



**Die Deutsche Arbeitsfront**

---

**Das Grundwissen  
des Telegraphenbau-  
handwerkers**

**Teil I**

---

**Herausgeber: Der Reichsorganisationsleiter der NSDAP.**

# Das Grundwissen des Telegraphenbau- handwerkers

Teil I

11. Auflage

Als Manuskript gedruckt

Nr. 370

Verantwortlich:

Amt für Berufserziehung und Betriebsführung der Deutschen Arbeitsfront

Bearbeitet von:

Sachamt Energie - Verkehr - Verwaltung, Abteilung Berufserziehung  
in Zusammenarbeit: Amt für Berufserziehung und Betriebsführung

Zu beziehen durch:

Lehrmittelzentrale der Deutschen Arbeitsfront, Berlin-Zehlendorf, Teltower Damm 87/91

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
I. Das Gesetz über Fernmeldeanlagen vom 14. Januar 1928	7
II. Telegraphenwegegesetz vom 18. Dezember 1899 . . . . .	9
III. Physikalische Grundbegriffe . . . . .	12
1. Die Aufgabe der elektrischen Nachrichtenmittel . . . . .	12
2. Grunderscheinungen der ruhenden Elektrizität . . . . .	13
a) Reibungselektrizität . . . . .	13
b) Übertragung der Reibungselektrizität . . . . .	13
c) Positive und negative Elektrizität . . . . .	13
d) Ladung . . . . .	14
e) Spannung . . . . .	14
f) Kapazität . . . . .	14
g) Influenz . . . . .	15
h) Kondensator . . . . .	15
i) Bauart der Kondensatoren . . . . .	16
k) Kabel- und Leitungskapazität . . . . .	16
l) Atmosphärische Elektrizität . . . . .	17
m) Blizableiter . . . . .	17
IV. Strömende Elektrizität . . . . .	18
1. Allgemeines . . . . .	18
2. Galvanische Elemente . . . . .	19
3. Polarisation . . . . .	21
4. Innerer Widerstand der Elemente . . . . .	21
5. Ausführungsform von Elementen . . . . .	21
6. Sekundär-Elemente (Sammler oder Akkumulatoren) . . . . .	23
7. Bauart der Platten . . . . .	27
8. Plattenfarbe . . . . .	28
9. Leiter und Nichtleiter . . . . .	28
V. Der geschlossene elektrische Stromkreis . . . . .	31
1. Das Ohmsche Gesetz . . . . .	34
2. Spannungsabfall . . . . .	37
3. Stromverzweigung und parallel geschaltete Leiter . . . . .	39
4. Rechenbeispiele . . . . .	41

Als Lehrbuch für weitere Schulung geeignet: „Einführung in die Fernmeldetechnik“ von H. Blasheim. Verlag B. G. Teubner in Leipzig

## Vorwort

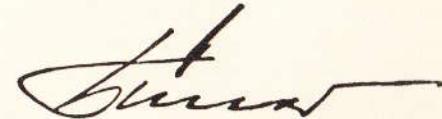
Die Tatsache, daß den Telegraphenarbeitern bei der Deutschen Reichspost die Möglichkeit gegeben ist, nach einer mehrjährigen Tätigkeit die Telegraphenbauhandwerker-Prüfung ablegen zu können, ist ein Beweis für die Förderung und Anerkennung der Leistungen unserer Telegraphenarbeiter. Erfreulich ist auch die eingetretene und die noch beabsichtigte Vermehrung der Stellen für Telegraphenbauhandwerker.

Für die Vorbereitung zur Prüfung hat das Reichspostministerium in der Verfügung IV 8644 — 1 auf die Lehrgänge der Deutschen Arbeitsfront (Abteilung Berufserziehung Postwerker des Fachamtes 10) verwiesen, d. h. also, die Deutsche Reichspost selbst führt keine eigenen Vorbereitungslehrgänge durch.

Um nun die Prüfungsvorbereitung für den Telegraphenarbeiter so zu gestalten, daß er ein gutes Grundwissen erhält und darauf aufbauend sein Fachwissen beherrschen lernt, wurde ein sogenannter 100-Stunden-Plan aufgestellt und im Winterhalbjahr 1935/36 nach diesem Plan die Schulung mit Erfolg durchgeführt. Das beweisen die im Frühjahr 1936 abgehaltenen Prüfungen in Hamburg, München, Stuttgart, Berlin usw., die durchweg gute Noten erbrachten.

Es hat sich aber bei den Lehrgängen das Fehlen einer geeigneten, das Grundwissen kurz und doch möglichst lückenlos zusammenfassenden Arbeitsunterlage bemerkbar gemacht. Aus der praktischen Erfahrung schöpfend, ist die vorliegende Arbeitsunterlage unter Mitwirkung der Herren Telegrapheninspektor Johann Müller-Karlsruhe, Ober-Telegrapheninspektor Wilberg und Telegrapheninspektor Lorenz (Berlin) erarbeitet, die als Hilfsmittel den sich in unseren Kursen vorbereitenden Telegraphenarbeitern zur Verfügung steht.

Heil Hitler!



Leiter des Fachamtes Energie — Verkehr — Verwaltung.

## I. Gesetz über Fernmeldeanlagen vom 14. Januar 1928

### 1. Geschichtliches.

„Das Fernmeldewesen ist Sache des Reiches.“ Dieser Grundsatz galt in Deutschland seit jeher. Durch das alte Gesetz über das Telegraphenwesen (6. 4. 1892) wurde dieser Grundsatz reichsgesetzlich verankert. Das Gesetz hat seit seinem Bestehen mehrere Änderungen erfahren. Die umfangreichsten Änderungen brachte zuletzt das Gesetz vom 3. 12. 1927. Auf Grund dieses Gesetzes ist das alte TG in neuer Fassung unter der Benennung „Gesetz über Fernmeldeanlagen“, abgekürzt FNA, am 14. 1. 1928 verkündet worden. Das FNA ist fortan Grundgesetz für das Fernmelderecht.

### 2. Zweck.

Schaffung eines Alleinrechts der DRP auf Versorgung des Fernmeldeverkehrs innerhalb gewisser Grenzen, die das Gesetz selbst bestimmt. Die Sicherung dieses Rechts erfolgt durch Strafbestimmungen. Für die Zulassung der Benutzer zum Fernmeldeverkehr und für die Handhabung des Fernmeldegeheimnisses sind Grundsätze aufgestellt. Im Falle der Störung elektrischer Anlagen, z. B. Störung von Fernmeldeanlagen durch Induktion, ferner Rundfunkstörungen usw., sind Regelungen festgelegt. Das Gesetz gliedert sich seinem Zweck entsprechend in 24 Paragraphen. Diese sind selbst wieder in 4 Gruppen unterteilt:

- a) Hoheitsvorschriften §§ 1—6,
- b) Benutzungsrecht §§ 7—14,
- c) Strafrechtliche Vorschriften §§ 15—22,
- d) Rechtliche Bestimmungen beim Zusammentreffen mit anderen Anlagen §§ 23—24.

### 3. Begriffsbestimmungen.

Fernmeldeanlagen sind Telegraphenanlagen für die Uebermittlung von Nachrichten, ferner Fernsprech- und Funkanlagen.

### 4. Inhalt.

a) Alleinrecht der DRP. Das Recht zur Errichtung und zum Betrieb von Fernmeldeanlagen steht nur der DRP zu; für Anlagen, die zur Verteidigung des Reiches bestimmt sind, hat dies Recht der Reichskriegsminister. Für Fernmeldeanlagen auf fremden See- und Luftfahrzeugen während ihres Aufenthaltes im Reichsgebiet ist der Betrieb durch Anordnung des RPK geregelt.

Die Befugnis, einzelne Fernmeldeanlagen zu errichten und zu betreiben, kann von der DRP verliehen werden. Hauptsächlich der Funkverkehr ist in dieser Form geordnet. Zuständig für die Verleihung und Festsetzung der Bedingungen sind der RPMin und die von diesem dazu ermächtigten Behörden. Die DRP ist nicht gesetzlich verpflichtet, solche Verleihungen zu erteilen. Eine Ausnahme bilden die T- und F-Anlagen (Drahtverkehr) für den Betrieb von Elektrizitätsunternehmen zur öffentlichen allgemeinen Stromversorgung von Gemeinden oder größeren Gebietsteilen.

Ohne Verleihung können errichtet und betrieben werden:

- aa) Fernmeldeanlagen für den inneren Dienst von Länderbehörden, Gemeinden, Gemeindeverbänden und Reichsbehörden, ferner von Deich-, Siel- und Entwässerungsverbänden;
  - bb) Betriebsstelegraphen (Drahtverkehr) von Transportanstalten (z. B. Eisenbahnen);
  - cc) Privatanlagen innerhalb der Grenzen eines Grundstücks oder zwischen mehreren, durch Eigentum oder Betriebszweck verbundenen Grundstücken, wenn diese Anlagen ausschließlich für den der Benutzung der Grundstücke entsprechenden Verkehr bestimmt sind und wenn diese Grundstücke in der Luftlinie nicht weiter als 25 km voneinander entfernt sind;
  - dd) Fernmeldeanlagen auf deutschen See- und Luftfahrzeugen, soweit diese Anlagen ausschließlich für den Verkehr innerhalb des Fahrzeuges bestimmt sind. Für die Einrichtung und für den Betrieb von Polizeifunkanlagen und Bahnfunkanlagen sind allgemeine Verleihungen erteilt worden.
- b) Zulassungsgrundsatz. Das FWS unterscheidet
- aa) eine Zulassung zum Fernmeldeverkehr allgemein. Voraussetzungen sind: Zahlung der Gebühren und Ordnungsmäßigkeit des Telegramms oder des Gesprächs;
  - bb) eine Zulassung der Eigentümer von Grundstücken zum dauernden Anschluß an die Orts-Fernsprecheinrichtung. Voraussetzung ist die Erfüllung der durch die Fernsprechordnung gestellten Bedingungen.
- c) Gebührenrechtliches. Rückständige Gebühren jeder Art kann die DRP im Verwaltungszwangsverfahren selbständig betreiben.

d) Ausgleich widerstreitender Belange zwischen elektrischen Anlagen. Elektrische Anlagen sind, wenn eine Störung des Betriebes der einen Leitung durch die andere eingetreten oder zu befürchten ist, auf Kosten des Teiles, der durch eine spätere Anlage oder Aenderung der bestehenden Anlagen diese Störung oder die Gefahr einer solchen veranlaßt, so auszuführen, daß sie diese nicht störend beeinflusst.

e) Strafbestimmungen und Strafverfahren. Die hierher gehörenden Vorschriften des FWS betreffen den Schutz gegen verbotene Anlagen und gegen den Mißbrauch erlaubter Anlagen, gegen Störungen des Funkbetriebes. Einziehung von Gegenständen für den Betrieb usw. unerlaubter Anlagen. Erweitertes Durchsuchungsrecht gegenüber verbotenen Anlagen (unter Beteiligung der DRP) sowie die polizeiliche Befugnis der Außerbetriebsetzung und Beseitigung verbotener Anlagen.

## II. Telegraphenwegegesetz vom 18. Dezember 1899

Fernmeldelinien sind meist auf die Benutzung fremder Grundstücke angewiesen. Ein besonderer Wegekörper nach Art der Eisenbahn ist technisch nicht erforderlich und wäre auch wirtschaftlich nicht tragbar. Die Frage des Rechts zur Benutzung fremder Grundstücke spielt daher eine bedeutende Rolle. Das bürgerliche Recht bietet wenig Handhabung zu einem Rechtsanspruch.

### 1. Zweck.

Zur Errichtung von Fernmeldelinien der DRP schafft das FWS ein erleichtertes Benutzungsrecht an öffentlichen Verkehrsweegen und an Grundstücken ohne Verkehrswegeeigenschaft.

