

## Umrüstung von Leuchtstoffröhren (T8 und T5) auf Retrofit-LEDs

- **Strom, Kosten und CO<sub>2</sub>-Einsparung von 60 %**
- **Amortisationsrate 1 Jahr**
- **5 Jahre Garantie und 10 Jahre Lebensdauer**
- **Umrüstung in Eigenleistung möglich ohne Fachfirma**
- **Wiederherstellung der CE-Zertifizierung**
- **Umwelt- und Gesundheitsschutz**

Würzburg, den 12.12.2022

Förderkreis Umweltschutz Unterfranken e.V.  
Bürgerbräu 02 (Sudhaus)  
Frankfurter Straße 87  
97082 Würzburg  
[Sebastian.Fiedler@FUU-ev.de](mailto:Sebastian.Fiedler@FUU-ev.de)

Geschäftsstelle:  
Frankfurter Str. 87  
97082 Würzburg

Tel. (0931) 780 970 25  
Fax (0931) 780 970 26

Sparkasse Mainfranken Würzburg  
IBAN: DE4179050000000023168  
SWIFT: BYLADEM1SWU

Vereinsregister Nr. 1245, AG Würzburg  
Steuer-Nr. 257/108/30226, FA Würzburg

E-mail: [info@fuu-ev.de](mailto:info@fuu-ev.de)  
Internet: [www.fuu-ev.de](http://www.fuu-ev.de)

Vorstand:  
Dr. Stefan Müssig  
Horst Endrich  
Jörg Roggensack  
Konrad Abelmann-Brockmann  
Dr. Michael Zöllner

### Ziel der folgenden Maßnahme:

Nahezu alle ineffizienten Leuchtmittel (Glühbirnen, Halogenstrahler und Energiesparlampen) können gegen [Retrofit-LEDs](#) getauscht werden. Die folgende Maßnahme erläutert, wie noch vorhandene [T8 und T5 Leuchtstoffröhren \(Neonröhren\)](#) gegen Retrofit-LEDs umrüstbar sind, welche Kosten entstehen und welche Einsparungen dadurch generiert werden können. Sie bietet die Möglichkeit, den **Stromverbrauch durch die Beleuchtung um bis zu 60 % zu reduzieren** und somit auch die Stromkosten und CO<sub>2</sub>-Emissionen. Zudem reduzieren sich die Wartungskosten innerhalb der darauffolgenden 5 Jahre, da **die Garantie der Maßnahme 5 Jahre beträgt**. Durch diese Einsparungen **amortisiert sich die Maßnahme bereits nach 1-2 Jahren bei einer durchschnittlichen Lebensdauer von 10 Jahren. Die Kostenersparnis ist etwa zehnmal so hoch wie die dafür notwendige Investition.**

Die zum 01.01.2023 in Kraft tretende [Strompreisbremse](#) deckelt die Stromkosten bei Privathaushalten und kleinen Unternehmen bis 80 % des Vorjahresverbrauchs und bei Unternehmen mit mehr als 30.000 kWh pro Jahr bis 70 %. Die hier vorgestellte Maßnahme kann dabei helfen, den Stromverbrauch um die notwendigen 20 % bzw. 30 % zu reduzieren.

### Problemstellung:

Für Leuchtstoffröhren existieren [drei verschiedene Vorschaltgeräte](#) (VG):

- **KVG** (Konventionelles Vorschaltgerät), sind die ältesten und ineffizientesten Modelle, verbrauchen zusätzlich ca. 13 W Strom, Verkaufsverbot seit 2005.
- **VVG** (Verlustarmes Vorschaltgerät), größer, jedoch verlustärmer (ca. 8 W) als KVG, häufig bei Lampen in gewerblichen Bereichen oder Sporthallen.
- **EVG** (Elektronisches Vorschaltgerät), neuste Generation **ohne Starter**, geringster Energieverbrauch (ca. 5 W).

**Bei KVG und VVG ist eine direkte Umrüstung auf Retrofit-LEDs möglich.** Bei EVG ist davon dringend abzuraten, da man hier genau wissen muss, welches Vorschaltgerät verbaut ist und selbst die im Vorschaltgerät verbauten Komponenten Probleme bereiten können.

