

## **Die elektrische Leistung in Verteilnetzen - Der Zusammenhang von Wirkleistung und Blindleistung**

### **Stromverteilung im Verteilnetz**

Die GeraNetz GmbH(GNG) ist der örtliche Verteilnetzbetreiber in Gera. Sie bietet den Lieferanten ein zuverlässiges Netz zur Versorgung der Endkunden mit elektrischer Energie. Die Energieverteilung für alle Anschlussnehmer und Einspeiseanlagen erfolgt vorwiegend über Erdkabel. In Teilbereichen z.B. in ländlichen Gebieten werden auch noch Freileitungen eingesetzt.

Im Netzgebiet der GNG werden folgende Spannungsebenen betrieben:

- Niederspannungsnetz (400V)
- Mittelspannungsnetz (10 kV und 20 kV)
- Hochspannungsnetz (110 kV)

### **Warum werden verschiedene Spannungsebenen eingesetzt?**

Die Energie soll wirtschaftlich und technisch sinnvoll verteilt werden. Je höher die Spannungsebene ist, desto wirtschaftlicher kann eine größere Leistung über längere Entfernungen verteilt werden (kleine Leitungsverluste, geringer Materialeinsatz). Die Umspannung zwischen den Spannungsebenen erfolgt durch Transformatoren, die eine Eingangsspannung in eine gewünschte Ausgangsspannung umwandeln. Immer öfter sind Erzeugungsanlagen auch am NS-Netz angeschlossen und speisen die erzeugte Energie z.B. aus einer PV-Anlage hier ein. Größere Erzeugungsanlagen sind je Leistungsgröße in den genannten Spannungsebenen angeschlossen.

### **Zusammenhang von Schein-, Wirk- und Blindleistung**

#### **Was ist elektrische Scheinleistung?**

Die elektrische Scheinleistung gibt den Wert an, welcher die elektrischen Betriebsmittel (Transformatoren, Sicherungen, Leitungen) eines Verteilnetzes tatsächlich belastet. Somit ist der Wert der elektrischen Scheinleistung ausschlaggebend für die Dimensionierung des Netzes durch den Netzbetreiber. Die Scheinleistung setzt sich aus Wirkleistung und Blindleistung zusammen.

#### **Was ist die elektrische Wirkleistung?**

Die elektrische Wirkleistung ist der Anteil der Scheinleistung, welcher beim Endkunden durch Verbraucher in andere Energieformen (Wärme, Bewegung, etc.) umgewandelt werden kann. Bei rein ohmschen Verbrauchern entspricht die Wirkleistung der Scheinleistung.

## **Was ist elektrische Blindleistung?**

Rein ohmsche Lasten zählen zur Seltenheit in teils sehr komplexen Verbrauchsstrukturen von Endkunden. Sobald kapazitive (Kondensatoren) oder induktive (Spulen) Blindwiderstände das Verbrauchsverhalten bestimmen, fließen Blindströme. Diese Blindströme entstehen beim Auf- und Abbau von elektrischen und magnetischen Feldern, welche zur Funktion der Verbraucher benötigt werden. Blindströme pendeln daher nur zwischen Erzeuger und Verbraucher hin und her, wodurch keine Wirkarbeit am Verbraucher verrichtet werden kann. Diese Blindströme belasten jedoch zusätzlich die elektrischen Betriebsmittel (bspw. Leitungen) des Netzes, welche dementsprechend dimensioniert werden müssen.

## **Was sind kapazitive und induktive Blindleistungen und wie werden sie hervorgerufen?**

Blindleistungen werden durch Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung hervorgerufen. Rein ohmsche Verbraucher rufen keine Phasenverschiebung hervor. Induktive Blindströme werden von Spulen hervorgerufen. Die elektrische Spannung eilt dem elektrischen Strom voraus. Der ständige Auf- und Abbau eines Magnetfeldes in den Spulen lässt den induktiven Blindstrom zwischen Erzeuger und Verbraucher pendeln. Typische elektrische Betriebsmittel, welche induktive Blindströme hervorrufen, sind Motoren, Pumpen oder Transformatoren.

