

Nr. 17 / 2014

# REPORT



**Untersuchungen zu störender Verzerrungs-  
Blindleistung (Oberschwingungs-Blindleistung)  
im Zusammenhang mit Leuchtstoffröhren und  
LED-Röhren**



## INHALTSVERZEICHNIS:

<b>1. Was versteht man unter Verzerrungsblindleistung (Oberschwingungsblindleistung) im Zusammenhang mit Leuchtstoff- und LED-Röhren?</b>	<b>S.3</b>
1.1. Die sinusförmige Netzspannung	S.4
<b>2. Messtechnische Untersuchungen</b>	<b>S.4</b>
2.1. Leuchtstoffröhren mit KVG (konventionelles Vorschaltgerät)	S.4
2.2. LED-Röhre ersetzt Leuchtstoffröhre mit KVG	S.5
2.3. Leuchtstoffröhre mit EVG (elektronisches Vorschaltgerät)	S.6
2.4. Ersatz einer Leuchtstoffröhre mit EVG durch eine LED-Röhre inkl. der notwendigen Umverdrahtung	S.7
<b>3. Fazit und Kurzvergleich: Anteil der Oberschwingungen bzw. der Verzerrungsblindleistung</b>	<b>S.7</b>

## Vorwort

Seitdem im größeren Maßstab die konventionellen Leuchtstoffröhren gegen LED-Röhren ersetzt werden, stellen sich immer häufiger Fragen hinsichtlich der Verzerrungsblindleistung von LED-Röhren im Vergleich zu Leuchtstoffröhren. Diesen Fragen soll im folgenden kurzen Untersuchungsbericht nachgegangen werden.

## 1. Was versteht man unter Verzerrungsblindleistung im Zusammenhang mit Leuchtstoff- und LED-Röhren?

Die elektrische Spannung im europäischen Stromnetz ist sinusförmig. Grundsätzlich ist man bemüht, das Stromnetz möglichst frei von Blindleistung zu halten. Da dies nicht zu 100 % funktioniert, wird versucht die störende Blindleistung zu minimieren.

Eine spezielle Form der Blindleistung bildet die Verzerrungsblindleistung, auch Oberschwingungsblindleistung genannt.

Diese tritt im Stromnetz auf, wenn durch elektrische/elektronische Verbraucher (oder auch durch Stromerzeuger) Stromformen erzeugt werden, welche von der reinen Strom-Sinusform abweichen. Diese Stromformen können z. B. impulsförmig, sägezahnförmig oder rechteckig sein. Prinzipiell gibt es unendliche viele Varianten von nicht sinusförmigen Stromformen. Alle diese nicht-sinusförmigen Stromformen erzeugen im Stromnetz störende Oberschwingungen. Diese Oberschwingungen erzeugen die Oberschwingungsblindleistung (auch Verzerrungsblindleistung genannt) und können benachbarte elektrische Verbraucher und Anlagen in ihrer Funktionalität bzw. Betriebssicherheit negativ beeinflussen/stören.

Es können Fehlfunktionen von Maschinen und Geräten auftreten, bis hin zu deren Zerstörung, z. B. durch unzulässige Überhitzung, verursacht durch zu hohe Blindleistung.

Daher lässt jedes Energieversorgungsunternehmen (EVU) in seinem Stromnetz nur ein bestimmtes Maß an Verzerrungsblindleistung zu.

Oberschwingungen werden auch als „Harmonische“ bezeichnet (obwohl sie gerade das Gegenteil von „Harmonie“ im Stromnetz erzeugen). Der Begriff kommt daher, dass die Frequenzen dieser „Harmonischen“ immer ein ganzzahliges Vielfaches der Frequenz der idealen Sinus-Grundschwingung von 50 Hz sind.

Daher gilt:

- Grundschwingung (1. Harmonische): **50 Hz**
- 2. Oberschwingung (2. Harmonische): **100 Hz**
- 3. Oberschwingung (3. Harmonische): **150 Hz**
- 4. Oberschwingung (4. Harmonische): **200 Hz**
- 5. Oberschwingung (5. Harmonische): **250 Hz**
- etc.

Die problematischen Oberwellen, also diejenigen, welche den größten Anteil an der unerwünschten Verzerrungsblindleistung haben, sind die sog. Ungeradzahliigen mit den Frequenzen 150 Hz, 250 Hz, 350 Hz, etc.

