufschaltung auf eine vorhandene Gebäudeautomation zu untersuchen. Das Bild 3 zeigt einen Überblick von Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz für die Innenraumbeleuchtung und der Wegebeleuchtung.

Bild 3 Energieeffizienzmaßnahmen für die Innenraumbeleuchtung und Wegebeleuchtung



Tageslichtnutzung

Die Tageslichtnutzung kann die Beleuchtung von Sehauflagen ganz oder teilweise übernehmen und somit Möglichkeiten für Energieeinsparungen bieten. Eine Beleuchtung mit Tageslicht ist der Beleuchtung mit ausschließlich künstlichem Licht vorzuziehen. Helle Wände und Decken unterstützen die Nutzung des Tageslichts. Das Tageslicht weist Güteigenschaften z.B. die Dynamik, die Farbe, die Richtung oder die Menge des Lichts auf, die in ihrer Gesamtheit von einer künstlichen Beleuchtung nicht zu erreichen sind.

Präsenzmelder

Der Einsatz von Präsenzmeldern kann sinnvoll sein, wenn bei Beleuchtungsanlagen mit langen Brenndauern zu rechnen ist. Das Einschalten erfolgt entweder von Hand oder automatisch über den Melder. Ein Präsenzmelder ist in der Lage durch die Integration eines Lichtsensors, die Beleuchtung beim Vorhandensein von genügend Tageslicht auszuschalten, auch wenn sich Personen im Erfassungsbereich befinden. Somit kann der Präsenzmelder Energie einsparen, da dieser aufgrund von Helligkeit und Abwesenheit das Licht ausschalten kann. Eine regelmäßige Funktionskontrolle bei automatisierten Schaltungen ist im Rahmen der Inspektion im Wartungsplan vorzusehen, um unnötige Schaltzeiten durch Fehlfunktionen zu vermeiden.

Lichtsteuerung (Dimmbarkeit)

Lichtsteuerungen schalten oder dimmen die Beleuchtung, um die Beleuchtungsstärke der jeweiligen Nutzung anzupassen. Zur stufenlosen Beleuchtungssteuerung werden dimmbare Treiber eingesetzt, deren Ansteuerung eine zusätzliche Leitung erfordert. Bei Beleuchtungsanlagen ohne besondere Anforderungen erfolgt das Dimmen über handbediente Taster.

Konstantlichtstromregelung

Mit einer Konstantlichtstromregelung wird der Lichtstrom einer LED-Lampe über die gesamte Bemessungslebensdauer konstant gehalten. Wird dieser Lichtstrom einer Beleuchtungsplanung zu Grunde gelegt, kann Energie eingespart werden, da sonst in den ersten Jahren (bei noch geringer Lichtstrom-Degradation) eine Überbeleuchtung stattfinden würde. Im Rahmen der Berechnung des Wartungsfaktors kann mit einem LLMF = 1 geplant werden (LLMF = Lichtstrom-Wartungsfaktor).

Dämmerungsschalter

Für die Steuerung der Außenbeleuchtung, insbesondere der Wegebeleuchtung, ist ein Dämmerungsschalter einzuplanen. In Kombination mit einem Schaltkontakt, der den Beleuchtungsabgang aktiv schaltet, wenn die Station besetzt ist (z.B. über Fernbedienung oder über Kontakt am Tor etc.) und bei einer unbesetzten Station den Abgang wieder inaktiv schaltet. Hier wird sichergestellt, dass die Leuchten im Außenbereich nur dann leuchten, wenn ein tatsächlicher Bedarf vorliegt.

4.5 Nachweis der Beleuchtungsstärke

Der Nachweis der Beleuchtungsstärke hat durch den Einsatz geeigneter Software im Zuge der Planung zu erfolgen.

Die Planung der Beleuchtungsanlage ist mit der Software DiaLux evo durchzuführen. Mit der fachgerechten Planung in DiaLux kann der Nachweis erbracht werden, dass die Auslegung der Anlage korrekt erfolgt ist. Die korrekte Auslegung beinhaltet die Einhaltung der geforderten Gütekriterien und Beleuchtungsstärken, OGE-Werknormen und somit die Erfüllung der gesetzlichen Vorschriften (Arbeitsstättenrichtlinien und DIN-Normen). Der Nachweis der Beleuchtungsstärke durch Messen ist nicht explizit für die gesamte Beleuchtungsanlage zu erbringen, sondern kann an ausgewählten Stellen, die z.B. von besonderer Interesse sind, zur Bestätigung der Planung durchgeführt werden.