### Somit ergeben sich 3 mögliche Vorgehensweisen:

- 1) **Lampen mit KVG und VVG direkt auf Retrofit-LEDs umrüsten:** Der Investitionsaufwand ist sehr gering, die CE-Konformität der Lampe bleibt erhalten und durch die Umrüstung reduziert sich der Stromverbrauch von KVG und VVG erheblich (auf ca. 1 W).
- 2) **Lampen mit EVG [umverdrahten](#) und dann umrüsten:** Das EVG kann dabei entnommen werden oder in der Lampe bleiben. Es wird mit 4 WAGO Klemmen und 2 Kabeln überbrückt, der Einbau einer Schmelzsicherung ist ratsam. Die CE-Konformität wird wiederhergestellt und die Haftung geht auf die Firma über, die den Umbau vornimmt. Maximal mögliche Stromeinsparung und geringster möglicher Wartungsaufwand.
- 3) **Lampen mit EVG tauschen:** Die komplette Lampe wird abmontiert und durch eine neue LED-Lampe ersetzt. Teuerste der drei Maßnahmen, aber trotzdem positiver Kapitalertrag während der Garantiezeit. BAFA-Förderung von 15 % bei einer Förderung des BAFA-Beraters von 50 %. Nur in Ausnahmefällen empfehlenswert.

### **Kurzbeschreibung:**

Es wurden drei verschiedene Maßnahmen ausgearbeitet, die sich alle innerhalb der Laufzeit amortisieren und sogar einen positiven Kapitalertrag durch die Einsparung von Energie- und Wartungskosten erzielen.

**Die Maßnahmen unterscheiden sich in Bezug auf Aufwand, Umsetzungsdauer und Anfangsinvestitionen.**

#### **1) Tausch des verbauten Leuchtmittels:**

Die Lampe bleibt erhalten, die darin verbaute T8 Leuchtstoffröhre wird gegen eine Retrofit-LED getauscht und der Starter gegen einen Kurzschluss-Starter.

**Vorteil:** **Schnelle Umsetzung ohne Fachpersonal** in Eigenleistung möglich, geringe Investitionskosten, **1 Jahr Amortisationsdauer**. CE-Konformität bleibt erhalten (falls noch vorhanden). **5 Jahre Garantie auf das Leuchtmittel. Stromeinsparung von über 60 %.**

**Nachteil:** **Nur für KVG und VVG**, daher muss vor der Maßnahme geprüft werden, welche Vorschaltgeräte verbaut sind. Das Vorschaltgerät verbleibt weiterhin in der Lampe und benötigt Strom, der Stromverbrauch wird jedoch signifikant verringert (von ca. 13 W auf 1 W). Geht das Vorschaltgerät kaputt, muss es getauscht werden. Das Vorschaltgerät verschleißt jedoch langsamer, da die Stromaufnahme reduziert wird.

#### **2) Direktverdrahtung und Tausch des verbauten Leuchtmittels:**

Hierbei wird die vorhandene Lampe quasi entkernt und nur die Außenhülle belassen. Das in der Lampe verbaute (EVG) Vorschaltgerät wird überbrückt (und entfernt) und die Leuchtstoffröhre gegen eine Retrofit-LED getauscht sowie der Starter gegen einen Kurzschluss-Starter.

**Auch für KVG und VVG möglich!**

**Vorteil:** **Höchstmögliche Stromersparnis, CE-Konformität wird wiederhergestellt**, Haftung geht auf Fachpersonal über, dass den Umbau vornimmt. **5 Jahre Garantie**, Wartungskosten innerhalb der nächsten fünf Jahre gegen Null, bei Bedarf um- bzw. nachrüstbar oder reparierbar. **Bietet sekundäre und sogar tertiäre Einsparmöglichkeiten:** vor der Maßnahme muss nicht jedes Vorschaltgerät überprüft werden und durch die Entnahme können diese auch nicht mehr kaputt gehen. Entnommene Vorschaltgeräte können anderswo eingebaut oder verkauft werden. Mit dem Verkaufsverbot der Leuchtstoffröhren zum 25. August 2023 werden nämlich auch die Vorschaltgeräte knapper, da die Nachfrage sinken wird.

