

## Die richtige Vorgehensweise für die Auslegung von Blindleistungskompensationsanlagen und harmonischen Filtern und worauf unbedingt zu achten ist

In der Niederspannung ist es üblich, dass sowohl in der Industrie als auch in öffentlichen Gebäuden Blindleistungskompensationsanlagen vorhanden sind. Je nach Auslegung dienen diese Anlagen ebenfalls als Filter zur Reduktion des Oberschwingungsgehalts.

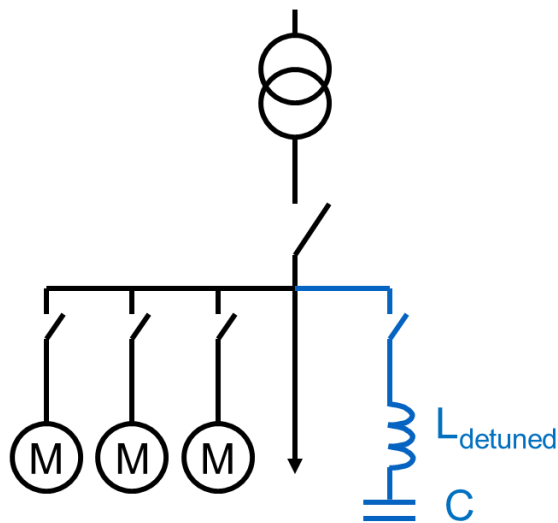
Für die Realisierung der Blindleistungskompensationsanlage stehen grundsätzlich drei gängige Ansätze zur Verfügung:

1. verdrosselte Kompensation (oder Schütz geregelte Kompensation)
2. dynamische Kompensation (Thyristor-geschaltete Kompensation)
3. Umrichter-basierte Kompensation (Static Var Generator oder Aktikfilter).

Eine weitere Möglichkeit sind Hybrid-Anlagen, die aus einer Mischung verschiedener Technologien bestehen. Die Auswahl der Technologie ist stark von der Ist-Situation des Netzes abhängig. Bei einem Netz, wo beispielweise keine schnellen Spannungsänderungen auftreten oder zu erwarten sind, ist der Ansatz einer klassischen verdrosselten Kompensation ausreichend. Andererseits bei Netzen wo eine veränderliche Oberschwingungssituation zu erwarten ist, kann der Ansatz einer Umrichter-basierten Kompensation die bessere Wahl darstellen. Auch die Empfindlichkeit von Geräten und Maschinen einer Produktionslinie gegenüber Spannungsänderungen soll bei der Auswahl der Technologie miteinbezogen werden.

Die am meisten verbreitete Technologie ist die verdrosselte Kompensation. Dieser Beitrag erläutert kurz diese Art von Kompensation.

Filterkreisdrosseln werden mit Kondensatoren in Reihe geschaltet, um absichtlich einen Reihenschwingkreis zu bilden. Die Resonanzfrequenz wird so abgestimmt, dass sie kleiner als die kleinste zu erwartende Oberschwingung in der Anlage ist (häufig die 5. Oberschwingung). Damit wird angestrebt, dass die Impedanz der Anlage für alle Frequenzen oberhalb der Resonanzfrequenz induktiv wird. Dadurch wird die Oberschwingungsbelastung der Kompensationsanlage vermieden. Es wird auch dafür gesorgt, dass die Impedanz der Kompensationsanlage keine Resonanz beinhaltet, die von den im Netz vorhandenen Oberschwingungen angeregt werden kann.



(a) Beispielhafte Darstellung eines Netzes mit einer verdrosselten Kompensation	(b) Foto einer 400 V verdrosselte Kompensation
---	--

Abbildung 1. Darstellung einer verdrosselten Kompensation

Ein wesentlicher Bestandteil der Auslegung einer Anlage ist die Wahl des Verdrosselungsgrades ( $p$ ), welcher das Verhältnis zwischen induktivem Blindwiderstand der Filterkreisdrossel und kapazitivem Blindwiderstand der Kondensatoren (induktive/kapazitive Reaktanz) angibt (siehe Gleichung Gl. 1).

Bei der Auslegung wird im ersten Schritt die erforderliche Kapazität ( $C$ ) der Reihenschaltung zur Realisierung der Blindleistungskompensation ( $Q_{kom}$ ) festgelegt.  $Q_{kom}$  wird anhand von [Leistungsmessungen](#) (falls zutreffend) und anhand von [Netzberechnungen](#) ermittelt. Im zweiten Schritt wird der Verdrosselungsgrad festgelegt. Hierfür wird eine detaillierte [Power Quality Messung](#) zugrunde gelegt. Aus der Power Quality Messung wird der Oberschwingungsgehalt des Netzes (Spannung und Strom) ermittelt. Wenn es absehbar ist, dass Veränderungen im Netz zu erwarten sind, sollen diese Veränderungen ebenfalls berücksichtigt werden. Häufige Veränderungen sind der Betrieb von Ladestationen für Elektroautos sowie die Errichtung von PV-Anlagen. Weitere Beispiele sind der Einsatz von LED-Leuchtmitteln und der Betrieb von Frequenzumrichtern zur Drehzahlregelung von Antrieben. Der Einfluss von Veränderungen im Netz auf das Oberschwingungsgehalt des Netzes lässt sich im Rahmen einer [Netzstudie](#) einschätzen. Nach Ermittlung der Oberschwingungsspektren unter Berücksichtigung von geplanten Veränderungen im Netz wird der Verdrosselungsgrad ermittelt. Wie bereits erwähnt, wird die Resonanzfrequenz so gewählt, dass diese kleiner als die kleinste zu erwartende Oberschwingung ist. In der Praxis werden die drei in der Tabelle 1 dargestellten Verdrosselungsgrade realisiert. Bei Netzen wo zum Beispiel die 5. Oberschwingung ausgeprägt ist, kann ein Verdrosselungsgrad von 5,67 % gewählt werden, um eine Filterung der 5. Oberschwingung zu ermöglichen. Somit würde die Kompensationsanlage ebenfalls einen Beitrag zur Reduktion der 5. Oberschwingung leisten. Es darf allerdings nicht aus Acht gelassen werden, dass die harmonischen Ströme, die gefiltert werden, eine thermische Belastung der Komponenten der Kompensationsanlage darstellen.