### 2. Geschichtliches.

Die DRP hat gewisse gesetzliche oder durch Staatsvertrag begründete Rechte zur Benutzung fremder Grundstücke durch das FWS und hinsichtlich des Bahngeländes durch den Bundesratsbeschuß vom 21. 12. 1868.

Das FWS gibt der DRP ein Recht auf Benutzung der öffentlichen Verkehrswege. Die Benutzung von Grundstücken, die nicht Verkehrswege sind, und von Gebäuden ist der DRP nur in engen Grenzen sondergesetzlich (§ 12 des FWS) eingeräumt. Es darf nur der Luftraum benutzt werden. Ein gesetzliches Recht zur Benutzung des Erdkörpers und der Gebäude zur Einführung der

Leitungen hat die DRP nicht. Zur Sicherung von Privatrechten für die letztgenannten Fälle hat die DRP auf Grund der von den Fernsprechteilnehmern nach § 12 der Fernsprechordnung beizubringenden Hausbesitzererklärung durch Austausch entsprechender Verträge Mietverträge auf die Benutzung privater Grundstücke und Gebäude abgeschlossen.

Eisenbahngelände ist kein öffentlicher Weg. Für Gelände, die dem Bundesratsbeschuß von 1868 unterliegen, gelten dessen Bestimmungen. Weiterhin besteht eine Abmachung zwischen der DRP und der Reichsbahn vom 15. 12. 24, die anlässlich der Elektrifizierung einiger Bahnen ergänzt worden ist. Danach ist die DRP ermächtigt, Bahngelände, das außerhalb des Normalprofils liegt und, soweit es nicht zu Seitengräben benutzt wird, unentgeltlich zu benutzen.

### 3. Aufbau des EWG.

Das Gesetz umfaßt 19 Paragraphen. §§ 1—4 regeln die Rechte auf Benutzung der Verkehrswege und das Rechtsverhältnis der DRP zum Wegeunterhaltungspflichtigen und Baumbesitzer.

§§ 5, 6 und 6a regeln das Verhältnis zu den besonderen Anlagen auf den Verkehrswegen.

§§ 7—10 behandeln das Planfeststellungsverfahren vor Benutzung der Verkehrswege.

§ 12 regelt das Recht auf Benutzung von Privatgrundstücken.

§ 13 regelt den Rechtsweg und die Verjährung bei Ansprüchen aus dem EWG.

§ 18 sieht ein besonderes Ordnungsrecht des RPK vor.

### 4. Inhalt.

a) Benutzung der öffentlichen Wege (auch Plätze, Brücken, Gewässer und deren Ufer). Voraussetzung ist: Die Telegraphen- und Fernsprechlinien müssen der DRP gehören und dem öffentlichen Verkehr dienen. Der Gemeingebrauch der Verkehrswege darf durch sie nicht dauernd beschränkt werden. Auch eine vorübergehende Beschränkung des Gemeingebrauchs ist nach Möglichkeit zu vermeiden. Die Linie ist auf Kosten der DRP abzuändern oder zu beseitigen, wenn sie nachträglich entweder den Gemeingebrauch dauernd beschränkt oder Unterhaltungsarbeiten verhindert oder den vom Wegeunterhaltungspflichtigen beabsichtigten Wege-

änderungen entgegensteht. Sie ist zu beseitigen, wenn der Verkehrsweg eingezogen wird.

b) Das Verhältnis der DRP zum Wegeunterhaltungspflichtigen. Ankosten infolge der Erschwerung der Unterhaltung hat die DRP dem Unterhaltungspflichtigen zu ersetzen. Die DRP setzt nach Beendigung der Arbeiten an der Linie den Weg grundsätzlich selbst instand, doch kann der Unterhaltungspflichtige diese Instandsetzung sich vorbehalten. Die DRP muß ihm dann die Auslagen dafür ersetzen.

c) Das Verhältnis zu dem Besitzer (oder Eigentümer) von Baumpflanzungen am Wege. Schonung der Bäume ist vorgeschrieben. Ausästungen sind nur bedingungsweise zulässig. Die DRP stellt dem Baumbesitzer eine Frist zur Ausästung. Nach Ablauf dieser Frist ästet die DRP selbst aus, wenn der Baumbesitzer die Ausästung selbst nicht bewirkt haben sollte. Ausästungen sind erlaubt in einem Abstand von 60 cm bis höchstens 1 m von der Leitung. Der Schaden an den Bäumen sowie notfalls die Auslagen für die Ausästung sind von der DRP zu ersetzen.

d) Das Verhältnis zu besonderen Anlagen an den benutzten Verkehrswegen (Gas-, Wasser-, Entwässerungsanlagen, Schienenbahnen, elektrische Anlagen usw.). Die spätere Fernmeldelinie darf ältere besondere Anlagen überhaupt nicht stören, spätere besondere Anlagen sollen die ältere Fernmeldelinie möglichst nicht stören. Die Verlegung oder Veränderung vorhandener besonderer Anlagen oder Fernmeldelinien kann, wenn überhaupt, so nur bedingungsweise verlangt werden. Die Kosten auch für die Schutzvorkehrungen, Verbesserungen oder Aenderungen trägt grundsätzlich die spätere Anlage. In häufigen, im § 6 aufgeführten Fällen muß jedoch die DRP, trotzdem sie die ältere Anlage besitzt, alle Ankosten für Verlegung oder Aenderung hinzukommender besonderer Anlagen oder für die Anbringung von Schutzvorrichtungen tragen.

e) Das Planfeststellungsverfahren. Vor Ausführung neuer oder vor wesentlicher Aenderung vorhandener Fernmeldelinien an Verkehrswegen ist ein Plan auszulegen. Dieser wird bei den BA an der Linie öffentlich ausgelegt (vier Wochen) und den Beteiligten mitgeteilt. Gegen den Plan ist Einspruch (vier Wochen), gegen die Einspruchsentscheidung Beschwerde (zwei

Wochen) zulässig. Neuerdings kann die DRP von der Zu- sendung eines Planes an die im § 7 genannten Behörden, Wege- unterhaltungspflichtigen und Unternehmer besonderer Anlagen und von der öffentlichen Auslegung absehen, es bleibt der DRP die Art der Benachrichtigung dieser Kreise überlassen. Einsicht in Pläne darf nur denjenigen gewährt werden, die ein berechtigtes Interesse nachweisen. Einspruchsrecht innerhalb zwei Wochen (Gesetz vom 24. 9. 1935).

f) Ueberkreuzung im Luftraum von Grund- stücken, die nicht Verkehrswege sind. Die Ueber- kreuzung ist nur unter der Bedingung zulässig, daß die Benutzung der Grundstücke nicht wesentlich beeinträchtigt wird. Für jede Beein- trächtigung hat die DRP Ersatz zu leisten. DRP-Angehörige sind zum Betreten der Grundstücke nur zur Vornahme notwendiger Arbeiten berechtigt.

g) Alle bürgerlich-rechtlichen Ansprüche aus dem FWO gehören vor die bürgerlichen Gerichte. Gewisse An- sprüche aber erst nach vorhergegangener Entscheidung der Verwal- tungsbehörde.

h) Zu ergänzenden Anordnungen ist der RPMin ermächtigt.

i) Heeresverwaltung. Die Vorschriften des FWO gelten für Linien, die das Heer für seine Zwecke herstellen läßt, entsprechend.

### III. Physikalische Grundbegriffe

#### 1. Die Aufgabe der elektrischen Nachrichten- mittel.

Elektrische Nachrichtenmittel sind Einrichtungen, durch die eine Naturkraft, Elektrizität genannt, für die Uebermittlung von Nach- richten in die Ferne nutzbar gemacht wird. Zur Beförderung wird ein körperlicher Träger (z. B. ein Brief) nicht benutzt. Die wich- tigsten Nachrichtenmittel sind der Fernsprecher und der Telegraph. Zur Nachrichtenübermittlung sind folgende Teile erforderlich:

- a) die Kraftquelle, die die nötige Kraft, die Elektrizität, liefert,
- b) Apparate, in denen diese Kraft zweckentsprechend wirk- sam gemacht wird, und zwar

Sendeapparate bzw. Empfangsapparate, die die elektrischen Vorgänge in sichtbare oder hörbare Zeichen (beim Telegraphen) oder in Sprechlaute (beim Fernsprecher) umformen.

- c) ein für die Elektrizität gangbarer Weg zwischen Sen- der und Empfänger.

Will man die Wirkungsweise dieser Einrichtungen verstehen, so muß man zuerst das Wesen der Elektrizität in den Grundzügen kennenlernen.

#### 2. Grundercheinungen der ruhenden Elek- trizität.

a) Gewisse Körper erlangen durch Reibung die Eigenschaft, andere leichte Körper anzuziehen und nach der Berührung wieder abzustößen. Diese Eigenschaft bemerkten schon die alten Griechen beim Bernstein, den sie Elektron nannten. Von diesem Wort stammt der Ausdruck „Elektrizität“. Gummi mit Wolle, Glas mit Seide gerieben zeigen diesen elektrischen Zustand, d. h. sie werden elektrisch. Die durch Reibung erzeugte Elektrizität wird Rei- bungselektrizität genannt. Sie befindet sich auf Stoffen in ruhendem Zustand, deshalb bezeichnet man die Reibungselektri- zität auch als ruhende Elektrizität. Später werden wir noch eine andere Art Elektrizität kennenlernen, nämlich die strömende Elektrizität.

b) Wenn nun ein durch Reibung elektrisch gewordener Körper mit einem anderen leichten Körper in Berührung kommt, so wird dieser Körper angezogen und alsdann wieder abgestoßen. Der ab- gestoßene Körper besitzt nunmehr selbst die Eigenschaft — wenn auch nur vorübergehend —, andere leichtere Körper anzuziehen. Wir können daraus schließen, daß er durch die erstmalige Berüh- rung selbst elektrisch geworden ist.

Diese wichtige Erscheinung wollen wir durch folgenden Satz ausdrücken:

Der elektrische Zustand kann von einem elektrischen auf einen unelektrischen Körper durch Berührung übertragen werden.

c) Positive und negative Elektrizität. Versuche haben gezeigt, daß ein Körper, welcher vom Glasstab angezogen und wieder abgestoßen wird, von dem Kautschukstab stark angezogen

wird. Es gibt demnach zwei elektrische Zustände, und man spricht daher von positiver und negativer Elektrizität. Die durch Reibung des Glasstabes erzeugte Elektrizität wird die positive Elektrizität, die durch Reibung des Gummistabes erzeugte wird die negative Elektrizität genannt. Aus dem gegenseitigen Verhalten der beiden Elektrizitätsarten hat man ein weiteres Grundgesetz gefunden, nämlich:

Gleichnamige Elektrizitäten stoßen einander ab, ungleichnamige ziehen einander an.

d) Ladung. Wenn auf einen Körper infolge Berührung Elektrizität übergegangen ist, so bezeichnet man die nunmehr auf ihm vorhandene Elektrizitätsmenge als die elektrische Ladung des Körpers.

e) Spannung. Unter Spannung verstehen wir die Eigenschaft einer Elektrizitätsmenge, eine gewisse Arbeit zu leisten. Die Spannung läßt sich anschaulich mit der Höhenlage vergleichen. Befinden sich zwei Punkte der Erdoberfläche auf gleicher Höhenlage, so kann zwischen ihnen, auch wenn sie unmittelbar miteinander verbunden sind, kein Wasserstrom fließen. Genau wie bei der Flüssigkeit besitzt nun eine elektrische Ladung einen bestimmten Höhenlagenunterschied gegenüber der elektrischen Höhenlage der Erde, deren Höhenlage mit Null angenommen wird. Haben zwei Körper nicht dieselbe elektrische Höhenlage, dann erfolgt bei der Berührung derselben ein Ausgleich der Elektrizitätsmengen. Die Elektrizität kommt in Bewegung, sie fließt so lange, bis beide Teile die gleiche Höhenlage haben. Dann herrscht Gleichgewicht. Wenn wir darüber hinaus eine weitere Bewegung der Elektrizität erreichen wollen, so müssen wir die Ladung des einen Körpers durch Zuführen neuer elektrischer Energien auf eine größere elektrische Höhenlage bringen.

f) Kapazität. Nach dem Vorherigen wissen wir, daß ein elektrischer Körper eine Ladung besitzt. Diese Ladung, d. h. die auf dem Körper befindliche Elektrizitätsmenge, besitzt eine bestimmte Spannung (elektrische Höhenlage gegenüber der Nulllage). Die auf einem Körper befindliche Elektrizitätsmenge und die Spannung stehen in einem bestimmten Verhältnis zueinander. Führt man einem Körper die doppelte Elektrizitätsmenge zu, so steigt die Span-

nung auf das Doppelte. Dieses für einen Körper stets gleichbleibende Verhältnis bezeichnet man als seine Aufnahmefähigkeit (Kapazität). Es gilt also der Satz:

Die Kapazität eines elektrisch geladenen Körpers ist das Verhältnis seiner Elektrizitätsmenge zu seiner Spannung.