4.5.1 Aufbau der Beleuchtungsdatei

Zunächst einmal sollten sowohl für die Außenbeleuchtung und für die Innenbeleuchtung die Räumlichkeiten und Außenflächen nachsimuliert werden. Im ersten Schritt soll dabei die Grundgeometrie nach Festlegung der entsprechenden Farben, Materialarten, Reflexionsgrade sowie Raum- / Außenflächenabmessungen entworfen werden. Insbesondere bei der Innenbeleuchtung sollte anschließend das Interieur durch die 3D-Simulation integriert werden, dabei sind die maßgeblichen Störkanten, z.B. wie Schaltschränke, nachzubilden. Für die Außenbeleuchtung kann u.U. auf einen 3-D Simulationen verzichtet werden, wenn dies nicht zwingend notwendig ist (z.B. bei Wegebeleuchtung). Dies ist jedoch mit dem Auftraggeber abzustimmen. Nachfolgend sind die einzusetzenden Leuchten mit ihren speziellen Kennwerten und Abstrahlcharakteristika einzusetzen. Anschließend ist die Beleuchtungsdatei für die Allgemeinbeleuchtungsanlage und danach die Beleuchtungsdatei für die Notbeleuchtung zu erstellen.

Die Beleuchtungsdatei zum Nachweis der geforderten Beleuchtungsstärke sollte dabei mindestens aus folgenden Informationen bestehen:

1. Deckblatt mit Projektinformationen und Titel des Dokuments
2. Leuchtendaten (Datenblatt und Abstrahlcharakteristika, Leuchtdichtediagramm)
3. Darstellung Berechnungsfläche
4. Ergebnisübersicht
5. Isolinien-Darstellung Beleuchtungsstärke
6. Falschfarben-Darstellung Beleuchtungsstärke
7. Wertegrafik-Darstellung Beleuchtungsstärke

Darüber hinaus sollten die Raumbezeichnungen und die Raumkürzel mit dem Wording der vorher im Projekt vergebenden Bezeichnungen oder mit dem Wording der Bestandsanlage übereinstimmen.

5 Reinvest von Beleuchtungsanlagen

5.1 Retrofit

Als Retrofit von Lampen wird ein Austausch von konventionellen Leuchtmitteln durch LEDs bezeichnet. Auf Grund von immer leistungsfähigeren LEDs bieten die Leuchtenhersteller häufig an, nur das Leuchtmittel auszutauschen und somit die Lampe mit LED weiter betreiben zu können. Neben den Vorteilen einer kostengünstigen Umrüstung mit geringem Aufwand stehen dem Retrofit einige Nachteile und Risiken gegenüber:

- Gefahr einer unzulässig hohen Erwärmung
- Änderung der Abstrahlcharakteristik, so dass Beleuchtungsanforderung nicht mehr erfüllt werden.
- LEDs werden nicht über die Leistungsaufnahme klassifiziert (wie bei konventionellen Leuchtmitteln), sondern ausschließlich über den abgegebenen Lichtstrom. Die Umrechnung ist teilweise schwierig, da es von Leuchte zu Leuchte unterschiedlich ist.
- Verlust der CE-Kennzeichnung

Daher wird bei einem Reinvest von Beleuchtungsanlagen immer die gesamte Lampe getauscht und nicht nur das Leuchtmittel. Auch bei Tausch der gesamten Lampe ist zu prüfen, ob die Lampe die Anforderungen erfüllt und sich problemlos in die Gesamtanlage integriert (siehe auch Anlage 3 „Checkliste Retrofit / Reinvest“)

5.2 Inspektion und Wartung

Das Beleuchtungsniveau von Beleuchtungsanlagen nimmt während der Lebensdauer der einzelnen Leuchten ab. Dies lässt sich auf folgende Punkte zurückführen:

