

## Erhöhte Netzurückwirkungen auf einem Frachtschiff: Systematische Analyse und Netzimpedanzabschätzung



In diesem Beitrag möchten wir einen Fall aus unserer Praxis zeigen, bei dem es zu Schutzauslösungen durch den Betrieb von Elektromotoren gekommen ist. Um die Ursache der Schutzauslösung eruieren zu können, wurde eine Netzqualitätsmessung durchgeführt. Es wurde vermutet, dass die Schutzauslösung auf erhöhte Netzurückwirkungen durch die drehzahlvariablen Elektromotoren zurückzuführen ist. Eine wichtige Anforderung seitens unseres Kunden war, dass nicht nur die Ströme und Spannungen im üblichen Frequenzbereich bis 2,5 kHz gemessen wurden, sondern auch das mögliche Vorhandensein von sehr hochfrequenten Anteilen (Supraharmonische) überprüft wurde. Für diese Anforderung eignete sich unser [PQA 8000 von NEO Messtechnik](#) sehr gut. So konnten die Ströme und Spannungen im Frequenzbereich von 0 Hz bis 68 kHz gemessen und analysiert werden.

Beim Zuschalten von einem bzw. zwei Motoren war ein stufenförmiger Anstieg des THDs und somit die starke Zunahme der Spannungsverzerrung an der zentralen Sammelschiene zu beobachten.

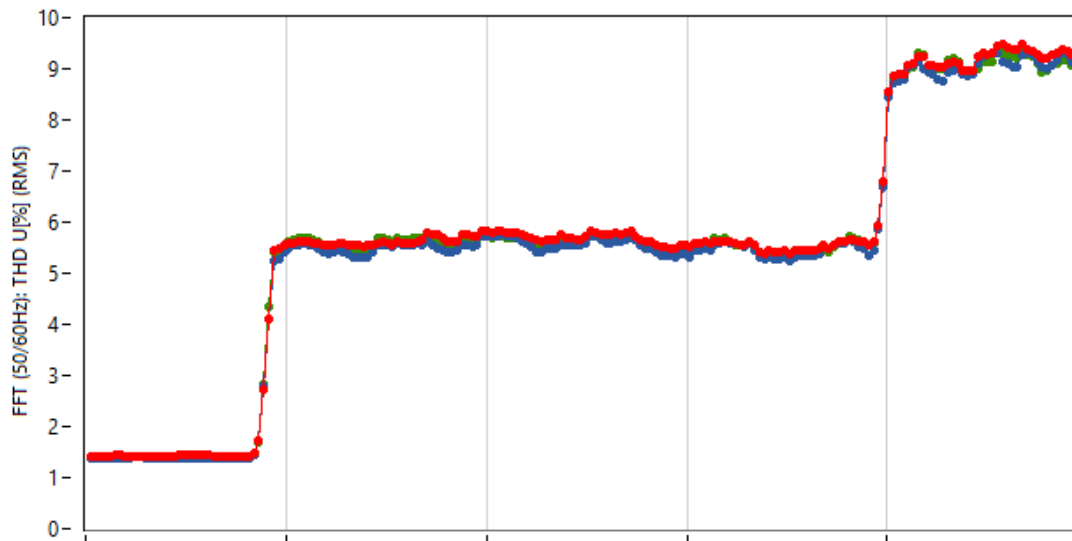


Abbildung 1. Verlauf des THDs beim schrittweisen Zuschalten der Motoren

Bei der Ursachenforschung haben wir uns die Ströme der Elektromotoren angesehen, die aufgrund der Frequenzumrichter verzerrt sind. Die linke Grafik in der Abbildung 2 zeigt die gemessenen Oberschwingungsströme. In der rechten Grafik ist das typische Stromspektrum eines 6-Puls-Gleichrichters von der Firma ABB dargestellt. Beide Spektren zeigen ähnliche Oberschwingungsgehalte und einen vergleichbaren Verlauf. Aus diesem Grund sind die bezogenen Ströme der Elektromotoren unauffällig.