Die Größe der Kapazität eines Körpers hängt im wesentlichen von der Größe seiner Oberfläche ab. Die Kapazität einer Fläche von 4 qcm ist doppelt so groß wie die einer Fläche von 2 qcm, d. h. bei gleichbleibender Spannung nimmt die größere Fläche auch eine größere Elektrizitätsmenge auf. Die Kapazität eines über der Erde ausgespannten Drahtes, wie er z. B. als Fernsprechleitung benutzt wird, hängt hauptsächlich von seiner Länge und seiner Stärke ab. Der längere und stärkere Draht hat eine größere Kapazität, kann also bei gleicher Spannung mehr Elektrizität aufnehmen als der kürzere und schwächere.

g) Influenz. Die Elektrisierung eines unelektrischen Körpers durch Annäherung eines elektrisch geladenen Körpers bezeichnet man als Influenz.

h) Kondensator. Die physikalischen Vorgänge sind aus den beiden Darstellungen ersichtlich.

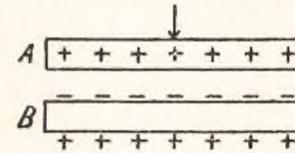


Abb. 1

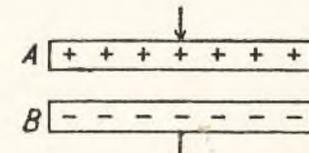


Abb. 2

In Abb. 1 ist eine Metallplatte A positiv geladen. Sie erregt in der von der Erde isolierten Platte B durch Influenz zwei Ladungen. Die der Platte A zugekehrte Seite von B wird negativ, die andere Seite positiv elektrisch.

Verbindet man B mit der Erde (Abb. 2), so fließt die positive Elektrizität ab und die negative bleibt zurück. Die Ladungen ziehen sich nunmehr an und halten sich das Gleichgewicht, so daß die Platten nach außen hin unelektrisch erscheinen. Die Platten können bei solcher Anordnung weit mehr Elektrizität aufnehmen, als das sonst der Fall ist.

Einrichtungen nach diesen Grundgedanken heißen Kondensatoren. Ein Kondensator besteht aus zwei leitenden Belegungen und einer nichtleitenden Zwischenschicht, die man Dielektrikum nennt. Dieses kann Luft oder ein anderer Isolierstoff sein. Jeder Kondensator hat eine bestimmte Aufnahmefähigkeit (Kapazität). Sie wächst mit der Größe und Annäherung der Platten und ist außerdem abhängig von der Art des Dielektrikums. Legt man zwischen zwei Platten, die durch einen Luftzwischenraum getrennt sind, eine dünne Guttaperchaplatt oder einen anderen Isolierstoff, so steigt die Aufnahmefähigkeit an. Die Zahl, die angibt, um wieviel mal größer die Aufnahmefähigkeit des Kondensators bei einem anderen Dielektrikum als Luft ist, nennt man die Dielektrizitätskonstante.

i) Bauart der Kondensatoren. Für Fernmeldeanlagen werden im allgemeinen Kondensatoren mit unveränderlicher Kapazität hergestellt, und zwar

- aa) Platten- oder Blätterkondensatoren,
- bb) Rollen- oder Wickelkondensatoren.

Die erste Art wird hauptsächlich für Meßzwecke benutzt. Die Rollen- oder Wickelkondensatoren sind die gebräuchlichsten; meist erhalten sie Becherform. Aus langen Bändern von Papier und Stanniol (Zinnfolie), die mehrfach abwechselnd aufeinander gelegt werden, bildet man ein Kondensatorband. Dieses Band wird auf einen Dorn aufgewickelt und nach dem Herausnehmen des Dornes in eine rechteckige Form gepreßt. Das Band wird dann, um alle Feuchtigkeit auszutreiben, in Isoliermasse getaucht und in einen Behälter gesteckt, der mit Paraffin ausgegossen wird. Die Enden der Belegung liegen an Lötösen oder Klemmen, die aus dem Behälter herausragen. So entstehen die Kondensatoren, wie wir sie in den Fernsprechgehäusen sehen.

k) Kabel- und Leitungskapazität. Auch die Fernmeldeleitungen haben gewisse Kapazität. So ist bei einer Einzelleitung die Leitung selbst die eine Belegung eines Kondensators, die andere Belegung bildet die Erde, die Luft ist das Dielektrikum. Am größten ist die Kapazität der Kabelleitungen. Die Leiter liegen hier nahe beieinander, und das Dielektrikum wird nicht aus Luft, sondern aus Papier (Papier- und Lufttraum), Faserstoffen oder Guttapercha gebildet. Da die Dielektrizitätskonstanten dieser Stoffe höher als die der Luft sind und zudem der Abstand der

Belegungen sehr gering ist, besitzen die Kabelleitungen eine größere Kapazität als Freileitungen.

l) Atmosphärische Elektrizität. Die Lufthülle in der Umgebung unserer Erde, die Atmosphäre, enthält sowohl positive als auch negative Ladungen. Diese Luستهlektrizität äußert sich bei Gewittern sehr heftig. Nähern sich zwei Gewitterwolken mit entgegengesetzten Ladungen einander, so entsteht ein Kondensator, dessen Belegungen die beiden Wolken und dessen Dielektrikum die Luft bildet. Zwischen den beiden Wolken bestehen entsprechend der Stärke ihrer Ladungen und Spannungen sehr starke Anziehungskräfte. Bei genügender Näherung wird das Dielektrikum, die Luft, durchschlagen. Dann entsteht ein starker elektrischer Funke, der Blitz. Die durchschlagenen Luftschichten werden stark erschüttert. Diese Erschütterung nimmt das menschliche Ohr als Donner wahr. Blitze treten nicht nur zwischen zwei Wolken sondern auch zwischen einer geladenen Wolke und der Erde auf. Die Wolke stellt dabei die eine Belegung eines Kondensators und die Erde die andere dar. Bei genügender Annäherung wird auch hier die trennende Luftschicht durchschlagen.

m) Blitzableiter. Um die schädlichen Einwirkungen der atmosphärischen Elektrizität zu vermeiden bzw. zu vermindern, bringt man an den Gebäuden Blitzableiter an. Dadurch soll dem Blitz eine so starke und günstige Ableitung zur Erde geboten werden, daß er seinen Weg nur über diese Ableitung und nicht über das zu schützende Gebäude nimmt. Zu diesem Zwecke setzt man auf die höchsten Teile des zu schützenden Gebäudes nach oben zugespitzte Metallstangen, die man untereinander und mit Erde verbindet. Der Drahtquerschnitt ist möglichst groß zu nehmen. Der in den Erdboden führende Draht (Erdeleitung) muß hinreichend tief, möglichst in Grundwasser, eingebettet werden, damit die elektrischen Ladungen sicher zur Erde abgeleitet werden.

Nähert sich einem solchen Gebäude eine Gewitterwolke mit positiver Ladung, so strömt durch Influenzwirkung negative Elektrizität in die Blitzableiteranlage. Diese ist an den Spitzen besonders dicht. Die inneren Abstoßungskräfte der auf der Blitzableiteranlage befindlichen negativen Ladung sind hier am stärksten. Es werden sozusagen die Teilchen auf der Spitze durch die darunter sitzenden zahlreichen Teilchen in die Luft geschleudert, wo sie sich mit den positiven Teilchen der Wolkenelektrizität vereinigen. Die negative Elektrizität strömt so lange aus, wie die positive Ladung der

Gewitterwolke in der Nähe ist, und verringert dadurch dauernd die positive Ladung der Wolke, so daß es nicht zum Blitze kommt. An Stelle der plötzlichen gefährlichen Vereinigung großer Elektrizitätsmengen durch eine Blitzfunkenentladung ist die allmähliche, ungefährliche durch Spitzenentladung getreten. Nähert sich eine stark geladene Wolke sehr rasch, so ist ein Elektrizitätsausgleich durch Spitzenentladung nicht völlig möglich. Die dann unvermeidliche Funkenentladung wird aber in ihrer Wirkung dadurch gemildert, daß der Blitz im Blitzableiter einen gut leitenden Weg zur Erde findet und andere Teile des Gebäudes weniger oder gar nicht berührt werden. Zum Schutze der Fernmeldeanlagen und des Bedienungspersonals vor den schädlichen Einwirkungen der atmosphärischen Elektrizität dienen Leitungs- und App.-Blitzableiter. Wie diese Einrichtungen beschaffen sind und wie sie wirken, werden wir später kennenlernen.

#### IV. Strömende Elektrizität

1. Allgemeines. Für die Technik der elektrischen Nachrichtenmittel kommt die ruhende Elektrizität bisher nicht in Frage. Zur Abermittlung von Nachrichten vom Sender zum Empfänger benötigen wir eine Elektrizitätsbewegung.

Die Bewegung von Elektrizitätsmengen nennen wir elektrischen Strom.

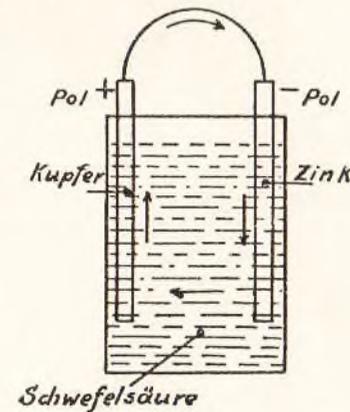
Die Bewegung hört auf, wenn die Spannungen ausgeglichen sind, d. h. wenn kein Spannungsunterschied mehr besteht. Wollen wir einen elektrischen Strom zwischen zwei metallisch verbundenen Punkten hervorrufen, so müssen wir an diesen Punkten zuerst Spannungen verschiedener Größen erzeugen.

Wir wissen, daß auch bei der ruhenden Elektrizität eine Bewegung der Elektrizität eintritt. Diese Bewegung vollzieht sich jedoch sehr rasch, der Strom ist deshalb nur von kurzer Dauer und sehr geringer Stärke. In der Fernmeldetechnik benötigt man aber Ströme von längerer Dauer und größerer Stärke. Um solche zu erzeugen, braucht man Elektrizitätsquellen, die einen Spannungsunterschied zwischen zwei Punkten dauernd aufrechterhalten. Solche Elektrizitätszeuger lassen sich mit den uns bekannten Mitteln der Reibung und Influenz wohl herstellen; ihre Energie ist jedoch zu gering. Stärkere und geeignetere Elektrizitätsquellen stehen uns in den galvanischen Elementen und anderen Stromerzeugern zur Verfügung.

2. Galvanische Elemente. Der italienische Gelehrte Volta machte, angeregt durch die Untersuchung seines Landsmannes Galvani, die Beobachtung, daß bei Berührung verschiedenartiger Metalle diese verschieden stark elektrisch werden. Die Ergebnisse seiner Forschungen ordnete er in einer sogenannten Spannungsreihe. Ihre wesentlichsten Glieder sind: Zink, Blei, Eisen, Kupfer, Silber, Gold, Platin, Kohle und Braunstein.

