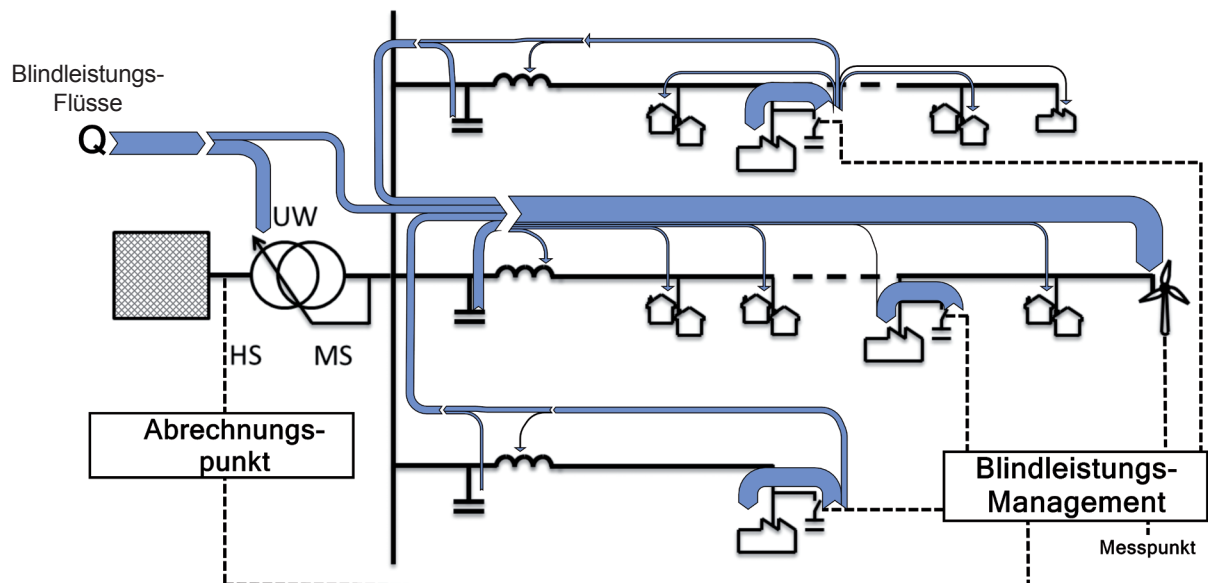


Kurzfassung zur Studie:
**Beitrag industrieller
Blindleistungs-Kompensationsanlagen
und -Verbraucher für ein innovatives
Blindleistungs-Management in der
Stromversorgung Deutschlands**





Impressum

**Beitrag industrieller
Blindleistungs-Kompensationsanlagen
und -Verbraucher für ein innovatives
Blindleistungs-Management in der
Stromversorgung Deutschlands**

Herausgeber:

ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik-
und Elektronikindustrie e.V.
Fachverband Starkstromkondensatoren

Lyoner Straße 9

60528 Frankfurt am Main

Telefon: +49 69 6302-251

Fax: +49 69 6302-407

E-Mail: starkstromkondensatoren@zvei.org

www.zvei.org

Verantwortlich:

Dr. Marcus Dietrich, ZVEI

September 2013

Trotz größtmöglicher Sorgfalt übernimmt der ZVEI
keine Haftung für den Inhalt. Alle Rechte, insbesondere
die zur Speicherung, Vervielfältigung und Verbreitung
sowie der Übersetzung, sind vorbehalten.



FORSCHUNGSSTELLE FÜR
ENERGIENETZE UND ENERGIESPEICHER

Erstellt durch:

INA - Institut für Netz- und Anwendungstechnik GmbH

Prof. Dr.-Ing. Oliver Brückl

Johannisweg 7

93449 Waldmünchen

E-Mail: oliver.brueckl@hs-regensburg.de

www.hs-regensburg.de

Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg
Forschungsstelle für Energieversorgungsnetze und
Energiespeicher

Matthias Haslbeck

Seybothstraße 2

93053 Regensburg

E-Mail: matthias.haslbeck@hs-regensburg.de

www.hs-regensburg.de

Unter Mitarbeit von:

Michael Reith, Beluk GmbH

Jürgen Reese, Condensator-Dominit GmbH

Ayse Kartal, Epcos AG

Tilman und Timm Barth, Eskap GmbH

Peter Herbst, Frako Kondensatoren- und Anlagenbau GmbH

Achim Tempelmeier, KBR GmbH

Dr. Bernd Walther, Maschinenfabrik Reinhausen GmbH

Thomas Simon, Schneider Electric GmbH

Dr. Hans König, System Electric Power Quality GmbH/
Electronicon Kondensatoren GmbH

Dr. Rainer Weber, Vishay Electronic GmbH

1 Motivation und Zielsetzung

Die eingeleitete Energiewende erfordert einen grundlegenden Um- und Ausbau des Stromnetzes in Deutschland und Europa, da aufgrund der Nutzung regenerativer Energiequellen immer mehr dezentrale Erzeugungsanlagen (DEA) ans Netz gehen. Neben den Herausforderungen bei deren Anbindung an das bestehende Stromnetz muss jederzeit eine hohe Versorgungssicherheit garantiert und eine normgerechte Spannungsqualität gewährleistet werden. Dabei kann eine optimierte Bereitstellung und Nutzung von Blindleistung zur Kompensation helfen, Investitionskosten einzusparen, die Spannungshaltung im Netz zu stützen und Leitungsverluste zu reduzieren.

In der Studie wird untersucht, wie sich ein höherer Kompensationsgrad von betrieblichen Lasten auf das Verteilungsnetz auswirkt und welche zusätzlichen positiven Beiträge sich daraus für die Energiewende ergeben. Weiter wird dargestellt, dass sich diese Effekte mit Hilfe eines innovativen Blindleistungs-Managements verbessern lassen, wenn die bewährte Technik der Blindleistungs-Kompensation mit einer intelligenten netzzustandsabhängigen Regelung kombiniert wird, sodass Blindstrom-Flüsse im Netz optimal aufeinander abgestimmt werden können.

2 Problemstellung und Lösungsansatz

Netzbetriebsmittel (Freileitungen und Kabel, Schaltgeräte, Sicherungen und Transformatoren) müssen für die maximal zu übertragende Scheinleistung, gebildet als geometrische Summe aus Blind- und Wirkleistung, ausgelegt werden. Der Blindleistungs-Bedarf entsteht zum einen durch die Anlagen der Endkunden (vorwiegend motorische Lasten) und zum anderen durch die Netzbetriebsmittel selbst. Die Kompensation der Blindleistung entlastet die Betriebsmittel, reduziert die Übertragungsverluste und hat einen positiven Einfluss auf die Spannungshaltung sowie die Spannungsqualität.

Aufgrund des zunehmenden Netzausbaus, der Spannungsregelung mit Hilfe der Blindleistung durch dezentrale Erzeugungsanlagen (DEA) und wegen der durch DEA hervorgerufenen geänderten Belastungssituationen der Betriebsmittel werden sich in den nächsten Jahren die Blindleistungs-Flüsse innerhalb einer Spannungsebene und zwischen den verschiedenen Spannungsebenen grundlegend verändern. In Schwachlast-Zeiten wird das

Netz kapazitiver und bei starker Einspeisung induktiver wirken als bisher. Für beide Extremfälle muss vorgesorgt werden. Insbesondere auch deshalb, weil sich diese Entwicklung noch verschärfen wird. Dies ist auf die Tatsache zurückzuführen, dass zugunsten regenerativer oder dezentraler Energieformen zwangsläufig mehr große Kraftwerksblöcke vom Netz genommen werden müssen. Diese haben aber bisher für eine ausgeglichene Blindleistungsbilanz durch Einspeisung von Blindleistung gesorgt.

Der zunehmende Einsatz von Leistungselektronik z. B. in drehzahlgeregelten Motoren oder elektrischen Vorschaltgeräten wird die Oberschwingungs-Belastung der Spannung stetig verschlechtern. Kompensationsanlagen werden bei entsprechender Auslegung häufig auch zur normgerechten Reduzierung des Oberschwingungs-Pegels eingesetzt und können somit zusätzlich zur Blindleistungs-Kompensation die Spannungsqualität erheblich verbessern.

Wenn die Kompensation der Blindleistung direkt am Verbraucher erfolgt, wird der maximale Nutzen erzielt.