Kapazitive Blindströme werden von Kondensatoren hervorgerufen. Die elektrische Spannung eilt dem elektrischen Strom hinterher. Der ständige Auf- und Abbau eines elektrischen Feldes beim Laden und Entladen eines Kondensators lässt den kapazitiven Blindstrom zwischen Erzeuger und Last (Verbraucher) pendeln. Typische elektrische Betriebsmittel, welche kapazitive Blindströme hervorrufen, sind Kabel oder Gleichrichter. Je nach Verhältnis von Größe und Anzahl verbauter induktiver, kapazitiver und ohmscher Widerstände entsteht die benötigte Gesamtblindleistung des Verbrauchers.

Das typischste Verbrauchsverhalten ist ohmsch-induktiv.

## **Welche Auswirkungen hat die Blindleistung auf das Verteilnetz?**

Erhöhte Blindleistungen belasten die Infrastruktur des Netzes zusätzlich. Die übertragene Blindleistung ist ebenso ausschlaggebend für Leitungsverluste (hohe Ströme → Wärmeentwicklung → Transportverluste) wie die reine Wirkleistung. Wird nun das Verhältnis von Wirk- zu Blindleistung außer Acht gelassen, kann der Leitungsverlust zu erhöhten Kosten führen und im Extremfall kann beim Endkunden nicht ausreichend Wirkenergie bereitgestellt werden.

Die Netzspannung muss vom Netzbetreiber bis auf einen geringen Toleranzbereich exakt eingehalten werden, um elektrische Verbraucher vor Schäden zu schützen. Unkontrollierte kapazitive und induktive Blindströme führen zu erhöhten oder zu niedrigen Netzspannungen, welche eine gesicherte Versorgung gefährdet. Mit diesen Erkenntnissen kann der Netzbetreiber durch gezielte Einspeisung von Blindströmen die Netzspannung stabil halten.

## **Wie kann die Blindleistungsauslastung im Verteilnetz gesteuert werden?**

Blindleistungen können nicht vermieden werden und sind sogar wichtig für die Übertragung elektrischer Energie und den Betrieb von elektrischen Verbrauchern. Um die Dimensionierung der elektrischen Betriebsmittel in Verteilnetzen nicht ins Unermessliche steigen zu lassen und dem Endkunden verhältnismäßig viel Wirkleistung zur Verfügung zu stellen, ist der Verteilnetzbetreiber an der Kompensation von Blindleistung sehr interessiert. Induktive und kapazitive Blindströme können sich unter bestimmten Voraussetzungen gegenseitig aufheben.

## **Wie wird die Kompensation realisiert?**

Blindleistungskompensationsanlagen werden direkt beim Endkunden verbaut und werden zur Teil- oder Vollkompensation von Blindströmen genutzt. Die Blindströme pendeln nur zwischen Verbraucher und der Kompensationsanlage und belasten somit das Netz nicht zusätzlich. Dem Endkunden wird keine Bereitstellung von Blindenergie in Rechnung gestellt und die Dimensionierungen der elektrischen Betriebsmittel im Netz (Transformatoren, Leitungen, etc.) können kleiner ausfallen, wodurch weitere Kosten und Ressourcen eingespart werden.

## **Beispiel**

Eine Produktionsfirma benötigt zur Herstellung ihrer Produkte viele Maschinen und Förderbänder, welche von Motoren angetrieben werden. Induktive Blindströme treten beim Auf- und Abbau von Magnetfeldern in Motoren auf und pendeln über das Verteilnetz zwischen Verbraucher und Erzeuger. Dadurch wird die Leitung neben der Wirkleistung zusätzlich von der Blindleistung belastet.

Je geringer der Blindleistungsanteil auf der Leitung im Verteilnetz ist, umso mehr Wirkleistung kann zur Verfügung gestellt werden. Eine Kompensationsanlage in Form von parallel geschalteten Kondensatoren (hoher induktiver Blindstrom wird durch kapazitiven Blindstrom der Kondensatoren kompensiert) in der Nähe des Verbrauchers hätte zur Folge, dass der Blindstrom zwischen Kondensatoren und Motoren pendelt und die zusätzliche Belastung des Verteilnetzes komplett entfällt oder stark minimiert wird.