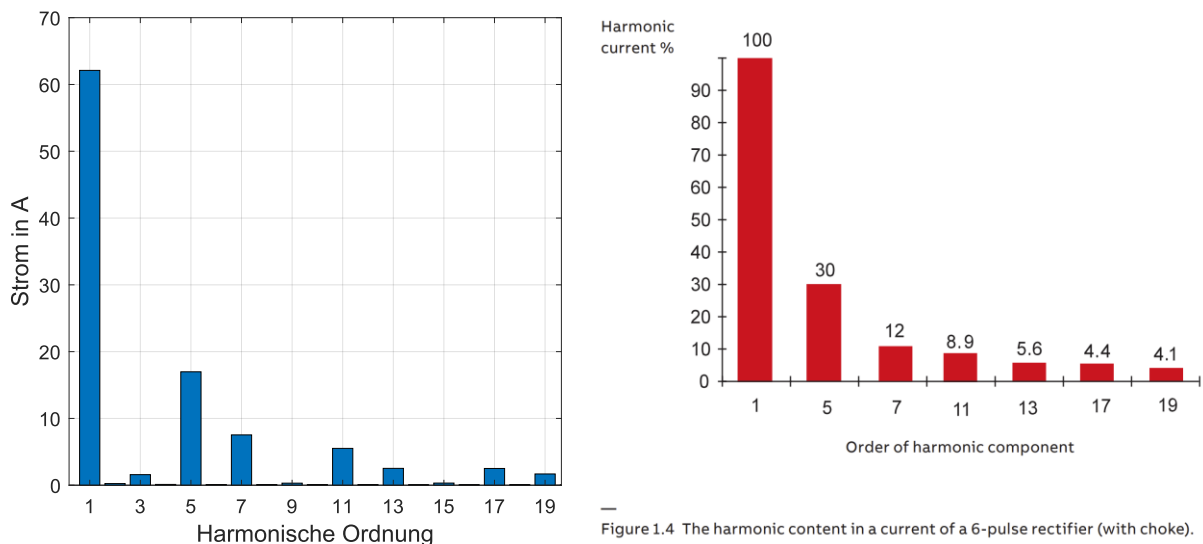
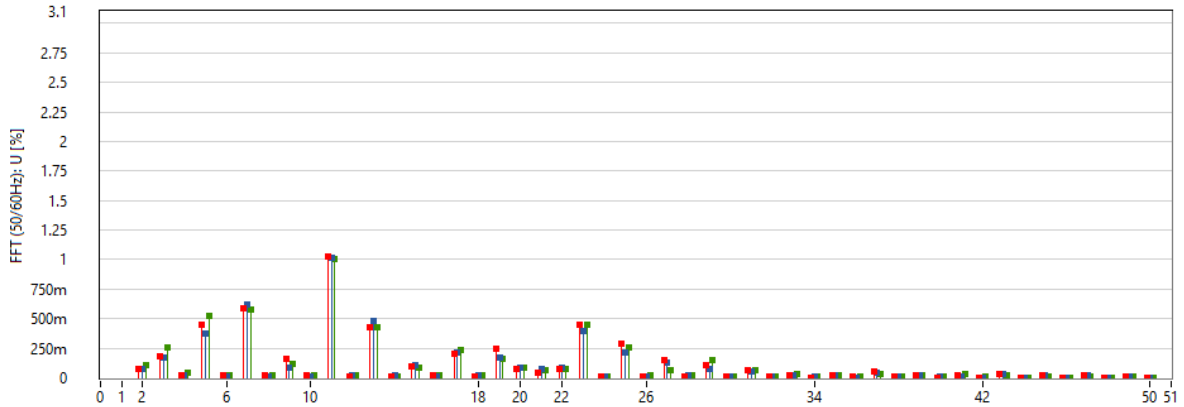


Figure 1.4 The harmonic content in a current of a 6-pulse rectifier (with choke).

