

# Application Note

## Supraharmonischer Einfluss auf die PLC von Smart-Meter

Einleitung .....	1
Power Line Communication .....	3
Supraharmonische .....	3
Auswirkungen auf das Stromnetz .....	4
Fehlerbehebung .....	6
Messungen .....	8
Mess-System .....	11
Zubehör & Optionen .....	11

## Einleitung

Die Einführung von Smart-Meter in einigen europäischen Ländern hat gezeigt, dass die Signalübertragung über PLC nicht immer so reibungslos verläuft, wie wir denken. Application Note über den Einfluss von Supraharmonischen auf das Stromnetz.

### Keywords:

#PowerQuality #Supraharmonics #PLC #CENELECband  
#FCC #ARIB #PQA8000H

Find us on



# Fehlersuche von PLC Problemen

Erfordert die Integration von verschiedenen Informationsquellen:

- Spektralanalyse bis 500 kHz für Spannung und Strom
- Digitale Informationen, Protokollanalyse (verschlüsselter SPS-Datenstrom)
- Netzimpedanz-Messung bis zu 500kHz

## Der NEO Vorteil

Zusätzliche PQ Analyse mit dem PQA 8000H



## Wichtigkeit der Strommessung

Die meisten Messgeräte messen nur die Spannung und können damit keine Hinweise auf die Quelle oder Senke von Supraharmonischen geben. Die reine Spannungsmessung hilft nur bedingt bei der Problemerkennung am Anschlusspunkt und bei normativen Beurteilungen, z.B. nach IEC 61000-2-2.

## Der NEO Vorteil – Multi-Kanal Strommessung

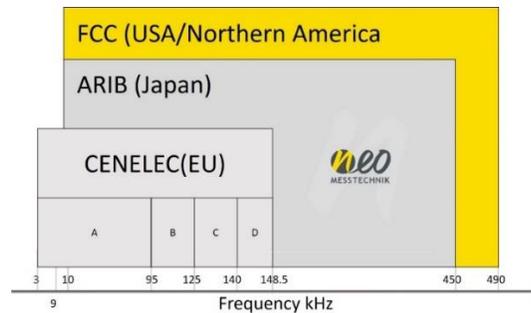
Der PQA 8000H ermöglicht die Messung von bis zu 8 Stromkanälen und ermöglicht die Messung und Analyse von Supraharmonischen.

- Wohngebäude mit 20 Wohnungen und mehrkanaligen Messungen zur schnellen Bestimmung der Störquelle und -senke.



## Power Line Communication

Smart Meter verwenden diese Technologie (G3) häufig für die Datenübertragung. Das CENELEC A-Band ist für Energieversorger im Frequenzbereich von 3 - 95 kHz reserviert. CENELEC B / C / D, ARIB oder FCC sind weitere Frequenzbänder, die in anderen Regionen dieser Welt verwendet werden.



Die folgende Grafik zeigt, dass die Datenübertragung mit modulierten Signalen von bis zu 490 kHz erfolgt. PLC-Daten werden jedoch unter bestimmten Umständen und zu gewissen Zeitpunkten verzerrt und gestört und sind aus diesem Grund nicht immer zuverlässig.

Region	Regulatory Body	Frequency Band	Note
Europe	CENELEC	3 – 95 kHz	A – Energy Providers
		95 – 125 kHz	B – Reserved for users
		125 – 140 kHz	C – Reserved for users, regulated CSMA access
		140 – 148.5 kHz	D – Reserved for users
Japan	ARIB	10-450 kHz	
China	EPRI	3 – 90 kHz	Not regulated
		3-500 kHz	
USA	FCC	10 – 490 kHz	

## Supraharmonische

Supraharmonische sind Spannungs- und Stromemissionen im Frequenzbereich von über 2 kHz (bis zu 150 kHz bzw. sogar 500 kHz). Bis 2030 werden etwa 80% aller elektrischen Lasten über elektronische Schnittstellen an das Stromnetz angeschlossen. Einerseits verspricht diese Entwicklung eine deutliche Effizienzsteigerung und einen besseren Umgang mit elektrischen Geräten. Im Gegenzug erfordert der Emissionsanstieg im höheren Frequenzbereich jedoch mehr Mess- und Analysebedarf und Aufwand.

