

# Röhrenförmige LED-Leuchten mit externen Treibern

## 0. Einführung:

Auszug aus meinem Vortrag über das Störpotential von Retrofit-LED-Leuchtmitteln. Gemeinsame Eigenschaft aller drei vorgestellten Leuchtmittel war, dass sie

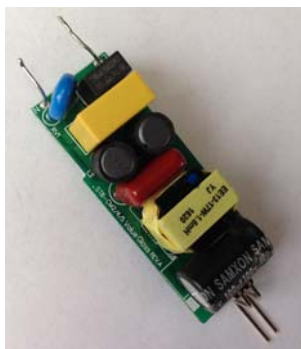
- a) einen eingebauten Wandler von 230 Volt auf den internen Gleichstrom haben,
- b) intern alle LEDs in Serie geschaltet sind, so dass der Gleichstrom niedrig bei relativ hoher Gleichspannung ist und
- c) an den Lampen keinerlei Änderungen zum Einsatz der LED-Leuchtmittel notwendig sind.

Die eingebauten Schaltwandler werden landläufig als „LED-Treiber“ bezeichnet. Sie wandeln die 230-Volt-Wechselspannung in den erforderlichen Gleichstrom um, wobei sich die Spannung an der Serienschaltung aus der Anzahl der LEDs und deren Diodenspannung ergibt. Ein Chip beherbergt dabei u. U. mehrere LEDs in Serie.

Bei einer damals nicht vorgestellten Lösung enthielt jedes von 19 in Serie geschalteten Chips je 5 LEDs was  $95 * 3 \text{ Volt} = 285 \text{ Volt}$  ergibt. Damit bestand die Treiberschaltung nur aus einem Brückengleichrichter mit nachfolgendem Elko und einem 3-beinigen IC BP5131D von Bright Power Semiconductor als geregelte 30-mA-Stromquelle.



Oben: E27 „Glühbirne“, rechts: E14 „Kerze“  
unten: Treiber aus 120-cm-LED-Röhre



## 1. Ausgangspunkt bzw. Anlass für den heutigen Vortrag:

Für mein Bad benötigte ich eine 1500 mm lange „retrofit“-LED-Röhre. Zufällig entdeckte ich in einer Liste bei Pollin ein auf 2,95 € reduziertes Exemplar, das mit sagenhaften 111 Lumen/W aufwarten konnte (Nr. 533807). Auch die Farbtemperatur von 4000 K entsprach meinen Wünschen. Ohne die weiteren Spezifikationen zu lesen bestellte ich ein Exemplar.

Dann die Überraschung: Sie passt nicht, weil sie unbekannte Anschlüsse hat und nicht – wie erwartet – auf beiden Seiten zwei runde Stifte von 7 mm Länge und 2,5 mm Durchmesser mit der Normbezeichnung G13 (13 für den Stiftabstand in mm) wie von den Leuchtstoffröhren der Standardgrößen T8 her bekannt.

T8 steht übrigens für Tube mit 8 Achtel Zoll Durchmesser, also 25,4 mm. Die früheren Röhren hatten meist das Format T10, also 30,3 mm Durchmesser.



((Bild: Röhrenende mit GX16t-5 Sockel und zum Vergleich eine mit G13 Sockel))

Frage: Was ist das für ein Sockel und was soll das?

