

Applikationsbericht

# Der N-Leiter & Harmonische Oberschwingungen

In Power Quality Messungen werden häufig ungeradzahlige harmonische Oberschwingungen wie die 15., 21. & 27. verletzt. Doch was sind Harmonische überhaupt, wie kommt dieser Umstand zustande und welchen Einfluss hat das auf den Neutralleiter. Dieser Beitrag beschäftigt sich mit diesen Fragen und soll Licht ins Dunkle führen.

von Jürgen Blum, Produktmanager Power Quality Mobil



## Definition von Harmonischen

Durch die steigende Anzahl an nichtlinearen Verbrauchern entstehen vermehrt Netzzrückwirkungen, die sich durch einen nichtsinusförmigen Strom charakterisieren lassen. Der TÜV SÜD definiert Harmonische wie folgt:

Oberschwingungen (Harmonische) sind ganzzahlige Vielfache der Netzfrequenz. Sie entstehen durch nichtlineare Lasten, wie Entladungslampen (z. B. Energiesparlampen), überlastete Transformatoren, Netzteile mit Spitzenwertgleichrichtern und durch den Einsatz von Stromrichterventilen, z. B. Gleichrichter, Frequenzumrichter, Steller, USV-Anlagen. Das Kennzeichen dieser Verbraucher und Betriebsmittel ist ein nichtsinusförmiger Strom bzw. ein periodisch ein- und ausgeschalteter Stromfluss. Generatoren, deren Wicklungstechnik die Entstehung von Oberschwingungsspannungen (Oberfelder) zulässt, verursachen bei entsprechender Anschaltung an das Netz ebenfalls Oberschwingungsströme. Diese nichtsinusförmigen Größen lassen sich durch geeignete

mathematische Verfahren (Fourieranalyse) auf sinusförmige Größen zurückführen. Sie enthalten zur Grundschwingung (in Europa: 50 Hz) noch ganzzahlige Vielfache, die vorgenannten Oberschwingungen. An den Netzimpedanzen oder an der Generatorimpedanz verursachen diese Oberschwingungsströme Spannungsfälle. Diese Spannungsfälle (Oberschwingungsspannungen) überlagern sich der Grundschwingung (50 Hz) und verzerren die Sinusform der Netzspannung. Als Folge daraus kann der störungsfreie Betrieb anderer Verbraucher (z. B. Motoren, Generatoren, Kondensatoren) beeinträchtigt werden.

Diese Oberschwingungen können durch Power Quality Messungen nachgewiesen werden. Abbildung 1 zeigt eine typische Power Quality Messung bei einem Kunden, bei dem der oben beschriebene Fall eingetreten ist. Auf den ersten Blick kann man bereits erkennen, dass es sich ausschließlich um ungeradzahlige und durch drei teilbare Harmonische handelt.