Der Spannungsunterschied zwischen zwei Gliedern der Reihe ist um so größer, je weiter sie in der Spannungsreihe voneinander entfernt sind. Der Spannungsunterschied und die Elektrizitätsmengen sind jedoch nur sehr gering. Eine ergiebigerer Elektrizitätsquelle erhielt Volta erst, als er zwei Stäbe verschiedener Metalle in ein mit verdünnter Schwefelsäure gefülltes Glasgefäß eintauchte. Eine derartige Anordnung bezeichnet man als galvanisches Element.

Seine Hauptbestandteile sind zwei verschiedenartige Metalle in einer Flüssigkeit, z. B. Kupfer und Zink in verdünnter Schwefelsäure (s. Abb.).



Schwefelsäure

Abb. 3

Die Flüssigkeit im Element besteht entweder aus einer mit Wasser verdünnten Säure oder aus der wässrigen Lösung eines Salzes. Die beiden Metalle bezeichnet man als Elektroden. Ihre aus der Flüssigkeit herausragenden Teile sind die Pole. Die Flüssigkeit selbst nennt man Elektrolyt.

Jedes Element enthält zwei Elektroden in einem Elektrolyten. Bei dem vorseitig dargestellten Zink-Kupfer-Element wird der Kupferpol der positive Pol, der Zinkpol der negative Pol genannt. Verbindet man die beiden Pole mit einem Draht, so kann man einen Strom nachweisen. Der Strom fließt vom positiven Pol zum negativen über den äußeren Schließungsdraht und dann innerhalb des Elements vom Zinkpol zum Kupferpol zurück. Da der Strom fortwährend fließt, muß auch ein dauernder Spannungsunterschied zwischen den beiden Polen vorhanden sein. Dieser Spannungsunterschied entsteht folgendermaßen: Jedes kleinste Teilchen der verdünnten Schwefelsäure besteht aus einer bestimmten Menge Wasserstoffgas mit positiver Ladung und aus dem sog. Säurerest (Schwefel und Sauerstoff) mit negativer Ladung. In der folgenden Abbildung ist dies schematisch dargestellt:

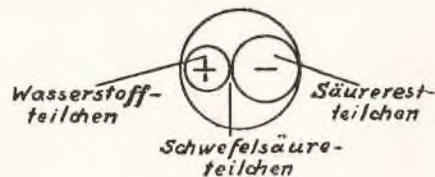


Abb. 4

In dieser Säurelösung sind nun diese Teilchen teils gebunden, teils ungebunden vorhanden. Die ungebundenen Teilchen sind durch Spaltung frei geworden. Sobald die beiden Pole des Elements verbunden werden, treten freie negative Teilchen an das Zink, geben ihre Ladung ab und verbinden sich mit Zinkteilchen zu Zinkvitriol. Das metallische Zink löst sich dabei teilweise in der Flüssigkeit auf. Die freien positiven Wasserstoffteilchen treten an das Kupfer, geben ihre positive Ladung ab und setzen sich am Kupfer fest.

Bei der Stromlieferung lösen sich dauernd positive Teilchen vom Kupferpol und fließen über den Draht zum Zinkpol, wo sie sich mit dem negativen vereinigen, d. h., sie heben die negativen Teilchen auf. Dieser Verlust wird durch die Zufuhr beider Elektrizitätsarten aus den Elektrolyten durch weitere Spaltung gebundener Teilchen immer wieder gedeckt. Die elektrischen Ladungen der beiden Elektroden bleiben dadurch dieselben, damit bleibt der Spannungsunterschied erhalten. Es erfolgt somit eine dauernde Bewegung der Elektrizität, d. h., der elektrische Strom fließt dauernd.

Die Ursache für die Aufrechterhaltung des Spannungsunterschiedes rührt von dem chemischen Vorgang im Element her, im vorliegenden Fall von der Zersetzung des Zinks durch die Schwefelsäure und von der Bildung des Wasserstoffgases. Die Fähigkeit des Elements, durch diesen chemischen Vorgang einen Spannungsunterschied zwischen den beiden Polen aufrechtzuerhalten, nennt man die elektromotorische Kraft (EMK.) des Elements. Bei allen chemischen Vorgängen in Elementen ändert sich die Beschaffenheit der Elektroden durch Stoffverbrauch. Aus diesem Stoffverbrauch wird die Energie gewonnen, die wir als elektromotorische Kraft bezeichnen.

3. Polarisation. Je länger der Strom im Zink-Kupfer-Element fließt, um so mehr Wasserstoffbläschen setzen sich auf dem Kupfer fest, bis die ganze Elektrode damit bedeckt ist. In diesem Augenblick hört nicht nur der Strom auf, sondern die neu entstandene Wasserstoffgaselektrode erzeugt zusammen mit der Zinkelektrode einen schwachen Strom entgegengesetzter Richtung. Diesen Vorgang nennt man Polarisation. Er muß verhindert werden, weil polarisierende Elemente praktisch unbrauchbar sind. Am einfachsten ist es, den Wasserstoff chemisch zu binden, ehe er die positive Platte erreicht. Zu diesem Zwecke bringt man in die Nähe der Kupferelektrode Stoffe, die viel Sauerstoff enthalten. Treten nunmehr Wasserstoffteilchen an das Kupfer, so vereinigen sie sich nach Abgabe ihrer positiven Ladung mit dem Sauerstoff zu Wasser und können sich nicht mehr am Kupfer festsetzen. Eine zur Verhinderung der Polarisation verwendete sauerstoffreiche chemische Verbindung nennt man Depolarisator.

4. Innerer Widerstand der Elemente. Die galvanischen Elemente setzen dem Durchgang des Stromes einen gewissen Widerstand, den man mit „innerem Widerstand“ bezeichnet, entgegen. Um diesen Widerstand recht niedrig zu halten, müssen die Elektroden möglichst groß und nahe beieinander sein. Ferner muß die Flüssigkeit ein gutes Leitvermögen haben. Der innere Widerstand ist zu Beginn der Benutzung des Elements am kleinsten, er steigt allmählich und ist am Ende der Benutzungszeit am größten.

5. Ausführungsform von Elementen. Nach der Gestalt, die der Elektrolyt hat, werden nasse und trockene Elemente unterschieden. In nassen Elementen ist der Elektrolyt flüssig, in Trockenelementen ist die Flüssigkeit an Gips, Sägespäne, Gelatine und ähnliche Stoffe gebunden, damit sie nicht ausfließen kann. Mit

dem Aufbau der nassen Elemente wollen wir uns nicht befassen, da diese Elemente durch den Sammler verdrängt worden sind. Die Trockenelemente werden noch häufig verwendet. Es sind Zink-Kohlenelemente.

Den Aufbau zeigt die folgende Zeichnung.

In dem meist viereckigen Isolierbecher *a* steht auf der Isolierschicht *b* die becherförmige Zinkelektrode *c* mit dem Poldraht *d*.

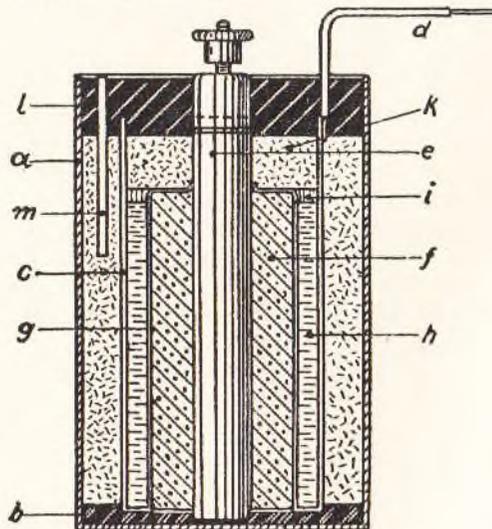


Abb. 5

Der Kohlenstab *e* mit einer Klemmschraube ist von einer Mischung *f* aus Braunstein und Graphit als Depolarisator umgeben, die durch eine Hülle *g* aus Nesseltgaze geschützt ist. Zink und Kohle sind in die den Boden bedeckende Asphalttschicht eingedrückt. Als Elektrolyt dient eine Salmiaklösung *h*, die durch Bindung an ein Verdickungsmittel in die Form einer Paste übergeführt ist. Als Abschluss des Zinkbeckers dient eine dünne Paraffinschicht *l*. Aber dieser Schicht liegt der sog. Gasraum *k*, der mit Reisspreu gefüllt ist und nach außen durch den Pecherguß *l*, in dem das Gasabzugsröhrchen *m* steckt, abgeschlossen ist.

Ein galvanisches Element liefert so lange Strom, bis die Stoffe im Element verbraucht sind. In diesem Fall ist ein chemischer Vor-

gang im Element nicht mehr möglich; das Element ist erschöpft. Wollen wir es wieder aufleben lassen, so müssen die verbrauchten Stoffe erneuert werden. Ein galvanisches Element liefert unmittelbar elektrischen Strom. Solche Elemente bezeichnet man deshalb als *Primärelemente* (primus, der erste).

Anderer Stromquellen geben erst Strom ab, wenn ihnen zuvor Strom zugeführt worden ist.

Diese Art Elemente bezeichnet man als *Sekundärelemente* (secundus, der zweite) oder Sammler.

#### 6. Sekundärelemente (Sammler oder Akkumulatoren).

Der Bleisammler enthält als positive und negative Elektroden Bleiplatten, die mit einer wirksamen Masse von Bleisalzen überzogen oder gefüllt und in verdünnter Schwefelsäure gegeneinander isoliert aufgehängt sind. Ein Sammler oder eine Zelle enthält mindestens 3 Platten, eine positive zwischen zwei negativen.

Die Sammler dienen zur Auffpeicherung elektrischer Energie. Bei der Ladung wird elektrische Arbeit zur Erzeugung chemischer Umwandlungen verbraucht und im Sammler aufgespeichert, bei der Entladung wird die elektrische Arbeit unter Rückbildung der chemischen Vorgänge wiedergewonnen.

Der entladene Sammler ist als eine elektrolytische Zelle mit zwei gleichen Elektroden aufzufassen. Diese bestehen an ihrer Oberfläche, da sie in verdünnte Schwefelsäure tauchen, aus einer Blei-Schwefel-Sauerstoffverbindung (Bleisulfat). Sie werden bei der Ladung chemisch gegeneinander verändert. Dann tauchen zwei verschiedene Elektroden in verdünnte Schwefelsäure, und die Zelle ist zum Element geworden.

Nehmen wir an, ein Sammler sei frisch geladen und soll nun entladen werden; wir schließen also einen Widerstand oder einen Stromverbraucher an. Dann sind im Sammler folgende Vorgänge zu beobachten: Der Strom fließt wie bei einem galvanischen Element vom Pluspol über den Stromverbraucher zum Minuspol und im Innern des Sammlers von der Minus- zur Plusplatte. Wir haben auch hier einen geschlossenen Stromkreis. Die *positive* Platte ist in geladenem Zustand mit einer chemischen Verbindung von Blei und Sauerstoff (*Bleisuperoxyd*) bedeckt, die negative besteht aus reinem Blei. Zwischen beiden Platten besteht ein Spannungsunterschied von etwa 2 Volt. Da die Platten eine verhältnismäßig große Oberfläche haben und sich in einem gut leitenden Elektrolyten nahe gegenüberstehen, ist der innere

Widerstand einer solchen Zelle nur gering, und der Sammler kann daher starke Ströme hergeben. Bei der Entladung gehen im Sammler chemische Umwandlungen vor sich. Die Schwefelsäure spaltet sich, wie schon gesagt, dauernd in Wasserstoff und den Schwefelsäurerest. Der elektrisch positive Wasserstoff geht mit dem Strom zur positiven Platte und vereinigt sich mit dem an deren Oberfläche gebundenen Sauerstoff zu Wasser, das vom Elektrolyten aufgenommen wird. Die Oberfläche der positiven Platte geht eine Verbindung mit der sie umgebenden Schwefelsäure ein und wird zu Bleisulfat. Gleichzeitig wandert der negative Säurerest in der dem Strom entgegengesetzten Richtung zur negativen Platte, die aus reinem Blei besteht und verwandelt sie in Bleisulfat. Bei der Entladung werden demnach beide Elektroden nach und nach einander gleich, der Spannungsunterschied zwischen beiden verschwindet und mit ihm die Fähigkeit zur Stromlieferung. Der Elektrolyt ist verdünnt, denn ein erheblicher Teil seines Schwefelsäuregehalts ist zur Bildung von Bleisulfat auf den Platten verbraucht worden, und das bei den chemischen Vorgängen gebildete Wasser hat der Elektrolyt aufgenommen. Der Entladungsvorgang ist im nachstehenden Bild dargestellt.