## 2. Der Sockel GX16t-5: Normung und Eigenschaften

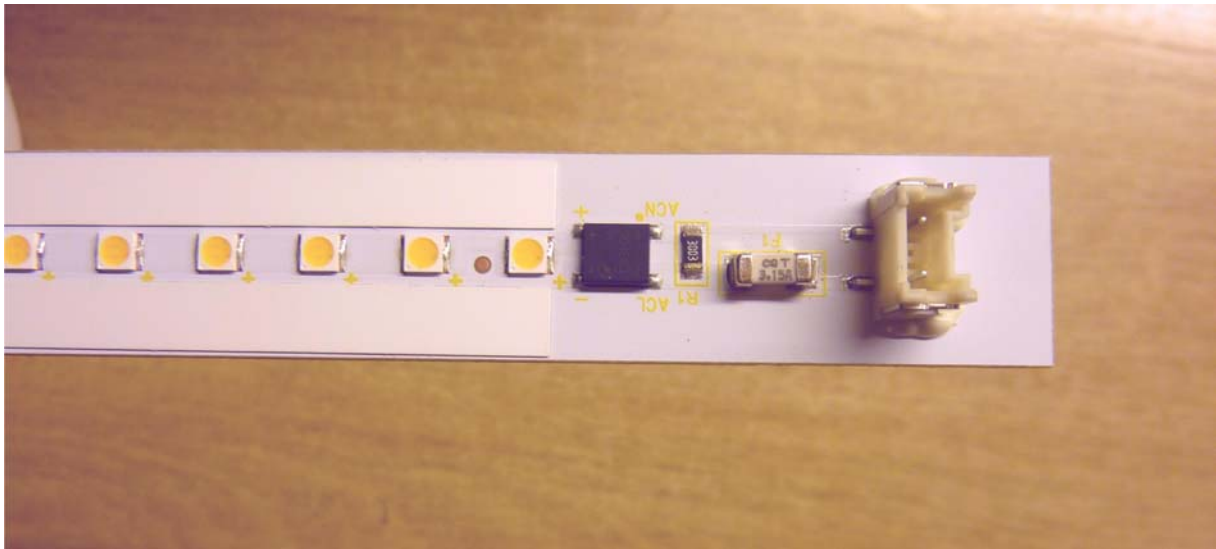


((Bild: Vergleich der beiden Sockel gegeneinander))

Wie die Bezeichnung vermuten lässt, beträgt der Abstand der Anschlüsse 16 mm. Was das „t“ und der Zusatz „-5“ bedeutet, ist mir leider unbekannt.

Der Sockel ist in mehreren IEC-Normen spezifiziert. Er ist danach vorgesehen für: „Röhrenförmige LED-Leuchten mit externem Treiber“, wobei diese Treiber nach Norm „eine welligkeitsfreie Gleichspannung“ liefern müssen. Genau genommen müsste es „Gleichstrom“ heißen, denn im Gegensatz zu konventionellen Lampen, bei denen sich der Strom entsprechend der angelegten Spannung aus dem Widerstand der Lampe ergibt, ergibt sich bei LEDs die Spannung aus dem eingespeisten Strom und der Flussspannung der in Reihe geschalteten LEDs.

Über die Polarität der beiden Anschlüsse gibt es keine Aussagen, auch wenn die Pins von manchen Anbietern an den Anschlüssen ein + bzw. – tragen. Bei der von Pollin vertriebenen Toshiba-Röhre fehlen diese Polaritätskennzeichen. Weil sich aber die Kappe mit den Anschlüssen einfach abschrauben ließ, inspizierte ich die Röhre von innen und nahm die Schaltung auf.



((Bild: Innenaufbau und Schaltung der Toshiba-Röhre))

Man erkennt nach dem steckbaren Anschluss (rechts) zunächst eine 3,15-Ampere-Sicherung gefolgt von einem Parallelwiderstand von 300 k $\Omega$  und schließlich einen Brückengleichrichter. Bei einer Spannung von 100 Volt fließt in dem Widerstand ein Strom von nur 0,33 mA, was bezogen auf den Nennstrom der Lampe von 350 mA weniger als 0,1 % ist. Der Widerstand hat übrigens eine Sicherheitsaufgabe: er signalisiert dem speisenden Stromversorgungsgerät, dass eine Lampe vorhanden ist. Erst wenn das sicher gestellt ist, darf der Treiber den Speisestrom freigeben.