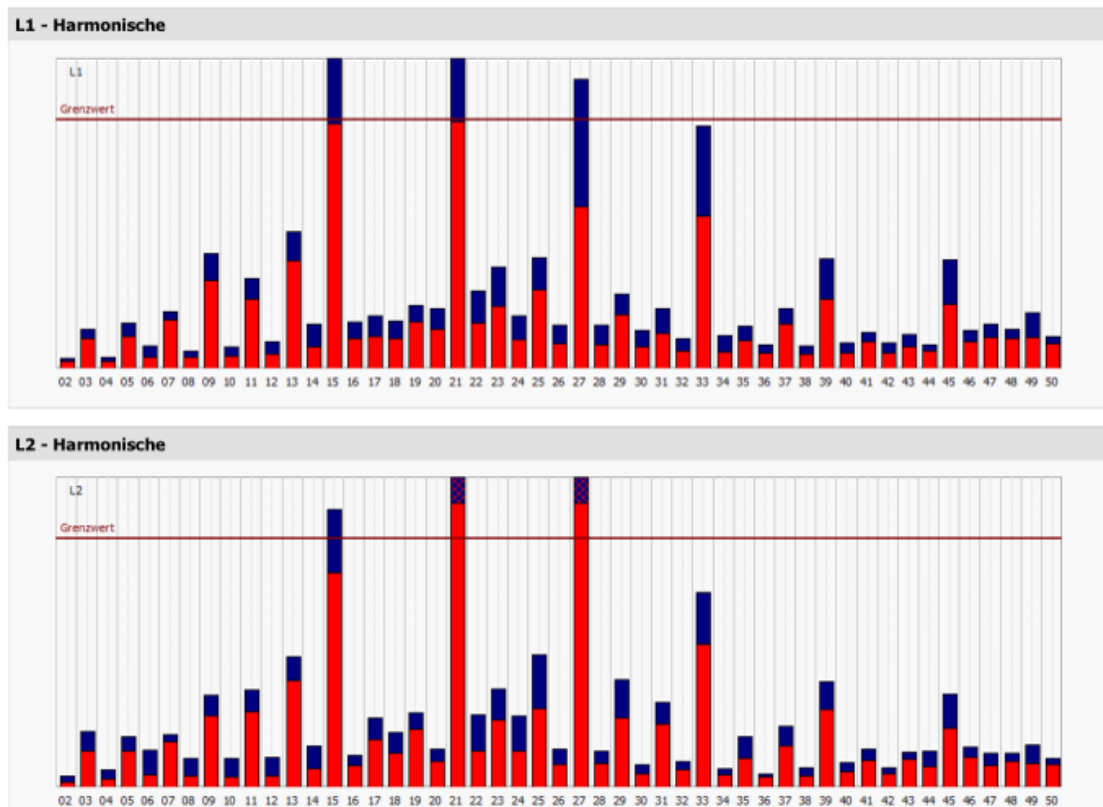


Abbildung 1: Grenzwertverletzung Report nach EN 50160

## Auswirkungen von einphasigen Geräten

Heutzutage werden immer mehr einphasige Geräte verwendet, die über ein Schaltnetzteil angesteuert werden. Im Heim-Bereich sind dies beispielsweise Computer, Spielekonsolen und viele weitere Haushaltsgeräte.

Diese Geräte haben heutzutage keinen Trafo mehr vorgeschaltet, sondern ein Schaltnetzteil. Im Eingang dieser Schaltnetzteile ist meist ein Brückengleichrichter eingebaut, der den Strom impulsförmig aufnimmt. Früher wurde der Strom sinusförmig von einem ohmschen Verbraucher aufgenommen. Eine Messung des Impulses zeigt Abbildung 2.

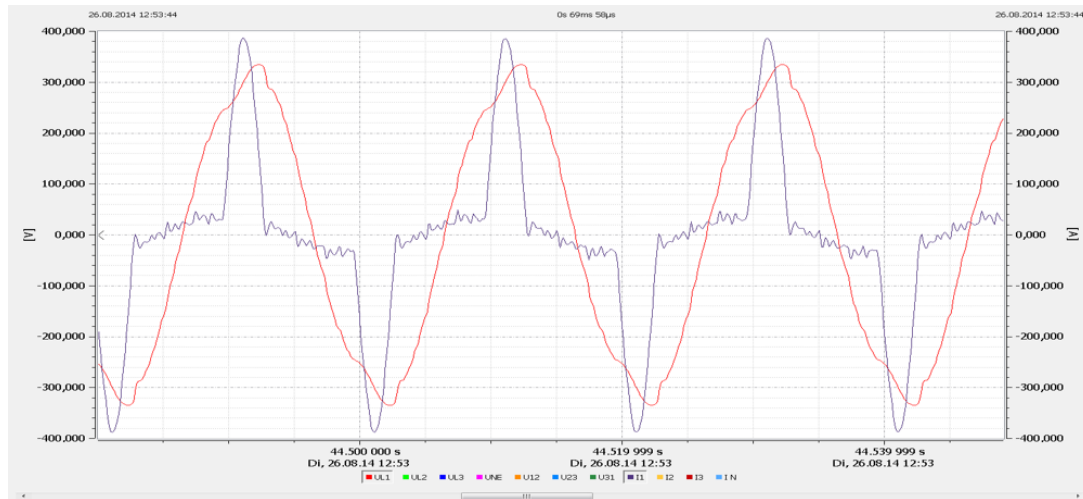


Abbildung 2: Eingangskreis mit B2-Brückengleichrichter

## Beschreibung der Harmonischen

Zerlegt man diesen Strom in sein Spektrum, erkennt man, dass alle ungeradzahlige Harmonische vorhanden sind. Die durch drei teilbaren Harmonischen addieren sich auf dem N-Leiter. Dies kommt dadurch zustande, da die Phasen L2 und L3 im Drehstromsystem um  $120^\circ$  phasenverschoben sind. Die  $120^\circ$  Phasenverschiebung ist selbstverständlich auch die Zeitverschiebung, in der eine Sinusvollschwingung von 150 Hz durchgeführt wird wie in Abbildung 3 dargestellt wird. Man erkennt in der Abbildung, dass nach  $120^\circ$  eine Sinus-Vollschwingung durchlaufen ist und daraufhin die nächste Phase L2 beginnt. Geht man nun von der Annahme aus, dass im Netz auf allen drei Phasen ähnliche Verbraucher installiert sind, dann würden sicherlich auch die dritte Harmonische von der Phasenlage für die Phase L2 und L3 an ähnlicher Stelle liegen.

