fernmeldelehrling.de

Oehlschlaeger

Fernlehrgang

ÜBER DAS STOFFGEBIET DES EINFACHEN FERNMELDEBAUDIENSTES

Herausgeber: Deutsche Postgewerkschaft, Hauptvorstand Frankfurt/Main · Verlag Deutsche Post

Nachdruck, auch auszugsweise, nicht gestattet.

2. Auflage

Lehrbrief 2

NOVEMBER 1953

Inhalt des Lehrbriefes

Seite

Einleitung 2

I. **Fernmeldebau**

A. Oberirdischer Fernmeldebau

I. Wir bauen eine oberirdische Anschlußlinie

b) Die Beschreibung des Fernmeldebauzeuges und Fernmeldebaugerätes 3

II. **Grundlagen der Elektrotechnik**

D. Fließende Elektrizität 22

VIII. **Übungsarbeit** 44

fernmeldelehrling.de

Liebe Kollegen!

Der 1. Lehrbrief konnte also doch noch im Oktober an die Teilnehmer unseres Fernlehrganges ausgegeben werden. Die Verzögerung ist darauf zurückzuführen, daß die Meldungen aus einigen Bezirken verspätet eingingen.

Wir hoffen, daß Ihr den 1. Lehrbrief sofort zur Hand genommen und mit größter Neugierde durchgeblättert habt.

Habt Ihr nun auch den 1. Lehrbrief richtig durchgearbeitet?

Auch dazu ist eine Anleitung notwendig, denn „Lernen" muß auch gelernt werden. Mancher besitzt die Gabe der leichten Auffassung und braucht den Lehrbrief nur ein- oder zweimal durchzulesen, dann hat er den Inhalt verstanden und in sich aufgenommen. Andere wieder mühen sich tagelang, ohne daß es ihnen gelingt, den Lehrstoff im Gedächtnis zu behalten. Die Geistesgaben sind nun einmal unter den Menschen ungleich verteilt.

Diese Tatsache soll aber niemanden abschrecken, denn es gibt auch für den weniger Begabten ein Mittel, alles zu meistern, nämlich:

Selbstvertrauen, Fleiß und Ausdauer.

Wie sollst Du nun an die Arbeit herangehen?

Setze Dich zu Hause in eine stille Ecke, nimm den Lehrbrief, einen Bleistift und ein Schulheft.

Lese einen Abschnitt aus einem der Stoffgebiete durch und streiche dabei die Stellen an, die Dir unklar erscheinen. Dann nimm Dir die angestrichenen Stellen noch einmal vor, bis Du sie verstanden hast. Schreibe Dir selbst Fragen auf, die Du dann am nächsten Tage, ohne in den Lehrbrief zu schauen, beantwortest. Dann erst vergleiche das Ergebnis mit dem Text der Lehrbriefe.

Wohnt ein Lehrgangsteilnehmer in Deiner Nähe, so arbeite mit ihm zusammen. Zu zweien lernt es sich besser. Ihr könnt Euch dann gegenseitig abfragen. Erst wenn Ihr einen Abschnitt verstanden habt, nehmt den nächsten vor.

Ein altes Sprichwort lautet:

Wiederholung ist die Mutter der Weisheit.

Also immer wieder die einzelnen Abschnitte mit Fleiß und Ausdauer durcharbeiten, dann werdet Ihr Euch schon das Wissen aneignen, das in den Lehrbriefen enthalten ist.

I. Fernmeldebau

A. Oberirdischer Fernmeldebau

1. Wir bauen eine oberirdische Anschlußlinie

b) Die Beschreibung des Fernmeldebauzeuges und Fernmeldebaugerätes

Wir haben die neue Anschlußlinie ausgekundet. Bevor wir mit dem Bau beginnen, wollen wir das Fernmeldebauzeug (FBZ) und das Fernmeldebaugerät (FBG) kennenlernen, das wir dabei verwenden. Das benötigte FBZ und FGB ist in der Karteiliste (KL) aufgeführt und nach Karteilistennummern (KL-Nr.) geordnet.

Das Fernmeldebauzeug

Unter FBZ verstehen wir die Gegenstände, die in die ober- und unterirdischen Linien fest eingebaut werden, wie z. B. Masten, Leitungsdraht, Kabel, Endverzweiger usw. Das FBZ wird vom BTrf beim FZA bestellt und nach der Lieferung im FBZ-Nachweis vereinnahmt.

Wir beginnen mit den **Holzmasten.** Es eignen sich dazu am besten harzreiche Bäume. Von unseren heimischen Waldbäumen kommen hauptsächlich **Kiefern,** Lärchen, **Fichten** und Tannen in Frage. Lärchen und Tannen sind seltener anzutreffen. Die Masten sollen möglichst gerade sein, d. h. die Verbindungslinie zwischen den Mittelpunkten der Schnittfläche am Zopfende und Stammende muß durchweg innerhalb des Mastes verlaufen. Die Masten müssen gesund sein. Sie müssen frei sein von Fäulnis, Bohr- und Fluglöchern von Insekten, größeren Spaltrissen, Beschädigungen, tiefen Astlöchern und größeren Aststümpfen. Es dürfen nur Bäume verwendet werden, die im Winter geschält sind (Abweichungen davon siehe später). Es finden nur Stammabschnitte — das sind Enden unmittelbar über dem Wurzelstock — und Mittelstücke Verwendung. Das Fußende der Masten wird rechtwinklig zur Längsachse glattgeschnitten, der Rand der Schnittfläche abgekantet. **Das Zopfende wird dachartig abgeschrägt** (Abb. 13). Die

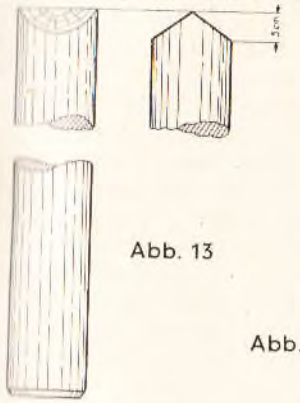


Abb. 13

Zopf- und Stammende eines Mastes

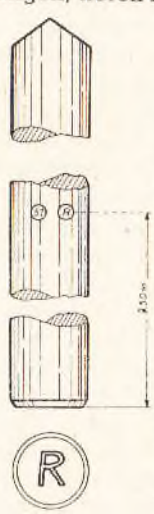


Abb. 14

Anordnung der Bezeichnungsnägel

fernmeldelehrling.de

so beschaffenen **Masten werden von der Verwaltung aufgekauft und den Tränkungsanstalten zugeführt,** wo sie unter Aufsicht eines Mastenprüfbeamten (MBea) der BP getränkt werden, d. h. gegen Schädigungen durch Fäulnis und Insektenfraß behandelt werden.

Die in den Linien stehenden Masten haben einen großen Wert. Millionenbeträge stecken darin. Es war nun von jeher das Bestreben unserer Verwaltung, diese Werte zu erhalten und gegen Zerstörung zu schützen. Die **Lebensdauer der Masten** hängt von verschiedenen Umständen ab: von der Holzart und Güte der rohen Masten, von der Art des Tränkungsverfahrens, den Eigenschaften des Schutzmittels, der Bodenart, den verschiedenen Einflüssen des Standortes der Masten und nicht zuletzt von der Pflege.

Die bei der BP gebräuchlichsten Tränkungsverfahren sind:

1. Für Kiefern und Lärchen das Kesseldruckverfahren mit Teeröl.
2. Für Fichten die Tränkung der Masten mit chromarsenhaltigen Salzgemischen
   a) im Kesseldruckverfahren;
   b) im Trog- oder Einlagerungsverfahren in offenen Trögen;
   c) im Saftverdrängungsverfahren. Der Saft wird aus dem Mast durch eine Salzlösung verdrängt;
   d) im Osmoseverfahren. Die Masten werden mit einer Salzpaste bestrichen und luftdicht eingelagert.

Zu c) und d) werden nur saftfrische Masten verwendet.

Die Beschaffung ausreichender Mengen Kiefern ist in Deutschland schwierig. Die Mastenverbraucher sind daher gezwungen, in überwiegendem Maße Fichtenholz zu verwenden. Dieses läßt sich aber wesentlich schwerer tränken. Die Eindringtiefen sind geringer und vielfach auch ungleichmäßiger als bei Kiefernholz. Versuche haben ergeben, daß beim Tränken von Fichtenmasten mit chromarsenhaltigen Salzgemischen im Kesseldruckverfahren bessere Werte hinsichtlich der Eindringtiefe erzielt werden als mit Teeröl im gleichen Verfahren. **Die Aussicht auf eine höhere Lebensdauer für einen Leitungsmast ist um so größer, je gleichmäßiger und tiefer er durchtränkt ist.** Im gleichen Maße, wie die Eindringtiefe des Schutzmittels steigt, nehmen die Ausfälle durch Kernfäule und Käferbefall ab.

Die **mittlere Gebrauchsdauer** der mit Teeröl getränkten Masten beträgt etwa 30—35 Jahre, die der salzgetränkten Masten etwa 20 bis 25 Jahre.

Erst kürzlich haben wir uns mit dem Bautrupp den Betrieb in einer **Masten-Tränkungsanstalt** angesehen. Das war sehr lehrreich und interessant. Die Eindrücke aus solchen Betriebsbesichtigungen sind nachhaltiger als alle theoretischen Erörterungen. Deshalb sollte häufiger davon Gebrauch gemacht werden. Nachstehend wollen wir den Besuch in der Tränkungsanstalt schildern, wo nach dem **Kesseldruckverfahren** gearbeitet wird, also **Kiefernmasten mit Teeröl** und **Fichtenmasten mit chromarsenhaltigen Salzgemischen** getränkt werden.

Wir fuhren eines Tages von unserer Bautruppunterkunft mit dem Bautrupp-Lastwagen (BTr-Lkw) zu einer benachbarten Tränkungsanstalt. Hier werden auch Masten für die Bundesbahn, für Elektrizitätsgesellschaften und Private getränkt. Die von der Verwaltung aufgekauften Masten werden von der Lieferfirma waggonweise angeliefert. Die Prüfung und Abnahme der Rohware erfolgt beim Entladen des Waggons durch den MBea. Dieser ist dafür verantwortlich, daß die Masten den Abnahmevorschriften entsprechen und ordnungsmäßig getränkt werden. Mit einem Blick erkennt er, ob der Waggon Kiefern oder Fichten enthält. **Die Äste der Kiefern erscheinen an der Mastoberfläche oval, die der Fichten kreisrund.** An diesen Merkmalen ist mit ziemlicher Sicherheit zu erkennen, ob es sich bei in der Linie stehenden Masten um Kiefern- oder Fichtenmasten handelt. Die Masten werden nach Länge und Stärke sortiert. Jeden einzelnen nimmt der MBea in Augenschein. Masten, die den geforderten Bedingungen nicht entsprechen, werden aussortiert und zurückgewiesen. Hierbei kommt es häufig zu Auseinandersetzungen mit den Lieferfirmen, weil gutes Mastenmaterial sehr knapp ist. In das Stammende der abgenommenen Masten mit einem Fußdurchmesser von 17—22 cm wird mit einem Schlagstempel die Bezeichnung $\frac{301}{BP}$ oder bei Masten mit einem Fußdurchmesser von 15 und 16 cm die Bezeichnung $\frac{301}{BP}$ eingeschlagen. 301 ist die Kennzeichnungsnummer des MBea. **Die Masten werden** alsdann gestapelt und, nachdem sie genügend abgelagert sind, **der Tränkung zugeführt.**

Der Tränkkessel ist röhrenförmig, 28 m lang und hat etwa 2 m Durchmesser. Die Masten werden auf kleine eiserne Wagen gepackt und gewogen. Es werden 3 Wagen hintereinander mit je 8 m langen Kiefernmasten in den Kessel eingefahren. Der Kessel wird luftdicht verschlossen und etwa 5 Minuten einem Überdruck von 1½ bis 4 Atmosphären (atü) bis zur Sättigung des Holzes mit Druckluft ausgesetzt. Alsdann wird auf 105 Grad Celsius erhitztes Teeröl unter Beibehaltung des Drucks in den Kessel eingelassen. Bei dieser Tränkung sind es etwa 36 t (36 000 kg) Teeröl, die der Kessel aufnimmt. Nach beendeter Füllung wird das Teeröl mit einem Druck von etwa 5½ bis 7 atü 120 Minuten lang in das Holz hineingepreßt. So lange konnten wir natürlich nicht warten. Wir haben uns den weiteren Hergang vom Tränkmeister erzählen lassen. Um feststellen zu können, wieviel Teeröl die Masten aufgenommen haben, wird aus einem besondern Kessel (Meßkessel) Teeröl in den Tränkungskessel einge-

fernmeldelehrling.de

lassen, bis er wieder voll ist. Diese zusätzliche Menge Teeröl gibt an, um wieviel die Masten schwerer geworden sind, also wieviel kg Teeröl sie aufgenommen haben. Alsdann wird das Teeröl abgelassen und der Kessel mindestens 10 Minuten einem Unterdruck ausgesetzt. Ein Teil des Teeröls fließt dabei wieder heraus. Die Masten werden nun herausgefahren und wieder gewogen. **Sie sollen bei guter Beschaffenheit des Holzes etwa 90 kg Teeröl je cbm (Kubikmeter) Holz aufgenommen haben.** Die Eindringtiefe des Öles wird auch durch Entnahme von Bohrproben mit dem Zuwachsbohrer festgestellt. (Wir werden uns später mit dem Zuwachsbohrer beschäftigen.) **Das Öl soll das ganze Splintholz,** das ist die den Kern umgebende äußere Holzzone, **völlig durchdrungen haben.** Anschließend werden 3,5 m vom Stammende 2 verzinkte Stahlnägel eingeschlagen: ein **Jahresnagel,** der das Tränkungsjahr, und ein **Tränkungsnagel,** der die Tränkungsart angibt (Abb. 14). Der Jahresnagel kann unbedenklich schon in der Tränkungsanstalt eingeschlagen werden, weil das Jahr der Tränkung und das Jahr der Einstellung in die Linie heute im allgemeine übereinstimmen. Die Masten werden nun gelagert. Sobald sie abgetrocknet sind, wird die Abschrägung am Zopfende mit einem besonderen Schutzanstrich versehen.