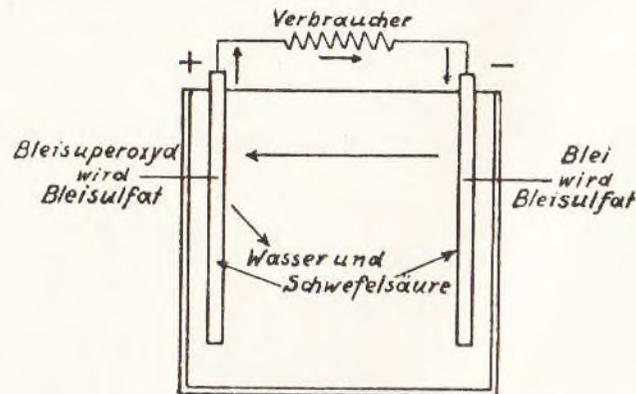


Abb. 6

Nach der Entladung muß der Sammler wieder aufgeladen werden. Man schließt ihn zu diesem Zweck an eine Gleichstromquelle an, und zwar so, daß der positive Pol der Ladestromquelle

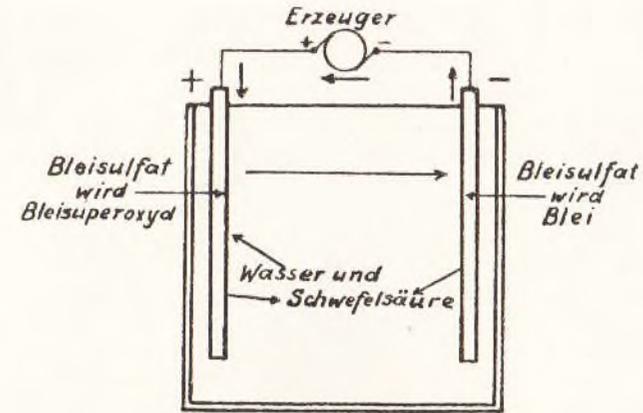


Abb. 7

mit dem positiven Pol des Sammlers verbunden ist. Die Richtung des Ladestromes ist also der des Entladestromes entgegengesetzt, und deshalb verlaufen bei der Ladung auch die chemischen Vorgänge in umgekehrter Richtung. Der positiven Platte wird das Sulfat entzogen und dieses bildet mit dem Wasser des Elektrolyten wieder Schwefelsäure. Dabei wird Sauerstoff frei, der mit dem Blei der positiven Platte eine Blei-Sauerstoffverbindung (Bleisuperoxyd) eingeht. Auch die negative Platte verliert ihr Sulfat, da der durch die schon erwähnte Spaltung kleinster Schwefelsäureteilchen frei werdende positive Wasserstoff von der negativen Platte angezogen wird und sich mit dem auf dieser ruhenden Sulfatschicht zu Schwefelsäure verbindet, wobei die negative Platte zu reinem Blei verwandelt wird. Als Folge der veränderten Beschaffenheit der Elektroden hat sich zwischen ihnen wieder ein Spannungsunterschied entwickelt. Dem Elektrolyten ist die bei der Ladung gebildete Schwefelsäure zugeführt und das zu ihrer Bildung erforderliche Wasser entzogen worden; der Elektrolyt hat sich also wieder verdichtet.

Bei der Ladung ist unbedingt auf richtigen Anschluß der Ladestromquelle zu achten. Sind deren Pole nicht bezeichnet, so können sie leicht auf zwei Arten festgestellt werden.

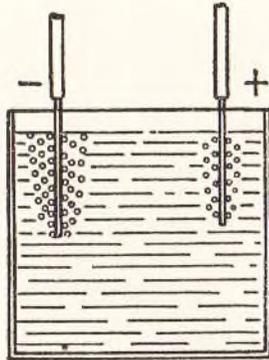


Abb. 8

Von zwei mit der Ladestromquelle verbundenen Drähten wird an den freien Enden auf 2 bis 3 Zentimeter Länge die Isolierung entfernt; die beiden blanken Enden werden dann in einiger Entfernung voneinander in ein mit angesäuertem Wasser (verdünnter Schwefelsäure) gefülltes Gefäß eingetaucht. An beiden Drahtenden kann man dann eine lebhaft, aber verschieden starke Gasentwicklung beobachten. Der Draht, an dem die stärkste Gasentwicklung festzustellen ist, liegt am negativen Pol der Ladeeinrichtung und ist daher mit dem Minuspol der Sammlerbatterie zu verbinden.

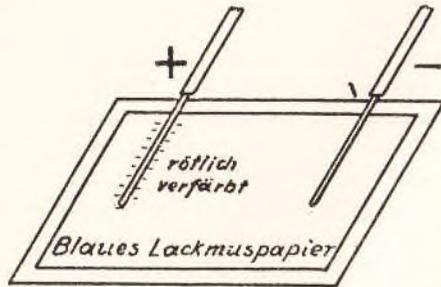


Abb. 9

Noch einfacher gestaltet sich die Polbestimmung, wenn ein Stück blaues Lackmuspapier zur Verfügung steht. Dieses wird leicht angefeuchtet auf eine isolierende Unterlage gelegt. Berührt man dann

das Papier mit den beiden Drahtenden, so verfärbt sich das blaue Lackmuspapier unter dem positiven Pol rötlich.

7. Bauart der Platten. Beim Sammler hängt eine positive Platte stets zwischen zwei negativen; es gehören also zu einer positiven Platte immer zwei negative, zu zwei positiven also drei negative usw. Damit wird bezweckt, daß positive Platten nie einseitig beansprucht werden. Jede nur einseitig benutzte Platte neigt zur Krümmung; das bedeutet für die aus weichem Blei bestehenden negativen Platten keine Gefahr, da sie mit einfachen Mitteln am Verwerfen gehindert werden können. Die positiven Platten aber bestehen aus hartem Bleisuperoxyd; sie würden beim Krümmen eine erhebliche Kraft entwickeln, Kurzschlüsse herbeiführen oder gar den Behälter sprengen.

Bei der Verwendung einfacher Bleiplatten würde sich an deren Oberfläche unter dem Einfluß der Schwefelsäure nur eine dünne Bleisulfatschicht bilden. Die Aufnahmefähigkeit des Sammlers ist aber von der Menge des vorhandenen Bleisulfats abhängig. Diese Sulfatschicht kann durch aufeinanderfolgende Ladungen und Entladungen allmählich verstärkt werden. Dieses Verfahren nennt man *Formieren* der Platten. Um aber von Beginn an eine genügende Aufnahmefähigkeit der Sammler zu erreichen, gibt man den Platten eine sehr große Oberfläche, indem man sie durch ein besonderes Gießverfahren so herstellt, daß sie aus vielen eng aneinanderliegenden dünnen Bleistreifen bestehen, die durch einen äußeren Rahmen zusammengehalten und bei größeren Platten durch Längs- und Querrippen gestützt werden.

Derartige Platten haben ihrer großen Oberfläche wegen, die durch besondere Kunstgriffe (chemische Auflockerung) noch erhöht werden kann, eine genügende Anfangsaufnahmefähigkeit (Kapazität). Man nennt sie *Großoberflächenplatten*.

*Masseplatten.* Erheblich größer ist die Kapazität der Masseplatten. Diese bestehen aus einem gegossenen Bleigitter in einem starken Bleirahmen; in dieses Gitter (meist sind es zwei gegeneinander verschobene Gitter) wird eine aus Bleisalzen (Mennige oder Bleiglätte), Schwefelsäure und geeigneten Quellschlamm bestehende Paste eingestrichen (Gitterplatte), oder die Platte ist durch starke Längs- und Querrippen in Fächer eingeteilt, die auf der einen Seite der Platte durch ein durchlöcheretes Bleiblech abgeschlossen sind. Die so entstandenen Kästen werden mit der schon erwähnten Masse gefüllt und dann auch auf der andern Seite mit

einem durchlöcherten Bleiblech verschlossen (Kastenplatte). Die Masseplatte kann daher entweder eine Gitter- oder eine Kastenplatte sein. Da die eingestrichene Masse aus pulverförmigen Teilchen besteht, die von Schwefelsäure umspült sind, wird sie vollständig in Bleisulfat verwandelt. Daraus ergibt sich die hohe Aufnahmefähigkeit der Masseplatten. Da aber die wirksame oder aktive Masse unter sich und mit dem Bleirahmen nicht innig verbunden ist, dürfen sie nur mit schwachen Strömen belastet werden.

Je nach dem Zweck der Sammler werden diese mit Grobflächen- oder Masseplatten ausgerüstet. Die DNP. verwendet für ihre Sammler als positive Platten meist Grobflächenplatten, als negative Masseplatten.

8. Plattenfarbe. Wie wir nun wissen, besteht die wirksame Masse beim geladenen Sammler an der positiven Platte aus Bleisuperoxyd und an der negativen Platte aus Blei. Im entladene Zustand befindet sich an beiden Platten Bleisulfat (schwefelsaures Blei). Die mit der Ladung und Entladung verbundenen chemischen Umsetzungen machen sich an den Platten auch durch Farbänderungen bemerkbar, die aus der folgenden Zusammenstellung zu ersehen sind.

Ladungszustand:

- + = Platte: tiefdunkelbraun, fast schwarz,
- = Platte: helle Bleifarbe, silbergrau.

Entladungszustand:

- + = Platte: rotbraun,
- = Platte: grau.

Die Wartung der Sammler wird später besonders behandelt.

9. Leiter und Nichtleiter. Bei der ruhenden Elektrizität haben wir Stoffe kennengelernt, die der Bewegung von Elektrizitätsmengen keinen oder nur geringen Widerstand entgegensetzen, das sind die Metalle. Andere Stoffe, z. B. Glas, Porzellan, Gummi usw. setzen der Elektrizitätsbewegung große Hindernisse entgegen. Die Metalle besitzen einen geringen Widerstand, oder, was gleichbedeutend ist, sie leiten die Elektrizität gut, sie haben ein gutes Leitvermögen. Man nennt sie deshalb gute Leiter. Im Gegensatz hierzu haben Gummi, Glas usw. einen hohen Widerstand oder ein schlechtes Leitvermögen. Sie heißen deshalb Nichtleiter oder Isolatoren. Es gibt nun noch

Stoffe, die weder gute noch schlechte Leiter sind. Diese leiten die Elektrizität nur im beschränkten Maße, sie stellen einen verhältnismäßig hohen Widerstand dar. Diese Stoffe bezeichnet man als Halbleiter oder unvollkommene Leiter.

Gute Leiter sind außer sämtlichen Metallen hauptsächlich chemische Säuren, feuchtes Erdreich, salzige Lösungen und Wasser, sofern es nicht chemisch rein ist. Zur Klasse der Halbleiter gehören menschliche und tierische Körper sowie Pflanzen. Zu den Nichtleitern zählen neben Glas und Gummi, Porzellan, Lack, trockenes Papier, Wolle, Seide, Glimmer, Ole, trockene Luft und trockenes Holz.

