

# Leistung beim sinusförmigen Wechselstrom

Bildquellen: uwa

Partner: © A&W Verlag AG / SVBA-ASETA-ASITA / AGVS/UPSA / Urs Wartenweiler

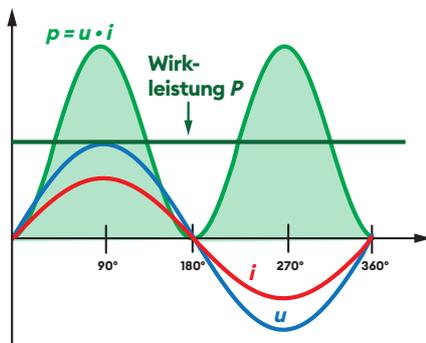
Sponsoren: **Derendinger** **TECHNOMAG**

## Wirkleistung

Die Wirkleistung ist die Leistung, die am Verbraucher für die Nutzung bereitsteht. Sie kann beispielsweise an der Lampe für die Erzeugung von Licht, an der Heizung für Wärme und im Elektromotor für den Antrieb eines Autos genutzt werden. Angegeben wird die Wirkleistung mit dem Formelzeichen  $P$  und der Einheit Watt (W). Der Stromzähler im Haushalt misst diese Leistung, so dass nur die tatsächlich nutzbare Energie gemessen und verrechnet wird.

Wirkt eine sinusförmige Wechselspannung auf einen rein ohmschen Widerstand, sind Spannung und Strom zu jedem Zeitpunkt in Phase (Phasenwinkel  $\varphi = 0^\circ$ ). Der Momentanwert der Leistung  $p = u \cdot i$  ist deshalb zu jedem Zeitpunkt positiv. Gegenüber der Spannung und des Stromes schwingt die Leistung mit der doppelten Frequenz.

Berechnen lässt sich die Wirkleistung, indem der Maximalwert durch 2 geteilt wird. Sind die Effektivwerte von Spannung und Strom bekannt, kann die Wirkleistung auch mit der folgenden Formel bestimmt werden:  $P = U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}}$ . Die Fläche unterhalb der Leistungskurve (im Diagramm grün gezeichnet) entspricht der verrichteten Arbeit.

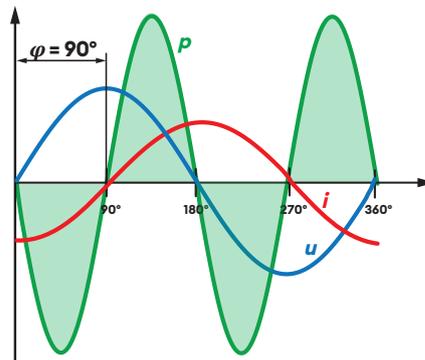


Bei ohmschen Widerständen sind Spannung und Strom immer in Phase. Die Leistung ist das Produkt aus Spannung und Strom.

## Blindleistung

Die Leistung, die sich nicht nutzen lässt, wird als Blindleistung bezeichnet. Sie ist «blind», weil mit ihr keine Geräte und Maschinen betrieben werden können. Trotzdem ist die Blindleistung nicht nutzlos, weil mit ihr in Spulen Magnetfelder aufgebaut und Kondensatoren geladen werden.

Bei einer idealen, also verlustfreien Spule eilt der Strom der Spannung um  $90^\circ$  (oder um  $\pi/2$  nach). In der Zeit, in der Strom und Spannung das gleiche Vorzeichen haben, ist auch die Momentanleistung positiv, so dass das Magnetfeld aufgebaut werden kann. Wenn der Strom und die Spannung entgegengesetzte Vorzeichen haben, wird die Momentanleistung negativ, was gleichbedeutend mit einem Abbau des Magnetfeldes ist. Die Energie pendelt also lediglich zwischen der Induktivität und der Spannungsquelle hin und her. Der Mittelwert ist dabei null.