Aus diesem Grund muss eine sorgfältige Auslegung mit ausreichender Stellreserve durchgeführt werden, um die Robustheit der Anlagen gegenüber zukünftige Veränderungen gewährleisten zu können.

Wenn eine Reduktion des Oberschwingungsgehaltes nicht erzielt werden muss, kann die Auswahl von 14 % gewählt werden. Die Resonanzfrequenz dieser Verdrosselung liegt bei 134 Hz (unterhalb aller üblichen Oberschwingungen). Da schon ab 134 Hz die Impedanz der Kompensation induktiv wirkt, ist der Filterungseffekt dieser Verdrosselung vernachlässigbar.

$$p = \frac{X_L}{X_C} \times 100 \quad \text{Gl. 1}$$

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_{detuned}C}} \quad \text{Gl. 2}$$

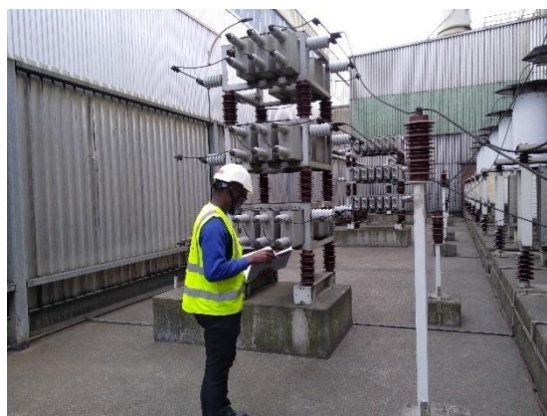
*Tabelle 1. Übersicht über die üblichen Verdrosselungsgrade einer verdrosselten Kompensation*

Verdrosselungsgrad	Resonanzfrequenz
5,67 %	210 Hz
7 %	189 Hz
14 %	134 Hz

In diesem Jahr haben wir uns bei der Hubert Göbel GmbH mit diversen Aktivitäten rund um das Thema Blindleistungskompensation und harmonische Filter beschäftigt, wie zum Beispiel:

[Netzstudien](#) zur Ermittlung des Blindleistungskompensationsbedarfes eines Industrienetzes (30 kV- und 6 kV- Netze).

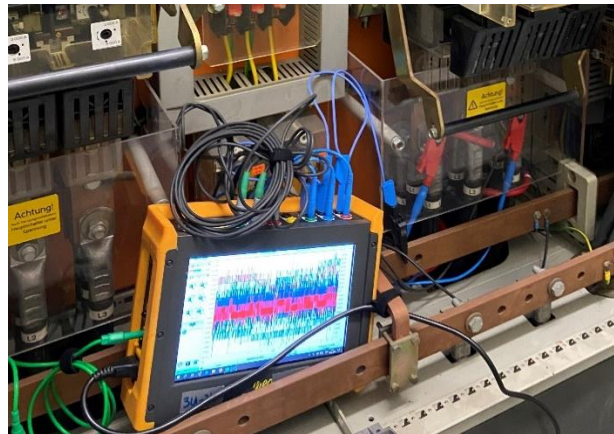
Grund der Studie : Werkserweiterung.





Netzqualitätsmessung und [Netzstudie](#) zur Festlegung des Blindleistungskompensationsbedarfes einer Kläranlage.

Grund: In der Kläranlage ist eine Modernisierung der elektrischen Energieversorgung vorgesehen. Die Errichtung einer PV-Anlage sowie die Modernisierung von Antrieben (Frequenzumrichter) sind eingeplant. Der Kunde hat als Paket die Durchführung einer Messung der Ist-Situation, eine [Netzstudie](#) als auch die Erstellung einer technischen Spezifikation für die Ausschreibung einer Kompensationsanlage beauftragt.



Sie haben Rückfragen oder benötigen Unterstützung bei dem Thema Blindleistungskompensation und harmonische Filter?

Nehmen Sie einfach Kontakt mit uns auf!



### **Ansprechpartner**

Juan Velásquez

Tel. +49 2383 6189 692

Mobil +49 152 0971 0283

[j.velasquez@hgmes.de](mailto:j.velasquez@hgmes.de)

[Hubert Göbel GmbH](#)

[Siemensstraße 42](#)

[D-59199 Bönen](#)

[www.hgmes.de](http://www.hgmes.de)

[LinkedIn / Xing](#)