### 3. Die andere Seite der LED-Röhre



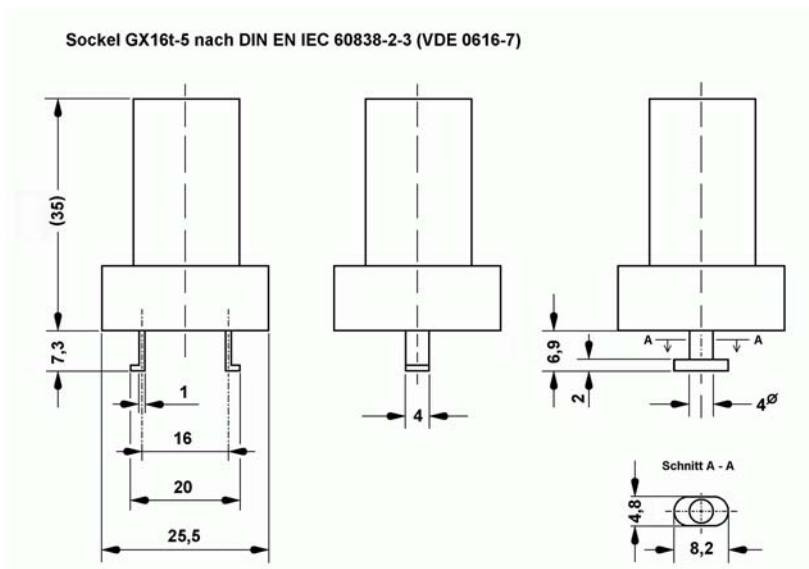
((Bild: Erdungsanschluss))

Im Gegensatz zur Stromversorgungsseite der GX16t-5-gesockelten LED-Röhre dient die andere Seite vornehmlich der Halterung des Röhrenendes. Interessanterweise passt der Nippel in das runde Zentrum des vorhandenen Anschlusssockels für die G13-Röhre ((Foto)), so dass bei einem Umbau dafür kein Ersatz benötigt wird. Sollte die Röhre allerdings eine Erdung ihres Gehäuses benötigen, gibt es für diesen Anschluss am Markt auch ein passendes Gegenstück.



((Bild: Foto der beiden speziellen Halterungen))

#### 4. Die Abmessungen der GX16t-5-Röhrenanschlüsse



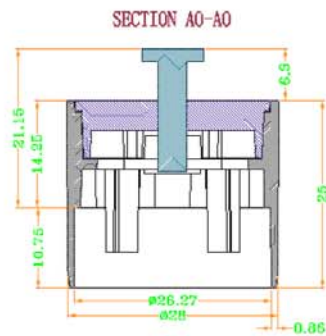
((Abmessungen der Sockel der LED-Röhre. Links: Stromversorgung, rechts: Erde))

Die Zeichnung des Sockels und die Abmessungen sind die des Testsockels aus der IEC 60838-2-3. Die Maße der Erdungsseite stammen von meinem Toshiba-Muster.

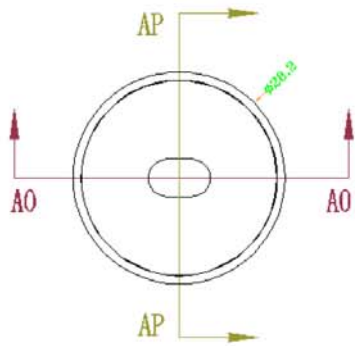


Ganz ähnliche Maße findet man auch bei alibaba.com für die dort angebotenen Endkappen.

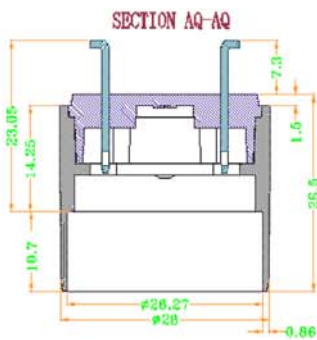
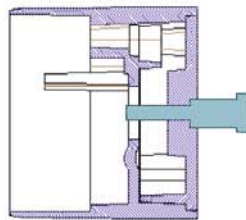
**Socket GX16t-5 T8-Size**



