

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

**Die elektrischen Gleichstromleitungen mit Rücksicht auf
ihre Elastizität**

Teichmüller, Joachim

Stuttgart, 1898

Einleitung

[urn:nbn:de:bsz:31-289940](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-289940)

Einleitung.

I. Das Wesen der Leitungen; Einteilung ihrer Behandlung.

1. Definition. Unter einer elektrischen Leitung versteht man einen elektrischen Leiter, der vermöge seiner Gestalt und dadurch, dass er isoliert ist, die Fähigkeit besitzt, den elektrischen Strom fortzuleiten. Eine Leitung besteht also nie aus dem Leiter allein, sondern immer aus dem Leiter in Verbindung mit seinem Isolator, seiner Isolation.

Um eine solche Leitung für den Betrieb einer elektrischen Anlage verwenden zu können, ist es nötig, sie in ordnungsmässiger, eine lange Betriebsdauer versprechender Weise zu verlegen, die einzelnen Stücke dauernd oder lösbar zu verbinden, Leitungsverzweigungen herzustellen und dergl. mehr. Durch diese Zusammenstellung entsteht eine Leitungsanlage, worunter also der Teil einer elektrischen Anlage zu verstehen ist, der den Verbraucher mit dem Erzeuger der elektrischen Energie verbindet; nicht selten gebraucht man auch hierfür das Wort Leitung.

2. Einteilung. Die Elektrotechnik stellt die Aufgabe, die Leitungen den in einer auszuführenden Anlage an sie zu stellenden Forderungen durch Berechnung, durch Konstruktion und durch die Art der Verlegung anzupassen, oder eine bestehende Anlage durch Berechnung und durch Messung zu prüfen. Die Lehre von den elektrischen Leitungen kann man hiernach einteilen in die Lehre

1. von der Berechnung der Leitungen,
2. von der Bauart und der Herstellung der Leitungen,
3. von der Verlegung der Leitungen und der Herstellung und Prüfung der Leitungsanlagen.

Zur Berechnung der Leitungen ist die Kenntnis des Zweckes, den sie erfüllen sollen, der Bedingungen, denen sie ge-

nügen sollen, und die Kenntnis der physikalischen Gesetze und der finanziellen Beziehungen erforderlich, auf Grund deren die Berechnung erfolgen kann.

Die Bauart der Leitungen wird sich wesentlich nach dem Zwecke, dem die Leitung dienen soll, wie er der Berechnung zu Grunde gelegt wurde, zu richten haben. Der durch dieses Ziel bestimmten Bauart wird man in der Ausführung — soweit nicht andere Gründe hinderlich sind — um so näher kommen, je vollkommener die Herstellungsweise der Leitungen ist.

Auch die Verlegungsart der Leitungen und die Herstellung der Leitungsanlagen wird von der Aufgabe, die sie erfüllen sollen, abhängig sein.

Welcher Art sind nun die Aufgaben, deren Verschiedenheit Berechnung, Bauart und Verlegungsart der Leitungen beeinflussen kann?

Zur Beantwortung dieser Frage muss man das gesamte Gebiet der Elektrotechnik überblicken, denn keine elektrische Anlage ist ohne alle Leitungen denkbar. Man kann nun die Elektrotechnik einteilen in eine Starkstromtechnik und in eine Schwachstromtechnik, und die erstere wiederum in eine Gleichstromtechnik und in eine Wechselstromtechnik. Wenn diese Einteilung auch nicht streng wissenschaftlich ist, so ist sie doch für die praktische Elektrotechnik sehr charakteristisch und auch für die Behandlung der elektrischen Leitungen sehr gut brauchbar. Man kann also die Leitungen hiernach einteilen in

1. Gleichstromleitungen,
2. Wechselstromleitungen,
3. Schwachstromleitungen.

Die hiermit gegebene doppelte Einteilung soll uns bei den folgenden Betrachtungen leiten: Wir teilen zunächst in die zuerst gegebenen drei Abschnitte und besprechen innerhalb derselben nach einander die Gleichstrom-, die Wechselstrom- und die Schwachstromleitungen.

