Checkliste für LED-Beleuchtungssysteme

**GEAR@SME: G**enerate **E**nergy-efficient **A**cting and **R**esults at **S**mall and **M**edium-size **E**nterprises

Inhalt

[1 Einleitung 2](#_Toc105082239)

[2 Lagebeschreibung 3](#_Toc105082240)

[3 Spezifikation und Bewertung des Angebots 4](#_Toc105082241)

[3.1 Technische Kriterien 4](#_Toc105082242)

[3.2 Ausführung und Übergabe 6](#_Toc105082243)

[3.3 Wartung und Garantie 7](#_Toc105082244)

[3.4 Kostenkriterien 8](#_Toc105082245)

[3.5 Vertragliche Kriterien 8](#_Toc105082246)

[4 Abkürzungen und Definitionen 10](#_Toc105082247)

[5 Quellen 13](#_Toc105082248)

# Einleitung

Dies ist eine Checkliste zur unterstützenden Beschaffung von energieeffizienten LED-Beleuchtungssysteme. Sie kann sowohl für einzelne KMUs als auch für einen vertrauenswürdigen Partner, der für die Beschaffung einer Gruppe von KMU zuständig ist, verwendet werden.

Die Checkliste besteht im Wesentlichen aus zwei Teilen. Im ersten Teil mit dem Titel "Lagebeschreibung" sind die Informationen aufgeführt, die bei der Anforderung eines Angebots anzugeben sind. Diese Informationen ermöglichen es dem Dienstleister, seine Antwort an die Spezifität des Projekts anzupassen.

Im zweiten Teil "Spezifikation und Bewertung des Angebots" sind die spezifischen Informationen zum LED-Beleuchtungssystem aufgeführt, die in das Angebot des Dienstleisters aufgenommen werden könnten.

Weitere allgemeinere Informationen finden Sie in [GEAR@SME Beispiel Angebotsanfrage], [GEAR@SME Tool zur Dienstleisterauswahl] und [GEAR@SME Tool zur Dienstleisterauswahl].

# Lagebeschreibung

In diesem Abschnitt werden die technischen Spezifikationen angegeben und welche Art von Informationen der Käufer bereitstellen muss, damit Dienstleister ein Angebot erstellen können.

Es sollten Unterlagen und Informationen im Zusammenhang mit der Analyse des Ist-Zustands der Anlagen und etwaiger geplanter Energieeffizienzmaßnahmen eingeholt werden. In der Regel können diese Informationen während eines Energieaudits gesammelt werden.

Wenn kein Energieaudit durchgeführt wurde, sollte im Allgemeinen eine Machbarkeitsstudie für das Nachrüstprojekt durchgeführt werden, bevor das Angebot erstellt wird. Die Machbarkeitsstudie kann mehrere Detaillierungsebenen umfassen.

Die Mindestinformationen, die gesammelt werden müssen, um ein Angebot zu erstellen, sind zum Beispiel:

* Flächen (in m²), die einer energetischen Sanierung unterzogen werden sollen;
* Nutzung der nachzurüstenden Räume;
* Spezifische Beleuchtungsbedürfnisse, die vom Kunden definiert wurden (z. B. Bedarf an Spotbeleuchtung usw.);
* Anzahl und Art der zu ersetzenden Beleuchtungselemente;
* Betriebszeiten

Andere nützliche Informationen, die gesammelt werden können und es dem Dienstleister ermöglichen, das Angebot detaillierter zu erstellen, sind wie folgt:

* Informationen über die Möglichkeit der Installation eines Lichtsteuerungssystems (Präsenzsensoren, Dimmsensoren usw.);
* Vorhandensein oder Fehlen eines bestehenden Systems zur Überwachung des Stromverbrauchs, das möglicherweise integriert werden sollte;
* Kosten des aktuellen Stromverbrauchs (notwendig für die Erstellung des Geschäftsplans der Maßnahme)

Die Machbarkeitsstudie und damit das neue Beleuchtungssystem müssen den einschlägigen nationalen Normen und Standards entsprechen.

# Spezifikation und Bewertung des Angebots

Spezifische Informationen zum LED-Beleuchtungssystem sind in diesem Kapitel aufgeführt.

Bei der Anforderung des Angebots kann der Kunde beschließen, Mindestpflicht- und Zuschlagskriterien für die technisch-wirtschaftlichen Spezifikationen festzulegen.