Die Tränknägel für die heute gebräuchlichsten Tränkarten haben folgende Bezeichnung:

R (früher RK) Teeröltränkung im Kesseldruckverfahren für Kiefern,

DV Salztränkung im Kesseldruckverfahren,
DT Trogverfahren,
B Saftverdrängungsverfahren,
O Osmoseverfahren,
} für Fichten

Abb. 15

Salztränkung eines Fichtenmastes im Kesseldruckverfahren

In dieser Tränkungsanstalt werden auch Fichtenmasten im Kesseldruckverfahren mit chromarsenhaltigen Salzgemischen getränkt. Abb. 15 zeigt die Eindringtiefe der Salzlösung in das Holz.

Befriedigende Ergebnisse haben die vielen Versuche, für Fichtenmasten ein wirksames Tränkungsverfahren herauszufinden, bisher nicht gehabt. Diese Frage bedarf noch der Lösung.

Im Anschluß an die Besichtigung setzte eine lebhafte Aussprache ein. Unser junger Kollege Korte, den wir schon bei der Auskundung der neuen Fernsprechlinie kennenlernten, sagte:

„Nun weiß ich auch, warum uns nicht nur die sauberen, grünlich aussehenden, salzgetränkten Masten geliefert werden, sondern auch die schmierigen, schwarzbraunen Teerölmasten."

„Daß bei der Tränkung ein Unterschied zwischen Kiefern- und Fichtenmasten gemacht wird, wußte ich auch nicht", wandte der FHHandw. Strack ein. „Lieber würden wir ja auf die Teermasten verzichten; aber ich kann verstehen, daß unsere Verwaltung aus wirtschaftlichen Gründen daran festhält, weil sie eine so lange Lebensdauer haben. Wir werden uns damit abfinden müssen."

Abschließend bemerkte dazu der MBea:

„Leider haben wir heute nicht mehr so gutes Rohmaterial wie früher. Uns fehlen die langsam wachsenden nordischen Kiefern mit einer Wachstumszeit von 50 Jahren und mehr. Diese schmieren nicht so stark. Außerdem werden die Masten zu frisch abgerufen. Sie lagern zu kurze Zeit. Wenn sie genügend lange ablagern könnten, wie es vorgeschrieben ist, würden die Klagen aufhören oder zumindest geringer werden."

Damit war die Besichtigung beendet, und in angeregter Unterhaltung ging es heim.

Länge und Stärke der Masten

Die Masten wurden bisher nach ihrer Länge und Zopfstärke bezeichnet. In Zukunft sollen sie nach ihrer Länge und ihrem Fußdurchmesser benannt werden, weil sie an der Einspannstelle im Erdboden am stärksten belastet werden. Hier tritt die größte Biegungsbeanspruchung auf. Der Fußdurchmesser wird 1,50 m vom Fußende gemessen. Für den Fußdurchmesser sind folgende Mindestmaße festgelegt. Sie entsprechen den danebenstehenden, bisher üblichen Mastbezeichnungen.

Jetzt	Bisher	
6 × 15 6 × 16	6 × 12	KL.-Nr. 620.00.10
(Länge 6 m, 15 bzw. 16 cm Fußdurchmesser)	(Länge 6 m, 12 cm Zopfdurchmesser)	
7 × 15 7 × 16	7 × 12	KL.-Nr. 620.00.11
7 × 17 7 × 18	7 × 14	KL.-Nr. 620.00.01
8 × 16 8 × 17	8 × 12	KL.-Nr. 620.00.12

fernmeldelehrling.de

8 × 18	8 × 14	KL.-Nr. 620.00.02
8 × 19		
9 × 17	9 × 12	KL.-Nr. 620.00.14
9 × 18		
9 × 19	9 × 14	KL.-Nr. 620.00.04
9 × 20		
10 × 20	10 × 15	KL.-Nr. 620.00.05
10 × 21		
11 × 21	11 × 15	KL.-Nr. 620.00.06
11 × 22		

Die Verwendung der Masten nach dem Fußdurchmesser soll erst nach Inkrafttreten der neuen Fernmeldebauordnung (FBO) 5 erfolgen. Bis dahin ist wie bisher zu verfahren.

Das Fernmeldebauzeug aus Stahl

Das im oberirdischen Bau verwendete FBZ aus Stahl wird nach besonderen technischen Vorschriften hergestellt. Bei der Abnahme wird darauf geachtet, daß die einzelnen Stücke sauber ausgeführt sind und weder Risse noch Brüche und sonstige fehlerhafte Stellen aufweisen. Die Schraubengewinde müssen scharf und gleichmäßig tief eingeschnitten sein. Das Stahlzeug wird in Rostschutzfarbe getaucht und dadurch gegen Witterungseinflüsse geschützt. Drahtseilklemmen, Kauschen und Spannschlösser z. B. werden verzinkt geliefert.

Querträger werden verwendet, wenn eine neue Linie mit einer größeren Anzahl von Leitungen auszurüsten ist oder mit Hakenstützen besetzte Gestänge zur Aufnahme neuer Leitungen nicht mehr ausreichen. Wir bringen an der von uns ausgekundeten neuen Anschlußlinie nach der Siedlung Tannenberg (siehe Abb. 1 im Heft 1) **Querträger für 4 Doppelleitungen** nach Abb. 16 an, die aus U-Eisen NP 4 hergestellt werden. Die Löcher für die Stützen werden aus den Flanschen vierkantig ausgestanzt, damit sich die Stützen beim An- und Abschrauben nicht drehen können. Durch die ovalen Löcher im Steg wird ein Ziehband (Abb. 17) zum Befestigen der Querträger am Mast hindurchgesteckt. Zur Anpassung an die verschiedenen Mastenstärken werden Ziehbänder in 3 Größen geliefert. Sie werden aus 16 mm dickem Rundstahl hergestellt und im halbkreisförmigen Teil flach ausgeschmiedet, damit sie sich der Rundung des Mastes gut anpassen.

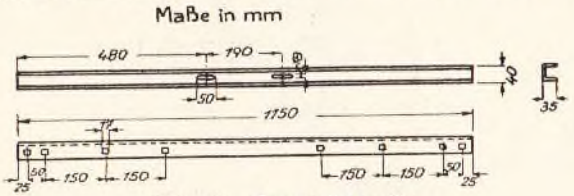


Abb. 16 Querträger für 4 Doppelleitungen A 1150 DIN 48320

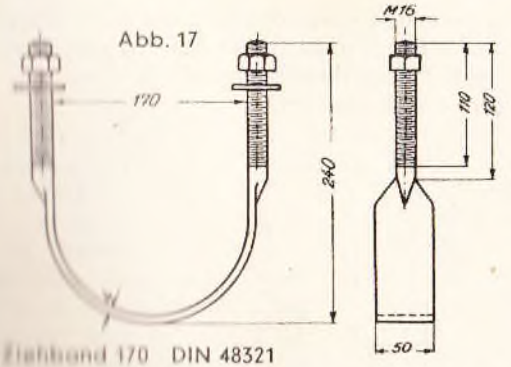


Abb. 17 Ziehband 170 DIN 48321

Zwischen Mast und Querträger wird eine **Vorlegeplatte** (Abb. 18) eingeschoben, um dem Querträger einen festen Halt zu geben und ein Einschneiden des Querträgers in den Mast zu verhindern.

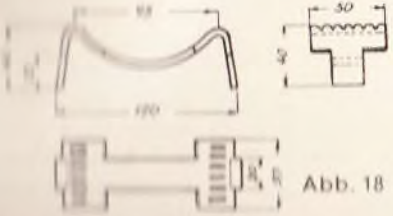


Abb. 18 Vorlegeplatte 120 DIN 48322

Die Querträger werden mit **Isoliervorrichtungen** ausgerüstet, bestehend aus **Isolatorstützen** und **Isolatoren,** kurz Stützen und Glocken genannt. Zu einer Doppelleitung gehört eine gerade und eine U-förmig gebogene Isolatorstütze (Abb. 19 und 20). Der Vollständigkeit halber zeigen wir auch gleich gerade und U-Stützen für Fernleitungen (Abb. 21 und 22). Sie unterscheiden sich von denen für Anschlußleitungen lediglich durch den stärkeren Schaft, auf den die Isolatoren für Fernleitungen aufgedreht werden. Der Vierkantsatz hat bei allen geraden und U-Stützen die gleichen Abmessungen. Der Querträger nach Abb. 16 wird daher als „Einheitsquerträger" für Anschluß- und Fernleitungen verwendet.

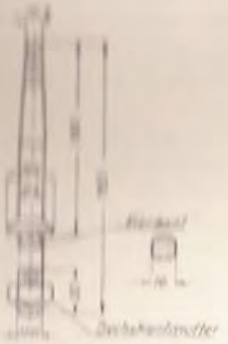


Abb. 19 Isolatorstütze G 130

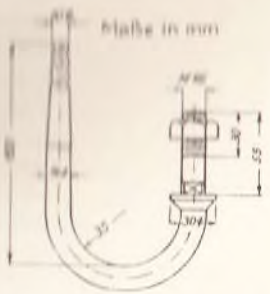


Abb. 20 Isolatorstütze U 150

Die im Heideweg in der neuen Siedlung aufzustellenden Masten rüsten wir mit **Hakenstützen** nach Abb. 23 aus. Die Größe H 150 (früher Größe I) wird selten benutzt.

I-Stützen, U- und W-Konsole werden nicht mehr eingebaut.

fernmeldelehrling.de

Der A-Mast — Mast 28 — erhält an 1. Stelle einen Querträger nach Abb. 16 und an 2. Stelle einen **Querträger für A-Masten für 4 Doppelleitungen,** der am Mast durch Schraubenbolzen befestigt wird. Auf seine Abbildung können wir verzichten.

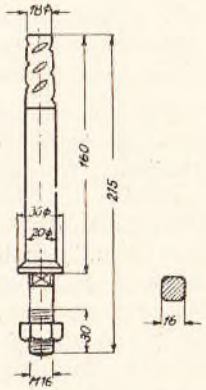


Abb. 21
Isolatorstütze G 160

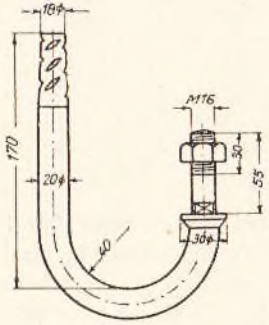


Abb. 22
Isolatorstütze U 170

Aus den Linien werden **Querträger zu 6 Stützenpaaren III alter Ausführung** gewonnen und auch wieder eingebaut. Wir wollen sie daher auch erwähnen. Die Stützen sind so anzubringen, daß, vom Mast ab gerechnet, jedes zweite Stützenloch frei bleibt, also nicht mehr als 4 Doppelleitungen untergebracht werden.