Technische Verwendung von guten und schlechten Leitern. Zur Herstellung gut leitender Wege für die Elektrizität verwendet man Metalle meist in Form von Drähten. Das Leitvermögen der Metalle unter sich ist verschieden. Sehr gut leitet Silber, dann folgen Kupfer und Bronze (Mischung von Kupfer und Zinn) und Eisen. Zur Herstellung von Leitungsdrähten wird aus Wirtschaftlichkeitsgründen Kupfer und Bronze verwendet. Infolge der Rohstoffverknappung wird neuerdings in verstärktem Maße Aluminium verwendet.

So wie man zur Fortleitung der Elektrizität die guten Leiter benötigt, so notwendig sind auch die Nichtleiter. Diese sollen verhindern, daß die Elektrizität auf benachbarte Leiter übergeht. Man umgibt deshalb den Leiter mit einer nichtleitenden Hülle, d. h., man isoliert ihn. Die hierzu verwendeten Nichtleiter nennt man Isolatoren. Um einen Übergang der Elektrizität zu verhindern, werden die Fernsprech- und Telegraphendrähte isoliert. Man umgibt sie entweder auf ihrer ganzen Länge mit Isolationsmitteln (Gummi, trockenes Papier, Baumwolle, Lack) oder man hängt den Draht frei in der Luft auf und rüstet die Stützpunkte mit Isolatoren aus Porzellan aus.

Widerstand von Drähten. Zur Fortleitung der Elektrizität wird, wie wir nun wissen, Metall in Drahtform verwendet.

Die Metalle setzen aber der Elektrizität, obwohl sie gute Leiter sind, auch einen gewissen Widerstand entgegen. Der Widerstand eines Drahtes ist zunächst abhängig von der Art des verwendeten Metalls. Je besser die Leitfähigkeit, um so geringer der Widerstand (bei gleichen Abmessungen).

Der Silberdraht hat einen geringeren Widerstand als der Eisendraht. Der Widerstand ist weiterhin abhängig von den Abmessungen des Drahtes, das sind Querschnitt und Länge. Das Verhalten des Widerstandes von Drähten können wir mit dem Verhalten einer Wassermenge in einer Rohrleitung vergleichen. Die Größe und Stärke der Strömung des Wassers wird je nach der Beschaffenheit der Leitung, d. h. je nach den Rohrwiderständen verschieden sein. Zunächst hängen diese Widerstände vom Baustoff der Leitung ab. Ein rauhes Betonrohr behindert die Strömung stärker als ein glattes Eisenrohr. Der Beschaffenheit der Rohrwandung entspricht beim Leitungsdraht die Leitfähigkeit. Für eine bestimmte Wassermenge ist die Reibung insgesamt betrachtet um so größer, je länger und enger das Rohr ist.

Länge, Weite und Beschaffenheit haben für das Wasserrohr die gleiche Bedeutung wie Länge, Querschnitt und Leitvermögen des Drahtes für den elektrischen Strom.

Der Widerstand eines Leiters steht im geraden Verhältnis zu seiner Länge und im umgekehrten zu seinem Querschnitt. Die Beschaffenheit des Stoffes ist gegeben durch den spezifischen Widerstand. Er gibt an, wie groß der Widerstand eines Leiters von 1 m Länge und 1 qmm Querschnitt bei einer Temperatur von 15° C ist. Kupfer hat einen spezifischen Widerstand von rund 0,0175, d. h. ein Draht von 1 m Länge und 1 qmm Querschnitt hat einen Widerstand von 0,0175 Ohm.

$$\boxed{R = \frac{s \cdot l}{q} \text{ Ohm.}} \quad \begin{array}{l} \text{Länge in Meter} \\ q = \text{qmm} \end{array}$$

Oft wird auch mit dem umgekehrten Wert von  $s$  gerechnet,  $1/s = k$ .  $k$  wird als Leitwert bezeichnet. Demnach ist auch

$$R = \frac{1}{k \cdot q}$$

$$k = \frac{1}{0,0175} = \text{rd. } 57$$

$$\boxed{R = \frac{1}{57 \cdot q}}$$

### Berechnungsbeispiele:

#### 1. Freileitung 1,5 mm Drahtstärke.

$$\begin{array}{l} l = 300 \text{ m} \\ ? R \end{array}$$

$$R = \frac{s \cdot l}{q}; \quad d = 1,5 \text{ mm} \\ q = \text{Radius} \times \text{Radius} \times 3,14 \\ = 0,75 \times 0,75 \times 3,14 = 1,76 \text{ qmm} \\ (0,0175 \times 300 = 5,25).$$

$$R = \frac{0,0175 \cdot 300}{1,76} = \frac{5,25}{1,76} = 2,98 \text{ Ohm}$$

#### 2. Kabelader 0,8 mm

$$\begin{array}{l} l = 100 \text{ m} \\ ? R \end{array} \quad \begin{array}{l} d = 0,8 \text{ mm} \\ q = 0,503 \text{ qmm} \end{array}$$

$$R = \frac{s \cdot l}{q} = \frac{0,0175 \times 100}{0,503} = \frac{1,75}{0,503} = 3,48 \text{ Ohm}$$

#### 3. Kabelader 0,6 mm

$$\begin{array}{l} l = 100 \text{ m} \\ ? R \end{array} \quad \begin{array}{l} d = 0,6 \text{ mm} \\ q = 0,283 \text{ qmm} \end{array}$$

$$R = \frac{1}{k \cdot q} = \frac{100}{57 \cdot 0,283} = 6,19 \text{ Ohm.}$$

? R für 500 m

## V. Der geschlossene elektrische Stromkreis

Wenn wir die beiden Pole eines galvanischen Elements durch einen Draht miteinander verbinden, so stellen wir einen geschlossenen Stromkreis her. Die wirksame Kraft in diesem Kreis ist, wie wir bereits wissen, die Elektromotorische Kraft (EMK.) des Elements. Diese hält den Spannungsunterschied an den Polen aufrecht und bewirkt dadurch ein Strömen der Elektrizität. Die Vorgänge im geschlossenen Stromkreis wollen wir näher betrachten und feststellen, welche Bedeutung dabei die Spannung, die Stromstärke und der Widerstand haben. Bei der Bewegung der Elektrizität müssen die im Stromkreis vorhandenen Widerstände überwunden werden. Diese Widerstände werden Verlustwiderstand und Nutzwiderstand genannt. Der Verlustwiderstand ist durch die Leitung gegeben, der Nutzwiderstand ist der angeschlossene Verbraucher, z. B. eine Glühlampe.

Beim Wasser wird die Stärke des Wasserstromes bestimmt durch die Menge des in der Sekunde durch ein Rohr fließenden Wassers. Ebenso wird die Stärke des elektrischen Stromes aus der in der Sekunde durch den Leitungsquerschnitt fließenden Elektrizitätsmenge bestimmt. Die Wassermenge, die in einer gewissen Zeit durch das Rohr fließt, ist um so kleiner, je unebener das Rohr im Innern und je länger und dünner es ist. Die gleichen Bedingungen sind auch für den elektrischen Strom im geschlossenen Stromkreis gegeben. Die durch den Schließungsdraht fließende Elektrizitätsmenge ist um so kleiner, je weniger leitfähig, je länger und je dünner der Draht oder je größer sein Widerstand ist. Unsere Ermittlungen können wir zusammenfassen und sagen:

Im geschlossenen elektrischen Stromkreis ist der Strom um so stärker, je größer die elektromotorische Kraft und je kleiner der Widerstand des vom Strom durchflossenen Leiters ist.

Die Maßeinheiten der wichtigsten elektrischen Größen. Die bei den elektrischen Vorgängen wirksamen Größen werden mit besonderen, ihnen eigentümlichen Maßeinheiten gemessen, so wie man die Länge durch Meter, die Zeit durch die Sekunde, das Gewicht durch das Gramm mißt.

Die EMK. und die Spannung gibt man in Volt (V) an. Das Volt ist die Einheit der EMK. Es wird dargestellt durch die EMK. (Spannung), die in einem Leiter von 1 Ohm Widerstand eine Stromstärke von 1 Ampère erzeugt.

Die EMK. wird mit „E“, die Spannung (Gebrauchsspannung, Klemmspannung) mit „U“ bezeichnet.

Der Widerstand wird in Ohm ( $\Omega$ ) ausgedrückt. 1  $\Omega$  ist der Widerstand einer Quecksilbersäule von 1,063 m Länge und einem Querschnitt von 1 qmm.

Der Widerstand wird mit „R“ bezeichnet.

Die Größe der Stromstärke wird in Ampère gemessen (A). Diese Einheit ist vorhanden, wenn eine Stromquelle von 1 Volt über einen Gesamtwiderstand von 1  $\Omega$  geschlossen ist. Die Stromstärke wird mit „J“ bezeichnet.

Für den praktischen Gebrauch sind diese Einheiten teils zu groß, teils zu klein. Statt der Einheit Ohm benutzt man oft den millionenfachen Wert und nennt diese Einheit Megohm (M $\Omega$ ). Hat ein Körper einen Widerstand von 4 000 000 Ohm,

dann sagt man besser 4 M $\Omega$  (4 Megohm). Bei schwachen Strömen ist es üblich, mit dem tausendsten Teil eines Ampère zu rechnen. Diese Einheit wird mit Milliampère bezeichnet (mA) (1 A = 1000 mA; 1 mA =  $\frac{1}{1000}$  A = 0,001 A). Statt 0,056 A sagt man daher 56 mA.

Einheit der Leistung.

Unter der Leistung versteht man die sekundliche Arbeit. Beim Wasserstromlauf ist die Leistung demnach das Produkt aus dem Druck mal der Wassermenge. Im elektrischen Stromkreis entspricht dem Druck die Spannung und der Wassermenge der Strom. Wir erhalten die elektrische Leistung als das Produkt aus Spannung und Stromstärke. Die Leistung wird mit „N“ bezeichnet.

$N = U \times J$  Watt (auch Voltampère „VA“).

Die Einheit der Leistung hat man zu Ehren des Erfinders der Dampfmaschine James Watt mit Watt (abgekürzt „W“) bezeichnet. Die Leistungseinheit ist also das Produkt aus 1 Volt · 1 Ampère. Da die Leistungseinheit für die Praxis meistens zu klein ist, rechnet man vielfach mit dem tausendfachen Wert und nennt diese Größe Kilowatt (kW) (vergleiche beim Gewichtssystem Gramm und Kilogramm). Im Maschinenbau wird die Einheit der Leistung in Pferdestärken „PS“ ausgedrückt. Diese Einheit ist oft in die elektrische umzurechnen und umgekehrt. Dazu benutzt man die Beziehung:

1 Watt =  $\frac{1}{736}$  PS oder umgekehrt 1 PS ist 736 Watt.  
1 kW entspricht demnach 1,36 PS.

Einheit der Arbeit. Beim Verbrauch der elektrischen Energie handelt es sich um eine begrenzte Arbeit. (Die elektrische Bohrmaschine wird z. B. nicht 24 Stunden benutzt, sondern nur eine bestimmte Zeit.) Es kommt bei der Arbeit nicht allein darauf an, wie groß die Leistung ist, sondern vor allem darauf, wie lange eine bestimmte Leistung wirksam sein muß, um die betreffende Arbeit zu leisten. Den Unterschied zwischen Leistung und Arbeit wollen wir an einem Beispiel klarmachen:

Zwei Kraftfahrzeuge A und B haben die Aufgabe, eine bestimmte Zahl von Zentnern Kohle an einen bestimmten Platz zu befördern. Dazu ist eine gewisse Arbeit erforderlich. A braucht mit seinen geringen Leistungen hierzu vier Stunden, B mit seinen größeren Leistungen nur zwei Stunden. A hat also durch seinen großen Zeitverbrauch eine kleine Leistung, B in Folge kleinen Zeitver-

brauchs eine große Leistung ausgeführt. Die vollbrachte Arbeit von A und B ist dieselbe. Um die Größe der Arbeit zu bestimmen, müssen wir die Leistung mit der Zeit vervielfachen.

Auch bei Vorgängen in der Elektrotechnik müssen wir die Leistung mit der Zahl der Gebrauchsstunden vervielfachen, um die Arbeit zu erhalten.