- Alterung der einzelnen Leuchten
- Verschmutzung des Leuchtenkörpers
- Alterung / Verschmutzung der Raumboflächen
- Ausfall einzelner LED-Leuchten

Die Grundlage für die Einhaltung der Planungsgrundsätze während der gesamten Nutzungsdauer der Beleuchtungsanlage bildet die Wartung bzw. die Inspektion. Hierbei sind vorgegebene Wartungs- und Inspektionsintervalle einzuhalten, damit die Mindestbeleuchtungsstärke während der gesamten Nutzungsdauer der Beleuchtungsanlage, nicht unterschritten wird. Die Wartung und Instandsetzung beinhaltet dabei auch einen Lampenwechsel, bei Überschreitung der technischen Lebensdauer oder bei einem Totalausfall.

Die Wartungsarbeiten für die Aufrechterhaltung der Mindestbeleuchtungsstärke, umfassen dabei folgende Tätigkeiten:

- Sichtprüfung der Leuchten
- Austausch bei vorhandenem Defekt
- Bei vorhandener Verschmutzung:
Reinigen und Entfernen von Staub oder sonstigen Verunreinigungen

Die Wartungsstrategie für Beleuchtungsanlagen der Open Grid Europe GmbH werden insbesondere für Anlagen im Ex-Bereich durch umfassende Wartungsarbeiten mit einem Zyklus von 3 Jahren umgesetzt. Diese Arbeiten sind weitaus umfangreicher als die zuvor beschriebenen Tätigkeiten.

Um den Wartungsfaktor und somit indirekt die Beleuchtungsanlage möglichst klein halten zu können, wird zusätzlich eine jährliche Inspektion der Beleuchtungsanlage durchgeführt, bei welcher die vorher aufgeführten Tätigkeiten umgesetzt werden. Diese Inspektion und ggfs. auch Wartung ist sowohl für die Innenbeleuchtungsanlagen als auch für die Außenbeleuchtungsanlagen durchzuführen. Die Inspektionsaufgaben sind nicht zwingend durch das Elektrobetriebspersonal zu erfolgen, sondern können auch in Kombination mit anderen Tätigkeiten durchgeführt werden.

Die Raumwartung bzw. -reinigung der einzelnen Räumlichkeiten erfolgt für die Büro- und Sozialräume nahezu täglich. Die Betriebsräume und Stationswartenräume und Werkstätten werden regelmäßig während eines Jahres gereinigt. Verdichterhallen und andere prozess-technische Räume bzw. Hallen werden durch das Betriebspersonal regelmäßig, in Kombination mit anderen Tätigkeiten, gereinigt.

5.3 Technische Lebensdauer

Die Lebensdauer von LED-Leuchten kann nicht alleinig durch den Zeitpunkt des Totalausfalles beschrieben werden. Bei LED-Leuchten tritt im Laufe der Zeit eine sogenannte Lichtstromdegradation, d.h. Abnahme des Lichtstroms, auf. Die technische Lebensdauer beschreibt demzufolge die Zeit bis eine Leuchte einen festgelegten Mindestlichtstrom noch nicht unterschritten hat. Dieser Mindestlichtstrom wird durch folgende Parameter beeinflusst:

- Umgebungstemperatur
- Wartung

6 Dokumentation

Sämtliche Unterlagen müssen der im Projekt vereinbarten Form und Ausführung entsprechen. Die Vorgaben sind u.a. in der **RN 125-027** „Elektrotechnische Dokumentation“ und in der **RN 125-022** „Kennzeichnungssystematik und Strukturierung“ aufgeführt.

Art, Anzahl und Termine für die vom Auftragnehmer zu erstellenden und zu liefernden Dokumente sind gemäß Anlage 1 „Dokumentationsliste Beleuchtungsanlage“ einzureichen.