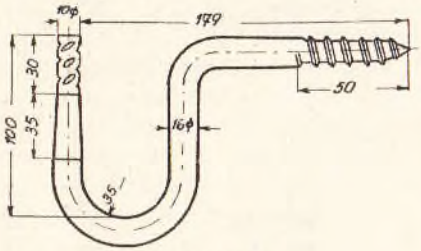


Abb. 23
Isolatorstütze H 100

An den **Isolatoren** wird der Leitungsdraht befestigt. Langjährige Versuche haben ergeben, daß in Doppelglockenform hergestellte Isolatoren aus Porzellan den Anforderungen an Isolationsfähigkeit und mechanischer Festigkeit am besten entsprechen. (Augenblicklich werden Versuche mit Glasisolatoren durchgeführt.) Die Porzellanmasse, bestehend aus Kaolin, Quarz und Feldspat, wird bei etwa 800 Grad gebrannt. Alsdann wird der Isolator in einen Glasurbrei getaucht und einem nochmaligen Brennvorgang — dem Glattbrand — bei 1410 bis 1480 Grad unterworfen. Die Glasur muß weiß und glatt sein und die gesamte Oberfläche bedecken. Durch die Doppelglockenform wird der „Kriechweg" vom Drahtlager zur Stütze, der besonders bei feuchtem Wetter den Isolationswert stark herabsetzt, verlängert.

Abb. 24 Isolator RMk 75

Wir verwenden **Isolatoren mit Kugelkopf** (Abkürzung **RMk),** mit **doppeltem Halslager (RMd)** und mit **Überführungskopf (RMü).** Die Abkürzung RMk bedeutet „Regelmodell mit Kugelkopf". Der Isolator RMk wird in 2 Größen beschafft: **RMk 130 und RMk 75** (Abb. 24). RMk 75 (früher Größe III) wird für 1,5 mm Bronzedraht und 2 mm Stahldraht, RMk 130 (früher Größe I) für die übrigen Drahtsorten benutzt. Soweit noch Isolatoren RMk 95 (früher Größe II) vorrätig sind, werden diese an Stelle von RMk 130 eingebaut.

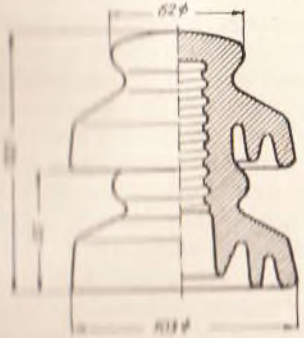


Abb. 25
Isolator RMd 120 DIN 48141

Der **Isolator RMd 120** hat ein doppeltes Drahtlager, an dem die Leitung unterbrochen und abgespannt wird. Die Größe **RMd 120** (Abb. 25) dient zum Herstellen von Untersuchungsstellen, Kreuzungen und Platzwechsel.

Überführungsisolatoren RMü (Abb. 26) werden nur noch in einer Größe beschafft. Der hohle Kopf des Isolators kann mit einem Plattenblitzableiter ausgerüstet werden, der kurze Kabelzwischenstücke gegen Blitzschläge schützen soll. Bei oberirdischen Einführungen in Sprechstellen und KA werden Überführungsisolatoren nicht mehr verwendet. Wir nehmen hier Isolatoren RMk 75

Nun wollen wir uns mit den Stahlteilen beschäftigen, die beim Bau der Verstärkungsmittel — Anker, Strebe und A-Mast — verwendet werden. Der Anker besteht aus den im Abb. 27 aufgeführten Teilen. Der **Ankerstab** aus Rundeisen mit Sechskantkopf am unteren Ende wird durch den kegelförmigen **Ankerklotz** aus Beton gesteckt und durch die **Vorlegeplatte** festgehalten, das Gewindeende des Ankerstabes wird in das **Spannschloß** eingeschraubt. In dem Auge des Spannschlosses bringe ich eine **Ankerkausche** an, stecke ein Ende des **Stahldrahtseiles** (Ankerseiles) hindurch

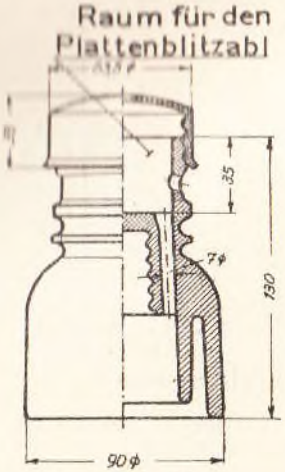


Abb. 26
Isolator RMü DIN 48145

fernmeldelehrling.de

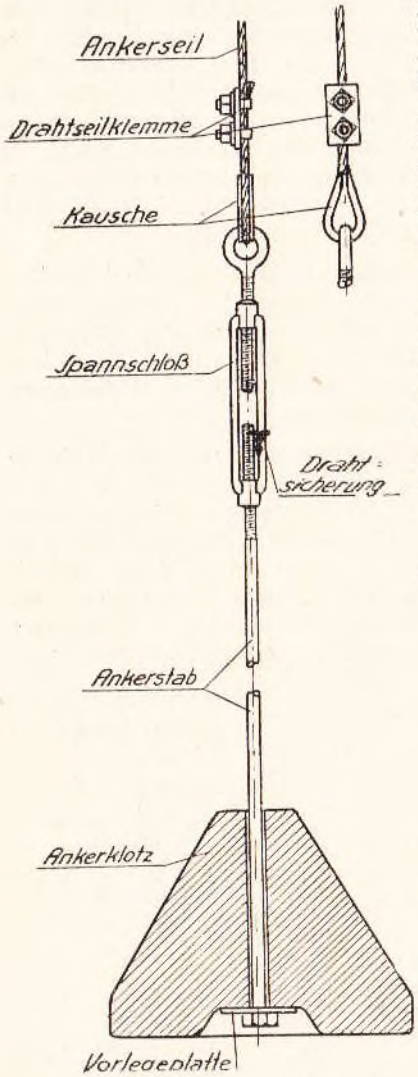


Abb. 27 Anker-Einzelteile

und befestige es mit einer **Drahtseilklemme.** Die Ankerkausche soll ein starkes Knicken und somit ein Brechen der einzelnen Drähte des Ankerseils verhindern, der **Ankerhaken** (Abb. 28) das Abgleiten des Ankerseils vom Mast. Durch entsprechendes Drehen des Mittelstückes des Spannschlosses schrauben sich die Spindeln tiefer in die Gewinde hinein und verkürzen somit den Anker.

Die **Spannschlösser** wurden früher in drei Größen geliefert. Heute wird nur noch eine Ausführung mit je einer Ösenschraube mit Links- und Rechtsgewinde beschafft. Bei der Herstellung eines Ankers wird die Ösenschraube mit Rechtsgewinde nicht gebraucht und auch nicht mitbestellt.

Streben werden mit dem Mast durch **Sechskantholzschrauben**

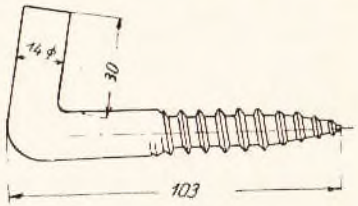


Abb. 28 Ankerhaken

(Strebenschrauben) verbunden (Abb. 29). Wir verwenden die Größen 12×150 (Durchmesser 12 mm, Schaftlänge 150 mm) und 16×180. Wo die Verbindungsstelle zwischen Strebe und Mast besonders beansprucht wird, z. B. bei Anker- und Linienstreben und KA, werden **Schraubenbolzen** verwendet. Sie werden aus Rundeisen von 20 mm Stärke mit Sechskant-

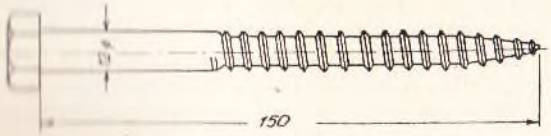


Abb. 29
Sechskantholzschraube 12 x 150

kopf in allen gebräuchlichen Längen geliefert. Besonders lange Schraubenbolzen werden bei A-Masten unterhalb des Mittelriegels eingezogen, um diesen in seiner Lage festzuhalten. **Unterlegscheiben** sollen verhüten, daß Kopf oder Mutter des Schraubenbolzens in das Holz eingepreßt werden.

Das **Stahldrahtseil** besteht aus einer Anzahl von verzinkten Stahldrähten, die als Seil verflochten sind. Es wird in den Stärken I, II und III geliefert. Wir nehmen für unsere Zwecke Größe II.

Steigestützen sollten das Besteigen des Gestänges erleichtern und die Masten schonen. Sie wurden an Masten angebracht, die häufig bestiegen werden mußten, z. B. KA und Untersuchungsmasten Die Entfernung der untersten Steigestützen vom Erdboden betrug mindestens 1,00—1,20 m. Dieser Abstand wurde vergrößert, wenn eine mißbräuchliche Benutzung zu befürchten war. Steigestützen werden jetzt nicht mehr eingebaut.

Die im Fernmeldebaudienst **gebräuchlichsten Drahtarten** sind der **Hartkupferdraht,** der **Bronzedraht** und der **Stahldraht.** Die Drähte werden im Ziehverfahren hergestellt. Ein glühender Metallblock wird im Walzwerk zunächst zum Stab gestreckt und beim Durchlaufen der Walzenstraße ständig im Querschnitt vermindert und dadurch ver-

KL.-Nr.	Bezeichnung	Drahtdurchmesser mm	Gewicht 1000 m Draht kg	Bedarf je km Blindltg. kg	Bindedraht Dicke mm	Bindedraht KL.-Nr.	Verwendungszweck
6250001	Hartkupferdraht	3	62,9	65	2	6252001	für Fernltg.
6250110	Bronzedraht	1,5	15,73	17	1,5	6252000	für Anschlußleitungen
6250111	Bz II	2	28	30	1,5	6252000	für Fernltg.
6250201	Stahldraht St I	2	24,7	30	1,5	6252019	für Anschlußleitungen
6250203		3	55,7	60	1,7	6252020	als Blitzdraht, Tragdraht für Rohrdraht, Hilfsdraht im Baudienst usw.
6250204		4	98,6	103	2	6252021	

fernmeldelehrling.de

längert. Der so gewonnene starke Draht wird sodann durch Ziehsteine aus Widiastahl (Abkürzung für „wie Diamant") verschiedener Größe gezogen, bis er den gewünschten Querschnitt erhalten hat. Die starke Pressung, die der Draht beim Ziehen durch die Löcher mit niedrigem Querschnitt erfährt, bewirkt eine wesentliche Verdichtung und Härtung.

Bronzedraht besteht aus einer Legierung von Kupfer und Zinn und besitzt eine größere Zugfestigkeit als Hartkupferdraht. Beim Stahldraht muß die Oberfläche gleichmäßig mit einer Zinkhaut überzogen sein.

Aus der vorstehenden Tabelle sind die Werte und Eigenschaften der im Fernmeldebaudienst verwendeten Drahtarten ersichtlich.

Neue Anschlußleitungen werden aus Stahldraht I von 2 oder 3 mm Durchmesser hergestellt. Ist zu befürchten, daß der Stahldraht in einer Gegend durch chemische Einflüsse von Fabriken, Eisenbahnen, Seeluft oder dgl. in Mitleidenschaft gezogen wird, ist Bronzedraht II 1,5 mm zu verwenden.

Aldreydraht wird nicht mehr beschafft und verwendet. Er besteht aus einer Aluminiumlegierung, besitzt zwar gute elektrische Eigenschaften, ist aber äußerst empfindlich.

Leitungsdrähte werden durch **Drahtverbindungshülsen** miteinander verbunden, Kupfer- und Bronzedraht sowie Kupfer- und Stahldraht durch Kupferhülsen, Stahldraht durch Aluminiumhülsen.