Arbeit = Watt (W)  $\times$  Stundenzahl (h) = Wattstunden (Wh).

Die Arbeit wird mit A, die Zeit mit t abgekürzt.

$$A = N \cdot t.$$

Die Einheit, nach der wir die Arbeit messen, ist also die Wattstunde (Wh). Sie ist die Arbeit von einem Watt während einer Stunde. Meist wird, wie bei der Leistung, mit dem tausendfachen Wert gerechnet, den man Kilowattstunde (kWh) nennt. Wir sind nun in der Lage, die Arbeitskosten eines elektrischen Gerätes vorher zu berechnen. Nach den VdE-Vorschriften muß auf jedem elektrischen Gerät u. a. auch die Leistung angegeben sein. Auf einem Lötkolben sei z. B. angegeben 120 Watt. Wie groß ist die elektrische Arbeit in sechs Tagen bei einer Benutzungszeit von drei Stunden / Tag?

$120 \cdot 3 \cdot 6 = 2160 \text{ Wh} = 2,16 \text{ kWh}$ . Bei einem Strompreis von 40 Rpf/kWh betragen die Kosten:  $2,16 \cdot 0,40 = 0,864 \text{ RM.} = \text{rd. } 86 \text{ Rpf}$ .

Einheit der Kapazität. Von der Behandlung des Kondensators her kennen wir die Kapazität als Maß für die Aufnahmefähigkeit. Die Maßeinheit der Kapazität ist das Farad (F). Ein Leiter besitzt die Kapazität 1 F, wenn er, eine Sekunde lang mit einem A aufgeladen, eine Spannung von 1 Volt besitzt. Die Kapazität wird mit „C“ abgekürzt. Das Farad ist für die Praxis zu groß. Als praktische Einheit wird deshalb meist der millionste Teil benutzt, den man Mikrofarad nennt ( $\mu\text{F}$ )

$$1 \text{ F} = 1\,000\,000 \mu\text{F} \quad 1 \mu\text{F} = \frac{1}{1\,000\,000} \text{ F}.$$

Die Kondensatoren in der Fernsprechtechnik haben meist 0,25 bis  $4 \mu\text{F}$  Kapazität.

### 1. Das Ohmsche Gesetz.

Bei der Betrachtung des geschlossenen Stromkreises haben wir gefunden, daß der Strom um so größer ist, je größer die

EMK und je kleiner der Widerstand ist. Der Physiker Ohm hat erstmalig erkannt, daß Spannung, Widerstand und Strom in einem festen Verhältnis zueinander stehen. Er hat dies durch Versuche bewiesen und die gegenseitigen Beziehungen der drei Größen in einem Gesetz ausgedrückt, das ihm zu Ehren „Ohmsches Gesetz“ heißt. Dieses lautet folgendermaßen:

Im geschlossenen Stromkreis ist die Stromstärke gleich der Spannung geteilt durch den Widerstand.

Mit anderen Worten, die Stromstärke nimmt im gleichen Verhältnis mit wachsender Spannung und abnehmendem Widerstand zu. Zur Durchführung von Berechnungen schreibt man das Gesetz in folgender Form:

$$\text{Stromstärke} = \frac{\text{Spannung}}{\text{Widerstand}} \quad ; \quad \text{abgekürzt: } J = \frac{U}{R}$$

Sind zwei Größen bekannt, so läßt sich die dritte Größe nach der angegebenen Formel berechnen. Sind z. B. J und R bekannt, so berechnet sich die Spannung so:  $U = J \cdot R$ .

Sind die Spannung und Stromstärke bekannt, so berechnet sich R zu:  $R = \frac{U}{J}$

Um nun nicht diese drei Beziehungen auswendig lernen zu müssen, merkt man sich als Gedankenbrücke für das Ohmsche Gesetz folgende Figur:

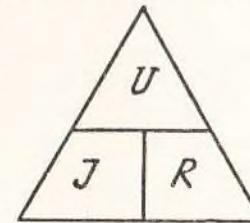


Abb. 10

In dem Dreieck bedeutet der waagerechte Strich „geteilt durch“, der senkrechte Strich „mal“. Die Größe, die man berechnen will, hält man in der Figur mit dem Finger zu.

Unter Beachtung der Bedeutung der waagerechten und senkrechten Striche ist dann die Durchführung der Rechnung zu erkennen (z. B. J und R sind bekannt, U wird gesucht. U wird mit

dem Finger verdeckt, dann ist von dem Dreieck nur noch der abgebildete Teil sichtbar. Die Figur sagt, daß J und R miteinander vervielfacht werden müssen, um U zu erhalten).

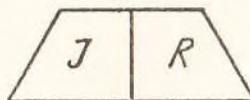


Abb. 11

Bei der Durchführung von Berechnungen ist zu beachten, daß die Größen U, J und R in den Maßeinheiten Volt, Ampère und Ohm ausgedrückt werden müssen.

Vor Durchführung von Rechenbeispielen wollen wir uns noch den Unterschied zwischen der Klemmenspannung (Gebrauchsspannung) U und der EMK E klarmachen.

Bei einem Wasserkreislauf muß die Strömung durch eine in den Kreislauf eingeschaltete Pumpe aufrechterhalten werden. Die Pumpe hat außer dem Widerstand der Rohrleitungen noch ihren eigenen Reibungswiderstand zu überwinden. Ein Teil der Pumpenleistung wird demnach zur Überwindung des Eigenwiderstandes benötigt und geht somit für die Aufrechterhaltung des Wasserkreislaufs verloren. Die gleichen Verhältnisse finden wir im elektrischen Stromkreis. Die EMK z. B. eines Elements hat nicht nur den Widerstand des Schließungsdrahtes (äußerer Widerstand) zu überwinden, sondern auch einen Widerstand im Element selbst, den inneren Widerstand. Ein Teil der EMK wird somit zur Überwindung des inneren Widerstandes (Ri) verbraucht; der Rest ist als Spannungsunterschied zwischen den Polen wirksam und dient zur Überwindung des äußeren Widerstandes (Ra).

Die EMK eines Elementes, wie allgemein die EMK einer Stromquelle, ist daher stets größer als der Spannungsunterschied an den Polen. Den Spannungsunterschied bezeichnet man als die Klemmenspannung oder kurz als die Spannung des Stromerzeugers.

$$E = U + (J \times Ri)$$

(J × Ri ist der innere Spannungsverbrauch.)

$$U = E - (J \times Ri)$$

### Rechenbeispiele:

1.  $U = 24 \text{ V}$   
 $R = 120 \text{ Ohm}$      $J = \frac{U}{R} = \frac{24}{120} = 0,2 \text{ A} = 200 \text{ mA}$   
 $? \quad J$
2.  $U = 60 \text{ V}$      $J = 40 \text{ mA} = 0,040 \text{ A}$   
 $J = 40 \text{ mA}$      $R = \frac{U}{J} = \frac{60}{0,040} = 1500 \text{ Ohm}$   
 $? \quad R$
3. Kupferelement:  
 $E = 1 \text{ V}$      $U = E - (J \times Ri)$      $J = 50 \text{ mA} = 0,050 \text{ A}$   
 $Ri = 5 \text{ Ohm}$   
 $J = 50 \text{ mA}$      $U = 1 - (0,050 \times 5) = 0,75 \text{ V}$   
 $? \quad U$
4.  $U = 36 \text{ V}$   
 $R = 120 \text{ Ohm}$      $J = \frac{U}{R} = \frac{36}{120} = 0,3 \text{ A} = 300 \text{ mA}$   
 $? \quad J$
5.  $R = 500 \text{ Ohm}$      $U = J \times R$      $J = 50 \text{ mA} = 0,050 \text{ A}$   
 $J = 50 \text{ mA}$      $U = 0,050 \times 500 = 25 \text{ V}$   
 $? \quad U$
6. Wie groß ist der innere Widerstand eines Trockenelementes mit einer EMK = 1,5 V, wenn bei  $J = 0,6 \text{ A}$  die Klemmenspannung  $U = 1,41 \text{ V}$  beträgt.  
 $U = E - (J \times Ri)$   
 $Ri = \frac{E - U}{J} = \frac{1,5 - 1,41}{0,6} = 0,15 \text{ Ohm.}$

### 2. Spannungsabfall.

Mit Hilfe des Ohmschen Gesetzes können wir, wenn J und R bekannt sind, die Spannung im geschlossenen Stromkreis berechnen. Die Spannung muß die verschiedenen Widerstände im Stromkreis überwinden (vergl. Wasserkreislauf. Dort muß der Wasserdruck die Rohrleitungswiderstände überwinden. Mit zunehmender Länge der Rohrleitung nimmt der Druck ab). Auch im elektrischen Stromkreis tritt eine Verminderung der Spannung ein. Die elektrische Energie wird in Wärme umgesetzt, d. h. es wird ein Teil der Spannung verbraucht. Diese Verminderung der Spannung — den Spannungsabfall — kann man für jeden Teil des Stromkreises berechnen,

wenn der Teilwiderstand und die Gesamtstromstärke bekannt sind. Nach dem Ohmschen Gesetz ist der Spannungsabfall gleich dem Teilwiderstand mal der Gesamtstromstärke.

Für den dargestellten Stromkreis wollen wir die einzelnen Spannungsabfälle berechnen:

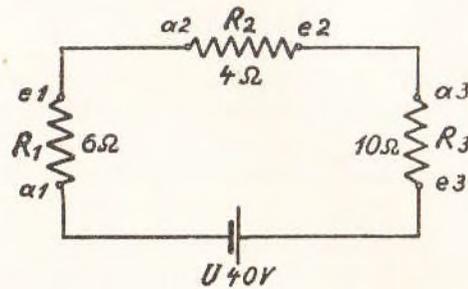


Abb. 12

a) Wenn die einzelnen Widerstände so miteinander verbunden sind, daß der Strom sie hintere- oder nacheinander durchfließt, dann nennt man diese Schaltungsart Hintereinander- oder Reihenschaltung.

Kennzeichen: Es sind immer Ende und Anfang der Schaltglieder verbunden (e1 mit a2, e2 mit a3, an a1 und e3 liegen die Stromzuführungen).

Der Gesamtwiderstand  $R$  einer solchen Schaltordnung ist gleich der Summe der Einzelwiderstände  $R_1, R_2$  usw. Im vorliegenden Fall ist  $R = R_1 + R_2 + R_3 = 6 + 4 + 10 = 20 \Omega$ .

Die Gesamtstromstärke  $J = \frac{U}{R} = \frac{40}{20} = 2 \text{ A}$

b) Zur Berechnung des Spannungsabfalles  $U_1$ , der durch  $R_1$  entsteht, brauchen wir nur  $J$  mit  $R_1$  zu vervielfachen.

Demnach  $U_1 = J \cdot R_1 = 2 \cdot 6 = 12 \text{ V}$ .

$U_2 = J \cdot R_2 = 2 \cdot 4 = 8 \text{ V}$ .

$U_3 = J \cdot R_3 = 2 \cdot 10 = 20 \text{ V}$ .

Die Summe der Spannungsabfälle muß wieder  $U$  ergeben ( $12 + 8 + 20 = 40 \text{ V}$ ). Die Betrachtung zeigt, daß der Spannungsabfall um so größer ist, je größer der Teilwiderstand ist. Ist der Teilwiderstand so gering, daß er praktisch nicht ins Gewicht fällt, so ist auch der Spannungsabfall praktisch von geringer Bedeutung.

### 3. Stromverzweigung und nebeneinander-geschaltete Leiter.

Die Verhältnisse bei einer Stromverzweigung wollen wir an Hand der nachstehenden Abbildung näher betrachten.