Derzeit definieren internationale und nationale Normen häufig nur Emissionsgrenzwerte bis zur 50. Ordnung. Obwohl ein Großteil der elektrischen Geräte diese Grenzwerte auch in

## Application Note

Zukunft einhalten wird, können die höheren Emissionen ab 2 kHz nicht länger vernachlässigt werden, da moderne elektrische Geräte bereits mit Schaltfrequenzen bis zu 500 kHz arbeiten.

# Auswirkungen auf das Stromnetz

Supraharmonische verursachen Probleme und Ausfälle von elektrischen Geräten in unterschiedlichster Art und Weise:

- Geräusche
- Thermische Belastung, Alterung elektrischer Geräte
- Störungen anderer elektrischer Geräte
- Dämpfung/Abweichungen der PLC-Signale



Je näher die elektrische Ausrüstung an der Emissionsquelle liegt, umso höher sind die Störungen. Ladestationen für Elektrofahrzeuge (EV) arbeiten heutzutage mit Schaltfrequenzen bei etwa 20 bis 40 kHz, während induktives Laden bereits bei 80 bis 90 kHz liegt.

Bei EV-Ladestationen berichten Kunden von Geräuschemissionen, Ausfälle anderer elektrischer Geräte (u.a. Pieptöne von Kaffeemaschinen) oder thermische Belastungen (Heizung) feststellen.



Mit anderen Worten führen Supraharmonischen zu einer Verschlechterung der Netzqualität und einer Verzerrung der PLC von Smart-Metern. Bereits kleine Störungen in diesem Frequenzbereich können die PLC-Signalübertragung beeinflussen und machen sie daher zu einem wesentlichen Bestandteil der PQ-Analysen.

## Application Note

### PLC Signal Qualität

Eine Dämpfung von  $10\text{dB}\mu\text{V}$  zwischen Sender und Empfänger führt zu Informationsverlust (Pakete).

**Quelle:** Schori, Roggo, Evequoz (2020) OptiQ – Bericht WP4, Effekt der Zunahme von nichtlinearen Geräten auf die Ausbreitung von Oberschwingungen und auf die Netzimpedanz, Bundesamt für Energie BFE, Nidau/Schweiz

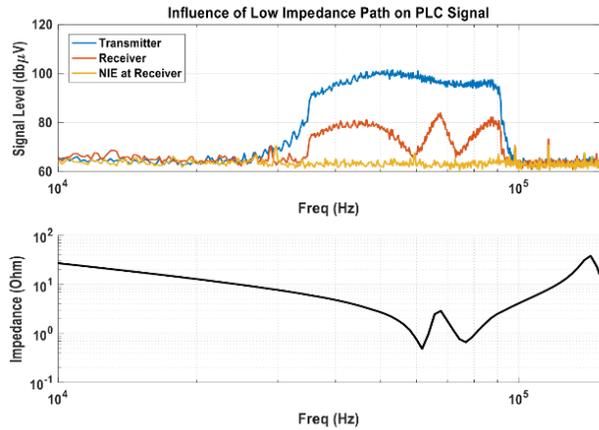


Fig. 36: Einfluss eines EMV-Filters auf das PLC-Signal und Eingangsimpedanz des Filters

# Fehlerbehebung

Die Fehlerbehebung bei PLC-Problemen erfordert die Integration verschiedener Arten von Informationen.

- Spektralanalyse bis zu 500 kHz für Spannung und Strom
- Digitale Informationen, Protokollanalyse (verschlüsselter PLC-Datenstrom)
- Power Quality Analyse des elektrischen Netzes
- Scope und FFT-Analyse zur Betrachtung der höherfrequenten Komponenten
- Netzimpedanzmessung bis zu 500kHz

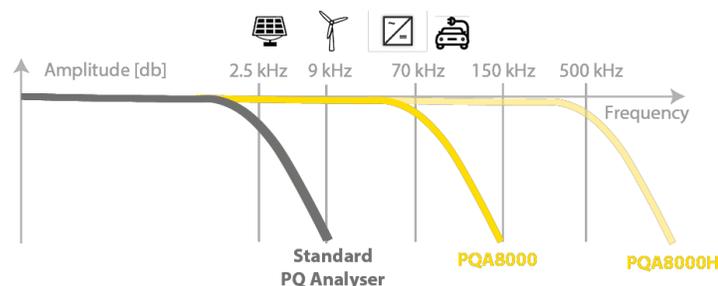
Leider sehen wir immer noch die Verwendung komplizierter und veralteter Messansätze, die die Fehlersuche erschweren. Dazu gehört die Verwendung von drei separaten Instrumenten, wodurch Untersuchungen schwierig und teuer werden. Die Datensatzsynchronisation stellt die Kunden vor weitere Herausforderungen. Darüber hinaus sehen wir, dass Instrumente häufig nicht einmal die erforderlichen Sicherheitskategorien für diese Art von Messungen erfüllen (CAT III 1000V / CAT IV 600V).