Bezugsdokumente

2014/34/EUGuide	ATEX-Leitlinien 2014/34/EU - Leitlinien zur Anwendung der Richtlinie 2014/34/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Februar 2014 zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen
ASR A 3.4	Technische Regeln für Arbeitsstätten - Beleuchtung
ASR A 3.4/3	Technische Regeln für Arbeitsstätten - Sicherheitsbeleuchtung, optische Sicherheitsleitsysteme
DIN 12464-1	Licht und Beleuchtung - Beleuchtung von Arbeitsstätten - Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen; Deutsche Fassung EN 12464-1:2011
DIN 12464-2	Licht und Beleuchtung - Beleuchtung von Arbeitsstätten - Teil 2: Arbeitsplätze im Freien; Deutsche Fassung EN 12464-2:2014

RN 612-259
Juni 2020
Seite 18 von 18

DIN VDE 0100-560	Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 5-56: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel - Einrichtungen für Sicherheitszwecke (IEC 60364-5-56:2009, modifiziert); Deutsche Übernahme HD 60364-5-56:2010 + A1:2011
RN 125-022	Kennzeichnungssystematik und Strukturierung
RN 125-027	Elektrotechnische Dokumentation
RN 352-261	Erdungs- und äußere Blitzschutzanlage; Allgemeine Anforderungen
RN 612-221	Schaltschränke und Verteiler; Allgemeine Anforderungen

Anlagen

Anlage 1	Dokumentenliste
Anlage 2	Auslegungsparameter
Anlage 3	Checkliste Reinvest
Anlage 4	Auswahl und Qualität von geeigneten Leuchten

Anlage 1: Dokumentationsliste Beleuchtungskonzept für Innen- und Außenbeleuchtungsanlagen

Geforderte Unterlagen		Fälligkeit der Unterlagen					
	Zeichnungsart	Projektierungsbericht	2 Wochen nach Start der Ausführungsplanung	4 Wochen nach Start der Ausführungsplanung	2 Wochen vor Erstellung der Anfragespez.	Zur IBN / Abnahme	Enddokumentation
Planung							
Beleuchtungskonzept		X					E
Lampenkatalog			X				
Beleuchtungsberechnung				X		A	E ¹⁾
Installationspläne					X	A	E
Montagetypicals				X	A		

Die Unterlagen sind in folgender Ausführung einzureichen:

- X= vorläufige Unterlagen
- A= Aktualisierung
- E= „As-built“ – Unterlagen

1) Diese Dateien sind digital inkl. der Nativ-Dateien zu übergeben.

Projekt:	Qualitätsanforderung für Komponenten der Elektrischen Energietechnik	Proj.-Identifikation:	RN 612-259		
Dokum.-Titel:	Beleuchtungskonzept für Innen- und Außenbeleuchtungsanlagen Anlage 1, Dokumentationsliste	Dokumenten-Nr.:	OGE-ELE-QKS-259-0-at1		
Revision:	0	Datum:	2019-08-21	Erst.: OT	Gepr.: ML Freig.: CL

Ausführung							
Zeichnungsverzeichnis	LZV					X	E
Messprotokoll zum Nachweis der Beleuchtungsstärke (Messung erfolgt stichprobenartig)						X	E
Ersatzteilliste und Angebot							E
Bedienungsanleitungen Datenblätter							E
Wartungsanleitungen							E
CE - Konformitäts-Bescheinigungen für die Beleuchtungsanlage (Niederspannungsrichtlinie 2006/95/EG, EMV usw. konform)							E
Errichterbescheinigung							E
Installationsbescheinigungen (§ 5 Abs. 1,4 der DGUV Vorschrift 3 (früher BGV A3))							E
As-built – Dokumentation (Baustellenrevision) - Zusammenstellung der endgültigen Unterlagen entsprechend den projektspezifischen Dokumentationsanforderungen							E
Abnahmeprotokoll						X	E

Die Liste enthält den Mindestumfang der Dokumente, die während der Auftragsabwicklung durch den Auftragnehmer zu erstellen sind. Die Lieferung wird als nicht vollständig unterstellt, wenn zitierte Dokumente nicht wie aufgeführt zur Verfügung gestellt werden.

Sämtliche Dokumente (auch vorläufige) sind formell einzureichen, d.h. mit Unterschrift, Hinweisen auf Kunden, Projekt etc..

Die Unterlagen sind in folgender Ausführung einzureichen:

- X= vorläufige Unterlagen
- A= Aktualisierung
- E= „As-built“ – Unterlagen

1) Diese Dateien sind digital inkl. der Nativ-Dateien zu übergeben.