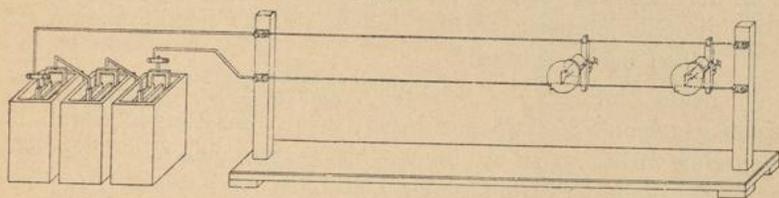
II. Beobachtung der einfachsten Erscheinungen beim Funktionieren der Leitungen.

3. Versuche. Um die Wirkungsweise einer Leitung kennen zu lernen, stellen wir uns eine kleine Anlage folgendermassen her:

Zwischen zwei 1,5 m von einander entfernten Holzpfeilen sind zwei Kupferdrähte von 1 mm Durchmesser isoliert von einander ausgespannt und an ihrem einen Ende durch starke, kurze Drähte

mit je einem Pole einer aus drei Zellen bestehenden Akkumulatorbatterie angeschlossen. Zwischen den beiden Drähten können Stäbchen festgeklemmt werden, an denen je eine Glühlampe für 6 Volt Spannung und 11 Ampere normalen Stromverbrauch befestigt ist und zwar in der Weise, dass die Pole der Glühlampen mit den beiden Drähten leitend verbunden sind, wenn ein kleiner Stöpsel an den Stäbchen, der als Ausschalter dient, eingesteckt

Fig. 1.



ist. An dieser Einrichtung, die in Fig. 1 abgebildet ist, kann man folgende Beobachtungen machen:

1. Man schalte zwei Lampen dicht neben einander an dem Anfange der Leitung (in der Nähe der Akkumulatoren) ein; die Lampen brennen dann gleich hell, sie sind also thatsächlich von gleicher Konstruktion. Das Ausschalten einer Lampe übt auf die andere keinen Einfluss aus.

2. Verschiebt man die eine der beiden Lampen bis an das Ende der Leitung, so nimmt ihre Leuchtkraft allmählich ab, bis sie am Ende am geringsten ist.

3. Schaltet man auch die zweite Lampe am Ende der Leitung ein, so brennen beide Lampen dunkler, als am Anfange, und dunkler, als wenn nur eine Lampe eingeschaltet ist. Verschiebt man die eine Lampe nach vorn, so wird die Intensität beider stärker, bis schliesslich die Verhältnisse wie unter der zweiten Beobachtung erreicht sind.

4. Tauscht man die Kupferdrähte gegen Eisendrähte oder Nickelindrähte von gleichem Durchmesser (1 mm) aus und wiederholt die Versuche, so beobachtet man, dass die Erscheinungen in verstärktem Masse hervortreten, im übrigen aber dieselben sind wie bei der Kupferleitung; bei den Nickelindrähten glüht die am Ende eingeschaltete Lampe überhaupt nicht mehr.

5. Wählt man die Leitungen von demselben Material, aber kleinerem Querschnitt, so beobachtet man, dass diese Verringerung des Querschnittes ebenfalls die Erscheinungen in verstärktem Masse zum Ausdruck kommen lässt.

6. In allen Fällen kann eine Erwärmung der vom Strome durchflossenen Drähte beobachtet werden, die sich unter Umständen bis zur beginnenden Rotglut der Drähte steigert.

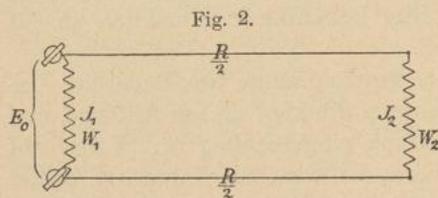
4. Schlussfolgerung. Die Versuche haben gezeigt, dass beim Betriebe elektrischer Leitungen zweierlei Einflüsse zu beachten sind, nämlich

1. der Einfluss, der auf die Leitung ausgeübt wird, insofern diese durch den Strom erwärmt wird,
2. der Einfluss, den die Leitung auf die Stromempfänger, hier die Glühlampen, ausübt, indem sie das Funktionieren derselben beeinträchtigt.

Beide Einflüsse sind schädlich, und es gilt, die Leitungen für einen gegebenen Fall so anzulegen, ihre Abmessungen durch Berechnung vorher so zu bestimmen, dass weder eine schädliche oder gar gefährliche Erwärmung der Leitungen und deren Umgebung stattfinden, noch das Funktionieren der Stromempfänger merklich gestört werden kann. Die Grundlage für diese Berechnung haben wir in den mathematisch zu formulierenden physikalischen Gesetzen der Elektrizitätslehre zu suchen.