* Mindestpflichtkriterien: Beispiel: Die Mindestlichtmenge auf den Schreibtischen in einem Büro muss 500 Lux betragen.
* Zuschlagskriterium: Beispiel: Der Dienstleister, der die höchste Lumenmenge pro Watt anbieten kann, wird beim Zuschlagskriterium für Leuchteneffizienz am besten abschneiden

Für die Vergabekriterien wird eine Punktzahl angewendet, um die Ausschreibungsangebote zu bewerten. Um die Punktzahl der verschiedenen Angebote zu berechnen – und diese dann zu vergleichen, um das beste Angebot zu finden – ist meist eine Gewichtung der verschiedenen Arten von Kriterien wünschenswert.

## Technische Kriterien

Leuchten-Lichtausbeute

Die Lichtmenge, die eine Leuchte pro Energieeinheit erzeugt (gemessen in lm/W)

Beleuchtungsstärke

Die europäische Norm 12464-1 legt die erforderlichen Mindestbeleuchtungsstärken für den Arbeitsbereich und seine Umgebung fest.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Raumbeschreibung** | **Beleuchtungsstärke (lx)** | ***R*aIndex** |
| Bereiche mit Verkehr und Korridoren | 100 | 40 |
| Treppen, Rolltreppen und Fahrsteige | 100 | 40 |
| Aufzüge | 100 | 40 |
| Laderampen | 150 | 40 |
| Kaffeepausen-Zimmer | 200 | 80 |
| Technische Einrichtungen | 200 | 60 |
| Lagerräume | 100 | 60 |
| Elektronik-Workshops, Tests und Anpassungen | 1500 | 80 |
| Kugelmühlenbereiche und Zellstoffanlagen | 200 | 80 |
| Ämter und Schreiben | 500 | 80 |
| Check-out-Bereiche | 500 | 80 |
| Warteräume | 200 | 80 |
| Küchen | 500 | 80 |
| Parkmöglichkeiten | 75 | 40 |
| Klassenzimmer | 300 | 80 |
| Auditorien | 500 | 80 |

LED-Modul Energieeffizienz

Es muss ein Mindestwirkungsgrad für LEDs eingehalten werden (z.B. ≥ 160 lm/W).

Die vertraglichen Zielwerte können periodisch überprüft werden.

Leuchtenbetriebswirkungsgrad (Light Output Ratio - LOR, η)

Der Leuchtenbetriebswirkungsgrad einer Kombination aus Lampe und Leuchte gibt den Teil der erzeugten Lumen an, der in die gewünschte Richtung emittiert wird. Bei der traditionellen Leuchtstoffröhre-Beleuchtung ist ein Teil des Lichts in der Deckenbeleuchtung nach oben gerichtet und trägt daher nicht zur Beleuchtung des Arbeitsbereichs bei. Typische Leuchtstoffröhre-Leuchten haben eine LOR von 75%, während viele LED-Leuchten 100% erreichen können, da der Lichtstrom keinerlei Umlenkung oder Bündelung benötigt.

Leistungsfaktor

Die Überprüfung des Leistungsfaktors (Power Factor - PF oder cosφ) ist erforderlich. Der PF muss Mindestwerte von typischerweise größer als 0,9 annehmen und gegebenenfalls auch bei Teillasten ausgewertet werden, falls das System gedimmt wird.

Stellen Sie sich im Falle einer Beleuchtungsnachrüstung mit LED-Lampen vor, Sie müssten eine große Fläche mit einer Reihe von LED-Leuchten, z.B. mit einer Geräteleistung von 20 Watt, mit zwei ähnlichen Produkten, aber mit sehr unterschiedlichem PF beleuchten. Die elektrische Absorption (Ampere) der einzelnen LEDs ist für die LED-Leuchten mit niedrigerem PF höher, so dass weniger Leuchten installiert werden können, ohne dass der Netzschalter ausgetauscht werden muss. Die Wahl von LEDs mit unterschiedlichen PFs kann sich daher auch auf das Anlagendesign auswirken, was zu höheren Installationskosten führt.