Einige Beispiele, wie sich diese störenden Oberschwingungen auswirken können:

- Als störende Ausgleichsströme auf Datenleitungen (vagabundierende Ströme)
- Als Störung der Drehzahl von Elektromotoren, die dann „unrund“ laufen und zu heiß werden
- An metallischen Kontakten und Teilen können Korrosionsschäden auftreten. Neutralleiter werden überlastet und können durchbrennen.
- etc.

Darum sind die Energieversorger stets bemüht, solche Störungen in ihren Netzen zu minimieren. Betriebe, welche eine größere Anzahl von elektrischen/elektronischen Verbrauchern betreiben, sind verpflichtet entsprechende Gegenmaßnahmen (z. B. in Form von Filter- oder Kompensations-Systemen) zu ergreifen. Am besten ist es, wenn bereits bei der Auswahl der elektrischen Verbraucher darauf geachtet wird, dass diese möglichst wenig Verzerrungsblindleistung erzeugen.

Ein Maß für die Verzerrungsblindleistung, welche von einem elektrischen/elektronischen Gerät erzeugt wird, ist der sog. Leistungsfaktor (power factor). Er liegt im Bereich zwischen 0 und 1. Ein Gerät, welches keinerlei Verzerrungsblindleistung im Stromnetz erzeugt, besitzt den Leistungsfaktor 1. Die meisten Energieversorgungsunternehmen lassen in ihrem Stromnetz nur Leistungsfaktoren im Bereich von 0,9 bis 1 zu. Bei Unterschreitung des Leistungsfaktorwertes von 0,9 verlangen die Energieversorgungsunternehmen gesonderte Gebühren für die zu hohe Blindleistung.

Dies betrifft jedoch nur Abnehmer von größeren Strommengen, z. B. Gewerbebetriebe. Privathaushalte sind in der Regel davon nicht betroffen. Zu hohe Blindleistung kann z. B. durch eine Kompensationsanlage vermindert werden. Dies erfordert jedoch zusätzliche Investitionen. Besser ist es, bereits bei der Anschaffung elektrischer/elektronischer Geräte darauf zu achten, dass diese

einen möglichst hohen Leistungsfaktor besitzen, also wenig Blindleistung erzeugen.

Im Beleuchtungsbereich tritt besonders bei Leuchtstoff-Systemen mit den zugehörigen Vorschaltgeräten (KVG, EVG, etc.) Verzerrungsblindleistung auf, verursacht durch Oberschwingungen.

### Grundsätzlich gilt dabei:

Je mehr Oberschwingungen ein Vorschaltgerät erzeugt, desto größer ist die Verzerrungsblindleistung

### Oder im Umkehrschluss:

Das beste Beleuchtungssystem ist dasjenige, welches die wenigsten Oberschwingungen (die wenigste Verzerrungsblindleistung) erzeugt.

Die Untersuchungen und Messungen an Leuchtstoff- und LED-Röhren-Systemen erbrachten folgende Ergebnisse:

#### 1.1. Die sinusförmige Netzspannung:

Die Spannungsform im öffentlichen Stromnetz ist stets sinusförmig mit einer Frequenz von 50 Hz. Im Idealfall hat auch der Strom, welcher von einem elektrischen/elektronischen Gerät aus dem Stromnetz gezogen wird, einen sinusförmigen Verlauf. Das ist jedoch nur sehr selten der Fall. Die meisten Geräte entnehmen dem Stromnetz nicht-sinusförmige Ströme.

## 2. Messtechnische Untersuchungen

### 2.1. Leuchtstoffröhre mit KVG (konventionelles Vorschaltgerät)

In Abb. 2 ist der Stromlaufplan einer 58 W-Leuchtstoffröhre mit KVG bzw. VVG zu sehen:

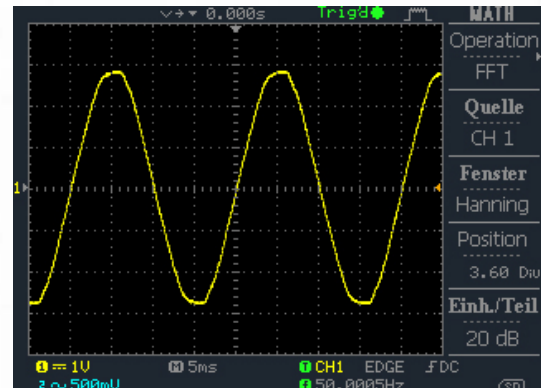


Abb. 1: zeigt die sinusförmige Netzspannung zwischen L und N aufgezeichnet mit einem Digitaloszilloskop, Tastverhältnis 100 : 1 Spitze - Spitze - Wert: ca. 600 V, Effektivwert: ca. 230 V, Frequenz: 50 Hz