Abbildung 2. Gemessenes harmonisches Stromspektrum (links) und typisches Stromspektrum von ABB Frequenzumrichtern (Quelle: [https://library.e.abb.com/public/bc35ffb4386c4c039e3a8ec20cef89c5/Technical\\_guide\\_No\\_6\\_3AFE64292714\\_RevF\\_EN.pdf](https://library.e.abb.com/public/bc35ffb4386c4c039e3a8ec20cef89c5/Technical_guide_No_6_3AFE64292714_RevF_EN.pdf))

Bei der detaillierteren Betrachtung der Spannungsüberschwingungen ist eine starke Zunahme der Oberschwingungen bis zur 31. Ordnung zu verzeichnen (siehe Abbildung 3). Wohingegen die Oberschwingungsströme mit steigender Frequenz abnehmen, steigen die Spannungsüberschwingungen nach der 13. Ordnung wieder an. Die ungleiche Zunahme von Strom- und Spannungsüberschwingungen deutet auf eine Nichtlinearität in der Netzimpedanz hin.

**Oberschwingungsspektrum ohne Motorbetrieb:**



**Oberschwingungsspektrum mit Motorbetrieb:**

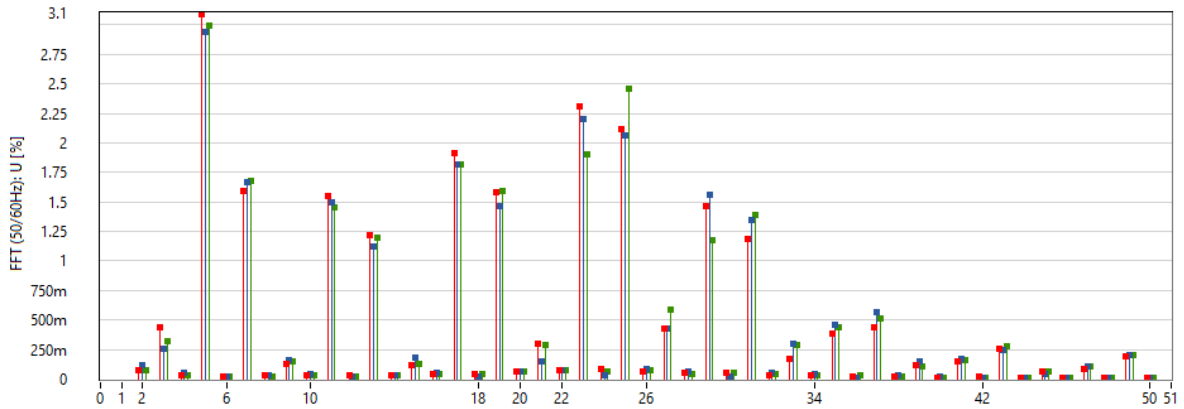


Abbildung 3. Gemessene Hintergrundharmonische (oben) und während des Motorbetriebs gemessene Harmonische (unten)

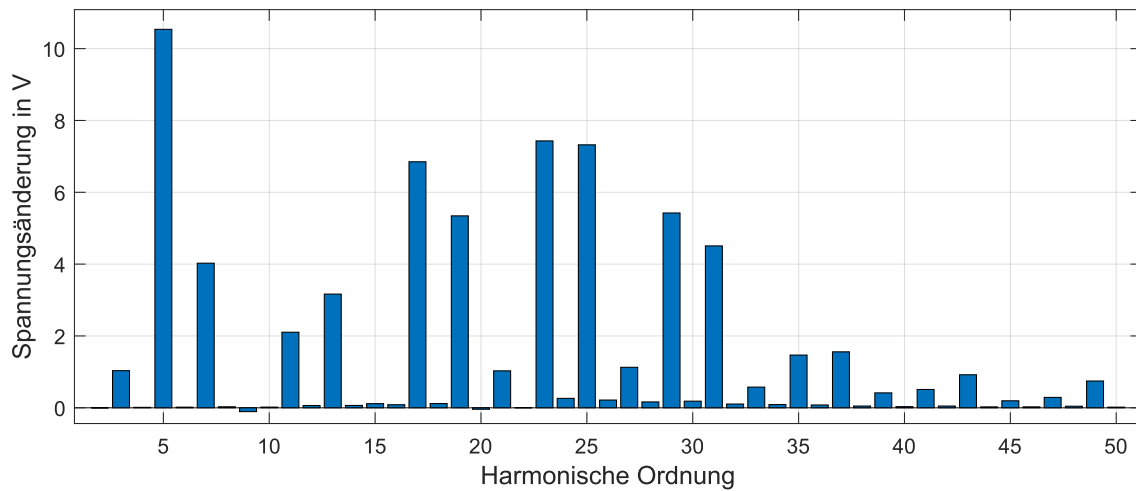


Abbildung 4. Absolute Zunahme der Oberschwingungsspannungen während des Motorbetriebs