Projekt:	Qualitätsanforderung für Komponenten der Elektrischen Energietechnik	Proj.-Identifikation:	RN 612-259		
Dokum.-Titel:	Beleuchtungskonzept für Innen- und Außenbeleuchtungsanlagen Anlage 1, Dokumentationsliste	Dokumenten-Nr.:	OGE-ELE-QKS-259-0-at1		
Revision:	0	Datum:	2019-08-21	Erst.: OT	Gepr.: ML Freig.: CL



RN 612-259

Anlage 2: Auslegungsparameter

Beleuchtungskonzept für Innen- und Außenbeleuchtungsanlagen

Raum	Wartungswert der Beleuchtungs- stärke	Farb- wiedergabe- index	Grenzwert des Blendungs- wertes	Gleichmäßig- keit der Beleuchtung	Wartungs- faktor ^{*1*2}	Beleuchtungs- typ / -art	IP-Schutzart	Ex- Schutzart	Beschreibung
	E_m	R_a	UGR	U_0	WF				
1 Innenbeleuchtung									
1.1 Büroräume	500	80	19	0,40	kleiner Raum: 0,85 ^{*3}	Einbauleuchte (Rasterleuchte)	IP20	-	
1.2 Besprechungsräume	500	80	19	0,60	mittelgroßer Raum: 0,86 ^{*3}	Einbauleuchte (Rasterleuchte / Downlight)	IP20	-	Helligkeitssteuerung erforderlich
1.3 Stationswartenraum	500	80	16	0,70	mittelgroßer Raum: 0,78 ^{*4} mittelgroßer Raum: 0,86 ^{*3}	Einbauleuchte (Rasterleuchte)	IP20	-	Ggf. Helligkeitssteuerung erforderlich
1.4 Sozialräume	200	80	25	0,40	0,85 ^{*3}	Einbauleuchte (Rasterleuchte / Downlight)	IP20/IP54	-	Pausen, Sanitär, Umkleiden
1.5 Erste-Hilfe-Räume	500	90	19	0,60	0,85 ^{*3}	Einbauleuchte (Rasterleuchte)	IP20	-	
1.6 Verkehrswege in Gebäuden	200	40	25	0,40	kleiner Raum: 0,85 ^{*4} kleiner Raum: 0,88 ^{*3}	Einbauleuchte (Downlight)	IP20	-	
1.7 Mittelspannungsraum	500	70	25	0,40	kleiner Raum: 0,80 ^{*4} mittelgroßer Raum: 0,81 ^{*4}	Wannenleuchte			Die vertikale Nutzungsfläche an den Schaltschränke ist zu berücksichtigen.
1.8 Niederspannungsraum	500	70	25	0,40	0,81 ^{*4}	Wannenleuchte	IP65	-	Die vertikale Nutzungsfläche an den Schaltschränke ist zu berücksichtigen.



RN 612-259

Anlage 2: Auslegungsparameter

Beleuchtungskonzept für Innen- und Außenbeleuchtungsanlagen

1.9	GR / WR Raum	500	70	25	0,40	kleiner Raum: 0,80 ^{*4)} mittelgroßer Raum: 0,81 ^{*4)}	Wannenleuchte	IP65	-	Die vertikale Nutzungsfläche an den Schaltschränke ist zu berücksichtigen.
1.10	Ersatzstrom- aggregaterraum	300	70	25	0,40	kleiner Raum: 0,73 ^{*5)} mittelgroßer Raum: 0,74 ^{*5)}	Wannenleuchte	IP65	-	
1.11	BHKW-Raum	300	70	25	0,40	kleiner Raum: 0,73 ^{*5)} mittelgroßer Raum: 0,74 ^{*5)}	Wannenleuchte	IP65	-	
1.12	Transformatorraum	300	70	-	0,40	kleiner Raum: 0,73 ^{*5)} mittelgroßer Raum: 0,74 ^{*5)}	Wannenleuchte	IP65	-	
1.13	Batterieraum	300	70	25	0,40	0,81 ^{*4)}	Wannenleuchte	IP65	II 2 G Ex IIC (Zone1) II 2 D Ex IIIC (Zone21)	Der Batterieraum wird im Ex-Zonenplan nicht als Ex-Zone ausgewiesen, jedoch besteht durch die verwendeten Blei- Akkumulatoren die Möglichkeit der Bildung einer explosions- gefährdeten Atmosphäre.
1.14	Relaisraum	750	80	25	0,40	0,81 ^{*4)}	Wannenleuchte	IP65	-	
1.15	Leittechnikraum	500	80	25	0,40	0,81 ^{*4)}	Wannenleuchte	IP65	-	Die vertikale Nutzungsfläche an den Schaltschränke ist zu berücksichtigen.
1.16	Lüftungsgeräteraum	300	70	25	0,40	0,81 ^{*4)}	Wannenleuchte	IP65	-	
1.17	Heizraum	300	70	25	0,40	0,81 ^{*4)}	Wannenleuchte	IP65	-	