Die KL-Nr. für das FBZ sind:

KL-Nr.	Bezeichnung des FBZ	DIN
604.25.01	Kabelschutzeisen für Kabelhochführungen Nennweite 40 mm	
617.15.00	UEVs-Al 50 einschl. 2 Befestigungsstücke zu 5 DA	
617.16.00	desgl. zu 10 DA	
620.30.05	Isolierrollen für KA	
10	Halter für Isolierrollen	
620.60.05	Ankerstäbe mit Sechskantkopf	48324
10	Vorlegeplatte für Ankerstäbe	48325
620.61.00	Ankerklotz A aus Beton	48328
620.62.25	Spannschloß M 16 mit je einer Ösenschraube mit Links- und Rechtsgewinde	48323
26	Spannschloß M 16 mit Ösenschraube mit Linksgewinde	48323
620.63.11	Kausche für Anker- und Tragseile	48326
620.64.11	Drahtseilklemme	48335
620.65.11	Ankerhaken	48325
623.00.11	Querträger für 4 Doppelltgn. A 1150	48320
623.25.02	Ziehbänder für Querträger 200	48321

KL-Nr.	Bezeichnung des FBZ	DIN
12	desgl. 170	48321
22	desgl. 130	48321
623.26.02	Vorlegeplatten für Querträger 120	48322
624.01.00	Hakenstützen H 150	48057
20	desgl. H 100	48057
624.11.00	Gerade Isolatorstützen G 160	48055
20	desgl. G 130	48055
624.16.00	U-förmig gebogene Isolatorst. U 170	48056
20	desgl. U 150	48056
624.41.00	Isolatoren RMk 130	48140
20	desgl. RMk 75	48140
624.46.60	desgl. RMd 120	48141
624.51	desgl. RMü	48145
624.51.00	Verschlußkappen k für RMü	48145
624.54.25	Plattenblitzabl. mit Fassung für Isolator RMü	48338
623.15.12	Querträger für A-Masten C 1330 für 4 Doppelltgn. an 2. Stelle	48320
623.00.21	Querträger zu 6 Stützenpaaren III alter Ausführung	
625.31.00	Kupferhülsen 1,5 mm, 80 mm lang	
10	desgl. , 40 mm lang	
627.00.00	Stahldraht I 19×2,1 mm ϕ	
01	desgl. II 7×3 mm ϕ	
02	desgl. III 7×2,5 mm ϕ	
883.16.01	VVU-Draht	
880.01.20	Bandstahl verzinkt, 30×2,5 mm	
880.12.11	Rohe Sechskantschrauben mit Sechskantmutter M 6×20	601
880.34.23	desgl. M 20×200	601
24	desgl. M 20×240	601
883.00.73	Sechskantholzschrauben 12×150	
883.07.11	desgl. 16×180	

Das Fernbaumeldegerät

Unter FBG verstehen wir:

1. die beim Bau ober- oder unterirdischer Linien verwendeten **Geräte,** wie Mastgabeln, Sicherheitsgürtel, Steigeisen, Schiebegestänge usw., und
2. das **Werkzeug,** wie Hammer, Schraubenzieher, Stützenbohrer usw., das zum Verrichten handwerksmäßiger Arbeit verwendet wird.

Auf eine Beschreibung des Werkzeugs können wir verzichten, weil es sich zumeist um handelsübliche Ausführungen handelt. Wir wollen

fernmeldelehrling.de

uns hier lediglich mit den Geräten beschäftigen und uns dabei auf kurze Erläuterungen beschränken.

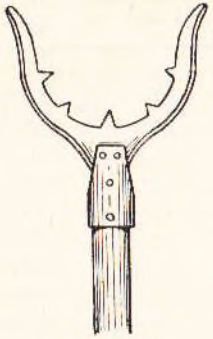


Abb. 30
Mastgabel

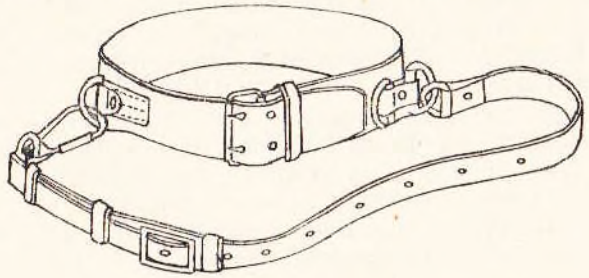


Abb. 31 Sicherheitsgürtel

Die Mastlöcher werden je nach der Bodenbeschaffenheit gegraben, gebohrt oder gesprengt. Ein **Stoßeisen** (Brechstange) dient zum Lockern des festen Untergrundes. Masten werden meistens ohne besondere Hilfsmittel aufgestellt. Nötigenfalls wird dabei das Zopfende mit einer eisernen **Mastgabel** (Abb. 30) oder Leiter nach oben gedrückt. Bei langen und

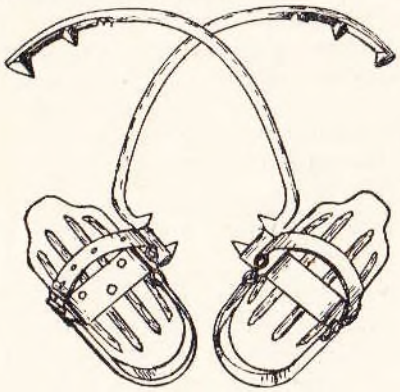


Abb. 32 Steigeisen

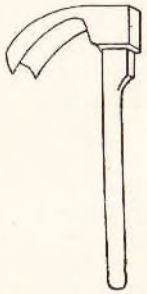


Abb. 33
Hohldechsel

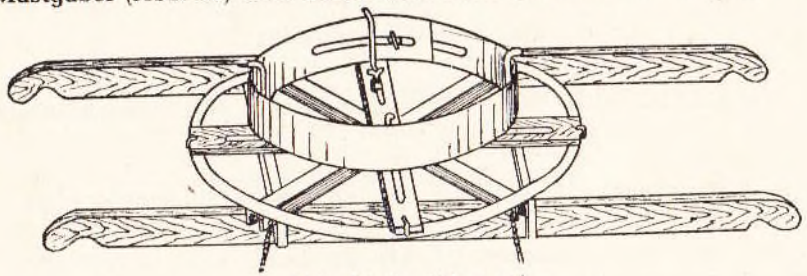


Abb. 34 Drahthaspel

schweren Masten wird am Zopfende eine **Sicherheitsleine** befestigt. Zwei **Halteseile** sollen das seitliche Ausweichen des Mastes beim Ziehen verhüten.

Vor dem Besteigen der Masten bindet sich der Arbeiter einen **Sicherheitsgürtel** (Abb. 31) um und legt **Steigeisen** (Abb. 32) an. Die Zähne der Steigeisen drücken sich beim Steigen fest in das Holz hinein. Der Riemen des Sicherheitsgürtels wird um den Mast gelegt. Er gibt dem Arbeiter beim Steigen den nötigen Halt und erlaubt ihm, oben mit beiden Händen frei zu arbeiten. Das Werkzeug wird in einer umgebundenen **Werkzeugtasche** mit hinaufgenommen.

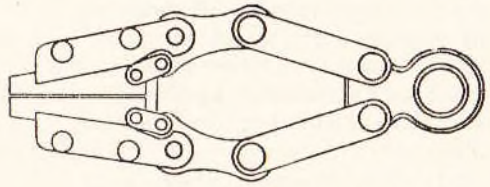


Abb. 35 Parallelklemme

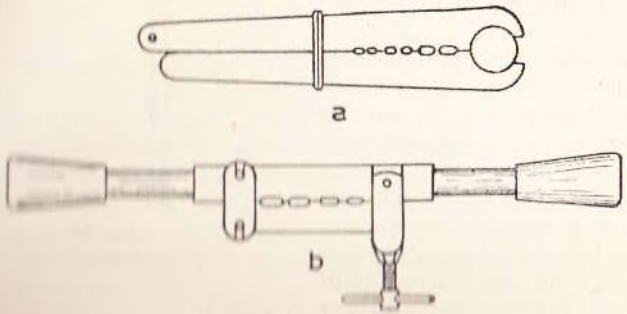


Abb. 36 Hebelkluppen

Das obere Ende der Strebe wird, der Mastrundung entsprechend, mit einem **Hohldechsel** ausgearbeitet (Abb. 33).

Sind die Masten gestellt und die

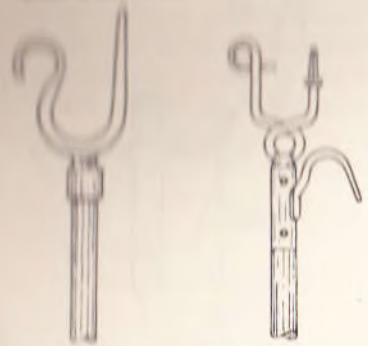


Abb. 37 Drahtgabel

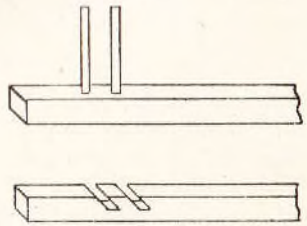


Abb. 38 Gleithölzer

fernmeldelehrling.de

Verstärkungsmittel und Querträger angebracht, wird der Draht ausgelegt. Der Drahtring wird vom **Drahthaspel** (Abb. 34) abgewickelt, der von zwei Mann die Baustrecke entlang getragen wird. Alsdann wird der Draht gereckt, Bronzedraht bis zu 1,5 mm mit der Hand, stärkerer Draht mit einem **Flaschenzug.** Eine **Parallelklemme** (Abb. 35) dient zum Festhalten des Drahtes. Leitungsdrähte werden mit Hilfe von Drahtverbindungshülsen unter Verwendung von **Hebelkluppen** (Abb. 36) miteinander verbunden. Das Aufbringen des Leitungsdrahtes auf die Isoliervorrichtungen muß sehr sorgfältig geschehen, um Beschädigungen des Drahtes zu verhüten. Stahldraht wird mit der **Drahtgabel** (Abb. 37) auf die Querträger oder Hakenstützen gelegt, Bronzedraht beim Besteigen der Masten mit hinaufgenommen oder mit einer Leine hochgezogen. Am einfachsten und schnellsten geht es, wenn der Bronzedraht mit einer mit Zeug **umwickelten Drahtgabel** hochgenommen wird. Das ist statthaft. Mit Einschnitten oder Zapfen versehene **Latten aus Hartholz** (Abb. 38), die an die Querträger gebunden werden, sollen verhindern, daß sich der Draht beim Anziehen an den Stützen oder Querträgern scheuert.

Der Drahtdurchhang kann auf sehr verschiedene Weise mit und ohne Hilfsgerät geregelt werden. Jetzt wollen wir nur die Geräte nennen, die wir dabei verwenden: **Meßlatte** und **Durchhanglehre.** Die Meßlatte (Abb. 39) besteht aus

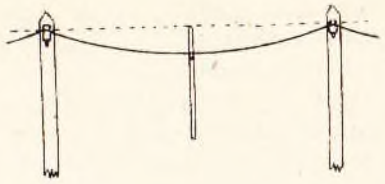


Abb. 39
Anwendung der Meßlatte

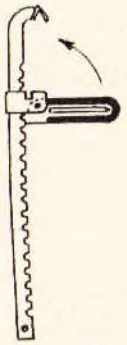


Abb. 40
Durchhanglehre

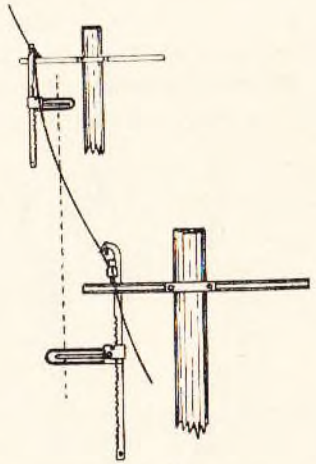


Abb. 41
Anwendung der Durchhanglehre

einer leichten Stange, an deren oberen Ende durch einen Nagel oder eine verschiebbare Einstellvorrichtung der nach der Durchhangtabelle (FBO 7, Anlage 5) zu gebende Durchhang zu bezeichnen ist. Ein Arbeiter hält in der Mitte des Feldes die Meßlatte so, daß die Spitze in der Sehlinie zwischen den beiden Isolatoren liegt. Der Durchhang wird so lange geregelt, bis der Draht auf dem Nagel aufliegt. Die Durchhanglehre (Abb. 40) besteht aus einer Flacheisenschiene, an der ein hochklappbarer Arm aus Blech innerhalb der Grenzen von 10 bis 110 cm verschoben werden kann. Sie wird mittels eines am oberen Ende gebogenen Hakens am Leitungsdraht aufgehängt (Abb. 41). Federwaagen werden im allgemeinen nicht verwendet, weil ihre Benutzung zu umständlich ist.

Liebe Kollegen!