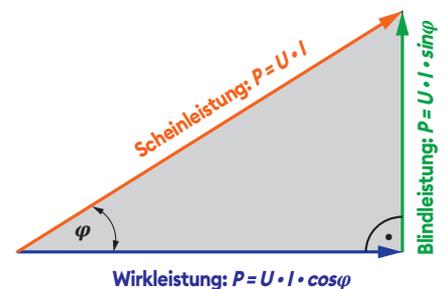
Die Wechselstromleistung bei einer idealen Spule pendelt bei doppelter Frequenz hin und her. Die aufgenommene und die abgegebene Leistungen sind identisch.

Bei der Kapazität passiert prinzipiell das Gleiche wie bei der Induktivität. Weil der Strom jetzt der Spannung um  $90^\circ$  (oder  $\pi/2$ ) voreilt, ändert sich nur das Vorzeichen. Die Blindleistung wird dabei zum Aufbau des elektrischen Feldes benötigt.

Beim Abbau wird die genau gleich grosse Leistung wieder abgegeben. Die Energie pendelt also wiederum hin und her, während der Mittelwert null ist. Wenn die Blindleistung  $Q = U \cdot I \cdot \sin\varphi$  grösser null ist, nimmt der Verbraucher Blindleistung auf, was induktives Verhalten genannt wird. Wenn sie kleiner als null ist, gibt der Verbraucher Blindleistung an die Quelle ab (kapazitives Verhalten). Um die Blindleistung klar von der Wirkleistung abzugrenzen, ist deren Einheit nicht Watt (W), sondern Voltampere Reaktiv (var).

## Scheinleistung

In der Realität haben sowohl die Spule als auch der Kondensator und deren Zuleitungen immer einen ohmschen Widerstand, der sich durch eine Erwärmung bemerkbar macht. Diese Erwärmung wird durch die Wirkleistung verursacht. Neben der Blindleistung haben wir deshalb immer auch eine Wirkleistung. Die elektrischen Geräte und auch die Leitungen müssen deshalb für die Kombination beider Leistungen ausgelegt sein. Die Leistung, die sowohl Blind- als auch Wirkleistung berücksichtigt, nennt man Scheinleistung. Sie kann mit Hilfe des rechtwinkligen Dreiecks berechnet werden nach der Formel:  $S^2 = P^2 + Q^2$ .



Das Leistungsrechteck zeigt den Zusammenhang von Wirk-, Blind- und Scheinleistung, abhängig vom Phasenwinkel  $\varphi$ .

Die Scheinleistung ist eine rechnerische Grösse, die keine unmittelbare physikalische Bedeutung hat und wird in der Einheit Voltampere (VA) angegeben.

Das Verhältnis von der Wirkleistung zu der Scheinleistung ist der Leistungsfaktor  $\lambda$ . Dieser heisst bei sinusförmigen Wechselspannungen auch Wirkfaktor und entspricht  $\cos\varphi$ . Bei nichtsinusförmigen Wechselspannungen sind Oberschwingungen vorhanden, die dazu führen, dass keine einheitliche Phasenverschiebung vorliegt.

Der Leistungsfaktor liegt zwischen 0 und 1, wobei er bei guten Motoren in der Regel 0,85 bis 0,95 beträgt. Bei Sinusgrössen wird zusätzlich auch vom Blindfaktor gesprochen. Dieser ist das Verhältnis von der Blindleistung zu der Scheinleistung. Er entspricht dem  $\sin\varphi$ .

ohmscher Widerstand	idealer Kondensator	ideale Spule
Wirkwiderstand	Blindwiderstand	Blindwiderstand
umgesetzte Leistung ist Wirkleistung	umgesetzte Leistung ist Blindleistung	umgesetzte Leistung ist Blindleistung
nicht frequenzabhängig	frequenzabhängig	frequenzabhängig
Strom synchron zur Spannung	Strom eilt der Spannung vor	Strom eilt der Spannung nach
Phasenwinkel $0^\circ$	Phasenwinkel $-90^\circ$	Phasenwinkel $+90^\circ$
Einheit: Watt (W)	Einheit: Voltampere Reaktiv (var)	Einheit: Voltampere Reaktiv (var)