**Nachteil:** Höhere Investitionskosten, da von einer Fachfirma die Lampe zerlegt werden muss, um an das Vorschaltgerät zu gelangen und es zu überbrücken.

#### **3) Tausch der vorhandenen Lampe:**

Hierbei handelt es sich um die Standardvorgehensweise; die komplette Lampe wird durch eine hocheffiziente LED-Lampe ausgetauscht.

**Vorteil:** Neue und stromsparende Lampe mit Garantie und CE-Kennzeichnung. 15 % Förderung durch die BAFA möglich. Fördermittelberater wird mit 50 % bezuschusst. Kann z.B. mit Sensorik kombiniert werden für weitere Einsparungen.

**Nachteil:** Benötigt pro Gebäude einen BAFA-Antragsteller, kann nur durch qualifiziertes Personal umgesetzt werden, LED-Lampe muss verfügbar sein und bestimmte Voraussetzungen erfüllen, defekte Lampen können nicht repariert werden, teuerste Maßnahme mit längster Umsetzungsdauer.

**Der Tausch der kompletten Lampe wird in diesem Dokument nicht weiter thematisiert, da es sich um eine Standardvorgehensweise handelt, die mit ca. 80 € - 100 € pro Lampe gerechnet werden muss.** Hinzu kommen erhebliche Zeitverzögerungen durch Antragstellung und Materialbeschaffung. Da die Lampen im Schadensfall nicht repariert werden können, wird die Maßnahme aktuell auch von allen drei Möglichkeiten als „letztes Mittel“ vorgeschlagen. Sie ist trotzdem ratsam, da die Lampen eine Garantie von 5 Jahren haben und somit trotzdem eine positive Kapital- und Umweltbilanz erzielt wird.

#### **Anmerkung:**

Zwar wird für die Direktverdrahtung mit Leuchtmitteltausch Fachpersonal benötigt, jedoch beschränkt sich die Umverdrahtung innerhalb der Lampe auf 4 WAGO Klemmen, 2 Kabel und 1 Schmelzsicherung; wodurch Materialeinsatz und Arbeitszeit überschaubar sind. Dadurch wird jedoch das Vorschaltgerät überbrückt, weshalb es vor Einleitung der Maßnahme nicht mehr inventarisiert werden muss. Es kann auch nicht mehr verschleiß, wodurch der Lampe das letzte Verschleißteil entnommen wurde und Wartungskosten einspart. Gerade in öffentlichen Gebäuden ist es wichtig, dass die elektrischen Verbraucher CE-konform sind; diese wird beim Umbau der Lampe wiederhergestellt und durch einen Aufkleber und ein Zertifikat bestätigt.

Die Kalkulationen der Maßnahmen fanden am 06.12.2022 statt und die tagesaktuellen Preise wurden verwendet. Preise werden als Bruttopreise inklusive MwSt. angegeben.

#### **Identifikationsmöglichkeiten von EVGs:**

KVGs und VVGs besitzen einen Starter und sind so von EVGs unterscheidbar. Beim Einschalten der Lampe blinken KVGs und VVGs mehrmals kurz auf, eine EVG gesteuerte Leuchtstoffröhre wird langsam hell. Auch im Betrieb können KVGs und VVGs von EVG mit speziellen Kameras (z.B. ältere Digitalfotoapparate mit längerer Belichtungsdauer vor dem Auslösen) voneinander unterschieden werden: eine KVG oder VVG flackert mit 50 Hz während das Flackern einer EVG nahezu nicht aufgelöst werden kann (30.000 Hz).

#### **Kostenabschätzung:**

T8 Leuchtstoffröhren benötigen in der 150 cm Ausführung ca. 58 W. Dazu kommt noch das EVG (Elektronische Vorschaltgerät) mit ca. 5 W oder sogar ein KVG (Konventionelles Vorschaltgerät) mit ca. 13 W. Selbst unter günstigsten Voraussetzungen (Röhre mit EVG) kann man also von mindestens 60 W ausgehen, die pro Lampe benötigt werden, bei alten Lampen (KVG) sogar mit 70 W.