Wir wissen, daß in einigen Landesteilen, wie z. B. in Süddeutschland, noch Linien mit abweichender Bauweise bestehen, neue Linien aber nach den allgemein gültigen Vorschriften gebaut werden. Darüber hinaus hat es im praktischen Baudienst immer Meinungsverschiedenheiten über die Zweckmäßigkeit dieser oder jener Bauweise gegeben. Das ist verständlich, weil Bodenbeschaffenheit und Witterungverhältnisse unterschiedlich sind und hierbei eine Rolle spielen. Grundsätzlich ist jedoch nach den allgemein gültigen Vorschriften zu bauen.

Merke:

1. Als **Leitungsmasten** werden hauptsächlich **Kiefern** und **Fichten** verwendet. Lärchen und Tannen sind seltener anzutreffen.
2. Das dachartig abgeschrägte obere Ende des Mastes wird **Zopfende**, das untere **Stammende** genannt.
3. Die Masten werden in der **Tränkungsanstalt** gegen Schädigungen durch Fäulnis und Insektenfraß getränkt (imprägniert).
4. Die **gebräuchlichsten Tränkungsverfahren** sind:
   a) das Kesseldruckverfahren mit Teeröl für Kiefern und Lärchen (Tränkungsnagel R.),
   b) die Behandlung von Fichten mit chromarsenhaltigen Salzgemischen
      1. im Kesseldruckverfahren (DV),
      2. im Trogverfahren (DT),
      3. im Saftverdrängungsverfahren (B) und
      4. im Osmoseverfahren (O).

fernmeldelehrling.de

5. **Je tiefer und gleichmäßiger** ein Mast durchtränkt ist, **desto größer** ist im allgemeinen **seine Lebensdauer.**
6. Die **Lebensdauer** der mit Teeröl getränkten **Kiefernmasten** beträgt etwa **30 bis 35 Jahre,** die der salzgetränkten **Fichtenmasten** etwa **20 bis 25 Jahre.**
7. In der Tränkungsanstalt wird 3,5 m vom Stammende entfernt ein **Jahresnagel** und ein **Tränkungsnagel** eingeschlagen.
8. Die **Bezeichnung der Masten** erfolgte bisher nach Länge und Zopfstärke. In Zukunft, d. h. nach Inkrafttreten der neuen FBO, werden die Masten nach Länge und Fußdurchmesser bezeichnet. Der Fußdurchmesser wird 1,50 m vom Stammende gemessen.
9. Die neuen Querträger für 4 Doppelleitungen **(Einheitsquerträger)** werden für Anschluß- und Fernleitungen verwendet.
10. Die **Isolatorstützen G 130 und U 150** werden mit dem **Isolator RMk 75** für Anschlußleitungen ausgerüstet, die **Isolatorstützen G 160 und U 170** mit dem **Isolator RMk 130** für Fernleitungen.
11. Der **Isolator RMd 120 mit doppeltem Halslager** wird in Untersuchungsstellen und bei Kreuzungen und Platzwechsel eingebaut.
12. Der **Isolator RMü (Überführungsisolator)** mit Plattenblitzableiter soll kurze Kabelzwischenstücke gegen Blitzschlag schützen.
13. **Folgende Teile werden beim Bau eines Ankers verwendet:** Ankerklotz aus Beton, Vorlegeplatte, Ankerstab aus Rundeisen mit Sechskantkopf, Spannschloß mit einer Ösenschraube mit Linksgewinde, Stahlrahtseil, Kausche, Drahtseilklemme und Ankerhaken.
14. Die **gebräuchlichsten Drahtsorten** sind Hartkupferdraht, Bronzedraht und Stahldraht.
15. **Hartkupferdraht 3 mm und Bronzedraht 2 mm** werden **für Fernleitungen, Bronzedraht 1,5 mm und Stahldraht 2 und 3 mm für Anschlußleitungen** verwendet.
16. **Bronzedraht 1,5 mm darf nur dort eingebaut werden,** wo chemische Einflüsse der Luft den Stahldraht zerstören könnten.
17. Kupfer- und Bronzedraht sowie Kupfer- und Stahldraht werden durch **Kupferhülsen,** Stahldraht durch **Aluminiumhülsen** miteinander verbunden.
18. Das **FBG** teilen wir in das eigentliche **Gerät** (Sicherheitsgürtel, Drahthaspel usw.) und in **Werkzeug** (Hammer, Meißel usw.) ein.
19. **Hilfsmittel beim Aufstellen von Masten** sind u. a. Mastgabel, Leiter, Sicherheitsleine, Halteseile und Flaschenzug.
20. **Steigeisen** und **Sicherheitsgürtel** legt der Arbeiter vor dem Besteigen der Masten an. Er vergißt nicht, den Riemen des Sicherheitsgürtels um den Mast zu legen und zu sichern.

21. Der Draht wird beim Auslegen von einem **Drahthaspel** abgewickelt. Stahldraht kann, wenn ein Haspel fehlt, unter Schonung der Zinkhaut wie ein Wagenrad ausgerollt werden.
22. **Parallelklemmen** werden zum Festhalten des Drahtes verwendet.
23. Mit Hilfe von **Hebelkluppen** werden Leitungsdrähte durch **Drahtverbindungshülsen** miteinander verbunden.
24. **Holzlatten,** mit Einschnitten oder Zapfen versehen, die an die Querträger gebunden werden, sollen das Scheuern des Drahtes beim Ziehen verhindern.
25. Der **Drahtdurchhang** wird mit der Meßlatte, mit der **Durchhanglehre** oder mit Hilfe von Drahtschwingungen geregelt. Die **Federwaage** wird im allgemeinen nicht mehr benutzt, weil ihre Verwendung zu umständlich ist.

Fragen aus dem Unterrichtstoff

1. Wie unterscheidet sich die Fernmeldeleitung von der Fernmeldelinie?
2. Was ist eine Fernmeldeanlage?
3. Warum ist beim Bau oberirdischer Linien eine bis ins einzelne gehende Auskundung notwendig?
4. Wer muß bei der Auskundung einer Fernsprechlinie hinzugezogen werden?
5. Welches Gesetz erlaubt uns die Benutzung von öffentlichen Verkehrswegen zur Führung unserer Linien?
6. Haben wir eine rechtliche Grundlage zur Benutzung von Privatgrundstücken?
7. Warum ist die Länge und Stärke der aufzustellenden Masten abhängig?
8. Wie groß ist der Mindestabstand zwischen dem unteren Draht und Erdboden bei Straßenkreuzungen und bei Eisenbahnkreuzungen?
9. In welcher Weise verstärke ich die Stützpunkte gegen seitliche Beanspruchung?
10. Warum verwende ich keine Kuppelmasten?
11. Welches Verstärkungsmittel ist den stärksten Beanspruchungen gewachsen?
12. Wie groß wähle ich in der Praxis den Angriffswinkel (Winkel zwischen Strebe oder Anker und Mast) der Verstärkungsmittel?
13. In welchem Winkel zur Linie werden Windstreben angebracht?
14. Warum bringe ich die Verstärkungsmittel möglichst hoch am Gestänge an?

fernmeldelehrling.de

II. Grundlagen der Elektrotechnik

D. Fließende Elektrizität

1. Wirkungen des elektrischen Stromes

„Guten Morgen, Heinrich! Heute morgen findet der Vortrag unseres BzBf statt. Er spricht über die Beziehungen von Strom, Spannung und Widerstand. Dabei will er auch das wichtigste Gesetz der Elektrizitätslehre, das Ohmsche Gesetz, an Hand einiger Rechenbeispiele erläutern."

„Klar, Franz, das muß ich für meine Prüfung unbedingt wissen."

„Gut, gehen wir."

Vortrag

Meine Kollegen!

Wie euch bekannt ist, können wir mit unseren fünf Sinnen die Elektrizität nicht unmittelbar wahrnehmen. Glücklicherweise zeigt sie besondere **Wirkungen,** an denen wir sie mit Hilfe von Vorrichtungen (Apparaten) erkennen können. Ich nenne einige Beispiele für diese Wirkungen: Der elektrische Strom erwärmt Heizkissen, er bringt Glühbirnen zum Leuchten, er zersetzt chemische Verbindungen, er treibt Motoren, er bringt die vielen Relais der Fernsprechtechnik zum Ansprechen. Unsere gesamte Fernsprech-, Telegraphen- und Funktechnik benutzt in sinnvoller Weise die Wirkungen des elektrischen Stromes.

Bis zum 18. Jahrhundert konnte man die Elektrizität nur in kleinen Mengen, in der Hauptsache nur durch Reibung, erzeugen. Nach und nach wurden auch andere Möglichkeiten bekannt. Heute können wir Elektrizität erzeugen durch:

a) chemische Vorgänge (galvanische Elemente, Trockenelemente),
b) magnetische Induktion (Generatoren oder Dynamomaschinen, Kurbelinduktoren, elektromagnetische Tonabnehmer, elektrodynamische Mikrophone),
c) Wärme (Thermoelemente),
d) Licht (lichtelektrische Wirkung von Photozellen, angewendet bei Belichtungsmessern, Bildtelegraphie, Lichttelephonie, Tonfilm, Fernsehen),
e) mechanischen Druck (Quarz- und Turmalin-Kristalle, angewendet bei Tonabnehmern, Mikrophonen).

2. Beziehungen zwischen Strom, Spannung und Widerstand

Drei Größen sind es, die in der Elektrizitätslehre eine besondere Rolle spielen und in ganz bestimmten Beziehungen zueinander stehen. Diese Größen sind **Strom, Spannung** und **Widerstand.** Der

elektrische Strom ist eine Bewegung von freien Elektronen, die in einer Richtung fließen. Zur Fortbewegung der Elektronen muß ein Druck oder eine Spannung vorhanden sein. Dieser „Druck" kann z. B. durch ein chemisches Element oder durch eine Maschine (Generator) hervorgerufen werden. Es ist zum besseren Verständnis allgemein üblich, die elektrischen Vorgänge in einem Stromkreis mit dem Fließen des Wassers zu vergleichen. Ich will es deshalb auch tun. Ich bin mir aber darüber klar, daß alle anschaulichen Vergleiche etwas hinken.

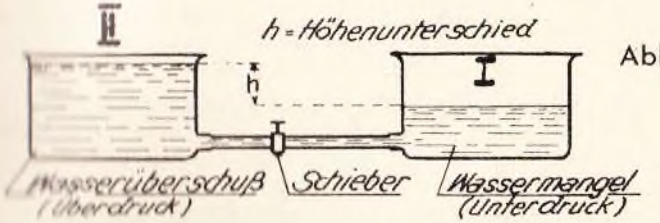


Abb. 8

In der Abb. 8 sind zwei gleiche Gefäße durch eine Rohrleitung verbunden und verschieden hoch mit Wasser gefüllt. Ein Ausgleich des Wassers kann nicht ohne weiteres stattfinden, weil ein sperrender Schieber eingebaut worden ist. Da in dem linken Gefäß II mehr Wasser enthalten ist (Wasserüberschuß) als in dem rechten Gefäß I (Wassermangel), wird auf den Schieber von links ein stärkerer Druck ausgeübt als von rechts. Sobald der Schieber geöffnet wird, fließt das Wasser vom linken Gefäß II so lange zum rechten Gefäß I, bis der Wasserspiegel in beiden Gefäßen gleich und damit der Druckunterschied des Wassers ausgeglichen ist. Mit Fortfall des Druckunterschiedes hört sofort das Fließen des Wassers auf, obwohl der Schieber noch geöffnet ist. Wir finden ähnliche Vorgänge überall in der Natur. Das Wasser in unseren Flüssen kommt dadurch zum Fließen, daß ein Höhenunterschied (Gefälle) zwischen zwei Punkten des Geländes herrscht. Je größer der Höhenunterschied ist, um so größer wird die Wassermenge, die in einer bestimmten Zeiteinheit fortbewegt wird. Die Wassertürme der Eisenbahnstationen zur Versorgung der Lokomotiven können gleichfalls als anschaulicher Vergleich betrachtet werden.