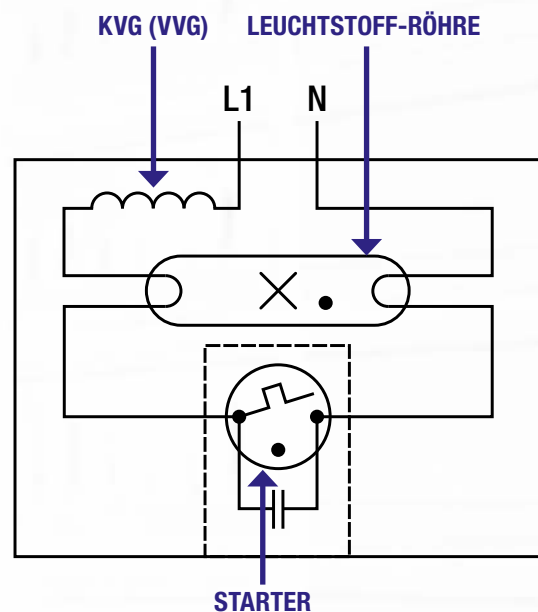


Abb. 2: Stromlaufplan: Leuchtstofflampe mit KVG (bzw. VVG)



Abb. 3: Leuchtstoffröhren-Gehäuse mit konventionellem Vorschaltgerät (KVG)

In Abb. 4 ist (gemessen über einen Shunt) der Stromverlauf einer 58 W-Leuchtstoffröhre mit KVG dargestellt (gelbe Kurve, obere Bildhälfte). Die Form des Stromes weicht deutlich von der idealen Sinusform ab.

In der unteren Bildhälfte (violette Kurve) sind die Harmonischen dargestellt. Gut zu erkennen sind, von links:

- Grundschiwingung 50 Hz
- 3. Oberschiwingung 150 Hz
- 5. Oberschiwingung 250 Hz
- 7. Oberschiwingung 350 Hz
- weitere Oberschiwingungen sind nur noch ansatzweise zu erkennen.

Der gemessene Leistungsfaktor beträgt dabei 0,46.

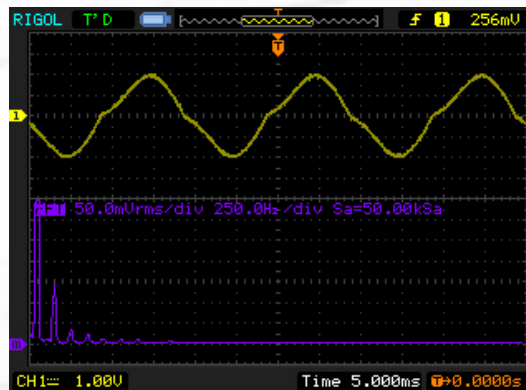


Abb. 4: Stromform und Harmonische einer 58 W-Leuchtstoffröhre mit KVG

## 2.2. LED-Röhre ersetzt Leuchtstoffröhre mit KVG

Die 58 W-Leuchtstoffröhre wird nun durch eine 22 W-LED-Röhre ersetzt und der Starter der Leuchtstoffröhre durch einen LED-Starter (sog. LED-Starter-Brücke). Das KVG befindet sich noch im Stromkreis. Hierbei handelt es sich um das sog. Retrofit-Verfahren.

Abb.5 zeigt (gemessen über einen Shunt) den Stromverlauf der 22 W-LED-Röhre mit KVG (gelbe Kurve). Die Form des Stromes weicht ebenfalls von der idealen Sinusform ab.

Die violette Kurve stellt ebenfalls die Harmonischen dar. Gut zu erkennen sind, von links:

- Grundschiwingung 50 Hz
- 3. Oberschiwingung 150 Hz
- 5. Oberschiwingung 250 Hz
- 7. Oberschiwingung 350 Hz

Allerdings fällt im Gegensatz zu Abb. 4 auf, dass

- die 3. Harmonische sehr viel kleiner ist als in Abb. 4
- weitere Oberschiwingungen nicht zu erkennen sind.

Daher ist der gemessene Leistungsfaktor auch wesentlich besser und beträgt 0,96.