Wenn die Belastung auf den drei Phasen L1, L2 und L3 symmetrisch sind und mit 100 A belastet werden, dann

ist der N-Leiter nicht belastet. Das stimmt allerdings nur für die Grundschwingung und für alle Harmonischen, die nicht durch 3 teilbar sind. Wenn man für eine fünfte Harmonische 10 A auf allen Phasen messen kann, dann könnte man auch auf dem N-Leiter nur 0 A sehen. Eine Besonderheit bringt die dritte Harmonische mit sich, da die Ausgangslage genau die  $120^\circ$  sind, müssen alle Abtastwerte der Phasen L1, L2, L3 und N-Leiter in Summe 0 ergeben. Sollten sie von der Phasenlage nun genau überlappend sein, bedeutet dies für das Netz, dass auf dem N-Leiter der dreifache Strom fließen muss. Dieser Umstand gilt ebenso für die doppelte und dreifache Frequenz, wie die sechste oder neunte Harmonische. Allerdings ist es so, dass bei Untersuchungen im Netz überwiegend ungeradzahlige Harmonische gefunden werden und geradzahlige Harmonische in der Regel kaum vorkommen.

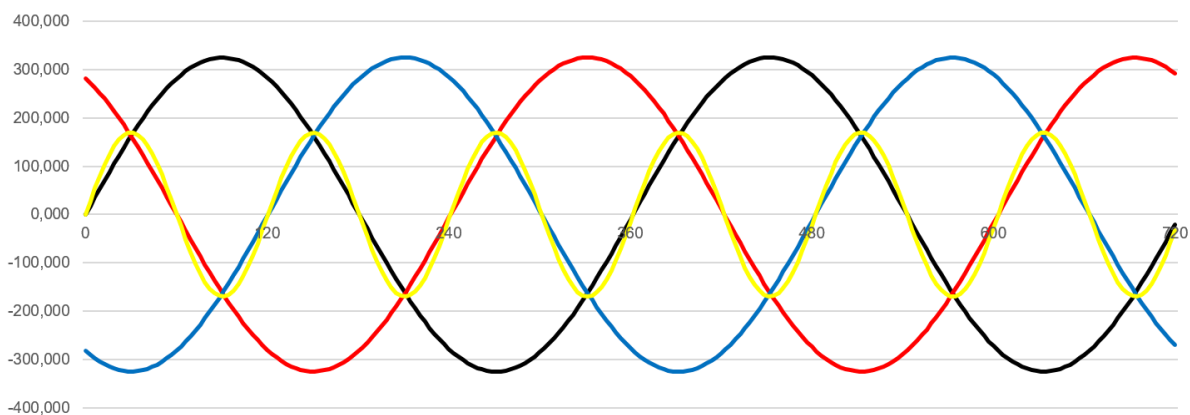


Abbildung 3: Sinusschwingungen Dreiphasen + 150 Hz

## Auswirkungen von Stromober-schwingungen für das elektrische Netz

Abschließend lässt sich festhalten, dass Stromober-schwingungen mit einer durch drei teilbaren Ord-nungszahl sich bei symmetrischer Belastung im Neutralleiter zu einer dreifachen Größe überlappen. Die stellt für das Netz insofern ein Problem dar, da für die durch 3 teilbaren Harmonischen die Impedanz des Netzes vier Mal so groß ist wie für die fünfte Har-monische oder die Grundschwingung. Bei Symmetrie fließt von der fünften Harmonischen auf dem N Leiter kein Strom, von der dritten Harmonischen können al-lerdings die dreifachen Ströme gemessen werden, die zum Transformator zurückfließen. Daher ist es bei den durch 3 teilbaren Harmonischen immer ganz ent-scheidend, an welche Stelle im Netz diese Harmoni-sche im Netz bewertet werden. Für den Fall, dass relativ nahe am Transformator gemessen wird, so ist in der Regel eine durch drei teilbare Harmonische hier

sehr unauffällig. Je weiter man sich allerdings vom Transformator Richtung Verbraucher entfernt, neh-men die durch drei teilbaren Harmonischen auf der Spannung schnell zu: Viel schneller als es eine fünfte o-der siebte Harmonische tun würde.

Der Trend hin zu Netzen mit höher Belasteten Har-monischen lässt sich aufgrund der Vielzahl an einphasi-gen Geräten nicht verhindern. All diese Geräte erhö-hen den Pegel der durch drei teilbaren Harmonischen wie die 3., 15. oder die 21. Harmonischen. Mittler-weile haben die Normen reagiert und die Verträglich-keitspegel, die für das öffentliche Netz erlaubt sind, erhöht. So ist wurde der Verträglichkeitspegel in der aktuellen EN 50160 für die 15. Harmonische beispie-lsweise von 0,5 % auf 1,0 % erhöht.

Sollten heutzutage Power Quality Bewertungen durchgeführt werden, sollten die hinterlegten Grenz-werte in den Messgeräten auf aktuell gültige Grenz-werte korrekt eingestellt werden.

## Der Autor



**Jürgen Blum**  
Produktmanager  
Power Quality Mobil