## Der NEO Vorteil

Der PQA 8000H ermöglicht Netzqualitäts- und FFT-Analyse, Scope-Ansicht bis zu 500 kHz und Bezug digitaler PLC-Daten mit nur einem Instrument - vollständig simultan und synchron.



Klassische PQ-Messgeräte bereiten aufgrund ihrer begrenzten Bandbreite einige Probleme. Während die Erfassung bis zur 50. Harmonischen (2,5 kHz) möglich ist, können diese jedoch keine höheren Spannungs- und Strom-Emissionen messen und deshalb auch nicht für die Fehlerbehebung eingesetzt werden. Für die Analyse der Auswirkungen von Supraharmonischen wird ein Power Quality Analyzer benötigt, der den gesamten Frequenzbereich bis zu 500 kHz abdeckt (siehe Abbildung unten).



## Application Note

Der PQA8000H ermöglicht Abtastraten von bis zu 1 MS / s pro Kanal. Dies ermöglicht die Analyse von Supraharmonischen bis 500kHz und deckt alle eingangs erwähnten Frequenzbänder ab. In Kombination mit einem zusätzlichen PLC-Datenstream-Recorder können folgende Daten analysiert werden.

### PQA 8000H Möglichkeiten

### Untersuchungs-

- FFT Analyse bis zu 500kHz in 2kHz Bändern (gemäß des internationalen Standards IEC61000-4-30)
- Scope View mit 1MS/s
- Anzeige und Aufnahme des digitalen PLC Datenstreams

**Alle diese Daten werden vollständig synchron mit demselben Zeitstempel erfasst.**

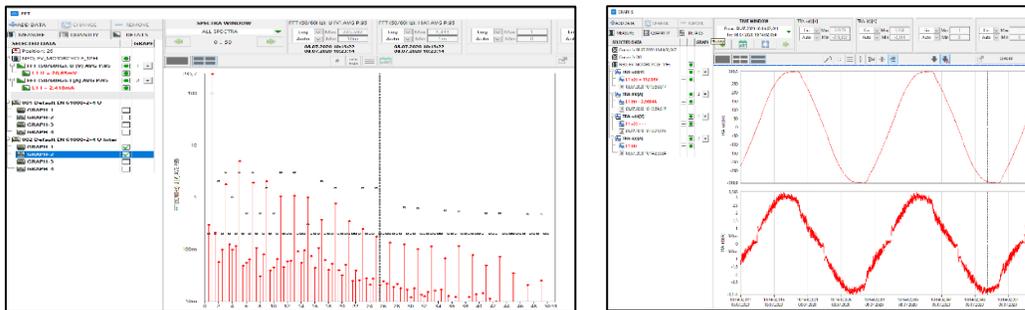
Natürlich können auch alle Standard-PQ-Parameter berechnet werden (Harmonische, Interharmonische, Unsymmetrie, THD, Resonanzen, Phasenwinkelsprünge usw.)



# Messungen

## Supraharmonische bis zu 500kHz

Die Fehlerbehebung erfordert die Integration verschiedener Arten von Informationen



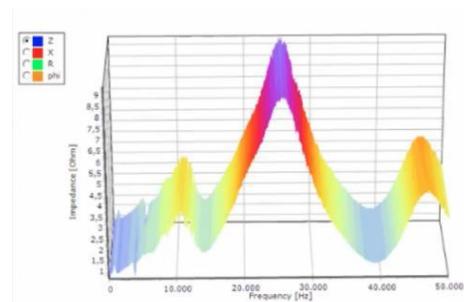
### Der NEO Vorteil – Messung von

- Höher-frequenten Anteilen bis zu 9kHz in 200Hz Bändern für Spannung & Strom
- Supraharmonischen bis zu 500kHz in 2kHz Bändern für Spannung & Strom
- Waveform and FFT Analyse



## Netzimpedanz bis zu 150kHz/500kHz (zusätzliche Hardware)

Der zunehmende Einsatz von Leistungselektronik (LED, Wechselrichter, AC / DC, DC / AC-Wandlung) führt zu signifikanten Änderungen des frequenzabhängigen Verhaltens der Netzimpedanz in Amplitude und Phase. Die Die Messung der Netzimpedanz wird deshalb immer wichtiger.



