

Induktion und Transformator

Grundwissen

Energieübertragung durch Hochspannung

Das Wichtigste auf einen Blick

- Zum Transport von elektrischer Energie über große Entfernungen werden Hochspannungsleitung genutzt.
- Durch den Nutzen hoher Spannungen kann der in den Leitung fließende Strom klein gehalten werden.
- Hohe Spannungen reduzieren die Verlustleistung auf dem Transportweg.

[Vorlesen](#)

Warum überhaupt Hochspannungsmasten?

Im Folgenden kannst du an einem einfachen, konkreten Beispiel erfahren, warum es sinnvoll und notwendig ist, für die Übertragung von elektrischer Energie über große Distanzen den Aufwand mit Hochspannungsmasten, Umspannwerken und Transformatorhäuschen zu betreiben.

Beispiel ohne Hochspannungsleitungen

Ein Einödhof ist ca. $(10\,\text{km})$ von einem Elektrizitätswerk entfernt. Es soll zunächst ohne Hochspannungstechnik gearbeitet werden. Die Hin- und Rückleitung vom E-Werk zum Hof sollen zusammen einen Widerstand von $(15\,\Omega)$ besitzen.

In der folgenden Animation werden dabei drei verschiedene Phasen mit jeweils zunehmendem Energiebedarf beim Nutzer dargestellt. Dabei wird jeweils die **in der Fernleitung in Wärme umgesetzte Leistung (P_L)** , die **vom Generator des E-Werks abzugebende Leistung (P_G)** und der **Wirkungsgrad (η)** der Anordnung berechnet.

- **1. Phase:** Zunächst wird als Verbraucher nur eine $(230\,\text{V})/(100\,\text{W})$ -Glühlampe angeschlossen, die einen Widerstand von etwa $(530\,\Omega)$ besitzt.
- **2. Phase:** Dann wird davon ausgegangen, dass nun zehn Glühlampen $(230\,\text{V})/(1000\,\text{W})$ angeschlossen sind. Die durchzuführenden Rechnungen sind genauso wie in der ersten Phase.
- **3. Phase:** Schließlich wird davon ausgegangen, dass neben Glühlampen auch noch Maschinen betrieben werden. Die beim Verbraucher umgesetzte Leistung soll insgesamt $(10\,000\,\text{W})$ bei $(230\,\text{V})$ betragen.

Abb. 1 Leistungsverluste bei einer Fernübertragungsleitung mit Niederspannung

Ergebnis

An dem Beispiel kannst du erkennen, dass mit zunehmender Verbraucherleistung (P_V) der Strom in der Leitung größer wird. Da die Verlustleistung in der Leitung (P_L) wegen $(P_L = I^2 \cdot R_L)$ quadratisch vom Strom abhängt, steigt die Verlustleistung (P_L) überproportional an. Der Wirkungsgrad der Anordnung sinkt stark ab.

Maßnahmen zur Absenkung der Verlustleistung

An obiger Formel erkennt man sofort, dass zwei Maßnahmen erfolgversprechend sein werden:

- **Verminderung von (R_L) :** Hierzu müsste der Querschnitt der Hin- und Rückleitung erhöht werden. Die würde einen sehr hohen Materialverbrauch zu Folge haben. Außerdem müssten die Masten, welche die nun sehr schweren Leitungen tragen verstärkt werden. **Fazit:** Der Verminderung von (R_L) sind technische und wirtschaftliche Grenzen gesetzt.
- **Verminderung von (I) :** Möchte man bei obiger Anordnung den Strom (I) in der Leitung klein halten, dann darf man nur eine kleine Generatorspannung verwenden. Dies hätte zur Folge, dass die beim Verbraucher zur Verfügung stehende Leistung auch sehr klein ist. Die Verbraucher wären unzufrieden.

Einsatz von Hochspannung ist gewinnbringend

Mit Hilfe von Transformatoren kann die Spannung beim Transport der elektrischen Energie erhöht (und später wieder reduziert) werden. So gelingt es den Strom in der Fernleitung klein zu halten und trotzdem dem Verbraucher die gewünschte (hohe) Leistung zur Verfügung zu stellen.

Abb. 1 Aufbau einer Fernübertragungsleitung mit Hochspannung

Zusammenfassung

- Durch den linken Transformator (Windungszahlen $(N_1 \mid N_2)$) wird die Generatorspannung hochtransformiert. Geht man davon aus, dass der Transformator weitgehend verlustlos arbeitet, so steht auf der Sekundärseite des linken Transformators die vom Generator abgegebene Leistung zur Verfügung, allerdings mit sehr hoher Spannung (U_G^*) und relativ kleinem Strom (I_L) .
- Am rechten Transformator (Windungszahlen $(N_3 \mid N_4)$) wird die Hochspannung (U_V^*) wieder auf eine für die Verbraucher praktikable Spannung (U_V) herunter transformiert.
- Durch den relativ kleinen Leitungsstrom (I_L) können die Verluste in der Fernleitung klein gehalten werden.

Achtung: Bei der Berechnung der Verlustleistung (P_L) in der Fernleitung wird häufig die Spannung (U_G^*) verwendet. Es ist allerdings zu beachten, dass diese Spannung nur zum Teil an der Fernleitung anliegt (ein anderer Teil liegt am rechten Trafo an).

Es ist daher sinnvoll bei der Berechnung der Verlustleistung in der Fernleitung den Strom (I_L) zu verwenden, wie dies auch bei den Vorüberlegungen geschehen ist. Vergleiche hierzu auch die Musteraufgaben!



© Joachim Herz Stiftung