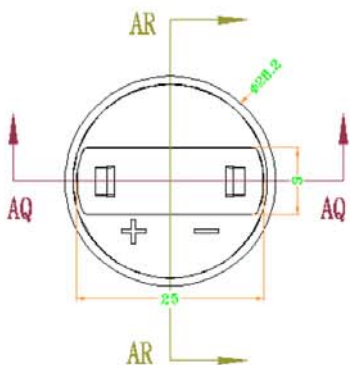
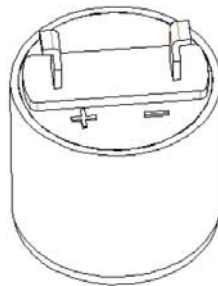
**Erdung**



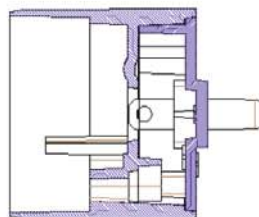
**SECTION AP-AP**



**Stromversorgung**



**SECTION AR-AR**



Zeichnung entnommen aus:  
<http://jm-melody.en.alibaba.com>

((Zeichnungen der lieferbaren Endkappen))

## 5. Elektrische Eigenschaften der neuen LED-Röhren

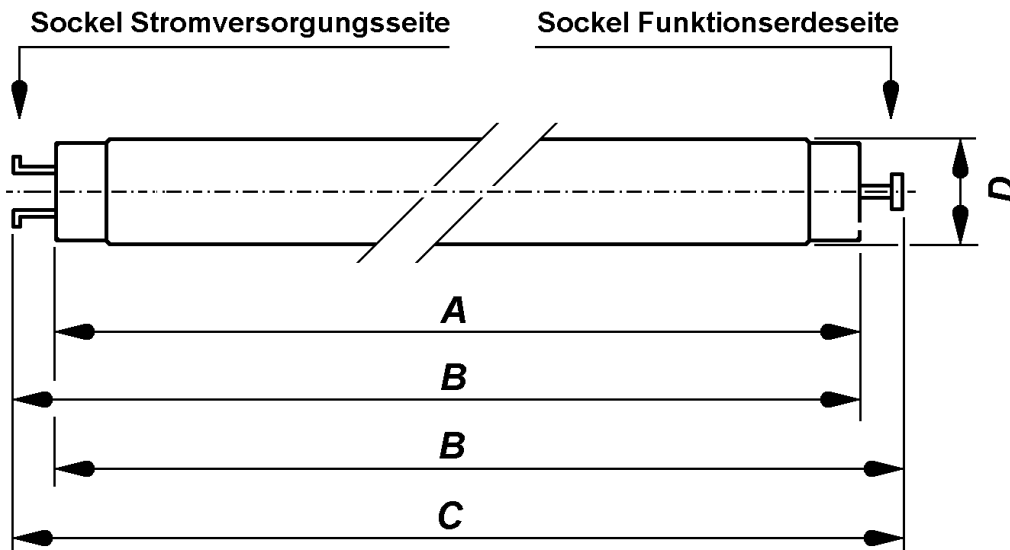
Länge/mm	Strom/A	P/W	Udc/V
600	0,35	7,0 ... 16,6	22,5 ... 47,5
900	0,35	11,0 ... 24,8	32,7 ... 70,8
1200	0,35	14,3 ... 33,3	41,0 ... 95,0
1500	0,35	14,3 ... 42,0	41,0 ... 120,0

Wie man der Tabelle aus IEC 62931 entnehmen kann, beträgt der Betriebsstrom bei allen Längen einheitlich 350 mA. Hier wird also von der Norm folgerichtig umgesetzt, was sich aus dem Betriebsverhalten von LEDs ergibt: der Strom bestimmt, was passiert und nicht die Spannung. Das kommt offenbar auch der Konstruktion entgegen: die 1500-mm-Toshiba-Röhre enthält eine Parallelschaltung aus 5 Gruppen von je 34 in Serie geschalteten LEDs. Jede Gruppe erhält demnach 50 mA Strom. Und sollte eine LED ausfallen, bleiben die anderen 4 Gruppen in Betrieb. Bei den kürzeren Längen ändert sich nur die Zahl der LEDs pro Gruppe und es können überall die gleichen LEDs verwendet werden.