In der Studie werden zwei Möglichkeiten zur Optimierung der Blindleistungs-Flüsse im Verteilungsnetz behandelt:

- **Autark arbeitendes, netzunabhängiges Verfahren:**

Dabei wird der $\cos\varphi$ -Sollwert an allen Kompensationsanlagen erhöht, sodass nur das P-Q-Verhältnis am Anschlusspunkt des Betriebs verändert wird (**erhöhter Kompensationsgrad**).

- **geregeltes Verfahren:**

Mithilfe eines innovativen **Blindleistungs-Managements** wird der $\cos\varphi$ -Sollwert für jede eingebundene Kompensationsanlage optimal an die momentane Netzsituation vor Ort angepasst und auch Blindleistung zwischen verschiedenen Spannungsebenen ausgetauscht. Dabei kann es am Anschlusspunkt des Betriebs zu Über- und Unterkompensation kommen; der Einfluss auf die Spannungshöhe ist zu berücksichtigen.

3 Erhöhter Kompensationsgrad

Wird der einzuhaltende Kompensationsgrad bei industriellen und gewerblichen Abnehmern im NS- und MS-Netz erhöht, kann der Blindleistungs-Bedarf nahe am Ort der Entstehung kompensiert und so das Netz entlastet werden. Auf Basis von simulierten Beispielnetzen wurde eine Anhebung des Kompensationsgrads von derzeit $\cos\varphi = 0,90$ auf 0,95 (Teilkompensation) bzw. 1,00 (Vollkompensation) untersucht. Hierbei ergeben sich folgende Einflüsse auf das Netz:

Bei verminderter Abnahme von Blindleistung kann eine Reduktion des Spannungsabfalls im NS-Netz von bis zu 1 Prozentpunkt bei Teilkompensation und von bis zu 3 Prozentpunkten bei Vollkompensation erreicht werden. Das entspricht 30 bis 100 Prozent an zusätzlich installierbarer Leistung aus dezentralen Erzeugungsanlagen (DEA) oder 20 bis 60 Prozent mehr Last. Im MS-Netz können bis zu 0,5 Prozentpunkte bei Teilkompensation und bis 1,5 Prozentpunkte bei Vollkompensation erreicht werden. Dies entspräche 25 bis 70 Prozent an zusätzlich installierbarer Leistung aus DEA oder 10 bis 30 Prozent mehr Last ohne zusätzlichen Netzausbau. Durch die

Steigerung des Kompensationsgrads kann auch die für die Betriebsmittelauslegung relevante Spitzenauslastung bei Teilkompensation um bis zu 4,5 Prozent und bei Vollkompensation bis zu 9 Prozent reduziert werden.

Je höher die Spannungsebene, desto mehr nimmt der Einfluss auf die Verlustreduzierung zu. Dies liegt an der größeren Anzahl von Betriebsmitteln und höheren Auslastung aufgrund von Überlagerungseffekten. In der NS-Ebene können Verluste von bis zu 10 MWh/a und im MS-Netz von bis zu 250 MWh/a pro Netz bei einer Steigerung des Kompensationsgrads auf $\cos\varphi = 1,00$ (von $\cos\varphi = 0,90$ ausgehend) eingespart werden. Die Blindenergieaufnahme eines Netzes kann dabei um bis zu 90 Prozent reduziert werden. Bei einer Steigerung des Kompensationsgrads in der NS- und MS-Ebene von 0,90 auf 1,00 ergäbe sich eine Verlusteinsparung von bis zu 1,7 TWh/a bei Betrachtung des gesamten deutschen Stromnetzes. Dies entspricht dem Stromverbrauch von 480.000 Haushalten, einer Reduzierung der Netzverluste um ca. 8 Prozent oder einer Einsparung von knapp 1 Mio. t CO₂ pro Jahr.

4 Blindleistungs-Management

Wirkungsvoller als ein höherer Kompensationsgrad ist die Einführung eines aktiven Blindleistungs-Managements. Damit ließen sich Blindleistungs-Flüsse optimal einstellen, indem Blindleistung mittels dezentraler Blindleistungs-Quellen und einer netzzustandsabhängigen Regelung je nach Bedarf und direkt vor Ort bereitgestellt wird. Hierdurch kann beispielsweise die Reduzierung der Übertragungsverluste, die Optimierung der Spannungshaltung sowie die Minimierung des Blindleistungs-Bezugs aus vorgelagerten oder eine gezielte Blindleistungs-Bereitstellung für angrenzende Netzebenen realisiert werden.