Anwendungsspezifische Energiekriterien

Zum Beispiel im Falle der industriellen und technischen Beleuchtung:

* Vor allem, wenn sich die Arbeitszeit auf 24 Stunden erstreckt, oft mit wenig Tageslicht, sind maximales Tageslicht und maximale Effizienz Technologien gefragt.
* Nutzen Sie das Tageslicht in erster Linie, nicht zuletzt, um den Mitarbeiter:innen mehr Wohlbefinden zu bieten.
* Überwachen Sie die Präsenz, um die Beleuchtung in sekundären oder weniger frequentierten Bereichen zu schalten.
* etc.

Funktionen der Lichtsteuerung

Es sollten Optionen für Lichtsteuerungsfunktionen bewertet und spezifiziert werden, ob die Anforderungen geeignet sind.

Die gebräuchlichsten Arten von Lichtsteuerungssystemen auf dem Markt sind wie folgt:

* Grundlegende Lichtsteuerung: manueller Ein- / Aus-Schalter
* Voreingestellte Lichtsteuerung
* Tageslichtsteuerungssysteme
* Präsenzsensoren
* Bewegungssensorsteuerung: für Versorgungs- und Sicherheitsbeleuchtung
* Dimmen: In Kombination mit LED-Lampen können Dimmerschalter helfen, die Energiekosten Ihres Gebäudes zu kontrollieren.
* Vernetzte Lichtsteuerungssysteme: können Teil eines Gebäudeautomationssystem sein oder als eigenständiges System konzipiert werden

Ein qualifizierter Fachunternehmen kann Ihnen bei der Entscheidung helfen, welche Konfigurationen am besten geeignet sind.

Energiemesssystem

Die Bewertung einer Beleuchtungsanlage im Hinblick auf eine optimierte Wartung und einen optimierten Betrieb erfordert entsprechende Energiemesssysteme.

Die Messung ermöglicht eine schnelle Erkennung von Fehlern und Wartungsbedarf. Geeignete Messmöglichkeiten müssen berücksichtigt und verglichen werden.

Die Bieter können Optionen für die Messung und die Kosten und den Nutzen im Rahmen des Angebots angeben.

Liste der zusätzlichen verbindlichen Anforderungen

Je nach Anwendung anzugeben. Zum Beispiel:

* Farbtemperatur
* Farbwiedergabe und Konsistenz
* Gleichmäßigkeit der Lichtverteilung (gemäß den Normen)
* Blendschutz (Beurteilung von Beschwerde- und/oder Behinderungsschwellen)
* Konformitätszeichen für alle Komponenten
* Lebensdauer (in Anzahl der Stunden).
* IEC-Schutzklassen für Netzteile
* Wasserdichtigkeit (Schutzart, IP)
* etc..

## Ausführung und Übergabe

Einhaltung von EN-Normen und relevanten Normen für den Anwendungsbereich

Die Übereinstimmung des Angebots/Projekts mit nationalen und anwendungsspezifischen Standards muss vom Bieter erbracht werden.

Einhaltung von Projektzeitplänen

Die Erbringung der Leistung des Bieters muss dem spezifischen Zeitplan des Nachrüstungsprojekts für die Beleuchtung entsprechen.

Technische Unterlagen

* Technischer Bericht
* Elektrische Systemzeichnungen
* Grafische Darstellungen
* Wartungsplan
* Sicherheits- und Koordinationsplan
* Preisanalyse
* Prüfzertifikat relevanter Komponenten

## Wartung und Garantie

Retrofit-Projekte, bei denen nur Lampen und/oder Leuchten ausgetauscht werden

Folgende Kriterien werden vorgeschlagen:

* Lebensdauer der Leuchte (in Tausenden von Stunden)
* Lebensdauer des LED-Moduls (in Tausenden von Stunden)
* Ausfallrate (% pro 1.000 Stunden)

Weitere zu bewertende spezifische Anforderungen

* Die Verfügbarkeit von Ersatzteilen für Beleuchtungssystemkomponenten muss für eine Mindestanzahl von Jahren verfügbar sein.
* Einfache Reparatur und Recycling: einfacher Zugang, Austausch von Lichtquellen (Lampe oder LED-Modul) und Hilfsgeräten.
* Designkriterien .

Garantie

Der Zeitraum des Garantie- und/oder Servicevertrags umfasst eine festgelegte Mindestanzahl von Jahren.

Zum Beispiel:

* Defekte Lichtquellen, Betriebsgeräte und/oder Leuchten sind kostenlos zu ersetzen.
* Wenn die Leuchte eine niedrigere Lumenleistung als ursprünglich angegeben liefert, gilt sie als defekt.
* Jede Charge von Lampen oder Leuchten ist vollständig zu ersetzen, wenn die Anzahl der defekten Einheiten in der Charge einen bestimmten Prozentsatz der Charge überschreitet.