## 6. Marktbedeutung und Erscheinungsjahr

Die Normung erfolgte bei der IEC etwa im Jahr 2014. Aus dem gleichen Jahr stammt auch das noch heute gültige Datenblatt von Toshiba, in dem Röhren mit den Längen 600, 1200 und 1500 mm enthalten sind. Genormt ist auch die seltenere Länge 900 mm. Aus der Tabelle geht auch der zulässige Leistungsbereich für die vier Normlängen hervor:

### GX16t-5-gesockelte röhrenförmige LED-Lampen



L-nominal	A	B	Cmax	D	Dmax
600	587,4 ... 589,8	594,5 ... 596,9	604,0	25,5	26,7
900	892,2 ... 894,6	899,3 ... 901,7	908,8	25,5 oder 32,5	26,7 bzw. 34
1200	1197,0 ... 1199,4	1204,1 ... 1206,5	1213,6	25,5 oder 32,5	26,7 bzw. 34
1500	1497,6 ... 1500,0	1504,7 ... 1507,1	1514,2	25,5 oder 32,5	26,7 bzw. 34

Das Toshiba-Datenblatt enthält auch die Typen- und Bestellbezeichnungen der passenden externen Treiber. Die Treiber gibt es mit und ohne Anschlüssen zur Helligkeitsregelung. Leider sucht man im Internet danach vergeblich.

Aber die Vorteile dieser Röhren liegen auf der Hand:

- Hersteller von Lampen können die für Leuchtstoffröhren konzipierten mechanischen Lösungen neben den bekannten „Retrofit-Röhren mit LED-Starter“ auch ohne Änderungen für die neuen LED-Röhren mit höherer Leuchtkraft verwenden. Anstelle der Vorschalt-drossel kann der LED-Treiber eingebaut werden.
- Die Röhren mit externem Treiber lassen sich bei Verwendung der passenden steuerbaren Stromversorgungseinheiten in der Helligkeit regeln, was bei den üblichen Retrofit-Röhren in der Regel nicht möglich ist. Vereinzelt gibt es zwar E27- und E14-LED-Leuchtmittel, die mit speziellen Phasenabschnitt-Helligkeitsreglern gesteuert werden können, bei LED-Röhren sind sie mir noch nicht begegnet.
- Passende 350-mA-Treiber zum Einbau in die konventionellen Gehäuse gibt es von mehreren Herstellern mit unterschiedlichen Leistungen „von der Stange“.

Aus der Tatsache, dass im Internet kaum Lösungen mit diesen neuen Sockeln angeboten werden und die Halter nur zu hohen Preisen und nicht als Einzelstücke erhältlich sind, lässt sich ablesen, dass diese LED-Röhren für den breiten Einsatz in privaten Haushalten uninteressant sind. Bei industriellen Beleuchtungen in Hallen, Büros und Veranstaltungsräumen sieht das natürlich anders aus.

## 7. Treiber kaufen oder mit „Bordmitteln“ selbst realisieren?



Aus den Daten des Typenschildes lässt sich entnehmen, dass der Treiber einen Gleichstrom von 350 mA liefern soll und die Leistungsaufnahme 36 W beträgt. Daraus kann vorhergesagt werden, dass sich die Spannung auf rund 103 Volt einstellen wird.

Die Preise der auf dem Markt erhältliche Vorschaltgeräte für LED-Beleuchtungen übersteigen allerdings die Ersparnis beim Kauf meiner Röhre um ein Vielfaches, wie das ansonsten genau passende Beispiel von Völkner zeigt.

