



Messung von Netzver- schmutzung.

Test von modernen LED-Leuchtmitteln
entsprechend den IEC-Regularien.



Wodurch entsteht Netzverschmutzung?

Verdeutlichung anhand einer Messung.

Bei diesem Beispiel steigt der Stromverbrauch bei einer Spannung von ca. 2,5 V exponentiell an. Die Betriebsspannung beträgt ca. 3,5 V. Unabhängig davon, ob man einzelne LED-Chips in Reihe schaltet, um auf höhere Spannungen zu kommen, oder ob man Gruppen von in Serie geschalteten LEDs parallel anordnet, zeigt sich eines gemeinsam: Die Leuchtmittel benötigen eine Ansteuerschaltung, die folgende Funktionen erfüllen muss: Strombegrenzung, Spannungsreduktion und Gleichrichtung der Netzspannung. Für eine Parallelschaltung von Gruppen von in Serie geschalteten LEDs muss zusätzlich eine „Balancer-Schaltung“ eingefügt werden, um eine gleichmäßige Helligkeit der LED-Gruppen zu gewährleisten.

Die Ansteuerungen und die Nichtlinearität der LEDs führt dazu, dass das Versorgungsnetz mit unterschiedlichen parasitären Rückkopplungen beaufschlagt wird, die das Netz beeinflussen und „verschmutzen“. Typischerweise sind dies Stromharmonische, die in Verbindung mit der frequenzabhängigen Leitungsimpedanz durch entsprechende Oberwellen zur Verschmutzung der Netzspannung führen

Moderne LED-Leuchten sind heute gängig und werden in Bürogebäuden, Industriehallen und im Konsumerbereich eingesetzt. Aus der Vielzahl der verwendeten Leuchtmittel ergibt sich für die Netzversorgung ein potenzielles Problem: die Netzverschmutzung.

Kennlinie einer weißen LED

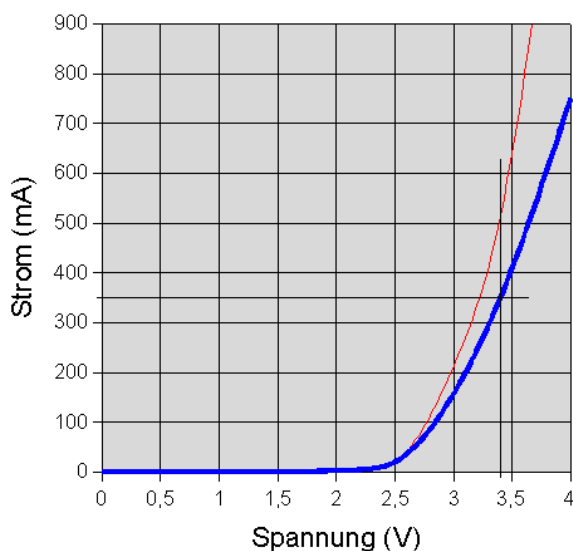


Bild 1: Eine einzelne LED-Diode ist ein nichtlineares, stromgesteuertes Element. Ihre Strom-Spannungskennlinie sehen Sie hier.

und entsprechende Störungen bei anderen Verbrauchern hervorrufen können.

Entscheidend ist nun die Frage: Wie kann die Netzverschmutzung durch eine LED-Lampe gemessen werden?

Messanordnung

Benötigt wird eine reine, sinusförmige Netzspannung konstanter Frequenz und Amplitude, ohne jegliche Störungen. Die Messung einer LED-Lampe direkt am Netz führt nicht zum Ergebnis, da das Netz Störungen aufweist, die das Messergebnis beeinflussen.