In der Abb. 9 sind wir einen Schritt weitergegangen und haben die beiden Gefäße durch ein zweites Rohr mit einer eingebauten Pumpe verbunden. Außerdem haben wir den Höhenunterschied der beiden mit Wasser gefüllten Gefäße geändert. Da zwischen den beiden Wasserspiegeln jetzt ein größerer Höhenunterschied besteht, herrscht also auch ein größerer Druck. Sobald der Schieber geöffnet

fernmeldelehrling.de

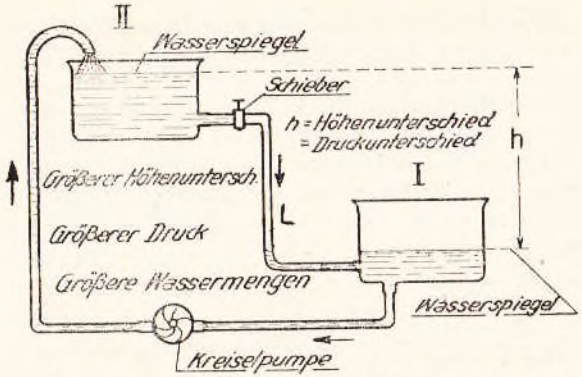


Abb. 9. Geschlossener Wasserstromkreis.

wird, fließt ein größerer Wasserstrom als vorher in Abb. 8 durch die Leitung L in das Gefäß I. Die Pumpe bringt das Wasser wieder in das Gefäß II. Solange die Pumpe arbeitet, ist Druck vorhanden, und der Wasserstromkreis ist geschlossen.

Ähnliche Vorgänge finden wir in einem einfachen elektrischen Stromkreis.

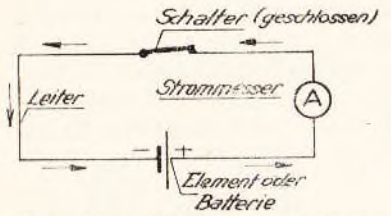


Abb. 10a. Einfacher elektr. Stromkreis.

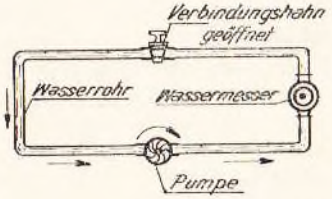


Abb. 10b. Einfacher Wasserstromkreis

Abb. 10a zeigt ein sogenanntes Trockenelement als Beispiel für einen Stromerzeuger (Energiequelle). Seine beiden Polklemmen sind mit + und — gekennzeichnet. An diesen Klemmen besteht ein elektrischer „Druckunterschied" (Spannung). Wir klemmen einen längeren Draht an, in den ein Schalter und ein Strommesser (Amperemeter) eingeschaltet sind. Sobald der Schalter geschlossen wird, ist die ganze Anordnung ein in sich **geschlossener** einfacher **Stromkreis.**

In Abb. 9 und 10b stellt die Pumpe den Druckunterschied immer wieder her. In dem elektrischen Stromkreis der Abb. 10a hält das

Trockenelement durch innere chemische Vorgänge den elektrischen „Druck" immer aufrecht, der als elektrische Spannung die Elektronen zum Fließen bringt. Die treibende Kraft für das Fließen der Elektronen — und damit des Stromes — ist also die elektrische Spannung. Spannung ist auch im **offenen** Stromkreis vorhanden (z. B. Steckdose). Strom kann aber nur in einem **geschlossenen** Stromkreis fließen.

3. Strom

Es ist bereits bekannt, daß die Einheit der Elektrizitätsmenge das Coulomb (sprich „Kulomm") ist. Das sind rd. 6,3 Trillionen Elektronen. In der praktischen Elektrotechnik spielt das Coulomb als Einheit der Elektrizitätsmenge nur eine untergeordnete Rolle. Wir haben es in der Praxis fast nur mit dem Transport von Elektrizitätsmengen oder, anders gesagt, mit **strömender Elektrizität** zu tun. Aus praktischen Gründen wurde daher der Begriff der Stromstärke festgelegt. Die Einheit der Stromstärke ist das Ampere (A); 1 A entspricht der Elektrizitätsmenge 1 Coulomb, transportiert in 1 Sekunde. In der Schwachstromtechnik wird häufig der tausendste Teil von einem Ampere, das Milliampere (mA), zur Angabe der Stromstärke benötigt.

$$1\ \text{mA} = 0{,}001\ \text{A} = \frac{1}{1000}\ \text{A}.$$

Was versteht man nun in heutiger Zeit unter der Stromstärke von 1 Ampere (A)? Wie kann man sie zur Eichung von Instrumenten festlegen? Man hätte die Einheit der Stromstärke auf Grund der verschiedenen Wirkungen des elektrischen Stromes (Wärme, Induktion, Lichtwirkung, elektrochemische Wirkung usw.) verschieden bestimmen können. Man hat sich nun bei der Festlegung der Stromstärke international auf die elektrochemische Wirkung des Stromes, auf die ich später einmal besonders zu sprechen komme, geeinigt. **Durch Reichsgesetz vom 1. 6. 1898 wurde bestimmt, daß unter 1 Ampere der elektrische Strom zu verstehen ist, der beim Durchgang durch eine wässerige Silbernitratlösung in einer Sekunde 1,118 Milligramm Silber ausscheidet.** Für die praktische Messung und den täglichen Gebrauch ist dieses Verfahren nicht verwendbar und auch nicht vorgesehen. Deshalb hat man direkt anzeigende Strommesser (Amperemeter) gebaut, die mit Hilfe der elektrochemischen Wirkung des Stromes geeicht werden. Das allgemeine Formelzeichen für die Stromstärke ist *I* (aus dem lateinischen Intensität = Stärke).

Ein Beispiel für die Schreibweise des Formelzeichens zusammen mit dem Einheitszeichen:

fernmeldelehrling.de

$$I = 12\ \text{A}$$

Formelzeichen für elektr. Stromstärke (Strom)	Kurzzeichen für die Maßeinheit Ampere

In Worten ausgedrückt: Die Stromstärke ist gleich 12 Ampere.

4. Spannung

Wir haben die Spannung als die treibende Kraft erkannt und verstehen darunter — bildlich ausgedrückt — den „Druckunterschied" zwischen zwei beliebigen Punkten eines Stromkreises. Die Maßeinheit für die Spannung ist das Volt (V), so benannt nach dem italienischen Physiker Volta. Das allgemeine Formelzeichen ist U. Wieder ein Beispiel für die Schreibweise:

$$U = 60\ \text{V}$$

Formelzeichen für elektrische Spannung	Kurzzeichen für die Maßeinheit Ampere

In Worten ausgedrückt: Die Spannung ist gleich 60 Volt.

In der Fernmeldetechnik wird oft der tausendste Teil eines Volts, das Millivolt (mV), als praktische Einheit verwendet.

$$1\ \text{mV} = 0{,}001\ \text{V} = \frac{1}{1000}\ \text{V}.$$

In der Abb. 10a ist ein Trockenelement als Energiequelle gewählt worden. Ich hätte ebensogut eine Dynamomaschine (Generator) nehmen können. Diese Energiequellen (auch Strom- oder Spannungsquellen genannt) bewirken nichts anderes, als die in jedem Material vorhandenen Elektronen (Ladungsträger) in Bewegung zu setzen. Der gesamte „Druck", der von dieser Quelle ausgeht, heißt **Elektromotorische Kraft** (EMK oder E). Die EMK ist also die Gesamtspannung oder der gesamte „Druck", der innerhalb der Maschine oder des Elementes entsteht, während die Spannung U der „Druckunterschied" zwischen zwei beliebigen Punkten ist, z. B. an den Klemmen des Generators. Da die EMK eine Spannung (Gesamtspannung) ist, wird sie ebenfalls wie die Klemmen- oder Gebrauchsspannung U in Volt gemessen. In dem Stromkreis (Abb. 10a) treibt die EMK, ausgehend vom Inneren des Elements, über die Polklemmen einen Strom durch einen geschlossenen Stromkreis, und zwar in Richtung des Pfeiles vom Pluspol durch den Strommesser zum Minuspol. Ist diese Festlegung der Stromrichtung auch heute noch üblich? Ja! Wir wissen zwar heute, daß die Elektronen sich mit ihrer Ladung vom Minuspol zum Pluspol bewegen. Als man aber erstmalig das Vorhandensein eines elektrischen Stromes erkannte, konnte man seine Richtung noch nicht feststellen und legte daher willkürlich die Stromrichtung vom Pluspol durch den Außenkreis zum Minuspol fest. Die Elektrotechnik hat auf dieser Richtungslegung von Plus nach Minus ihre theoretische und praktische Entwicklung aufgebaut und kann sie nicht von heute auf morgen umstoßen. Da es für das Lesen von Schaltungen und für den Techniker gleich ist, von welcher Richtung man ausgeht, haben die Lehrbücher durchweg die alte Annahme der Stromrichtung von Plus nach Minus beibehalten. Ich will es daher auch so machen. Bei Betrachtung der Abb. 10a entsteht die Frage: Wie stark ist der Strom, der in dem einfachen Stromkreis fließt, und von welchen Bedingungen hängt seine Stärke ab?

Die Stromstärke in einem geschlossenen Stromkreis hängt von 2 elektrischen Größen ab:

1. von der gesamten Spannung,
2. von dem gesamten Widerstand des Stromkreises.

Aus dem Vergleich mit dem Wasserstromkreis der Abb. 9 ist zu ersehen, daß der Druckunterschied im Fallrohr um so größer wird, je größer der Höhenunterschied zwischen den beiden Wasserspiegeln ist. Je größer aber der Druck (Spannung) wird, um so schneller fließt das Wasser vom oberen zum unteren Gefäß; das heißt also, um so größer wird auch die Wassermenge in 1 Sekunde, genannt die „Stromstärke".

Wir merken uns:

Größere Spannung bewirkt größere Stromstärke.

Weiter ist es leicht einzusehen, daß das Abfließen des Wassers aus dem oberen Gefäß um so mehr gehemmt wird, je länger und je enger das Verbindungsrohr ist (kleiner Rohrdurchmesser). Außerdem ist es nicht gleich, ob die Abflußrohre verbeult und versandet oder glatt und poliert sind. Oder anders gesagt: Je größer der Widerstand ist, der sich dem Abfließen des Wassers entgegenstellt infolge der Beschaffenheit, der Länge und der lichten Weite der Rohre, um so kleiner wird die Wassermenge, die in 1 Sekunde abfließen kann.

Wir merken uns daher:

Größerer Widerstand bewirkt kleinere Stromstärke.

Wir übertragen diese Überlegung auf den elektrischen Stromkreis und sagen:

In einem geschlossenen Stromkreis wird der **elektrische Strom um so größer,**

1. **je größer die Spannung** ist und
2. **je kleiner der Widerstand** in dem Stromkreis ist;

fernmeldelehrling.de

der elektrische Strom wird um so **kleiner,**

1. **je kleiner die Spannung** ist, die ihn treibt,
2. **je größer der Widerstand** ist, der sich ihm entgegenstellt.

5. Widerstand

Wovon hängt nun der elektrische Widerstand ab?

Die Größe des Widerstandes, den ein Leiter dem durchfließenden Strom entgegensetzt, ist abhängig:

a) **von der Länge des Leiters,**
b) **von dem Querschnitt des Leiters** und
c) **von der Art des Stoffes,** aus dem der Leiter besteht (Kupfer, Eisen, Aluminium).

Aus der Praxis wissen wir, daß der Widerstand einer oberirdischen Leitung wächst, je länger sie wird.

Der Widerstand wächst mit der Leiterlänge.
(Direktes Verhältnis.)

Weiter ist uns bekannt, daß der Widerstand kleiner wird, je größer der Querschnitt (Fläche *F*) des Drahtes genommen wird.

Der Widerstand nimmt ab mit wachsendem Querschnitt (Fläche *F*).
(Umgekehrtes Verhältnis.)

Um den Widerstand eines Leiters möglichst klein zu halten, wählen wir im Fernmeldebau für unsere Leitungen nach Möglichkeit Kupfer, denn wir wissen aus der Praxis, daß eine Kupferleitung den Strom besser leitet als ein Eisen- oder Aluminiumdraht.

Der Widerstand hängt ab von dem Stoff des Leiters.

Das Formelzeichen für den elektrischen Widerstand ist *R*. Zur Berechnung eines Widerstandes (*R*) müssen also Länge, Querschnitt und Stoff eines Leiters bekannt sein. Die Maßeinheit des Widerstandes wird zu Ehren des deutschen Physikers Ohm mit **Ohm** (abgekürzt Ω) bezeichnet. Nach dem Reichsgesetz ist **ein Ohm der Widerstand eines Quecksilberfadens von 106,3 cm Länge und 1 mm² Querschnitt (bei 0° Celsius).**

Ein Beispiel für die Schreibweise des Formelzeichens zusammen mit dem Einheitszeichen:

$$R = 5\ \Omega$$

Formelzeichen für elektrischen Widerstand — Kurzzeichen für die Maßeinheit Ohm

In Worten ausgedrückt: Der Widerstand ist gleich 5 Ohm.