**Mean Well PLM-40-350 LED-Treiber Konstantstrom 36W, 0.35A, 53-105 V/DC, Möbelzulassung, Überlastschutz**



**15,91 €**  
 + 5,95 € Versand

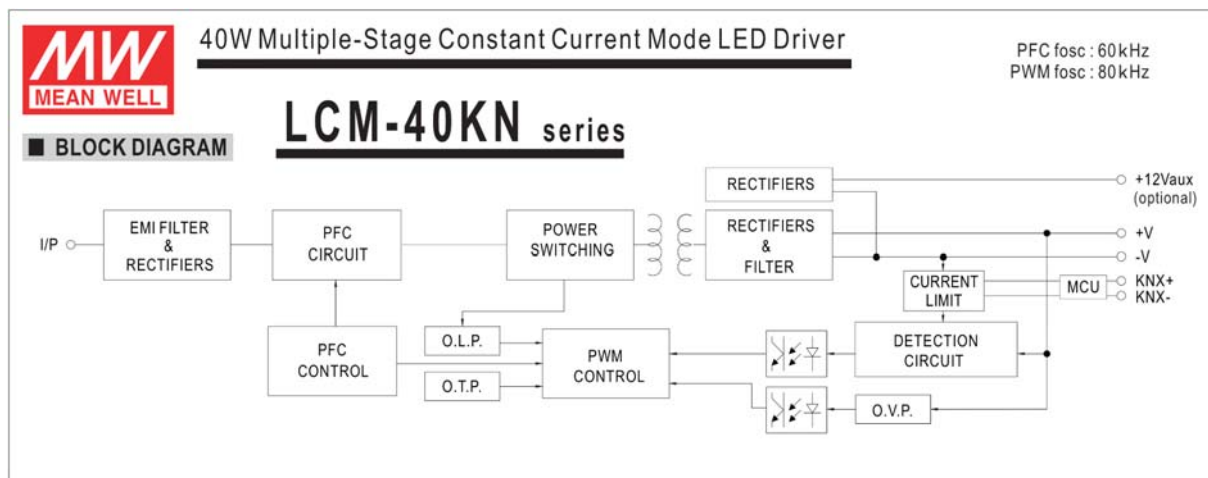
1 Stück - +

In den Warenkorb

((Passender Treiber von Mean Well für 18 bis 36 W))

Bei dem Preis ist es verständlich, dass ich mich ohne Umschweife an eine Selbstbaulösung machte. Ich merkte aber bald, dass das keine triviale Aufgabe ist.

Das Hauptproblem ist, dass die Stromaufnahme „ziemlich“ sinusförmig sein muss, sobald die Leitung höher als 25 Watt ist und dazu braucht man spezielle ICs, die man auf Anhieb nicht findet.



Betrachtet man das Blockschaubild der von Mean Well angebotenen LED-Treiber erahnt man, dass vor dem Selbstbau hohe Hürden zu überwinden sind.

Aber: ich hatte Glück, denn alles was ich brauchte, fand sich als Ergebnis meiner Untersuchung zum Störpotential von Retrofit LED-Leuchtmitteln. Und zwar wo? Als „Abfall“ in meiner Bastelkiste!

Bei der damals vorgestellten 10-Watt-LED-Birne mit E27-Sockel war eine EMV-Drossel für den frühzeitigen Ausfall verantwortlich. Inzwischen sind bei mir etliche Exemplare dieser „LED-Birne“ nach rund 2000 Betriebsstunden ausgefallen. Glücklicherweise hatte ich sie aber noch nicht entsorgt, weil ich noch „brauchbare Teile“ entnehmen wollte, bevor der Rest beim Wertstoffhof landet. Die nähere Untersuchung ergab, dass bei diesen Exemplaren nie die Drossel, sondern immer ein oder mehrere der LED-Chips abgebrannt waren. Sie müssen schließlich jede einzelne 0,83 W aufnehmen und die Kühlfläche ist ziemlich klein!





((Bild: LED-Scheiben mit defekten LEDs))

Wie man sieht, reicht eine einzelne LED zum Ausfall der ganzen Lampe. Manchmal sind es auch zwei und gelegentlich ist auch eine ganze Gruppe von LEDs total verschmort. Das kündigt sich meist durch Flackern an und endet im Totalausfall.