Bedingungen, die in der Regel nicht durch die Garantie abgedeckt sind:

* Leuchten, die aufgrund von Unfällen defekt sind.
* Lampen und Leuchten, die längere Zeit unter nicht bestimmungsgemäße Verwendung betrieben wurden (z. B. unter falscher Hauptspannung betrieben), sofern dies vom Hersteller nachgewiesen werden kann.

## Kostenkriterien

Gesamtbetriebskosten (Total Costs of Ownership - TCO) oder Lebenszykluskosten (Life Cycle costs - LCC)

Im Idealfall legt der Dienstleister eine detaillierte Berechnung auf der Grundlage eines Gesamtkosten- und/oder Lebenszykluskostenansatzes vor.

Investitionskosten  
Dies kann ein Zuschlagskriterium für Projekte sein, bei denen LCC bzw. TCO nicht bewertet werden können.

## Vertragliche Kriterien

Korrekte Installation

* korrekte Installation des Beleuchtungssystems gemäß den Anforderungen/ Spezifikationen
* Lieferung eines Zeitplans der installierten Beleuchtungsausrüstung mit Herstellerrechnungen oder Lieferscheinen
* Konformitätsbescheinigung der installierten Ausrüstung

Inbetriebnahme von Beleuchtungssystemen und -steuerungen

KPI-Überwachung

Identifizieren Sie geeignete Key Performance Indicators (KPIs), die vor und nach der Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen gemessen und überwacht werden sollen.

Indikatoren können Bewertungskriterien darstellen, wenn die Investition durch einen Anreizmechanismus oder eine Anreizregelung finanziert wird und eine Überwachung der KPI nach der Durchführung der Maßnahme erforderlich ist.

Abfallvermeidung und -verwertung

Der Bieter ergreift geeignete Maßnahmen zur Verringerung und Verwertung von Abfällen, die bei der Installation des neuen Beleuchtungssystems oder der Modernisierung der Beleuchtungsanlage anfallen.

Alle ausgetauschten Lampen, Leuchten und elektronischen Teile sind gemäß den geltenden Richtlinien zu trennen und zu entsorgen.

Know-how und Expertise des Bieters

Der Bieter übermittelt als Referenzen eine Mindestanzahl relevanter Beleuchtungsprojekte, die in den letzten Jahren durchgeführt wurden (noch festzulegen), deren Projektgröße der spezifischen Ausschreibung entspricht.

Der Nachweis der Expertise kann auch frühere Projekte in anderen Unternehmen/KMU umfassen, die dem betrachteten Unternehmen ähnlich sind.

Um die Qualität und korrekte Ausführung der Arbeiten zu gewährleisten, müssen diese durch qualifizierte-technische Fachkräften erfolgen, z. B. Elektriker:in.

Vorgeschlagene Gewichtung der Zuschlagskriterien

Ein Gewichtungsansatz ist oft hilfreich für die Bewertung von Vergabekriterien.

Im Folgenden finden Sie ein Beispiel für ein mögliches Gewichtungskriterium für die verschiedenen Elemente des Angebots:

|  |  |
| --- | --- |
| **Vergabekriterium** | **Vorgeschlagene Gewichtung (%)\*** |
| Investitionskosten | 30 |
| Technische Kriterien | 30 |
| Ausführung und Übergabe | 20 |
| Instandhaltung | 10 |
| Dienstleister Know-how & Expertise | 10 |
| TOTAL | **100** |

(\*) Die Gewichtung der Kriterien muss in der Regel an die lokalen Bedürfnisse und Anforderungen angepasst werden. Daher ist der hier empfohlene Ansatz nur eine mögliche Option.

# Abkürzungen und Definitionen

**Lichtstrom (Lumen) [4]**

Das Licht, das von einer Quelle wie einer Lampe emittiert oder von einer Oberfläche empfangen wird, unabhängig von der Richtung. Lumen (Abkürzung lm): Die SI-Einheit des Lichtstroms, die zur Beschreibung des Gesamtlichts verwendet wird, das von einer Quelle emittiert oder von einer Oberfläche empfangen wird. (Eine 100-Watt-Glühlampe emittiert etwa 1200 Lumen).