Zudem gibt es Cassettenlampen, in denen 4 x 18 W T8 Leuchtstoffröhren mit 60 cm verbaut sind, vermutlich mit verlustarmen Vorschaltgeräten (VVG). Somit werden ca. 80 W benötigt.

Die Leuchtdauer wird mit 2.000 Stunden pro Jahr angenommen. Es sich um eine in der Praxis festgestellte realistische Mindestleuchtdauer, die sich aus 40 Stunden pro Woche bei 50 Wochen pro Jahr ergibt.

Die aktuellen bzw. zu erwartenden Stromkosten werden mit 0,4 €/kWh angenommen (Deckel Strompreisbremse < 30.000 kWh/a). Hierbei handelt es sich um eine realistische Einschätzung, die auch von Kommunen bzw. öffentlichen Einrichtungen her bekannt ist.

Pro kWh Strom werden etwa 0,420 kg CO<sub>2</sub> produziert. Durch den Ukrainekrieg und das dadurch knapper werdende Gas wird wieder vermehrt Kohle verstromt, wodurch die CO<sub>2</sub>-Emission für produzierten Strom sogar eher noch höher wird.

**Pro vorhandener T8 Leuchtstoffröhre** können demnach folgende Werte angenommen werden:

- Leistungsaufnahme: 60 W (EVG), 70 W (KVG) oder 80 W (vierflammig VVG)
- Leuchtdauer pro Jahr: 2.000 h
- Stromverbrauch pro Jahr: 120 kWh – 160 kWh
- **CO<sub>2</sub>-Emission pro Jahr: 50 kg – 67 kg**
- **Stromkosten pro Jahr: 48 € - 64 €**

Hinzu kommen noch sporadisch auftretende Wartungskosten im Falle eines defekten Starters, eines defekten Vorschaltgerätes oder falls die Leuchtstoffröhre selbst defekt wird.

- **Starter:** Lebensdauer von ca. 6.000 Schaltzyklen. Materialkosten etwa 1 €, Personalkosten für den Tausch etwa 5 €.
- **Leuchtstoffröhre:** Lebensdauer von ca. 15.000 Stunden. Materialkosten etwa 4 €, Personalkosten für den Tausch ebenfalls etwa 5 €. Dürfen ab 25. August 2023 nicht mehr verkauft werden!
- **Vorschaltgerät:** Lebensdauer von ca. 15.000 Stunden. Materialkosten etwa 15 €, Personalkosten für den Tausch etwa ebenfalls 15 €, da das Vorschaltgerät meistens hinter dem Reflektor verbaut ist.