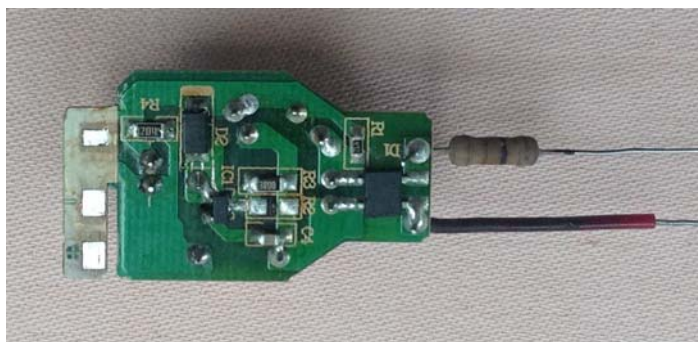
Aber die gute Nachricht war:

Alle Schaltungen waren heil und hatten die Belastungen beim Abbrennen der LEDs und auch den späteren Leerlauf des Wandlers mit 200 k $\Omega$  Lastwiderstand unbeschadet überstanden!

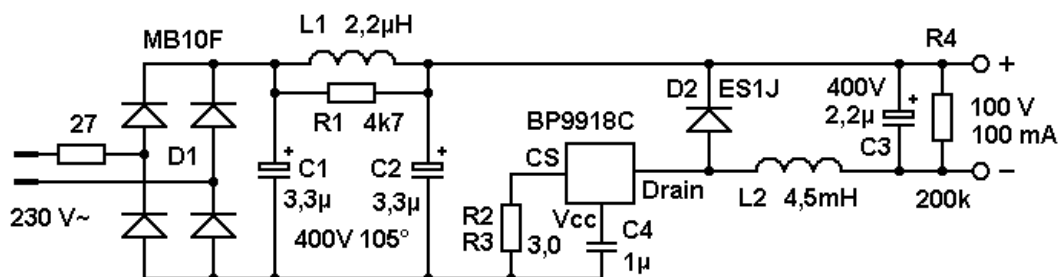


Man erkennt auf den Fotos den Sicherheitswiderstand von 27 Ohm, den Brückengleichrichter, die drei Elkos und die EMV-Drossel sowie die Ladeinduktivität des Wandlers. Die winzigen SMD-Bauteile nehmen sich dagegen fast unbedeutend aus.

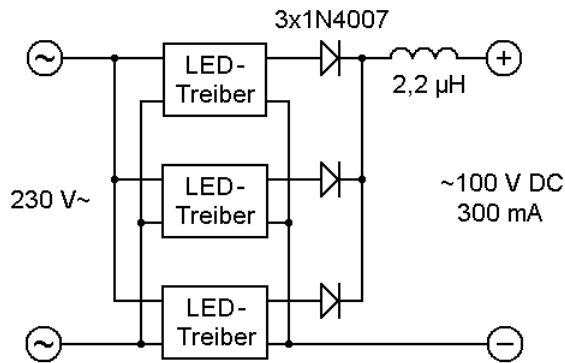
((Bilder links: Treiber von Bauteil- und Leiterseite))



((Bild unten: 10-W-LED-E27 Schaltbild der Treiberschaltung))



Aus Sicherheitsgründen wollte ich an der Originalschaltung nichts ändern und habe daher „einfach“ drei Exemplare parallelgeschaltet, wobei die Ausgänge über je eine Diode 1N4007 entkoppelt sind. Damit wird der Ausfall einer Schaltung (hoffentlich) nur zu einer Helligkeitsreduktion führen und die intakten Schaltungen können durch die defekte nicht belastet werden.



(Bild: Schaltung der drei Treiber parallel)

Die in Serie zur Gesamtschaltung liegende Induktivität von  $2,2 \mu\text{H}$  stellt für Spannungen mit hoher Frequenz, die sich an den kleinen Serieninduktivitäten der Elkos C3 ausbilden können, einen hohen Widerstand dar, so dass es kaum zu einer Abstrahlung an den langen LED-Ketten kommen kann.