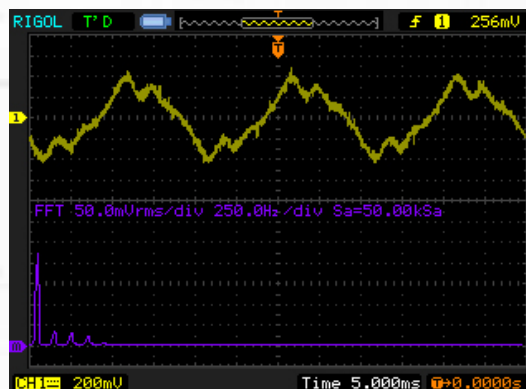


Abb. 5: Stromform und Harmonische im Retrofit-System mit LED-Röhre und noch im Stromkreis vorhandenem KVG.

## 2.3. Leuchtstoffröhre mit EVG (elektronisches Vorschaltgerät)

Um ein Gefühl dafür zu bekommen, wie hell eine LED-Röhre im Vergleich zu einer Leuchtstoffröhre ist, wird die Einheit „Lumen“ verwendet. Diese Einheit „Lumen“ (Abkürzung: lm) gibt die Stärke des so genannten Lichtstromes an, der von einer Lichtquelle in den Raum abgestrahlt wird.

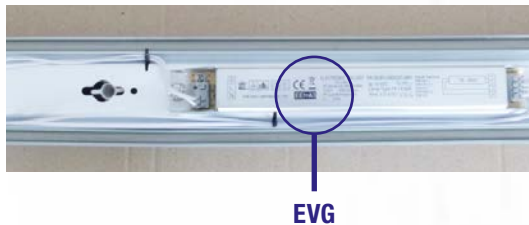


Abb. 6: Leuchtstoffröhren-Gehäuse mit elektronischem Vorschaltgerät (EVG)

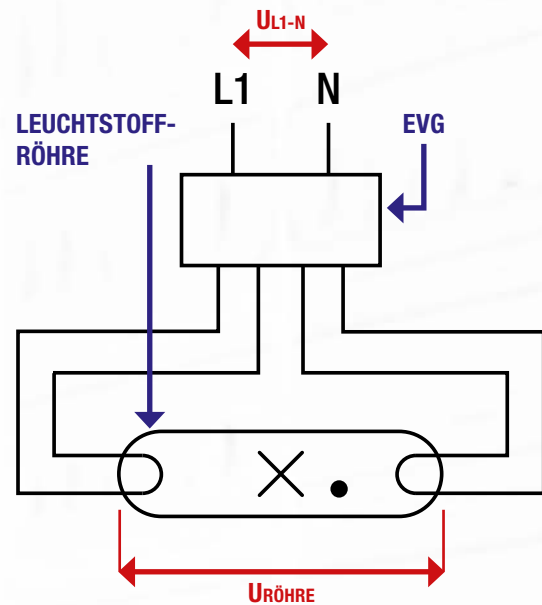


Abb. 7: Stromlaufplan: Leuchtstofflampe mit EVG

Abb.8 zeigt (ebenfalls gemessen über einen Shunt) den Stromverlauf der Leuchtstoffröhre mit EVG (gelbe Kurve). Die Form des Stromes weicht ebenfalls von der idealen Sinusform ab.

Auch hier stellt die violette Kurve ebenfalls die Harmonischen dar. Zu erkennen sind, von links:

- Grundschiwingung 50 Hz
- 3. Oberschiwingung 150 Hz
- 5. Oberschiwingung 250 Hz
- 7. Oberschiwingung 350 Hz
- ansatzweise weitere Oberschiwingungen

Hierbei fällt bei den Harmonischen auf, dass diese sich in den Abb. 5 und Abb. 8 sehr ähneln.

Daher liegt der gemessene Leistungsfaktor auch sehr nahe an dem des Retrofit-Systems (Abb. 5) und beträgt 0,95.

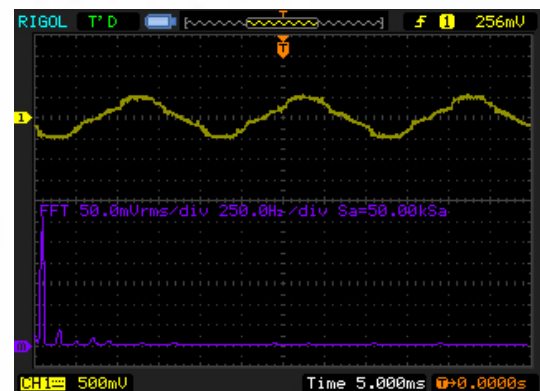


Abb. 8: Stromform und Harmonische einer Leuchtstoffröhre mit EVG.