### *Dynamische Änderungen höher-frequenter Anteile und Netzimpedanz*

Bei höher-frequente Emissionen handelt es sich um sehr dynamische Vorgänge. Harmonische Amplituden können sich innerhalb weniger Millisekunden ändern (z. B. Spitze alle 5 ms). Ebenso kann auch die Netzimpedanz durch periodische Amplitudenschwankungen (z.B. alle 8ms ) oder durch Phasenwinkeländerungen variieren.

# Application Note

## Der NEO Vorteil – PQA 8000H + Netzimpedanz-Analysebox

Zur Untersuchung dieser Probleme muss ein dynamisches Messgerät mit hoher Bandbreite verwendet werden.

**Der PQA8000 ermöglicht einerseits die Rohdatenerfassung aller Ereignisse und kann in Kombination mit der externen Netzimpedanz-Analysebox**

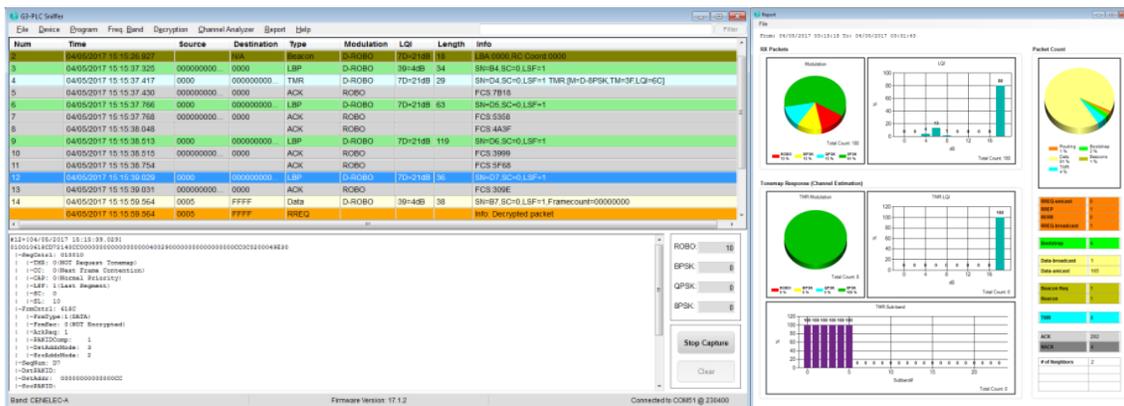
- Emissionen (U, I) und
- Netzimpedanz (Z, Phi, Re, Im, R, X / Null-, Positiv-Negativ-Sequenz) bis zu 500 kHz messen.



## PLC Daten-Stream

Der PLC Datenstream kann über ein externes Test- und Überwachungsgerät für G3-SPS-Powerline-Kommunikationsnetzwerke aufgezeichnet werden. Dieser tragbare USB-Dongle besitzt über eine benutzerfreundlichen Windows®-Anwendung und ermöglicht die Erfassung und Analyse aller Daten auf der Powerline.

Über eine Multifunktionstaste kann der Benutzer das Frequenzband bequem auf CENELEC-A, CENELEC-B, FCC oder ARIB ändern. Der Dongle wird über einen Standard-Mini-USB-Anschluss mit Strom versorgt, der an eine Powerbank angeschlossen und vor Ort als Handheld-Testgerät zur Überprüfung der Signalphase und -qualität verwendet werden kann.



## Application Note

---

### Der NEO Vorteil – PLC Streamer Key Features

- Erfassung und Anzeige aller Datenpakete
- Demonstriert farbcodierte und zeitgestempelte G3-PLC PHY- und MAC-Frames inkl. Beacons, Bootstrapping, Routing, Tonemap-Antwort, ACK / NACK und Datenpakete
- Konfigurierbare Decryption-Keys ermöglichen die Echtzeitanzeige entschlüsselter Pakete
- Die Channel Analyzer-Funktion visualisiert die Kanalqualität jedes OFDM-Tons
- 1-Klick Berichterstellung zur statistischen Analyse der Netzwerkstabilität, Topologie und Kommunikationsqualität
- Programmierbar für die Unterstützung von Frequenzkerben



