

Wir haben aus den mit verzweigten Leitungsnetzen durchgeführten Berechnungen gelernt, daß bei der Parallelschaltung die Gesamtstromstärke mit der Anzahl der Apparate wächst und daß in dem gleichen Verhältnisse der Gesamtwiderstand abnimmt. Die Stromstärken verteilen sich umgekehrt proportional den Widerständen, d. h. der Apparat mit dem kleinsten Widerstand erhält die größte Stromstärke zugeführt, während große Widerstände geringere Stromstärken verbrauchen. Hieraus geht hervor, daß Apparate von geringer Kraftentfaltung höhere Widerstände haben müssen, als solche von kräftiger Wirkung.

Die gute Funktion der in Parallelschaltung betriebenen Apparate setzt eine Stromquelle voraus, deren Leistung so bemessen ist, daß sie ohne Überanstrengung die Summe aller durch die sämtlichen Apparate fließenden Teilströme dauernd liefern kann. Die für Parallelschaltung bestimmten Elemente müssen demzufolge von erheblich größeren Dimensionen sein, als solche für die Serienschaltung bestimmte, da sie andernfalls die ihnen entnommenen Stromstärken nicht dauernd liefern können.

Der Spannungsabfall.

In dem Beispiel 4 und den folgenden wurde der summierte Widerstand der einzelnen Apparate als der Gesamtwiderstand der Anlage bezeichnet. Dies ist nicht ganz richtig, denn außer den Apparaten enthält jede elektrische Anlage noch einen weiteren Widerstand, und zwar denjenigen, den die Leitungen dem Stromdurchgang entgegensehen. Der Leitungswiderstand ist um so größer, je schlechter das Metall leitet, aus welchem die Leitungen hergestellt sind und je dünner und je länger diese Leitungen sind.

Der in Ohm ausgedrückte Widerstandswert eines Leiters von 1 m Länge und 1 qmm (mm²) Querschnitt wird als der spezifische Leitungswiderstand bezeichnet. Er gilt für eine Temperatur von 15° C und ist von der Leitfähigkeit, also dem Material des Leiters direkt abhängig. Die nachstehende Aufstellung enthält die spezifischen Widerstände der hauptsächlich als Leiter gebrauchten und als chemisch rein gedachten Metalle.

Spezifischer Widerstand einiger Metalle:

Für Kupfer	0,0172
„ Eisen	0,11
„ Nickel	0,43
„ Platin	0,094
„ Silber	0,016
„ Zink	0,06
„ Zinn	0,14
„ Quecksilber	0,95
„ Blei	0,208
„ Aluminium	0,04

Weil auch das beste Leitungskupfer nicht ganz rein ist und weil sich alle Leitungen durch den Stromdurchgang mehr oder weniger erwärmen und dadurch an Widerstand zunehmen, so werden technische Leitungsberechnungen mit einem spezifischen Widerstand des Kupfers von 0,018 durchgeführt.

Ist der Querschnitt und die Länge eines Leiters sowie sein spezifischer Widerstand bekannt, so kann man den wirklichen Widerstand leicht berechnen.

Ein Kupferleiter mit dem spezifischen Widerstand 0,018 wird bei einer Länge von 2 m und einem Querschnitt von 1 mm² einen Widerstand von $0,018 \cdot 2 = 0,036 \Omega$ haben. Ist der Querschnitt aber 2 mm² groß, so wird der Widerstand betragen

$$\frac{0,018 \cdot 2}{2} = 0,018 \Omega,$$

denn mit der Zunahme des Querschnittes muß der Widerstand sinken. Dementsprechend lautet die Formel zur Berechnung des Widerstandes eines Leiters aus dem spezifischen Widerstand:

$$W = \frac{a \cdot l}{q}, \quad (6)$$

wenn a der spezifische Widerstand, l die Länge und q der Querschnitt des Drahtes ist.

Beispiel 9. Wie groß ist der Widerstand einer Kupferleitung von 800 m Länge und 6 mm² Querschnitt?

