

Die Bedeutung des Spannungsverlustes in elektrischen Anlagen.

Von F. Thiesen.

Ein Installateur erhält den Auftrag, eine einfache Klingelanlage mit Türkontakt herzustellen. Er führt den Auftrag aus, indem er Draht von 1 mm Durchmesser mit einem Gesamtwiderstand von 1Ω , eine gute Klingel von 5Ω Widerstand und ein Element mittlerer Grösse verwendet. Die Anlage arbeitet ohne Störung.

Nach längerer Zeit kommt die Bestellung, in dem 70 m von der Batterie entfernten Mädchenzimmer eine durch Druckknopf zu betätigende Klingel anzubringen, was in gleicher Ausführung wie die erste Anlage ausgeführt wird. Diese Klingel versagt aber nach kurzer Zeit, so dass ein zweites Element zugeschaltet wird. Dadurch ist Abhilfe geschaffen, bis der Besitzer der Anlage eine zweite Klingel zugleich mit der in dem Mädchenzimmer installierten in einem nahegelegenen Zimmer in Tätigkeit treten zu lassen wünscht. Der Installateur löst die Aufgabe, indem er die zweite Klingel der ersten parallel schaltet. Nach kurzer Zeit ertönt aber keine Klingel mehr, und auch das Ansetzen eines dritten Elementes hilft nur für kurze Zeit. Nun geht ein für Kunden und Installateur ärgerliches Probieren an, welches im Suchen aller möglichen Fehler, in öfterer Batteriereinigung und in dem Einstellen oder vielmehr Verstellen der Klingelkontakte zum Ausdruck kommt. Schliesslich entfernt der Installateur die beiden zuletzt angebrachten Glocken und schaltet dafür zwei neue, mit Nebenschlusskontakten versehene ein, die natürlich in Serie (hintereinander) arbeiten. Infolge des überlauten Klingelns wird das dritte Element entfernt, und nunmehr funktioniert die ganze Anlage dauernd gut.

Dieses Beispiel ist typisch für viele ähnliche Fälle. Wir wollen nun die Einzelvorgänge, wie sie durch die Veränderung der Anlage entstehen, mit Hilfe geeigneter Berechnungen analysieren, um dadurch einen Einblick in die Verhältnisse zu gewinnen und damit ein Mittel an der Hand zu haben, eine Installation richtig auszuführen.

Ein guter Rasselwecker für den üblichen Nahegebrauch hat einen Widerstand von rund 5 Ohm, er arbeitet, mit einem neuen Elemente (1.5 Volt) kurzgeschlossen, sehr kräftig, spricht auch noch bei einer Spannung von 0.8 Volt an. Schlechtere, billige Wecker haben einen geringeren Widerstand, der manchmal unter 3Ω bleibt, sie verbrauchen daher eine hohe Stromstärke und erschöpfen die Batterie vorzeitig.

Ein guter Wecker soll dementsprechend mit einer Höchststromstärke von

$$\frac{1,5}{5} = 0,3 \text{ Ampere}$$

und mit einer geringsten Stromstärke von

$$\frac{0,8}{5} = 0,16 \text{ Ampere}$$

arbeiten. Dies sei den nachstehenden Untersuchungen vorausgeschickt.

Wenn in einem Stromkreise mehr als ein Widerstand hintereinandergeschaltet sind, so verteilt sich die in diesem Stromkreise bestehende Spannung gemäss den Kirchhoffschen Gesetzen auf diese Widerstände proportional ihrer Widerstandswerte. Wenn man also an die einzelnen Widerstände nacheinander ein Voltmeter legt, so wird man finden, dass der grösste Widerstand die höchste Klemmenspannung zeigt und dass ferner die Summe aller Klemmenspannungen der einzelnen Widerstände gleich der in dem Stromkreise herrschenden Gesamtspannung ist.

Verändert man nun in einem derartigen Stromkreise das Verhältnis der hintereinander (in Serie) liegenden Widerstände zueinander, indem man einen derselben durch einen grösseren oder kleineren ersetzt, so muss dadurch auch folgerichtigerweise das Verhältnis der Klemmenspannungen der einzelnen Widerstände zueinander ein anderes werden. Mit anderen Worten: Durch Veränderung eines oder auch mehrerer Widerstände in diesem Stromkreise erhalten die Klemmenspannungen aller hintereinanderliegenden Widerstände einen anderen Wert.