**Beleuchtungsstärke (Lux oder Lumen/m2) [5]**

Die Menge der Beleuchtung. Die Beleuchtungsstärke wird in Lux gemessen, wobei 1 lx = 1 lm/m2 ist. Die Beleuchtungsstärke wird leicht von einem Luxmeter gemessen, der am Messpunkt gehalten wird.

**Lichtausbeute (Lumen/W) [6]**

ist das Verhältnis von Lichtstrom (Licht) in Lumen zu Strahlungsfluss (Gesamtstrahlung) in Watt in einem Strahlungsstrahl. Es ist ein wichtiges Konzept für die Umrechnung zwischen radiometrischen und photometrischen Größen. Seine Einheiten ist die Lumen pro Watt, lm / W.

Die Lichtausbeute ist keine Effizienz, da sie kein dimensionsloses Verhältnis von Energieeintrag zu Energieabgabe darstellt - sie ist ein Maß für die Wirksamkeit eines Strahlungsstrahls bei der Stimulierung der Wahrnehmung von Licht im menschlichen Auge.

**Farbtemperatur (K) [7]**

Die Farbtemperatur einer Lichtquelle ist die Temperatur eines idealen Schwarzkörperheizkörpers, der Licht von vergleichbarem Farbton wie die Lichtquelle abstrahlt. Die Farbtemperatur wird konventionell in der Einheit der absoluten Temperatur, dem Kelvin (K), angegeben.

Die Farbtemperatur ist eine Eigenschaft des sichtbaren Lichts, die wichtige Anwendungen in den Bereichen Beleuchtung, Fotografie, Videographie, Verlagswesen, Fertigung, Astrophysik und anderen Bereichen hat.

Wenn die Temperatur einer Glühlampe erhöht wird, wird mehr Licht erzeugt. Die Farbe des Materials ändert sich von Rot bei niedriger Temperatur zu Gelb und schließlich zu fast Weiß, wenn die Temperatur erhöht wird.

**Farbwiedergabeindex (Colour Rendering Index – CRI)**

Der Farbwiedergabeindex ist ein Maß, das die Fähigkeit der Lichtquelle anzeigt, die Farbe des Objekts im Vergleich zu Tageslicht zu reproduzieren. CRI wird auf einer Skala von 0-100 gemessen, wobei 100 den Maximalwert mit der höchsten Farbwiedergabe darstellt. Ein hoher CRI führt also dazu, dass Farben dem Tageslicht ähnlicher dargestellt werden. Anwendungen, bei denen ein hoher CRI von erheblichem Wert sein könnte, sind der Bekleidungs- und Lebensmitteleinzelhandel. Normalerweise wird ein CRI von 80 oder höher als gut angesehen.

Text aus Wikipedia: "Der Wert, der oft als "CRI" für kommerziell erhältliche Beleuchtungsprodukte angegeben wird, wird korrekt als CIE Ra-Wert bezeichnet, wobei "CRI" ein allgemeiner Begriff und CIE Ra der internationale Standard-Farbwiedergabeindex ist.

Numerisch gesehen ist der höchstmögliche CIE Ra-Wert 100 und würde nur einer Quelle gegeben, deren Spektrum mit dem Spektrum des Tageslichts identisch ist, sehr nahe an dem eines schwarzen Körpers (Glühlampen sind effektiv schwarze Körper), und für einige Lichtquellen auf negative Werte fällt. Niederdruck-Natriumbeleuchtung hat einen negativen CRI; Leuchtstofflampen reichen von etwa 50 für die Grundtypen bis zu etwa 98 für den besten Multi-Phosphor-Typ. Typische weiße LEDs haben einen CRI von 80 oder mehr, während einige Hersteller behaupten, dass ihre LEDs einen CRI von bis zu 98 erreichen.