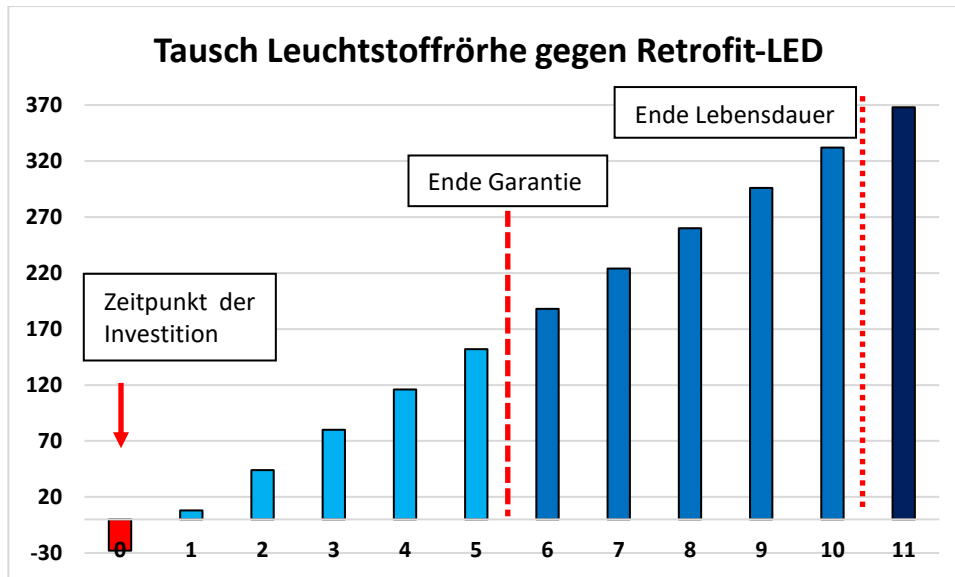
**Die Maßnahmen im Detail:**

Für alle Maßnahmen werden [qualitativ hochwertige Leuchtmittel](#) und/oder Lampen mit 5 Jahren Garantie sowie einer hohen Energieeffizienz vorgeschlagen. Zwar gibt es für jedes Modell auch billigere Varianten (z.B. OSRAM SubstiTUBE Value), diese sind jedoch von minderwertigerer Qualität, kürzerer Lebens- und Garantiedauer sowie einem höheren Stromverbrauch.

**1) Tausch der Leuchtstoffröhre gegen eine Retrofit-LED (KVG und VVG):**

Hierbei wird der Lampenschirm entfernt, der Starter gegen einen Kurzschluss-Starter ausgewechselt und die Leuchtstoffröhre gegen eine Retrofit-LED ausgetauscht. Möglich bzw. ratsam nur bei konventionellen und verlustarmen Vorschaltgeräten! Kann in Eigenleistung erfolgen. Da es sich lediglich um einen Leuchtmitteltausch handelt, wird die CE-Konformität nicht beeinflusst (falls noch vorhanden, abhängig von der Vorgeschichte der Lampe) und die Maßnahme muss nicht von einer Fachfirma durchgeführt werden. Der Stromverbrauch des KVG sinkt auf etwa 1 W.

- Anschaffungskosten Retrofit-LED inklusive Kurzschluss-Starter: 17 €
- Personalkosten bei Umrüstung durch Fremdfirma: 11 €
- Stromverbrauch mit Vorschaltgerät: 24 W plus 1 W = 25 W
- Stromersparnis (70 W auf 25 W): 45 W
- **Stromersparnis pro Jahr bei 2.000 h Leuchtdauer: 90 kWh**
- **CO<sub>2</sub>-Ersparnis bei 0,420 kg/kWh: 38 kg**
- **Stromkostensparnis bei 0,4 €/kWh: 36 €**



Einsparung (Euro nach Jahren) beim Tausch einer Leuchtstoffröhre gegen eine Retrofit-LED. Amortisation nach unter einem Jahr, innerhalb der Garantie eine Stromkostensparnis von ca. 150 € und innerhalb der durchschnittlichen Lebensdauer von ca. 330 €.

#### Anmerkung:

Beim Tausch der Leuchtstoffröhren gegen Retrofit-LEDs muss mit einer einmaligen Investition von knapp 30 € für Material und Arbeitszeit gerechnet werden. Hierdurch werden jedoch pro Jahr ca. 36 € Stromkostensparnis möglich, wodurch sich die Maßnahme bereits nach einem Jahr amortisiert, selbst bei Zusatzkosten wie z.B. dem Tausch einer defekten Fassung (altersbedingt). Auf das Leuchtmittel sind 5 Jahre Garantie bei einer durchschnittlichen Lebensdauer von 10 Jahren.