Man benötigt daher eine AC/AC-Quelle als Vorschaltgerät, bei der die Netzseite (Eingang) von der Ausgangsseite getrennt ist. Die ausgangsseitige Sinusspannung muss einen reinen Sinusverlauf aufweisen, d. h. sie darf keine Oberwellen und Spikes (Spannungsspitzen/-nadeln) enthalten. Moderne Messgeräte bieten sowohl eine sehr gute Spannungsquelle, z. B. für 230 V, als auch ein normengerechtes Messsystem, mit dem Netzverzerrungen gemessen, dargestellt und dokumentiert werden können. So sind z. B. die AC-Quellen 615xx von Chroma mit Ausgangsleistungen von 500 VA bis 18 kVA, einer Ausgangsspannung von 0 bis 300 V und einem Frequenzbereich von 15 Hz bis maximal 2 kHz verfügbar. Ein optionaler Netzspannungswandler (A615003) erweitert die Ausgangsspannung auf bis zu 600 V.

Die Software-Option A615007 ermöglicht eine effiziente Programmierung bzw. Steuerung der Geräteausgangsspannung mit allen bekannten Netzstörungen, die auf einen Prüfling einwirken können. Zudem können durch eine integrierte 16 Bit-Messschaltung die tatsächliche Effektivwertspannung, Strom, Wirkleistung, Scheinleistung, Blindleistung, Leistungsfaktor, Chrestfaktor und Einschaltstrom gemessen werden. Für die Untersuchung der Netzverschmutzung, die der Prüfling ins Netz abgibt, lässt sich der THD-Wert (Total Harmonic Distortion) bis zur 40-ten Ordnung ermitteln. Über die integrierte FFT (Fast Fourier Transformation) ist das Frequenzspektrum der Störanteile darstellbar.

Exemplarischer Messaufbau

Über einen exemplarischen Messaufbau sollen hier einige Messergebnisse dargestellt werden. Das Setup der verwendeten Messgeräte berücksichtigt typische, im Labor verfügbare Geräte. So besteht in diesem Fall das Messsystem aus einer Leistungsquelle (Chroma 61601) mit einem oberwellenfreien 50 Hz-Sinusaussgang und einer bis 300 V variabel einstellbaren AC-Ausgangsspannung, an die eine 230 V-LED angeschlossen ist.

Der von der LED aufgenommene Strom wird durch eine bandbegrenzte Stromzange aufgenommen (Modell TA189 mit 100 kHz; entspricht der 2000sten Oberwelle der 50 Hz-Grundschiwingung). Zur Messergebnis-Darstellung wird ein Tektronix-Oszilloskop verwendet, mit dem auch das Spektrum des Signals dargestellt werden kann. Bild 2 zeigt den prinzipiellen Aufbau.

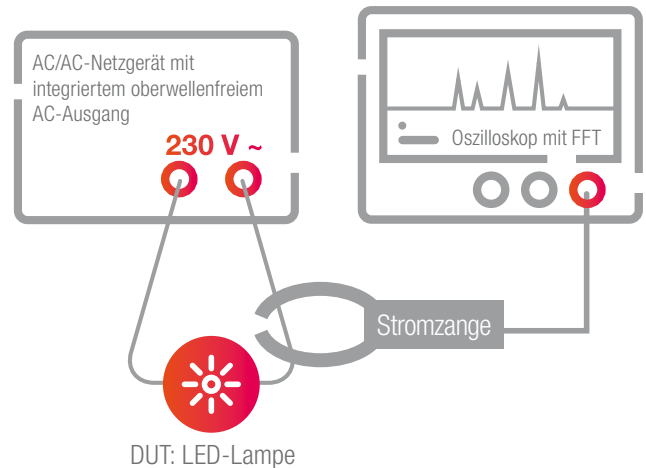


Bild 2: Prinzipieller Messaufbau mit Stromzange

Hinweis: Dieser Testaufbau wurde mit momentan verfügbarem Messequipment durchgeführt. Für einen sorgfältigen Aufbau müssen, entsprechend der jeweiligen Testanforderung, die optimalen Messgeräte zusammengestellt werden.