Damit ein Blindleistungs-Management überhaupt eingeführt werden kann, müssen regionale Blindleistungs-Märkte bzw. Beschaffungsprozesse für die Blindleistung etabliert werden. Ausgehend von einem Verschiebungsfaktor von $\cos\varphi = 1,00$ an den Anschlusspunkten betrieblicher Abnehmer und DEA sollte der Verteilungsnetzbetreiber (VNB) zur Deckung des Blindleistungs-Bedarfs verpflichtet werden. Alternativ zu konventionellen Maßnahmen besteht dann die Möglichkeit, das Blindleistungs-Verhalten von Endkunden kostenpflichtig zu nutzen. Somit erhält Blindleistung einen finanziell fassbaren Wert, ungeachtet dessen, ob sie für die Spannungshaltung oder den Bilanzausgleich eingesetzt wird.

Blindleistungs-Quellen können betriebliche Kompensationsanlagen (vorwiegend kapazitiv), dezentrale Erzeugungsanlagen (DEA) oder netzeigene Kompensationsanlagen sein. Aufseiten der Betriebe besteht vielfach eine kostengünstige Möglichkeit, eine Kompensationsanlage aufgrund der vorhandenen Räumlichkeiten und der vorhandenen Anschlüsse mit einer Leistung von 400 kvar zu erweitern. Ebenso gibt es eine Reihe von inzwischen ungenutzter Kompensationsleistung z. B. in Betrieben, die auf drehzahlgeregelte Antriebe umgestellt haben. Schon aus Kostengründen bieten sich daher Betriebe als zukünftiger Blindleistungs-Lieferant direkt vor Ort an.

Bei der Nutzung dezentraler Blindleistungs-Quellen muss immer die Einhaltung der zulässigen Spannungsgrenzen mitberücksichtigt werden. Deshalb kann der Anlagenstandort für die Nutzbarkeit zum Ausgleich der Blindleistungs-Bilanz (Eigen- oder Fremdbilanzausgleich) oder zur Spannungshaltung ausschlaggebend sein. Regelbare Ortsnetztransformatoren ermöglichen eine vom Standort unabhängige Nutzung der Blindleistungs-Quellen.

5 Fazit und Ausblick

Im Rahmen dieser Studie wurde der Einfluss eines erhöhten Kompensationsgrads auf das Netz untersucht sowie ein zukünftiges Blindleistungs-Management skizziert. Unter Berücksichtigung des derzeit bestehenden regulatorischen Rahmens ist eine Steigerung des Kompensationsgrads auf $\cos\varphi = 0,95$ aus technischer Sicht dieser Studie¹ für das gesamte Netz als erster Schritt auf dem Weg hin zu einem Blindleistungs-Management empfehlenswert.

Bilaterale Vereinbarungen zwischen VNB und Kunden zur Blindleistungs-Erbringung sind bereits heute denkbar, führen aber ohne den notwendigen regulatorischen Rahmen und die etablierten Prozesse zur Beschaffung von Blindleistung über finanzielle Anreize zu keinem volkswirtschaftlich günstigen und energieeffizienten Netzbetrieb. Deshalb sind für die Einführung eines fairen Blindleistungs-Markts umfassende Änderungen im Netzbetrieb und beim regulatorischen Rahmen erforderlich.

Weitergehende Fragen zur Einführung und Organisation des Blindleistungs-Managements sind allerdings noch unbeantwortet. Es besteht dringender Diskussionsbedarf zwischen Übertragungsnetzbetreibern, Verteilungsnetzbetreibern, Blindleistungs-Kunden und -anbietern sowie den politisch Verantwortlichen. Zur Untermauerung der Vorteile eines Blindleistungs-Managements werden weitere Forschungsprojekte unter realen Netzverhältnissen empfohlen.

¹ Genauere Analysen sind nötig, um den optimalen $\cos\varphi$ -Wert zwischen 0,95 und 1,00 zu ermitteln.



ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik-
und Elektronikindustrie e.V.
Lyoner Straße 9
60528 Frankfurt am Main
Telefon: +49 69 6302-0
Fax: +49 69 6302-317
E-Mail: zvei@zvei.org
www.zvei.org