Nach dem Ohm'schen Gesetz lässt sich die Netzimpedanz aus der gemessenen Spannungs- und Stromänderung grob abschätzen (siehe Abbildung 5). Bis auf ein paar Ausreißer ergibt sich ein durchaus plausibler Verlauf mit einem Maximum zwischen der 20. und 30. harmonischen Ordnung. Auf diese Weise lässt sich die Netzimpedanz am Anschlusspunkt der Elektromotoren abschätzen und die erhöhten Netzurückwirkungen erklären. Die Qualität der abgeschätzten Netzimpedanz lässt mit einigen Ausreißern und dem Art „Rauschen“ zu wünschen übrig. Für eine optimale Auslegung einer Abhilfe/Filter wäre ein qualitativ besserer Verlauf wünschenswert, wie er mit einer direkten Messung der frequenzabhängigen Netzimpedanz möglich ist. Mehr dazu erfahren Sie in unserer [Produktproschüre zur Netzimpedanzmessung](#).

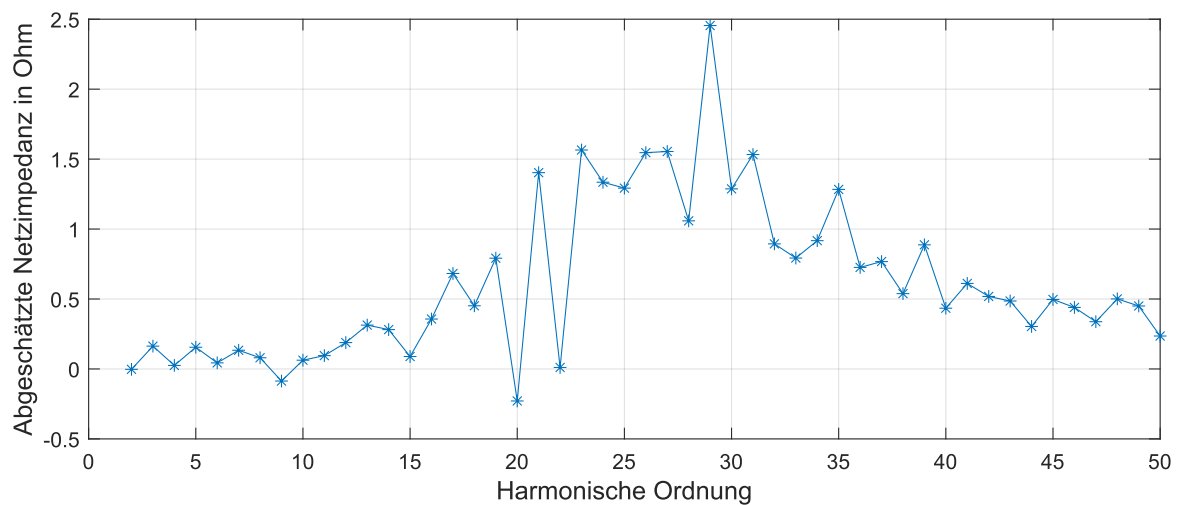


Abbildung 5. Aus den Messdaten abgeschätzter Verlauf der Netzimpedanz am Anschlusspunkt der Motoren

In unserem Online-News-Beitrag [„Simulationsbasierte Analyse von Power Quality Phänomenen: Synergien zwischen einer PQ-Messung und einer Netzberechnung“](#) zeigen wir Ihnen, wie die Messdaten einer Netzimpedanzmessung zur optimalen Auslegung eines Filters verwendet werden.



## Autor



**Alexander Lübke**  
Hubert Göbel GmbH  
[a.luebke@hgmes.de](mailto:a.luebke@hgmes.de)  
Siemensstraße 42  
59199 Bönen, Deutschland