

# Wege der harmonischen Schwingungen

Studiengang: Master of Science in Engineering | Vertiefung: Energie und Umwelt  
Betreuer: Prof. Michael Höckel  
Experte: Dr. Andreas Beer (Repower)

Der Anteil an Geräten mit Leistungselektronik in Haushalten nimmt stetig zu. Durch ihre nicht lineare Strom-Spannungs-Kennlinie entstehen stromharmonische Schwingungen, welche die Spannungsqualität eines Versorgungsnetzes beeinflussen. In dieser Master-Thesis werden verschiedene Erzeuger von Stromharmonischen ermittelt und analysiert. Es wird gezeigt, welche Geräte bezüglich Auslöschungen von Oberschwingungen gut zusammenpassen und wie ihr Einfluss auf die Verzerrung ist.

## Ausgangslage

Der Wechsel von linearen zu nicht linearen Verbrauchern hat bereits Ende des letzten Jahrhunderts begonnen. Heutzutage beinhaltet fast jedes Gerät Elektronik, wobei die integrierte Spannungsgleichrichtung zu einem nicht sinusförmigen Strombezug führt. Abhängig von der verwendeten Leistungsfaktorkorrektur (PFC) sind unterschiedlich hohe Oberschwingungen zu erwarten. Daneben verursachen auch einphasige Motoren Verzerrungen. Je nach Kombination der Geräte können sich harmonische Ströme abhängig von der Phasenlage addieren oder auslöschen.

## Vorgehen

Zur Ermittlung der Ausprägung von Stromharmonischen wurde die PANDA-Datenbank der Technischen Universität Dresden beigezogen. Diese beinhaltet eine Vielzahl von Messungen verschiedenster nicht linearer

Geräten. Zusätzlich wurden zur Erfassung von Auslöschungseffekten Labormessungen an sinusförmiger Quelle und Feldmessungen in Wohnungen und Häusern durchgeführt. Durch das Protokollieren von Betriebszeiten bestimmter Verbraucher konnte ihr Einfluss im Netz ermittelt werden.

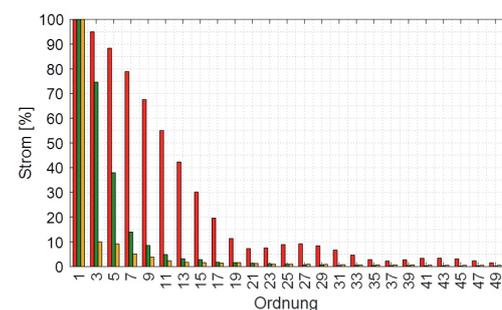
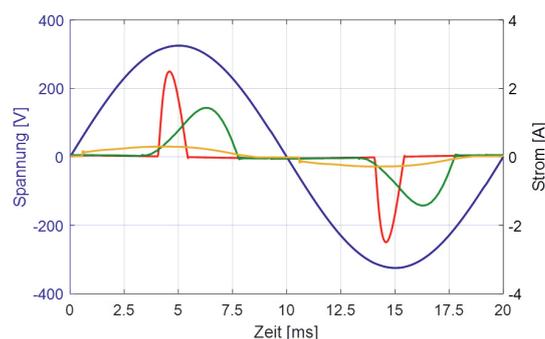
## Resultate

Grundsätzlich existieren drei Typen von Oberschwingungsprofilen (Grafik), wobei deren Ausprägung von der vorhandenen Spannungsverzerrung im Netz abhängig ist:

- Elektr. Geräte ohne PFC
- Elektr. Geräte mit passiver PFC und leistungsreduzierte Motoren
- Elektr. Geräte mit aktiver PFC und unregelmotoren



Matthias Hügi



Nebst der Höhe der Oberschwingungen ist für die resultierende Netzrückwirkung auch die tägliche Nutzungsdauer eines Gerätes entscheidend. Es zeigt sich, dass Geräte mit grosser Verzerrung meist nur kurz verwendet werden und diese daher wenig Einfluss haben (z. B. Mikrowelle). Den grössten Einfluss haben Netzteile ohne PFC. Diese erzeugen bei einer Zusammenschaltung kaum Auslöschungen, jedoch eine hohe Gesamtstromverzerrung. Sie vertragen sich sehr gut mit Verbrauchern mit passiver PFC. Auch unterschiedliche LED-Lampen verhalten sich bezüglich Oberschwingungsreduktionen positiv. Interessant ist, dass die Stromverzerrung vor allem in den Abendstunden hoch ist, obwohl der Energieverbrauch auch am Mittag stark zunimmt. Bei der Überlagerung mehrerer Haushalte z. B. an Hausanschlusskasten oder Verteilkabinen wird ersichtlich, dass sich einzelne Oberschwingungen zeitweise fast vollständig auslöschen, manchmal aber auch komplett addieren. Dieses Verhalten ist schwer vorhersehbar und stark von der Gerätekonstellation abhängig. Die Erkenntnisse können nun für die Ermittlung optimaler Standorte von PQ-Messgeräten im Netz verwendet werden.

Zeitverlauf und Spektrum elektronischer Geräte ohne PFC (rot), mit passiver PFC (grün) und aktiver PFC (gelb)