Präzise Methodik

Für eine noch präzisere Methodik sind entsprechende Netzgeräte und Leistungsanalytoren (Power Meter) bei dataTec verfügbar, u. a.:

- > [Chroma 61501](#) mit der Software A615007 ermöglicht die direkte Darstellung des Spektrums und damit die Beeinflussung des Netzes durch die LED. Der Umweg zur Strommessung über eine Stromzange entfällt dadurch.
- > [Rohde & Schwarz HMC8015](#) ermöglicht grafische Darstellung der Harmonischen-Analyse bis zur 50. Oberwelle im logarithmischen Maßstab und die frei konfigurierbare zweikanalige Trendchart-Funktion von zum Beispiel U, I, P, S, Q oder F.
- > [Das Power Meter GPM-8310](#) von GW Instek erfüllt die Norm IEC 61000-4-7 zur Messung von Oberschwingungen und Zwischenharmonischen (50 / 60 Hz) bis zur 50sten Harmonischen.

Tipp:

Für Ihre Messaufgaben und die entsprechenden Anforderungen stehen Ihnen unsere Vertriebsmitarbeiter im Innen- und Außendienst als Ansprechpartner zur Verfügung.

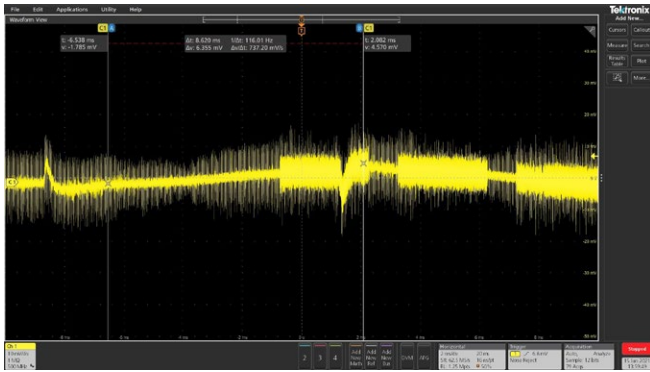


Bild 3: Zeitdarstellung des Stromverlaufs einer LED mit 400 Lumen.

Messergebnisse

In Bild 3 erkennt man im Stromverlauf die positive und negative Halbwelle mit entsprechender positiver oder negativer Spitze beim jeweiligen Nachladen der Kondensatoren. Auffällig ist das erhöhte „Rauschen“ bei der negativen Spitze, was zu Störungen im Netz führen kann. Die Kurve entspricht dem typischen Verlauf eines sogenannten „Lückenbetriebs“.

Bild 4 macht deutlich, wie das Stromspektrum der LED aussieht und wie der Stromverlauf die Netzqualität beeinflusst. Die „Badewannen“ in den einzelnen Frequenzbereichen sind auf Filter zurückzuführen, die zur Einhaltung der EMV-Normen integriert sind, um z. B. hoheitliche Kommunikationsdienste zu schützen. Dies bedeutet nicht, dass diese Störungen evtl. Consumer-Produkte stören können.

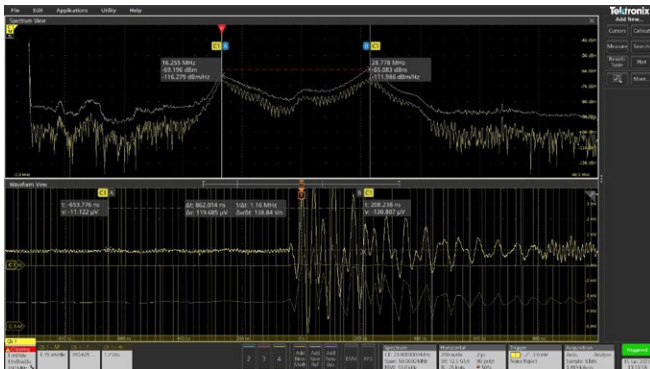


Bild 4: Spektrum des LED-Stroms, unten: Stromverlauf in der Zeitdarstellung.
Unten: Stromverlauf in der Zeitdarstellung.

Bild 5 zeigt die Stromaufnahme einer LED aus deutscher Produktion. Es ist sofort ersichtlich, dass die Störanteile für das Versorgungsnetz deutlich geringer ausfallen. Für die neue Ökodesign-Verordnung (EU) 2019/2020, die ab 1. September 2021 gelten soll, empfiehlt sich der Literaturhinweis (1) und (3).