5. Erklärung der beobachteten Erscheinungen auf Grund physikalischer Gesetze. Die Ursache der geringeren Leuchtkraft der am Ende der Leitung eingeschalteten Lampe ist offenbar die geringere Erwärmung ihres Kohlenfadens, des Nutzwiderstandes W_2 (Fig. 2);

es wird also in diesem eine kleinere elektrische Arbeit in Wärme umgesetzt als in der ersten Glühlampe. Ueber die Grösse der in einem Leiter durch den elektrischen Strom entwickelten Wärmemenge



gibt nun das Joulesche Gesetz Aufschluss, welches aussagt, dass die in einem Widerstande R durch den Strom J während der Zeit T entwickelte Wärmemenge \mathfrak{B} gleich ist

$$\mathfrak{B} = J^2 R T \dots \dots \dots (1)$$

Es wird also in der ersten der beiden Lampen, deren Widerstände ($W_1 = W_2 = W$) einander gleich sind, die Wärmemenge

$$\mathfrak{B}_1 = J_1^2 W T,$$

in der zweiten Lampe in derselben Zeit die Wärmemenge

$$\mathfrak{B}_2 = J_2^2 W T$$

entwickelt. Dass nun $J_2 < J_1$ ist, lehrt das Ohmsche Gesetz, das zwischen *EMK* oder Klemmenspannung E , Widerstand R und Strom J die Beziehung aufstellt

$$J = \frac{E}{R}, \text{ worin } R = \frac{L}{Q} \varrho \dots \dots \dots (2)$$

Hierin bedeutet L die Länge, Q den Querschnitt der Leitung, während ϱ , der spezifische Widerstand des Leiters, einen dem benutzten Leitermaterial eigentümlichen Wert darstellt, der sich als den Widerstand eines Leiters von der Länge 1 und dem Querschnitt 1 aus dem betreffenden Material zu erkennen giebt. Das Ohmsche Gesetz giebt uns also für die Ströme J_1 und J_2 die Werte

$$J_1 = \frac{E_0}{W} \text{ und } J_2 = \frac{E_0}{R + W},$$

und es ist offenbar $J_1 > J_2$ und

$$\mathfrak{W}_1 > \mathfrak{W}_2.$$

Hiermit ist die unter (2) aufgeführte Beobachtung erklärt und die Notwendigkeit ihres Auftretens bewiesen. Gleichzeitig aber ist auch bewiesen, dass — was unter (5) beobachtet war — bei Anwendung eines kleineren Querschnittes die Leuchtkraft der zweiten Glühlampe noch schwächer sein muss, denn in diesem Falle ist, wie sich aus den Gleichungen (2) ergibt, der Widerstand R der Leitung grösser, die Stromstärke also kleiner geworden, als sie bei Benutzung der Leitung von grösserem Querschnitte war. Und wenn wir nun die vierte Beobachtung betrachten, bei der die Vertauschung des Materials allein dieselbe Wirkung hervorgerufen hatte wie bei der fünften Beobachtung eine Verringerung des Querschnittes, so erkennen wir, dass die beiden Metalle Eisen und Nickelin einen höheren spezifischen Widerstand ϱ besitzen müssen als das Kupfer, denn da alle anderen Verhältnisse dieselben geblieben sind, kann die Verringerung der Stromstärke nur durch Vergrösserung des Faktors ϱ hervorgerufen sein.

Der Strom J_2 erwärmt nun aber nicht nur den Nutzwiderstand W_2 , sondern in gleicher Weise den Leitungswiderstand R , da er auch diesen Widerstand durchfliesst. Die Grösse der hierin entwickelten Wärmemenge entspricht der elektrischen Arbeit

$$\mathfrak{W}_L = J_2^2 RT$$

und diese wird, im Gegensatze zu der in den Nutzwiderständen umgesetzten elektrischen Arbeit, ohne Nutzen umgesetzt, wir sind des-

halb berechtigt, diese Grösse als einen Verlust, der in den Leitungen stattfindet, zu bezeichnen. Was wir aber unter (6) besonders zu beobachten Gelegenheit hatten, ist die Thatsache, dass die Wärmemenge \mathfrak{B}_L die Leitungen bis zur Glut erhitzen konnte. Diese Beobachtung nötigt uns, der Erwärmung der Leitungen nähere Beachtung zu schenken; wir kommen damit zur Behandlung des ersten der beiden oben genannten Einflüsse.