Diese Idee mit dem Serien-L stammt aus einer Osram-LED-Röhre, die ich auch in meinem Vortrag zum Störpotential von LED-Leuchtmitteln vorgestellt habe.

Dass man die drei Schaltungen „einfach so“ parallel schalten kann, überrascht sicher zunächst. Denn bei 12-Volt-Stromversorgungen geht das bekanntlich nicht, weil dort ja der Innenwiderstand klein ist. Hier kommt uns entgegen, dass die LED-Treiber genau genommen „Strom“-Quellen mit hohem Innenwiderstand sind.

Mit jetzt 300 mA Betriebsstrom ist die Röhre nur geringfügig dunkler und die Spannung liegt bei 101 Volt. Das passt perfekt zu der früheren Betriebsart der drei Treiberschaltungen und ergibt eine Leistungsaufnahme von insgesamt 30,3 Watt.

## 8. Die umgebaute Leuchtstoffröhren-Lampe

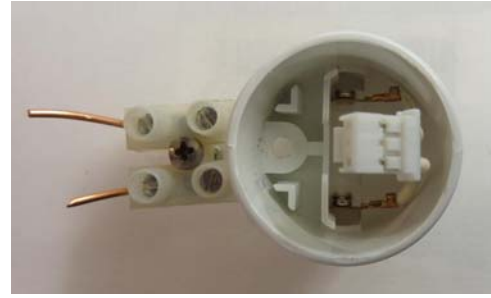


((Foto der umgebauten Lampe))

Bei meiner ehemaligen Leuchtstoffröhrenlampe habe ich auf der Erdungsseite den alten Sockel gelassen und den Anschluss auf der Stromversorgungsseite durch eine angeschraubte Lüsterklemme ersetzt.

Kontaktiert wird über zwei kurze dicke Drähte und zwei Einzelklemmen ohne Gehäuse (hier verdeckt).

Trotz zwischengelegter Isolierscheibe ist das nicht ganz VDE-gerecht, aber da Teile des Lampengehäuses entweder schutzgeerdet sind oder komplett aus Kunststoff bestehen, ist im geschlossenen Zustand der Lampe der Berührungsschutz zuverlässig gegeben.



Die ursprüngliche Vorschaltrossel der Leuchtstoffröhre bleibt im Stromkreis und hilft Oberwellen zu reduzieren. Bei der kritischen 3. Harmonischen sind das immerhin 3 dB. Damit wird zwar der für Leuchten mit >25 W erforderliche Wert von <30 % bezogen auf die Grundwelle nicht ganz erreicht. Allerdings ist es besser als es beim gleichzeitigen Betrieb der drei ursprünglichen E27-LED-Birnen ohne die verbessernde Wirkung der Vorschaltrossel gewesen ist.

Die drei Treiberschaltungen wurden auf einer Lötösenleiste montiert und verdrahtet. Aus Platzgründen habe ich den alten Kontaktierungsteil zur LED-Scheibe abgetrennt und von den Lötstellen des Elkos C3 (+) bzw. der Drossel Tr1 (-) aus verdrahtet. Auch diese Baugruppe sollte natürlich noch eine VDE-gerechte Umhüllung erhalten.

### **Sicherheitshinweis**

Diese Lösung ist nicht zum Nachbau geeignet. Wer es dennoch tut, macht es auf eigene Verantwortung und Gefahr.

Hartwig Harm DH2MIC – 27.10.2019

### **Literatur**

Mein Wissen stammt fast ausschließlich aus Unterlagen von Toshiba, Mean Well und folgenden IEC / DIN EN Normen:

IEC 62931 Prüfbedingungen für GX16t-5-gesockelte röhrenförmige LED-Leuchten

IEC 60838-2-3 Abmessungen des GX16t-5-Prüfsockels für die Lampenfassung

IEC 61347-2-13 Vorschaltgeräte für GX16t-5-gesockelte Lampen

Das Sockelblatt Nr. 7004-183 des GX16t-5 Lampensockels ist in IEC 60061-1 enthalten.