RN 612-259

Anlage 2: Auslegungsparameter

Beleuchtungskonzept für Innen- und Außenbeleuchtungsanlagen

1.18	Reparaturwerkstätte	500	80	16	0,70	mittelgroßer Raum: 0,80 ^{*5)} großer Raum: 0,81 ^{*5)} mittelgroßer Raum: 0,73 ^{*5)} großer Raum: 0,74 ^{*5)}	Hallenstrahler / Wannenleuchten LED-Feuchtraum- Wannenleuchte	IP65	-	
1.19	Elektrotechnische Werkstätte	750	80	16	0,70	mittelgroßer Raum: 0,73 ^{*5)} großer Raum: 0,74 ^{*5)} mittelgroßer Raum: 0,73 ^{*5)} großer Raum: 0,74 ^{*5)}	LED-Feuchtraum- Wannenleuchte	IP65	-	
1.20	Maschinenhalle	200	80	25	0,40	mittelgroßer Raum: 0,73 ^{*5)} großer Raum: 0,74 ^{*5)} mittelgroßer Raum: 0,73 ^{*5)} großer Raum: 0,74 ^{*5)}	LED- Wannenleuchte mit Entblendungs- elementen	IP66	II 2 G Ex II C (Zone1) II 2 D Ex II C (Zone21)	
1.21	Mess- und Regelraum	300	80	25	0,40	mittelgroßer Raum: 0,73 ^{*5)} großer Raum: 0,74 ^{*5)}	LED- Wannenleuchte mit Entblendungs- elementen	IP66	II 2 G Ex II C (Zone1) II 2 D Ex II C (Zone21)	
1.22	Begehbarer Kabelkanal	50	40	-	0,40	0,67	Wannenleuchte	IP66	II 2 G Ex II C (Zone1) II 2 D Ex II C (Zone21)	



Beleuchtungskonzept für Innen- und Außenbeleuchtungsanlagen

2 Außenbeleuchtung										
2.1	Werkstraßen, Wege* ⁶	10	25	50	0,40	0,7* ⁶⁾	Moderne LED-Straßenleuchte für An- und Aufsatzmontage, Unterteil mit Mastbefestigung	IP65	-	
2.2	Torbereich* ⁶	50	25	50	0,40	0,7* ⁶⁾	Moderne LED-Straßenleuchte für An- und Aufsatzmontage, Unterteil mit Mastbefestigung	IP65	-	
2.3	Parkflächen* ⁶	10	25	50	0,40	0,7* ⁶⁾	Planflächenstrahler (asymmetrische Lichtverteilung)	IP65	-	
2.4	Anlagenbeleuchtung, Allgemeint* ⁶	5	80	55	0,25	0,7* ⁶⁾	Planflächenstrahler (asymmetrische Lichtverteilung), Wanneneuchten	IP65	II 2 G Ex IIC (Zone1) II 2 D Ex IIIC (Zone21)	
2.5	Anlagenbeleuchtung, Wartung- und Reparaturarbeiten* ⁶	100	80	50	0,50	0,7* ⁶⁾	LED-Wannenleuchte mit Entblendungselementen	IP65	II 2 G Ex IIC (Zone1) II 2 D Ex IIIC (Zone21)	Die Art der Tätigkeit ist im Einzelfall zu betrachten, bei anspruchsvollen Tätigkeiten sind hier andere Werte (gem. DIN EN 12464-2) anzusetzen.
2.6	Objektschutzbeleuchtung	-	20	-	-	-	LED-Scheinwerfer	IP65	-	Mindestbeleuchtungsstärke nicht gefordert, sollte jedoch den Vorgaben des Objektschutzes entsprechen.