Antwort. Bei einem spezifischen Widerstand des Kupfers von 0,018 erhalten wir

$$\frac{0,018 \cdot 800}{6} = 2,4 \Omega.$$

In der Praxis wird es erforderlich, aus dem bekannten oder meßbaren Durchmesser einer Leitung oder Wicklung den Querschnitt abzuleiten. Dies geschieht nach der Formel

$$Q = r^2 \cdot \pi. \quad (7)$$

Q ist der gesuchte Querschnitt, r der Radius der Leitung und das Zeichen π (Pi) bedeutet die Zahl 3,14. In die Formel (6) ist also anstatt des Buchstaben q der Wert $r^2 \cdot \pi$ einzusetzen, wenn bei der Widerstandsberechnung der Querschnitt der Leitung unbekannt ist und man alsdann den Durchmesser nachmessen muß. Dieser ist bekanntlich doppelt so groß, als der Radius. Der gemessene Durchmesser ist mithin durch 2 zu teilen, um r zu finden.

Die neue, aus (6) und (7) abgeleitete Formel lautet demnach

$$W = \frac{a \cdot l}{r^2 \cdot \pi}. \quad (8)$$

Beispiel 10. Wie groß ist der Widerstand einer Kupferleitung von 1000 m Länge und 3 mm Durchmesser?

Antwort. Nach Formel (8) wird der Widerstand

$$\frac{0,018 \cdot 1000}{1,5 \cdot 1,5 \cdot 3,14} = 2,53 \Omega.$$

Wir sehen also, daß jede Leitung ebenso wie die Wicklung eines Apparates einen Widerstand darstellt, der in der Regel nur kleiner, als ein Apparatwiderstand ist, weil der verwendete Kupferdraht einen verhältnismäßig großen Querschnitt hat im Vergleich zu einer Magnetwicklung. Nun ist nach Formel (3) des Ohmschen Gesetzes die Spannung eines Stromes von dem Widerstand und der Stromstärke abhängig. Soll also in einem Leitungszweig oder Apparate von bestimmtem Widerstande eine bestimmte Stromstärke herrschen, so wird dadurch ein gewisses Maß an Spannung verbraucht. Hieraus geht hervor, daß jede Leitung entsprechend der in ihr fließenden Stromstärke und ihrem Widerstande ein Stromverbraucher ist. Wollen wir den Apparaten die zum Betriebe erforderliche Stromstärke zuführen, so werden wir die Spannung der Stromquelle um soviel erhöhen müssen, als unter Berücksichtigung des Leitungswiderstandes ein Energieverlust in den Leitungen auftritt. In die Berechnung des Strombedarfs von Anlagen muß also der Leitungswiderstand bzw. der Leitungs-Spannungsverlust eingefügt werden, nach der Formel

$$E = i \cdot (w_1 + w_2). \quad (9)$$

Hier bedeutet E die Spannung der erforderlichen Stromquelle, i die Stromstärke, die von dem Apparate verbraucht wird, w_1 den Widerstand des Apparates und w_2 den Widerstand der Leitung. Enthält die Anlage mehrere Apparate in Hintereinanderschaltung, so entspricht w_1 der Summe aller Apparate.

Beispiel 11. Drei in Serie geschaltete Glocken von je 5 Ω verbrauchen eine Stromstärke von 0,25 Ampere. Die Gesamtlänge der Leitung ist 300 m, der Durchmesser derselben 1,2 mm. Wie hoch muß die Spannung der Stromquelle sein, um den Apparaten die genannte Stromstärke zuzuführen?

Antwort. Nach Formel (8) beträgt der Leitungswiderstand

$$\frac{0,018 \cdot 300}{0,6 \cdot 0,6 \cdot 3,14} = 4,77 \Omega.$$

Dann wird die Spannung sein müssen

$$0,25 \cdot (5 + 5 + 5 + 4,77) = 4,9 \text{ Volt.}$$