#### 2.4. Ersatz einer Leuchtstoffröhre mit EVG durch eine LED-Röhre inkl. der notwendigen Umverdrahtung:

Bei Umrüstung einer Lampe mit Leuchtstoffröhre und EVG auf LED-Röhre ist – im Gegensatz zum Retrofit-System (siehe Punkt: 2.2) – eine komplette Umverdrahtung der Lampe nötig. Dabei wird das EVG völlig außer Betrieb gesetzt. Die LED-Röhre wird direkt an der Netzspannung (230 V) betrieben.

Abb.9 zeigt (gemessen über einen Shunt) den Stromverlauf der 22 W-LED-Röhre, welche nun direkt an 230 V liegt (gelbe Kurve). Die Form des Stromes weicht ebenfalls von der idealen Sinusform ab.

Die violette Kurve stellt auch hier die Harmonischen dar. Gut zu erkennen sind, von links:

- Grundschiwingung 50 Hz
- 3. Oberschiwingung 150 Hz
- 5. Oberschiwingung 250 Hz
- weitere Oberschiwingungen sind nicht zu erkennen.

Von allen bisher untersuchten Varianten zeigt diese Version das günstigste Oberwellen- und Verzerrungsblindleistungs-Verhalten.

Daraus ergibt sich der beste gemessene Leistungsfaktor von 0,98.

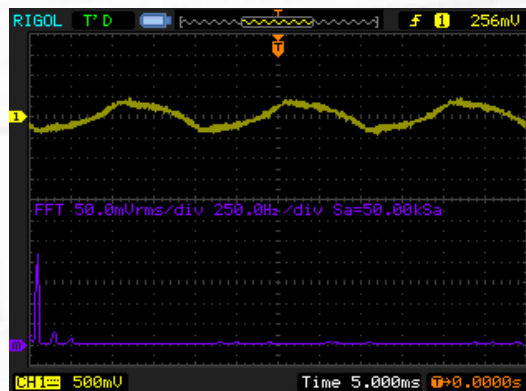


Abb. 9: Stromform und Harmonische einer LED-Röhre (Fabrikat: ANTARIS LICHT) direkt an 230 V.

### 3. Kurzvergleich: Anteil der Netzstörungen / Oberschwingungen:

Im Folgenden sind alle untersuchten 4 Fälle nochmals kurz zusammengefasst:

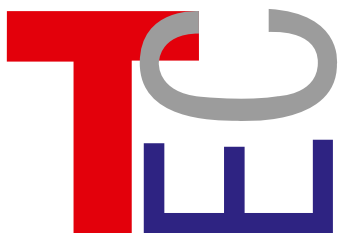
Sehr deutliche Verzerrungsblindleistung/Oberschwingungen werden von Leuchtstoffröhren mit KVGs erzeugt. Daher ist es üblich, dass (z. B. in größeren Industriebetrieben mit einer Vielzahl solcher Beleuchtungssysteme) Kompensationsanlagen für die Verzerrungsblindleistung eingerichtet werden müssen.

Bei Umrüstung auf bzw. Einsatz von LED-Röhren zeigt sich, dass es keinen nennenswerten Unterschied macht, ob das KVG bei den Retrofit-Systemen im Stromkreis der LED-Röhre verbleibt oder herausgenommen wird.

Leuchtstoffröhren mit EVGs erzeugen im Prinzip zwar nicht mehr Verzerrungsblindleistung/Oberschwingungen als die LED-Varianten, jedoch liegt der Stromverbrauch bei den Leuchtstoff-Varianten zwischen 50 % bis 70 % über dem Stromverbrauch der LED-Varianten.

#### 4. Verwendetes Equipment:

Leuchtmittel	Vorschaltgerät	Leistungsfaktor
Leuchtstoffröhre	KVG	0,46
Leuchtstoffröhre	EVG	0,95
LED-Röhre (Fabrikat: ANTARIS LICHT)	KVG (Retrofit-System)	0,96
LED-Röhre (Fabrikat: ANTARIS LICHT)	ohne	0,98



#### TEC-Institut für Technische Innovationen GmbH & Co. KG

Am Heerbach 5  
63857 Waldaschaff  
Tel.: +49 (0) 6095 950-161  
Fax: +49 (0) 6095 950-170  
Email: [info@tec-institut.de](mailto:info@tec-institut.de)  
Internet: [www.tec-institut.de](http://www.tec-institut.de)