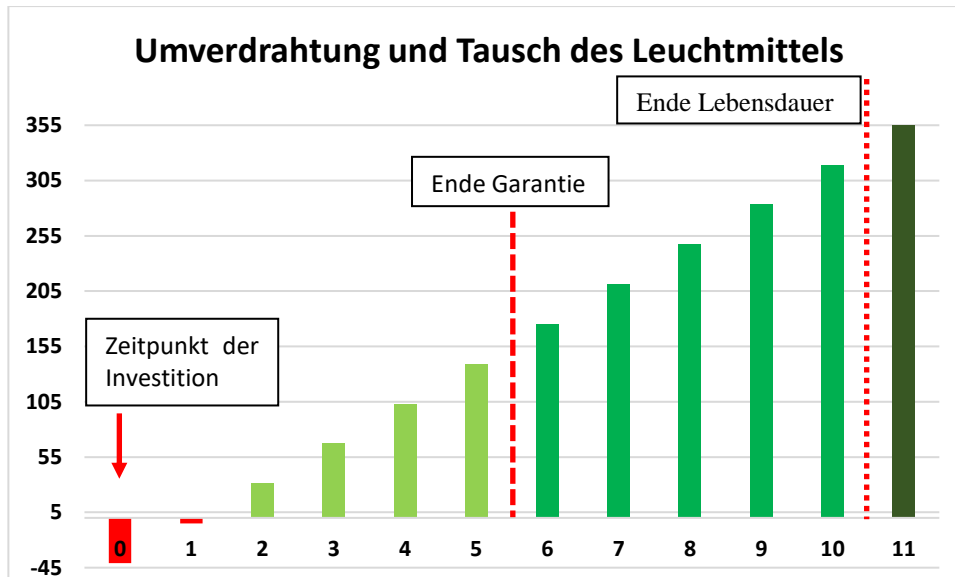
Der Stromverbrauch pro Lampe kann um 60 % reduziert werden, so auch die Stromkosten und die CO<sub>2</sub>-Emission. Lediglich das in der Lampe verbleibende Vorschaltgerät kann bei Defekt zusätzliche Kosten verursachen (Material plus Arbeitszeit).

## 2) Umverdrahtung plus Tausch des Leuchtmittels (favorisiert):

Generell ist diese Maßnahme bei allen Lampen ratsam, bei Leuchtstoffröhren mit verbauten EVGs jedoch notwendig. Der Arbeitsaufwand und die dadurch entstehenden Kosten sind höher als wenn nur das Leuchtmittel getauscht wird, jedoch ist die Maßnahme nachhaltiger, da z.B. nicht nur der Stromverbrauch sinkt, sondern auch mögliche Wartungskosten maximal reduziert werden. Auf die Maßnahme werden 5 Jahre Garantie gegeben.

- Anschaffungskosten Retrofit-LED inklusive Kurzschluss-Starter: 17 €
- Personal- und Materialkosten für die Umrüstung: 24 €
- Stromverbrauch: 24 W
- Stromersparnis (60 W auf 24 W): 36 W
- **Stromersparnis pro Jahr bei 2.000 h Leuchtdauer: 72 kWh**
- **CO<sub>2</sub>-Ersparnis bei 0,420 kg/kWh: 30 kg**
- **Stromkostensparnis bei 0,4 €/kWh: 29 €**





*Einsparung (Euro nach Jahren) bei der Umverdrahtung einer Lampe und dem Tausch der darin befindlichen Leuchtstoffröhre gegen eine Retrofit-LED. Amortisation nach knapp über einem Jahr, innerhalb der Garantie eine Stromkostensparnis von ca. 140 € und innerhalb der durchschnittlichen Lebensdauer von ca. 320 €.*

#### **Anmerkung:**

**Für die Variante Umverdrahtung plus Tausch des Leuchtmittels müssen zwar ca. 40 € pro Lampe investiert werden, jedoch fallen hier vorgelagerte und nachgelagerte Kosten aus:** Da das Vorschaltgerät entfernt und überbrückt wird, muss es vor der Maßnahme nicht inventarisiert werden und kann auch nicht im Betrieb kaputt gehen, was einen Tausch vorbeugt. Zudem sind sekundäre und tertiäre Einsparungen möglich, wie z.B. die Vorschaltgeräte für andere Liegenschaften sammeln oder verkaufen. Da nicht alle Gebäude auf einmal umgerüstet werden können, verbleiben dort mittelfristig Leuchtstoffröhren mit Vorschaltgeräten. Werden diese jedoch bei der Umrüstung gesammelt, können sie in anderen Liegenschaften eingebaut werden, bis auch diese auf LED umgerüstet sind.