Für große Widerstände wählt man zweckmäßig als Maßeinheit das Kiloohm (kΩ) und für sehr große Widerstände das Megohm (MΩ)

$$1000\ \Omega = 1\ k\Omega$$
$$1000\ k\Omega = 1\,000\,000\ \Omega = 1\ M\Omega$$

6. Einheitswiderstand

Um festzustellen, welches Metall sich nach der Art des Stoffes am besten zur Fortleitung der Elektrizität eignet, hat man den Widerstand der Drähte aus verschiedenen Metallen ermittelt, und zwar hat man einen Draht von genau 1 m Länge und 1 Quadratmillimeter (1 mm²) Querschnitt gemessen. Diese Werte hat man in einer Tabelle zusammengestellt.

Einheitswiderstände der wichtigsten Leiter (Tabelle 1)

Silber	=	0,016 — 0,017
Kupfer	=	0,017 — 0,018
Bronze	=	0,021
Aluminium	=	0,029
Eisen	=	0,13
Blei	=	0,21
Nickelin	=	0,4 (Widerstandsdraht)
Konstantan	=	0,5 („ „)

Bei dieser Messung ist man zu der interessanten Feststellung gekommen, daß der Widerstand des Eisens etwa 7- bis 8mal größer ist als der des Kupfers und daß das Silber einen kleineren Widerstand besitzt als Kupfer. Wenn wir keine Rücksicht auf den hohen Preis des Silbers zu nehmen hätten, so würden wir zweckmäßig Silberdrähte für unsere Fernsprechleitungen wählen.

Der Widerstand eines Leiters von 1 mm² Querschnitt und 1 m Länge heißt Einheitswiderstand oder spezifischer Widerstand; man bezeichnet ihn mit dem griechischen Buchstaben ϱ (sprich „Rho").

Man spricht auch von der „Stoffkonstanten" oder dem „Artwiderstand", weil der Einheitswiderstand gerade die Art des Materials widerstandsmäßig erfaßt.

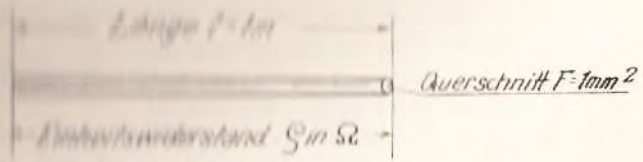


Abb. 11 Darstellung des spezifischen Widerstandes oder Einheitswiderstandes eines Drahtes.

Der Einheitswiderstand $\varrho = 0{,}13$ für Eisen bedeutet demnach nichts anderes, als daß der elektrische Widerstand eines Eisendrahtes von 1 m Länge und 1 mm² Querschnitt 0,13 Ω beträgt (siehe Tabelle 1).

fernmeldelehrling.de

Vergrößert man die Länge des Eisendrahtes bei gleichbleibendem Querschnitt, z. B. von 1 m auf 10 m, so ist leicht einzusehen, daß dann der elektrische Widerstand

$$R = \varrho \times 10 = 0{,}13 \times 10 = 1{,}3\,\Omega$$

betragen muß. Allgemein gesagt ist $R = \varrho \times l$, wenn l die Gesamtlänge in m bedeutet.

Für einen Eisendraht von 1 m Länge und dem **doppelten Querschnitt** ($F = 2$ mm²) dagegen würde der elektrische Widerstand nur die Hälfte betragen, weil die Elektronen bei dem größeren Querschnitt mehr Platz zum Fließen haben und dadurch geringeren Widerstand finden (vgl. Wasserrohr). Nach diesen Erkenntnissen läßt sich der Ohmsche Widerstand R eines Leiters durch folgende Formel berechnen:

$$R = \frac{\varrho \times l}{F} \quad \text{Ohm}$$

In Worten ausgedrückt:

$$\text{Widerstand (in Ohm)} = \frac{\text{Einheitswiderstand} \times \text{Länge (in m)}}{\text{Querschnitt (in mm}^2\text{)}}$$

Der Widerstand R ist verhältnisgleich dem Einheitswiderstand ϱ und der Länge l und umgekehrt verhältnisgleich dem Querschnitt F. Das heißt mit anderen Worten: Je länger ein Leiter und je größer sein Einheitswiderstand ist, um so größer ist sein elektrischer Widerstand R; weiter wird der elektrische Widerstand R größer mit kleiner werdendem Querschnitt F. Bei der obigen Widerstandsformel ist zu beachten, daß die Länge des Leiters immer in **Meter** und der Querschnitt in **Quadratmillimeter** einzusetzen ist.

7. Berechnung des Querschnittes F eines Drahtes

Meistens ist nur der Durchmesser eines Drahtes bekannt; dann muß der Querschnitt F erst durch eine Nebenrechnung ermittelt werden. Der Querschnitt F errechnet sich bei runden Drähten nach der Formel für die Berechnung der Kreisfläche $F = r^2 \times \pi$ wobei π (sprich „pi") eine ganz bestimmte Zahl von der Größe 3,14 und r der Halbmesser (Radius) des Kreises ist.

Die Zahl 2, die in der genannten Kreisflächenformel hoch oben rechts neben r steht, bedeutet nichts anderes, als daß der Radius mit sich selbst malgenommen werden muß, also $r \times r$. Wenn ich beispielsweise 3^2 (drei hoch zwei) schreibe, dann heißt das: die Zahl 3 soll mit sich selbst malgenommen werden, also $3 \times 3 = 9$.

Hat ein Draht z. B. einen Durchmesser d von 2 mm, so beträgt der Radius r (halber Durchmesser) = 1 mm. Der Querschnitt des Drahtes errechnet sich dann wie folgt:

$$F = \pi \times r^2;\ F = \pi \times r \times r;$$
$$F = 3{,}14 \times 1 \times 1 = \mathbf{3{,}14\ mm^2};$$

Beträgt der Durchmesser $d = 4$ mm,
so ist der Halbmesser $r = 2$ mm,
dann errechnet sich $F = \pi \times r^2;\ F = \pi \times r \times r;$

$$F = 3{,}14 \times 2 \times 2$$
$$= 3{,}14 \times 4 = \mathbf{12{,}56\ mm^2}.$$

Wir wollen jetzt an Hand einiger Beispiele den Widerstand R von Drähten berechnen.

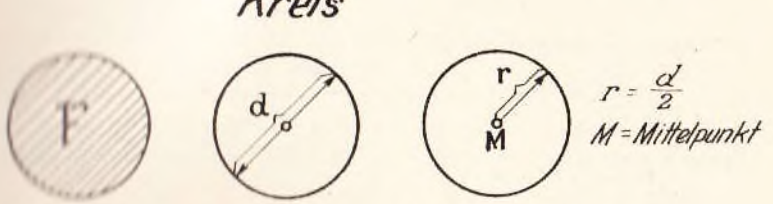


Abb. 12.

8. Beispiele zur Berechnung des Ohmschen Widerstandes von Leitungsdrähten

Aufgabe 1: Wie groß ist der Widerstand R eines Kupferdrahtes von 500 m Länge und einem Durchmesser $d = 4$ mm?

Gegeben: $l = 500$ m

$d = 4$ mm; r ist $\frac{d}{2} = \frac{4}{2} = 2$ mm;

$\varrho = 0{,}017$ (aus der Tabelle 1)

Gesucht: $R = ?$

Lösung:

1. Formel: $R = \frac{\varrho \times l}{F}$ Ohm

Zunächst

a) als Nebenrechnung Querschnitt F ermitteln:

$$F = \pi \times r^2 = 3{,}14 \times 2 \times 2$$
$$= 3{,}14 \times 4 = \mathbf{12{,}56\ mm^2}$$

b) Zahlenwerte in die Formel einsetzen:

$$R = \frac{0{,}017 \times 500}{12{,}56} = \frac{8{,}5}{12{,}56} = 0{,}677\ \Omega$$

Antwort: $R = \mathbf{0{,}677\ \Omega}$

fernmeldelehrling.de

Bei dieser Berechnung ist wieder zu berücksichtigen, daß l in m einzusetzen ist. Der Einheitswiderstand ϱ für Kupfer ist aus Tabelle 1 zu entnehmen. Der Radius r ist der halbe Durchmesser, also

$$r = \frac{d}{2} = \frac{4}{2} = 2 \text{ mm}.$$

Aufgabe 2: Wie groß ist der Widerstand R einer oberirdischen Anschlußleitung (Doppelleitung) aus 1,5 mm starkem Bronzedraht von 2,5 km Linienlänge?

Gegeben: Bronzeleitung $d = 1{,}5$ mm

Halbmesser $r = \frac{1{,}5}{2} = 0{,}75$ mm

Länge $l = 2 \times 2{,}5 = 5$ km $= 5000$ m.

Einheitswiderstand $\varrho = 0{,}021$ (aus Tabelle 1 für Bronze)

Gesucht: $R = ?$

Lösung:

Formel: $\boxed{R = \frac{\varrho \times l}{F}}$ Ohm

Zunächst

a) als Nebenrechnung Querschnitt F ermitteln:

$$F = \pi \times r^2 = 3{,}14 \times r \times r$$
$$= 3{,}14 \times 0{,}75 \times 0{,}75$$
$$= 3{,}14 \times 0{,}5625 = \mathbf{1{,}77\ mm^2}$$

b) Zahlenwerte in die Formel einsetzen:

$$R = \frac{0{,}021 \times 5000}{1{,}77} = \frac{105}{1{,}77} = 59{,}32\ \Omega$$

Antwort: $R = \mathbf{59{,}32\ \Omega}$

Aufgabe 3: Wie groß ist der Widerstand R einer oberirdischen Anschlußleitung (Doppelleitung) aus Stahldraht mit einem Durchmesser $d = 2$ mm und einer Linienlänge von 2,5 km?

Gegeben: Freileitung Stahldraht $d = 2$ mm

Radius $r = \frac{d}{2} = \frac{2}{2} = 1$ mm;

Einheitswiderstand für Eisen $\varrho = 0{,}13$ (aus der Tabelle 1)

Länge $l = 2 \times 2{,}5$ km $= 5$ km $= 5000$ m

Gesucht: $R = ?$

Lösung:

Formel: $\boxed{R = \frac{\varrho \times l}{F}}$ Ohm

Zunächst

a) als Nebenrechnung Querschnitt F ermitteln:

$$F = \pi \times r^2 = 3{,}14 \times r \times r$$
$$= 3{,}14 \times 1 \times 1 = \mathbf{3{,}14\ mm^2}$$

b) Zahlenwerte in die Formel einsetzen:

$$R = \frac{0{,}13 \times 5000}{3{,}14} = \frac{650}{3{,}14} = 207{,}0\ \Omega$$

Antwort: $R = \mathbf{207{,}0\ \Omega}$

Es ist nun leicht möglich, daß der Widerstand R, der Querschnitt F und der Einheitswiderstand ϱ gegeben sind und die Länge des Leiters ermittelt werden soll. Immer, wenn von den 4 Größen 3 bekannt sind, läßt sich die gesuchte 4. Größe nach **Umstellung** der Formel rechnerisch ermitteln. Folgende Formeln kommen dann in Frage.

a) Gesucht **Länge** l in m $\quad \boxed{l = \frac{F \times R}{\varrho}}$ Meter

b) Gesucht der **Querschnitt** F in mm² $\quad \boxed{F = \frac{\varrho \times l}{R}}$ mm²

c) Gesucht der **Einheitswiderstand** ϱ in Ohm $\quad \boxed{\varrho = \frac{F \times R}{l}}$ Ω

9. Beispiel zur Berechnung der Länge eines Leiters

Aufgabe: Wie lang ist eine einzelne Kabelader aus Kupfer mit einem Durchmesser $d = 0{,}8$ mm und einem Widerstand $R = 34\ \Omega$?

Gegeben:

Kupferader Durchmesser $d = 0{,}8$ mm

Halbmesser $r = \frac{d}{2} = \frac{0{,}8}{2} = 0{,}4$ mm

Einheitswiderstand $\varrho = 0{,}017$ (aus Tabelle 1)

Ohmscher Widerstand $R = 34\ \Omega$.