Wenn sich in einem Stromkreise der Gesamtwiderstand ändert, so ändert sich damit auch die Stromstärke, denn nach dem Ohmschen Gesetz ist

$$\text{Stromstärke} = \frac{\text{Spannung}}{\text{Widerstand}} \text{ oder } J = \frac{E}{W}$$

Weil nun zufolge der Kirchhoffschen Gesetze das Ohmsche Gesetz auch für jeden beliebigen Teil eines Stromkreises, also nicht nur für den ganzen Stromkreis, gilt, so kann man dann die Spannungsverhältnisse der einzelnen Widerstände in Stromkreisen jederzeit berechnen, wenn man die Stromstärke kennt, denn für jeden eingeschalteten Apparat, für jeden einzelnen Leitungsabschnitt eines Stromkreises gilt die Beziehung

$$\text{Spannung} = \text{Stromstärke} \times \text{Widerstand} \text{ oder } E = J \cdot W$$

In Stromkreisen mit hintereinandergeschalteten Apparaten kann es nur eine Stromstärke geben, die alle Widerstände der Reihe nach durchfliesst.

In Stromkreisen mit parallelgeschalteten Widerständen fliessen so viele Teilströme, als Widerstände parallel geschaltet sind. Die Höhe dieser Teilströme ist abhängig von der Spannung, die von der Stromquelle geliefert wird, und den einzelnen Parallelwiderständen; sie berechnet sich für jeden Widerstand nach dem Ohmschen Gesetz.

Weil jeder Leiter, je nach seiner Länge und seinem Querschnitt, einen bestimmten, rechnerisch feststellbaren Widerstand darstellt, so bilden die Verbindungsleitungen von Stromquelle und Apparaten auch Widerstände, die, entsprechend ihren Widerstandswerten, eine gewisse Spannung aufnehmen. Diese Spannung, die von den Leitungen aufgenommen wird, bedeutet für jede Anlage einen direkten Verlust, und man bezeichnet sie daher mit „Leitungs-Spannungsverlust“, auch kurz „Spannungsverlust“.

Ein Rechnungsbeispiel soll diese Ausführungen noch deutlicher machen.

Eine Anlage erhielt eine Batterie mit einer Klemmenspannung von 3 Volt, der betriebene Apparat hatte 10Ω , die Leitungen zusammen 2Ω Widerstand. Wie gross war die Stromstärke, die Klemmenspannung des Apparates und der Spannungsverlust?

Die Stromstärke betrug

$$\frac{3}{10 + 2} = 0,25 \text{ Ampere.}$$

Dann erhielt der Apparat eine Spannung zugeführt von

$$10 \cdot 0,25 = 2,5 \text{ Volt,}$$

und der Leitungs-Spannungsverlust wurde

$$2 \cdot 0,25 = 0,5 \text{ Volt.}$$

Die gedachte Anlage wurde später dahin geändert, dass der Apparat viel weiter entfernt von der Batterie verlegt wurde, so dass die Leitungen nicht mehr 2 , sondern 5Ω Widerstand hatten. Wie waren nunmehr die Verhältnisse?

Jetzt änderte sich die Stromstärke in

$$\frac{3}{10 + 5} = 0,20 \text{ Ampere,}$$

die Klemmenspannung des Apparates betrug nun

$$10 \cdot 0,2 = 2 \text{ Volt}$$

und der Leitungs-Spannungsverlust

$$5 \cdot 0,2 = 1 \text{ Volt.}$$

Erläuternd sei bemerkt, dass man unter „Klemmenspannung“ diejenige Spannung versteht, die während des Kontaktschlusses an den Klemmen des Apparates oder der Batterie messbar ist.

Durch die verlängerte Leitung erhöhte sich also der Spannungsverlust um 0,5 Volt und um den gleichen Betrag wurde die Apparat-Klemmenspannung erniedrigt. Verträgt auch der Apparat diese ermässigte Energiezufuhr, so wird doch in solchen Fällen viel früher der Moment eintreten, wo die Batteriespannung, die ja durch den Betrieb nach und nach sinkt, an der Minimalgrenze angelangt ist. In ähnlichen Fällen handelt nur der Installateur richtig, der eine um soviel stärkere Leitung verlegt, dass sie trotz ihrer grösseren Länge keinen höheren Widerstand besitzt, als die alte.