Die Amortisation für die Maßnahme Umverdrahtung plus Tausch des Leuchtmittels ist mit knapp über einem Jahr ebenfalls völlig in Ordnung. Berücksichtigt man den Wegfall der vorgelagerten und nachgelagerten Kosten (sekundäre Einsparungen) sowie das Vorhalten der Bauteile für andere Liegenschaften (tertiäre Einsparungen), ist die Maßnahme mit der, bei der lediglich das Leuchtmittel getauscht wird, vergleichbar.

Ein weiterer großer Vorteil der Maßnahme ist, dass auf jeden Fall die CE-Konformität der Lampe wiederhergestellt wird, sämtliche aktuellen Vorschriften eingehalten werden und sich durch die Entnahme des EVG sogar die Brandlast reduziert.

**Eine technische Anleitung zur Umsetzung der hier vorgestellten Maßnahmen finden Sie hier:**  
[https://www.ledvance.de/00\\_Free\\_To\\_Use/asset-13016009\\_installationsanleitung\\_substitute\\_t8\\_t5.pdf](https://www.ledvance.de/00_Free_To_Use/asset-13016009_installationsanleitung_substitute_t8_t5.pdf)

**Hilfe und Angebote von:** Jörg Drechsler: <https://multiplan-energy.de>  
und Jürgen Hutmacher: <https://www.litegear.de>

## 3. Direktverdrahtung

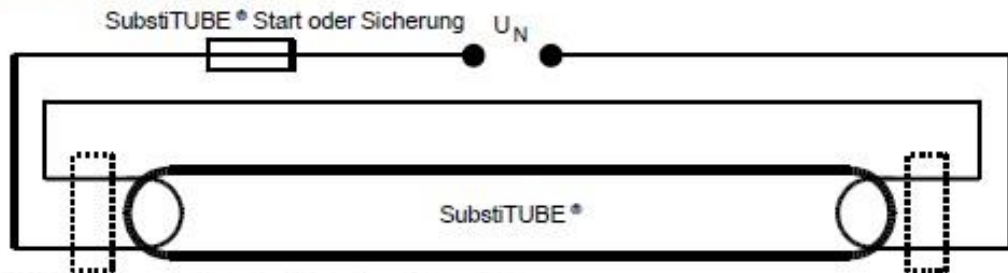
### 3. Betrieb an Netzspannung

Wenn eine EVG Leuchte umgerüstet oder die Verluste des KVG beseitigt werden sollen, so muss die Leuchte gemäß u.g. 3.1 "Direktverdrahtung" umverdrahtet werden. Eine analoge Vorgehensweise ist bei neuen Leuchten zu empfehlen.

Der Umbau von Leuchten zum Einsatz von Konversionslampen darf nur von qualifiziertem Fachpersonal durchgeführt werden. Die Verantwortung von technischen und sicherheitsrelevanten Folgen der umverdrahtenden Leuchte geht auf den Umrüster über, der die Umverdrahtung durchgeführt hat. Die Person, die die Umverdrahtung vorgenommen hat, übernimmt die gesetzliche Verantwortung für dieses neue Produkt.

### 3.1 Direktverdrahtung

Die Leuchte ist wie unten gezeigt an beiden Seiten umzuverdrahten. So kann die SubstiTUBE® in jeder Richtung der standardisierten und IEC konformen G13 Lampenhalterung eingesetzt werden. Alle Leitungen müssen für die vorhandenen Spannungen und Schutzklasse ausgelegt sein. Für Schutzklasse I sollte üblicherweise einfach isolierter Volldraht, für Schutzklasse II doppelte Isolierung zum Einsatz kommen. Der maximale Leitungsdurchschnitt für Lampenhalter und Starter beträgt typischerweise 0,5mm<sup>2</sup>. In der Leuchte vorhandene Vorschaltgeräte können nach der Umverdrahtung entfernt werden.