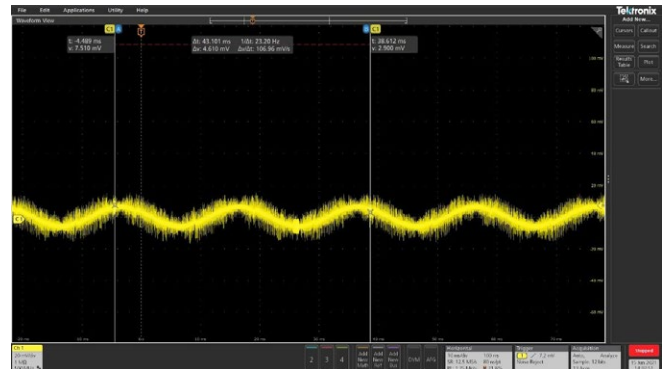


Bild 5: Zeitverlauf des Stromes einer LED mit 470 Lumen aus deutscher Produktion.

**Weiterführende Literatur und relevante Normen
finden Sie auf der nächsten Seite.**

Weiterführende Literatur:

[1] [Markt & Technik, Ausgabe 23/2021, S.26ff, Frank Stocker, Fa. Schukat Electronic, „Was ändert sich für LED-Netzteile? Neue ERP-Ökodesign-Richtlinie ab September \(2021\)“](#)

[2] Europäische Norm: EN61000-3-2: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) - Teil 3-2: Grenzwerte - Grenzwerte für Oberschwingungsströme

[3] [Ökodesign-Verordnung \(EU\) 2019/2020 für Lichtquellen und separate Betriebsgeräte](#)

[Die Verordnung \(Link vom 24.06.2021\)](#)

[4] [Gossen Metrawatt: Tipps zum Thema Netzqualität](#)

IEC 61000-4-27: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)
IEC 61000-4-28: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)
IEC 61000-4-29: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)
IEC 61000-4-30: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)
IEC 61000-4-31: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)
IEC 61000-4-34: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)
IEC 61000-6-2: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)
IEC 61000-6-4: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)
IEC 61000-6-5: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)
IEC 61010-1: Sicherheitsbestimmungen für elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte
IEC 61326: Elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte – EMV-Anforderungen
IEC 61340-3-1: Elektrostatik

Relevante Normen

(Die folgenden Listen erheben nicht den Anspruch auf Vollständigkeit)

EN 50160: Merkmale der Spannung in öffentlichen Elektrizitätsversorgungsnetzen
IEC 61000-4-30: Klasse A (Edition 3) Prüf- und Messverfahren – Verfahren zur Messung der Spannungsqualität
IEC 61000-4-7: Messmethoden für Oberschwingungen
IEC 61000-4-15: Flickermeter – Funktionsbeschreibung und Auslegungsspezifikation

Weitere Normen für den Test elektrischer Geräte:

IEC 61000-3-2: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)
IEC 61000-3-3: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)
IEC 61000-3-11: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)
IEC 61000-3-12: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)
IEC 61000-3-13: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)
IEC 61000-4-2: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)
IEC 61000-4-3: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)
IEC 61000-4-4: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)
IEC 61000-4-5: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)
IEC 61000-4-6: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)
IEC 61000-4-8: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)
IEC 61000-4-9: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)
IEC 61000-4-10: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)
IEC 61000-4-11: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)
IEC 61000-4-12: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)
IEC 61000-4-13: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)
IEC 61000-4-14: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)
IEC 61000-4-15: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)
IEC 61000-4-16: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)
IEC 61000-4-17: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)
IEC 61000-4-18: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)
IEC 61000-4-19: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)
IEC 61000-4-20: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)
IEC 61000-4-21: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)

The logo for dataTec, featuring the company name in a white, italicized sans-serif font on a red rectangular background.

dataTec

Mess- und Prüftechnik. Die Experten.

dataTec AG
Ferdinand-Lassalle-Str. 52
72770 Reutlingen

Telefon +497121 / 51 50 50
Telefax +497121 / 51 50 10
E-Mail info@datatec.eu

>>> www.datatec.eu