Die Fähigkeit von CRI Ra, das Farbaussehen vorherzusagen, wurde zugunsten von Maßnahmen kritisiert, die auf Farbdarstellungsmodellen wie CIECAM02 und für Tageslichtsimulatoren auf dem CIE-Metamerieindex basieren. CRI ist kein guter Indikator für die visuelle Beurteilung von Lichtquellen, insbesondere für Quellen unter 5000 Kelvin (K). Neue Standards, wie der IES TM-30, lösen diese Probleme und haben begonnen, die Verwendung von CRI bei professionellen Lichtdesignern zu ersetzen. "

**Leistungsfaktor (Power Factor – PF cosφ) [8]**

Der Leistungsfaktor (PF) ist definiert als das Verhältnis der tatsächlichen Leistung in Watt (W) zur Scheinleistung von Volt und Ampere (VA). Eine rein ohmsche Last hat einen PF von 1. Aber bei aktiven Lasten, wie z.B. Leuchtdioden (LED)-Treibern, fließt der Netzstrom durch einen Brückengleichrichter und dann wird die Gleichspannung mit einem großen Elektrolytkondensator geglättet. Da der Kondensator nur während der Spitzen im AC-Versorgungszyklus aufgeladen wird, ist der Strom gepulst und bei weitem nicht sinusförmig. Einfache rektifizierte Vorräte neigen dazu, PFs in der Nähe von 0,5 zu haben.

Besondere Maßnahmen können ergriffen werden, um eine schlechte PF zu "korrigieren". Leistungsfaktorkorrektur oder PFC ist ein Begriff, der mit netzbetriebenen Stromkreisen verwendet wird. Techniken werden verwendet, um eine gute PF zu erzeugen, so dass der Wechselstrom sinusförmig und in Phase mit der Wechselspannung ist.

In vielen Ländern gibt es Vorschriften, die eine gute PF erfordern. In Europa verlangen die Vorschriften, dass die Beleuchtung von Wohngebäuden einen PF von mehr als 0,7 und die gewerbliche Beleuchtung einen PF von mehr als 0,9 haben muss. In jedem Fall müssen Beleuchtungsprodukte mit einer Leistung von mehr als 25 W unabhängig von der Endanwendung einen guten PF von 0,95 oder höher aufweisen.

**Wasserdichtigkeit (IP 65 / IP 67 / IP 68 )**

Diese alphanumerischen Terminologien stellen die Wasserdichtigkeit der LED dar. Im Folgenden sind ihre Definitionen zusammen mit Wasserbeständigkeits- und Abdichtungsgrenzen aufgeführt.

**IP65** = Diese LED-Leuchten sind wasserdicht. Diese LED-Leuchten sind nicht zum Untertauchen gedacht. IP65 LED-Leuchten sind nicht wasserdicht.

**IP67** = Diese modernen LED-Leuchten werden als wasserdichtes Plus bezeichnet. IP67 LED-Leuchten sollten nicht länger als 10 Minuten in Wasser getaucht werden.

**IP68** = Dies sind die Lichter, die dauerhaft vollständig untergetaucht werden können. Die maximale Tiefe, die sie überleben können, beträgt 3 Meter.

Oben sind einige der wichtigsten LED-Terminologien, die Sie bei der Auswahl eines LED-Lichtsystems für den Innen- oder Außenbereich berücksichtigen müssen.

# Quellen

[1] <https://usa.flos.com/glossary>

[2] <https://www.simplyled.co.uk/info/lighting-glossary/#Clig>

[3] <https://www.seniorled.com/led-lighting-terminology-definitions/?cn-reloaded=1>

[4] Duncan S.T. Enright, Units, symbols and constants, Editor(s): Edward H. Smith, Mechanical Engineer's Reference Book (Twelfth Edition), Butterworth-Heinemann, 1994.

https://doi.org/10.1016/B978-0-7506-1195-4.50023-3.

[5] Chapter 7 - Electrical heating fundamentals, Editor(s): I.G.C. DRYDEN, The Efficient Use of Energy (Second Edition), Butterworth-Heinemann, 1982.

https://doi.org/10.1016/B978-0-408-01250-8.50016-7.

[6] Ross McCluney, Radiometry and Photometry, Editor(s): Robert A. Meyers, Encyclopedia of Physical Science and Technology (Third Edition), Academic Press, 2003.

https://doi.org/10.1016/B0-12-227410-5/00648-7.

[7] Asim Kumar Roy Choudhury, 1 - Characteristics of light sources, Editor(s): Asim Kumar Roy Choudhury, Principles of Colour and Appearance Measurement, Woodhead Publishing, 2014.  
https://doi.org/10.1533/9780857099242.1.

[8] Steve Winder, Chapter 8 - Nonisolated Power Factor Correction Circuits, Editor(s): Steve Winder, Power Supplies for LED Driving (Second Edition), Newnes, 2017.  
https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100925-3.00008-2.

[9] European norm 12464-1 (finalised 2011)