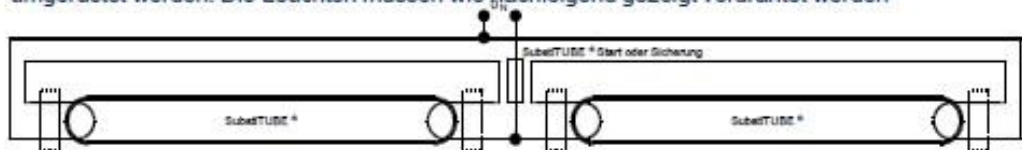
Schaltbild einer direktverdrahteten Leuchte an Netzspannung

#### Installationsanweisung



- Umverdrahtung nur durch qualifiziertes Fachpersonal
- Sicherstellen dass die Leuchte spannungsfrei ist
- Konventionelle Leuchtstofflampe entfernen
- Remove power factor correction capacitor (if installed) to improve power factor
- Kondensatoren zur Blindleistungskompensation entfernen (falls installiert), um Power Faktor zu verbessern
- Umverdrahtung der Leuchte gemäß o.g. Schaltbild
- Einsatz von SubstiTUBE® Start oder Sicherung (250V, T2A)
- Einsatz von SubstiTUBE® in die Lampenhalterung und Überprüfen des Abstrahlungswinkels
- Sicherstellen der Konformität der umverdrahteten Leuchte für alle zutreffenden gesetzlichen Anforderungen
- Einhaltung aller sicherheitsrelevanten Anforderungen und technischen Nomen wie z.B. DIN VDE 0701-0702 ist zu gewährleisten
- Umverdrahtete Leuchte ist mit neuem Typenschild zu markieren
- SubstiTUBE® Start oder Sicherung (250V, T2A) ist für die Betriebssicherheit notwendig
- Keine Leuchtstofflampe einsetzen da diese zerstört wird

Parallelgeschaltete 2-flammige Leuchten können analog zu einfachen 1-flammigen Leuchten umgerüstet werden. Die Leuchten müssen wie nachfolgend gezeigt verdrahtet werden



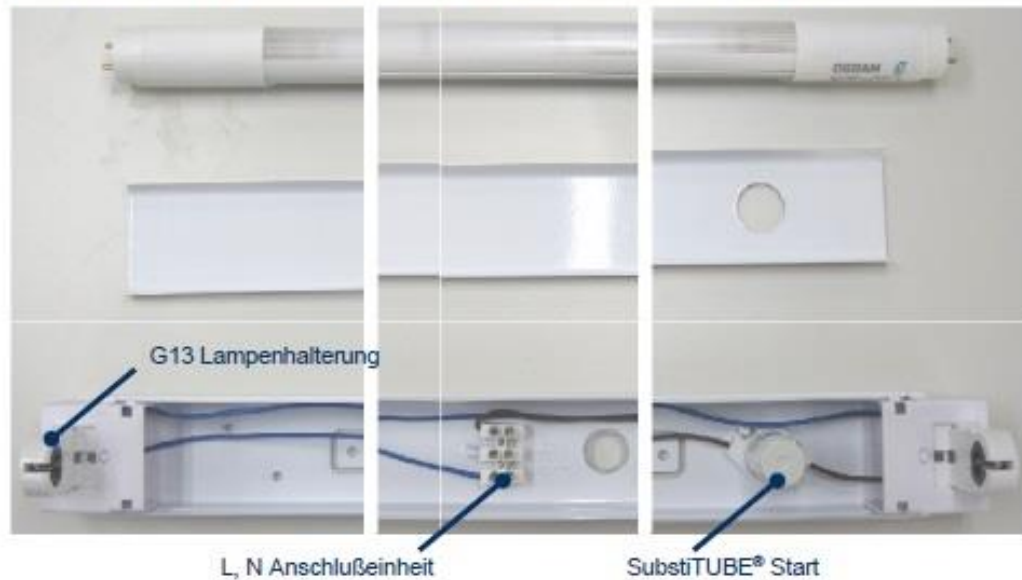
Schaltbild einer Direktverdrahtung einer umverdrahteten 2-flammigen Leuchte



## 3. Direktverdrahtung

### 3.1.1 Beispiel- installation einer Direkt- verdrahtung

Direktverdrahtung einer Leuchte für SubstiTUBE® (mit entfernten Vorschaltgerät).



*Sicherstellen dass die Umverdrahtung komplett durchgeführt und fertiggestellt wird um Schäden (bsp. durch Kurzschluss) zu vermeiden*