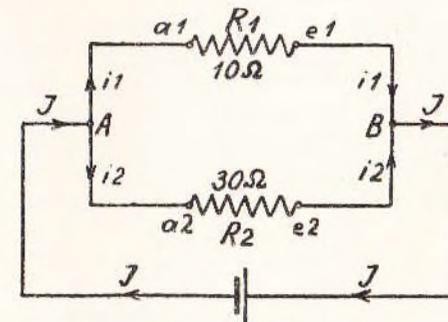


Abb. 13

Der Stromkreis ist aus zwei Widerständen ( $R_1$  und  $R_2$ ) und der Stromquelle gebildet. Bei den Widerständen sind die beiden Anfänge (a1 und a2) und die beiden Enden miteinander verbunden. An die Verbindungsleitungen sind die Pole der Stromquellen herangeführt. Für den Strom  $J$  sind im Punkte A zwei Wege gegeben, einmal über  $R_1$  und einmal über  $R_2$ . Wie verteilt sich der Strom auf die beiden Widerstände?

In einem Wasserrohre, in dem eine Rohrverzweigung vorhanden ist, verteilt sich das im Hauptrohr fließende Wasser auf die beiden Verzweigungsrohre entsprechend ihrer Aufnahmefähigkeit. Nach der Verzweigung fließt im Hauptrohr die gleiche Wassermenge wie vor der Verzweigung.

Die gleichen Verhältnisse gelten auch für den elektrischen Stromkreis bei einer Stromverzweigung. Von der Stromquelle aus fließt der Strom  $J$  zum Punkt A. Dort verzweigt sich der Strom, ein Teil  $i_1$  fließt über  $R_1$ , der andere Teil  $i_2$  über  $R_2$ . Von Punkt B ab fließt wieder der Strom  $J$ . Für die Punkte A und B gilt folgendes Gesetz:

Die Summe der zufließenden Ströme ist gleich der Summe der abfließenden Ströme. Dieses Gesetz ist der I. Kirchhoffsche Satz.

Die beiden Widerstände werden nebeneinander vom Strom durchflossen, man nennt sie deshalb nebeneinander- oder parallelgeschaltete Widerstände.

**Kennzeichen für Nebeneinanderschaltung:** Die Anfänge der Schaltglieder und die Enden sind je für sich miteinander verbunden. Die Stromzuführungen sind an die Verbindungsleitungen (Verzweigungspunkte) herangeführt.

Nachdem wir wissen, daß sich der Gesamtstrom in den beiden Teilströmen  $i_1$  und  $i_2$  verzweigt, wollen wir die Stärke dieser drei Ströme bestimmen. Nach dem ersten Satz von Kirchhoff ist

$$J = i_1 + i_2$$

Nehmen wir an, daß bis zu den Verzweigungspunkten kein Spannungsabfall auftritt, so können wir  $i_1$  und  $i_2$  berechnen.

Nach dem Ohmschen Gesetz sind

$$i_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{60}{10} = 6 \text{ A} \quad \text{und} \quad i_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{60}{30} = 2 \text{ A}$$

$$J = i_1 + i_2 = 6 + 2 = 8 \text{ A}$$

Der Gesamtstrom  $J$  teilt sich in Punkt A in die Teilströme von 6 und 2 A. In B vereinigen sie sich wieder zu  $J$ . Die Teilströme stehen in einem bestimmten Verhältnis zueinander.

$$i_1 : i_2 = 6 : 2 = 3 : 1 \quad \text{d. h. der Teilstrom } i_1 \text{ ist dreimal so groß wie der Teilstrom } i_2.$$

Das Verhältnis der Teilströme ist durch die Größe der beiden Widerstände bestimmt. Der stärkere Strom  $i_1$  fließt durch den kleineren Widerstand  $R_1$  und der schwächere Strom  $i_2$  durch den

größeren Widerstand  $R_2$ . Auch die Widerstände stehen in einem bestimmten Verhältnis zueinander.

$$R_1 : R_2 = 10 : 30 = 1 : 3$$

d. h. der Widerstand  $R_2$  ist dreimal so groß wie  $R_1$ .

Wir sehen, daß die Teilströme gerade umgekehrt sind wie die Widerstände. Es gibt also die Beziehung:

In einer Stromverzweigung verhalten sich die Teilströme umgekehrt wie die Widerstände. (In dem Zweig mit dem geringen Widerstand fließt der stärkere Strom.) Oft muß der Gesamtwiderstand einer Widerstandsverzweigung berechnet werden.

Für eine Nebeneinanderschaltung von zwei Widerständen ergibt sich der Gesamtwiderstand  $R$  zu:

$$R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

also ein Bruch, dessen Zähler aus dem Produkt der beiden Widerstandszahlen und dessen Nenner aus der Summe dieser Zahlen gebildet wird.

Für den dargestellten Stromkreis erhalten wir:

$$R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{10 \cdot 30}{10 + 30} = \frac{300}{40} = 7,5 \text{ Ohm}$$

$$J = \frac{U}{R} = \frac{60}{7,5} = 8 \text{ A} = i_1 + i_2$$

$$6 + 2 = 8 \text{ A}$$

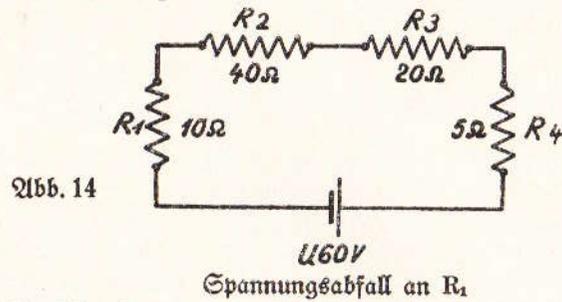
was wir bereits ermittelt haben.

Den Gesamtwiderstand nennt man den **Verbundwiderstand**. Dieser ist immer kleiner als der kleinste der beiden Teilwiderstände. Haben die beiden parallel geschalteten Leiter gleiche Widerstände, so ist der Verbundwiderstand gleich der Hälfte eines Widerstandes.

#### 4. Rechenbeispiele:

a) Vier Widerstände  $R_1 = 10$ ,  $R_2 = 40$ ,  $R_3 = 20$  und  $R_4 = 5$  Ohm sind in Reihe zu schalten und an eine Stromquelle mit  $U = 60$  V anzuschließen. Die in dem Stromkreis auftretenden Spannungsabfälle sind zu berechnen.

aa) Schaltung



bb) Berechnung

Gesamtwiderstand  $R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$

$$R = 10 + 40 + 20 + 5 = 75 \text{ } \Omega\text{m}$$

$$J = \frac{U}{R} = \frac{60}{75} = 0,8 \text{ A.}$$

$$U_1 = J \cdot R_1 = 0,8 \cdot 10 = 8 \text{ V.}$$

$$U_2 = J \cdot R_2 = 0,8 \cdot 40 = 32 \text{ V.}$$

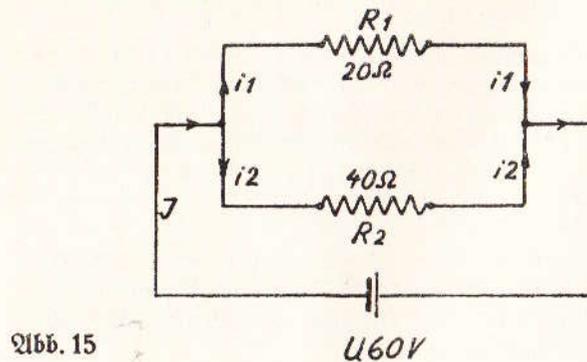
$$U_3 = J \cdot R_3 = 0,8 \cdot 20 = 16 \text{ V.}$$

$$U_4 = J \cdot R_4 = 0,8 \cdot 5 = 4 \text{ V.}$$

$$8 + 32 + 16 + 4 = 60 = U.$$

b) Zwei Widerstände  $R_1 = 20 \text{ } \Omega\text{m}$ ,  $R_2 = 40 \text{ } \Omega\text{m}$  sind parallel zu schalten und an eine Stromquelle mit  $U = 60 \text{ V}$  anzuschließen. Zu berechnen sind:  $J$ ,  $i_1$ ,  $i_2$  und  $R$ .

aa) Schaltung



bb) Berechnung

$$J = i_1 + i_2$$

$$i_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{60}{20} = 3 \text{ A}; i_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{60}{40} = 1,5 \text{ A}$$

$$J = 3 + 1,5 = 4,5 \text{ A.}$$

$$R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{20 \cdot 40}{20 + 40} = \frac{800}{60} = 13,33 \text{ } \Omega\text{m}$$

$$J = \frac{U}{R} = \frac{60}{13,33} = 4,5 \text{ A}$$

$$(R_1 : R_2 = 20 : 40$$

$$= 2 : 4$$

$$= 1 : 2, \text{ d. h. } R_2 \text{ ist 2mal so groß wie } R_1.$$

Über  $R_2$  fließt nur  $\frac{1}{3}$  von  $J = i_2$ ;  $i_2 = \frac{4,5}{3} = 1,5 \text{ A}$

$$i_1 = J - i_2 = 4,5 - 1,5 = 3 \text{ A.}$$

c) Eine Freileitung aus 1,5 mm Bronze ( $s = 0,018$ ) wird von einem Strom von 15 mA durchflossen. Wie groß ist der Spannungsabfall für 1 km? (Die übrigen Verluste bleiben unberücksichtigt.)

$$R = \frac{s \cdot l}{q}; s = 0,018$$

$$l = 1000$$

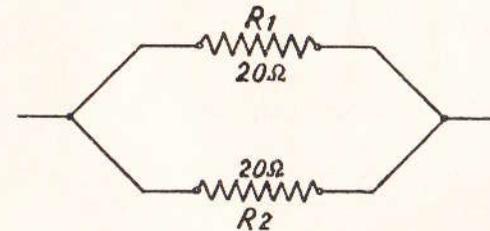
$$q = r \times r \times 3,14 = 0,75 \times 0,75 \times 3,14 = 1,76 \text{ qmm}$$

$$R = \frac{0,018 \cdot 1000}{1,76} = \frac{18}{1,76} = \text{rd. } 10,5 \text{ } \Omega\text{m}$$

Der Spannungsabfall berechnet sich somit zu:

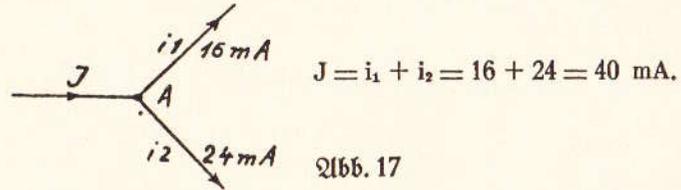
$$J \cdot R = 0,015 \times 10,5 \text{ rd. } 0,16 \text{ V/km.}$$

d) Der Verbundwiderstand  $R$  nebenstehender Parallelschaltung ist zu berechnen.



$$R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{20 \cdot 20}{20 + 20} = \frac{400}{40} = 10 \text{ } \Omega\text{m}$$

e) Ein elektrischer Strom teilt sich im Punkte A in zwei Teilströme von 16 mA und 24 mA. Wie stark ist der Strom vor dem Verzweigungspunkt A?



f) Die Verbundwiderstände zweier parallel geschalteten Leiter mit den Einzelwiderständen von a) 4 und 6 Ohm; b) 12 und 6 Ohm; c) 300 und 1 Ohm sind zu berechnen.

$$\text{aa) } R = \frac{4 \cdot 6}{4 + 6} = 2,4 \text{ Ohm; bb) } R = \frac{12 \cdot 6}{12 + 6} = \frac{72}{18} = 4 \text{ Ohm}$$

$$\text{c) } R = \frac{300 \cdot 1}{300 + 1} = \frac{300}{301} = 0,996 \text{ Ohm}$$

g) Der Gesamtwiderstand von 5 in Reihe geschalteten Leitern mit den Einzelwiderständen 12, 5, 7, 8 und 18 Ohm ist zu berechnen.  
 $R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 = 12 + 5 + 7 + 8 + 18 = 50 \text{ Ohm.}$

Verlag der Deutschen Arbeitsfront G. m. b. H., Berlin C 2  
Druckort: Zwickau i. Sa., D 3600