3 Baustellenbeleuchtung										
3.1	Allgemeine Beleuchtung, Verkehrswege	20	20	55	0,40	Auf Tätigkeit anpassen				
3.2	Grobe Tätigkeiten	50	20	50	0,40	Auf Tätigkeit anpassen				z.B. Erdarbeiten, Transport, etc
3.3	Normale Tätigkeiten	100	40	45	0,40	Auf Tätigkeit anpassen				z.B. Montage von Fertigteilen, Schalungsarbeiten, Installationsarbeiten, etc.
3.4	Feine Tätigkeiten	200	40	45	0,50	Auf Tätigkeit anpassen				z.B. Anspruchsvolle Montagen, Oberflächenbearbeitung, etc.

*¹ Für die Berechnung des Wartungsfaktor ist eine Bemessungslebensdauer von mindestens $L_{85} = 50.000$ h für die LEDs angenommen worden, bei einer Betriebszeit von 20 Jahren.

*² Für die Berechnung des Wartungsfaktor wird eine Beleuchtungswartungszyklus von 1 Jahr und ein Raumwartungszyklus von ebenfalls 1 Jahr angesetzt

*³ Sowohl für den Leuchtenwartungsfaktor, als auch für den Raumwartungsfaktor sind die Räumlichkeiten als sehr sauber deklariert worden

*⁴ Für den Leuchtenwartungsfaktor und den Raumwartungsfaktor wird ein sauberer Raum angenommen

*⁵ Für den Leuchtenwartungsfaktor und den Raumwartungsfaktor wird ein normaler Raum angenommen

*⁶ Aus eigenen Berechnungen und aus literarischen Erfahrungswerten ist für Außenbeleuchtungsanlagen ein Wartungsfaktor von 0,7 angenommen worden

Anlage 3: Checkliste Retrofit / Reinvest

Nr.	Beschreibung	erfüllt	nicht erfüllt	nicht relevant
1	Der Lichtstrom (lm) der LED entspricht der äquivalenten Leistung (W) der konventionellen Leuchte		-	-
2	Die Abstrahlcharakteristik der LED entspricht der Abstrahlcharakteristik der konventionellen Leuchte → Falls nicht erfüllt oder nicht möglich, Beleuchtungsrechnung durchführen		-	-
3	Ausreichende Anzahl an LEDs für die jeweilige Beleuchtungsaufgabe bestimmen		-	-
4	Aufteilung der LEDs auf verschiedene Stromkreise anhand der OGE und Hersteller Vorgaben hinsichtlich Anzahl und Sicherungstypen		-	-
5	Die Bemessungsleistung der LED ist kompatibel zu dem vorhandenen Stromkreis		-	-
6	Der Temperaturbereich der LED ist auf die Umgebungstemperaturen abgestimmt		-	-
7	LED-Leuchtmittel ist kompatibel zu dem vorhandenen EVG (falls zutreffend)	-	-	-

Falls für die Beleuchtungsanlage eine Beleuchtungsdatei besteht, sollte diese als Grundlage des Reinvest genommen und angepasst werden.

Anlage 4: Datenblatt zu den verwendeten Leuchten

Das Datenblatt ist für jeden Leuchtentyp vom Planer separat auszufüllen:

Standort

Hersteller

Angabe konkreter Leistungsdaten

Bemessungsleistung W

Bemessungslichtstrom lm

Leuchten-Lichtausbeute lm / W

Farbqualität

Farbtemperatur K

Farbwiedergabeindex

Farbtoleranz MacAdam

Bemessungsumgebungstemperatur °C

Lebensdauer*1 Jahre

Einschaltstrom A

IP-Schutzart (Mindestforderung) IP

Thermomanagement

Entsorgungskonzept

Ersatzteillieferung Jahre

Konformitätserklärung

*1 Auch die Lebensdauerkriterien aufführen