Gesucht: $l = ?$

Lösung:

Formel: $\boxed{l = \frac{F \times R}{\varrho}}$ Meter

Zunächst

a) Querschnitt F ermitteln:

$$F = \pi \times r^2 = 3{,}14 \times r \times r$$
$$= 3{,}14 \times 0{,}4 \times 0{,}4$$
$$= 3{,}14 \times 0{,}16 = \mathbf{0{,}50\ mm^2}$$

fernmeldelehrling.de

b) Zahlenwerte in die Formel einsetzen:

$$l = \frac{0{,}50 \times 34}{0{,}017} = \frac{17{,}0}{0{,}017} = 1000 \text{ m}$$

Antwort: l = **1000** m = 1 km.

10. Beispiel zur Berechnung des Querschnitts eines bestimmten Leiters

Aufgabe: Wie groß ist der Querschnitt F eines einzelnen Aluminiumdrahtes von l = 900 m Länge, dessen Widerstand R = 2,1 Ω beträgt?

Gegeben: l = 900 m
R = 2,1 Ω
ϱ = 0,029 (aus der Tabelle 1)

Gesucht: F = ?

Lösung:

Formel: $\boxed{F = \frac{\varrho \times l}{R}}$ mm²

Die gegebenen Zahlenwerte einsetzen:

$$F = \frac{0{,}029 \times 900}{2{,}1} = \frac{26{,}1}{2{,}1} = 12{,}43 \text{ mm}^2$$

Antwort: Der Querschnitt F beträgt **12,43 mm².**

11. Beispiel zur Berechnung eines Einheitswiderstandes

Aufgabe: Wie groß ist der Einheitswiderstand ϱ eines Stahldrahtes von 100 m Länge und einem Durchmesser d = 2 mm, dessen Widerstand 4,4 Ω beträgt?

Gegeben: Stahldraht l = 100 m
d = 2 mm
$r = \frac{d}{2}$ = 1 mm
R = 4,4 Ω

Gesucht: ϱ = ?

Lösung:

Formel: $\boxed{\varrho = \frac{F \times R}{l}}$

Zunächst
a) als Nebenrechnung den Querschnitt F ermitteln:
$F = \pi \times r^2 = 3{,}14 \times 1 \times 1$
= **3,14 mm²**
b) Zahlenwerte in die Formel setzen:

$$\varrho = \frac{3{,}14 \times 4{,}4}{100} = 0{,}138$$

Antwort: Der **Einheitswiderstand** beträgt **0,138.** (Vermerk: Diese Aufgabe hat keine praktische Bedeutung, weil die Werte für ϱ immer aus Tabellen entnommen werden können.)

12. Das Ohmsche Gesetz

Ich habe bei dem Vergleich mit dem strömenden Wasser zu erklären versucht, daß der in einem einfachen geschlossenen Stromkreis fließende Strom von der Spannung und von dem Widerstand abhängig ist.

Je größer die Spannung — um so größer der Strom,
je größer der Widerstand — um so kleiner der Strom.

Für diese Behauptung läßt sich der Beweis durch folgende Messungen erbringen:

1. Messung von Strom und Spannung bei g l e i c h e m Widerstand.

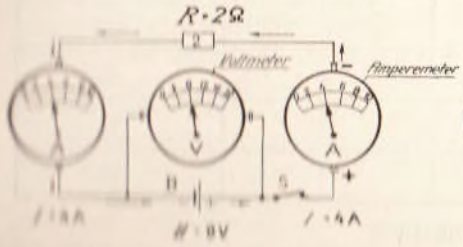


Abb. 13a (1. Messung)

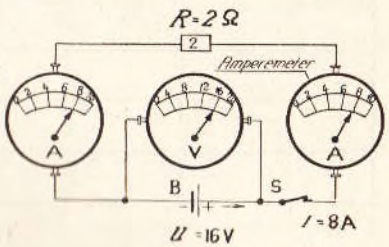


Abb. 13b (2. Messung)

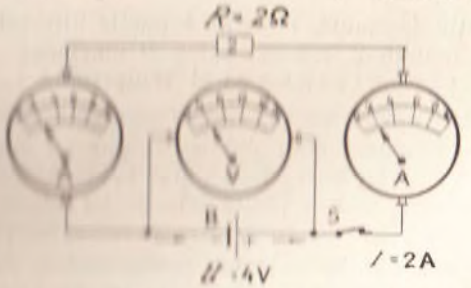


Abb. 13c (3. Messung)

In den Abb. 13a—c haben wir einen einfachen Stromkreis, der durch einen Schalter S geschlossen werden kann. Zum Messen von Spannung und Strom sollen ein Spannungsmesser (Voltmeter) und zwei Strommesser (Amperemeter) eingeschaltet werden. Der **Spannungsmesser** muß **an** der Leitung liegen, weil er den Spannungsunterschied zwischen zwei Punkten messen soll. Die **Strommesser** müssen **in** die Leitung gelegt werden, weil der gesamte Strom, der in Hin-

fernmeldelehrling.de

und Rückleitung gemessen werden soll, durch die beiden Meßgeräte fließen muß. Als künstlicher Widerstand (Widerstandsdraht aus Konstantan oder Nickelin) ist ein fester Widerstand $R = 2\,\Omega$ eingeschleift worden. Die Zuleitungen sind sehr kurz. Die Spannung wird geliefert von einer Batterie B (mehrere Trockenelemente). Wir schalten ein und lesen beim ersten Versuch am Spannungsmesser eine Spannung von 8 Volt ab. Gleichzeitig zeigen die Strommesser eine Stromstärke von 4 Ampere an (Abb. 13a). Wir erhöhen jetzt die Spannung auf das Doppelte, also auf 16 Volt, und lesen geichzeitig an den Strommessern die doppelte Stromstärke = 8 Ampere ab (Abb. 13b). Beim 3. Meßversuch verkleinern wir die Spannung auf 4 Volt und messen an den Amperemetern einen Strom von 2 A. Die erhaltenen Werte tragen wir in eine Tabelle (Tabelle 2) ein.

Meßversuch Nr.	Unveränderlicher Widerstand R in Ohm	Abgelesene Spannung U in Volt	Abgelesener Strom I in Ampere
1	2	8	4
2	2	16	8
3	2	4	2

Tabelle 2

Wir stellen folgendes fest:

Doppelte Spannung bewirkt **doppelte Stromstärke,**
halbe Spannung bewirkt **halbe Stromstärke**
bei gleichbleibendem Widerstand.

Diese Gesetzmäßigkeit hat aber nur Gültigkeit, wenn jeweils derselbe Widerstand eingeschaltet und der Stromkreis auch sonst unverändert bleibt. Weiter ist festzustellen, daß **beide** Amperemeter in der Hin- und Rückleitung völlige Übereinstimmung zeigen. Das bedeutet, daß der Strom innerhalb des Stromkreises in jedem Punkt gleich ist.

Die Stromstärke ist in einem geschlossenen einfachen Stromkreis, der nicht verzweigt ist, überall gleich.

Es ist verständlich, daß ebenso viele Elektronen durch die Rückleitung fließen müssen wie durch die Hinleitung, weil die Elektronen sich sonst an einer Stelle stauen würden.

Die Stärke des Stromes hängt, wie wir schon wissen, nicht allein von der Größe der Spannung, sondern außerdem auch von der Größe des Widerstandes ab.

2. Messung des Stromes bei veränderlichem Widerstand, aber gleicher Spannung.

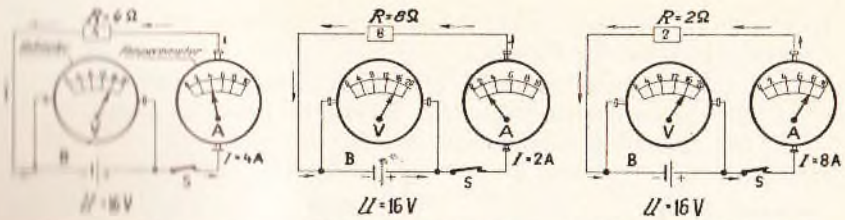


Abb. 14a (1. Messung) **Abb. 14b. (2. Messung)** **Abb. 14c. (3. Messung)**

In den Stromkreisen (Abb. 14a—c) ist die Spannung bei allen drei Meßversuchen immer dieselbe, und zwar $U =$ **16 Volt.** Bei dem ersten Meßversuch schalte ich einen Widerstand $R =$ **4 Ohm** ein und lese an dem Amperemeter bei geschlossenem Schalter eine Stromstärke $I =$ **4 Ampere** ab (Abb. 14a). Vergrößere ich den Widerstand auf das Doppelte ($R =$ **8 Ohm**), so erhalte ich bei der 2. Ablesung am Strommesser eine Stromstärke von nur **2 A** (Abb. 14b). Ersetze ich bei dem 3. Meßversuch den Widerstand durch einen solchen, der nur den halben Wert hat, wie der bei dem ersten Versuch, also $R = 2\,\Omega$, dann zeigt der Strommesser eine Stromstärke von **8 A** an (Abb. 14c). Ich trage die gefundenen Werte zur besseren Übersicht wieder in eine Tabelle (Tabelle 3) ein.

Meßversuch Nr.	Unveränderliche Spannung U in Volt	Veränderlicher Widerstand R in Ohm	Abgelesener Strom I in Ampere
1	16	4	4
2	16	8	2
3	16	2	8

Tabelle 3

Was erkennen wir aus der Tabelle?

Doppelter Widerstand bewirkt halbe Stromstärke,
halber Widerstand bewirkt doppelte Stromstärke
bei gleichbleibender Spannung.

Man kann daher abschließend sagen: Der Strom wächst mit zunehmender Spannung und nimmt ab mit zunehmendem Widerstand. Man drückt dieses auch folgendermaßen aus:

Der Strom ist der Spannung direkt verhältnisgleich (proportional) und dem Widerstand umgekehrt verhältnisgleich.

Es ist das Verdienst des deutschen Physikers Georg Simon Ohm, der von 1787 bis 1854 lebte, die Gesetzmäßigkeit der Beziehung von Strom, Spannung und Widerstand erkannt und durch Versuche be-

fernmeldelehrling.de

wiesen zu haben. Ihm zu Ehren nennt man das von ihm aufgestellte Gesetz das **„Ohmsche Gesetz“.**

Es ist das Fundamentalgesetz der Elektrotechnik und lautet:

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

oder für die Berechnung als Formel geschrieben lautet es:

$$I = \frac{U}{R}$$

$$\text{Stromstärke} = \frac{\text{Spannung}}{\text{Widerstand}}$$

$$\text{Ampere} = \frac{\text{Volt}}{\text{Ohm}}$$

Immer, wenn 2 Größen bekannt sind, läßt sich die dritte durch die entsprechende mathematische Umstellung der Formel rechnerisch bestimmen. Sind z. B. Stromstärke und Widerstand bekannt, so läßt sich die **Spannung** berechnen:

$$U = I \times R$$

Spannung = Stromstärke × Widerstand

Volt = Ampere × Ohm

Kennt man in einem geschlossenen Stromkreis Spannung und Stromstärke, so läßt sich der *Widerstand* rechnerisch ermitteln aus der umgestellten Formel:

$$R = \frac{U}{I}$$

$$\text{Widerstand} = \frac{\text{Spannung}}{\text{Stromstärke}}$$

$$\text{Ohm} = \frac{\text{Volt}}{\text{Ampere}}$$

13. Formelbild für das Ohmsche Gesetz

Als Gedächtnisstütze für das Ohmsche Gesetz ist das Formelbild (Abb. 15) zu empfehlen.)

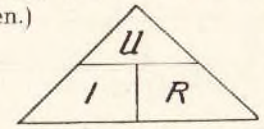


Abb. 15 Formelbild für das Ohmsche Gesetz

In diesem Formelbild bedeutet der waagerechte Strich „geteilt durch“ und der senkrechte Strich „mal“. Die Größe, die man nach dem Ohmschen Gesetz berechnen will, deckt man mit dem Finger zu. Soll z. B. die Stromstärke I gesucht werden, so wird der Buchstabe I verdeckt. Es bleibt unter Beachtung der Bedeutung des waagerechten und senkrechten Striches $\frac{U}{R}$ übrig. Ähnlich gehen wir vor, wenn R oder U gesucht wird.

Ich will nun an Hand einiger Rechenbeispiele das Ohmsche Gesetz weiter erläutern.

14. Rechenbeispiel (Berechnung der Stromstärke)

Aufgabe: Welcher Strom fließt durch einen elektrischen Heizofen, der einen Widerstand R = **44 Ohm** hat und an eine Spannung U von 220 Volt angeschlossen ist?

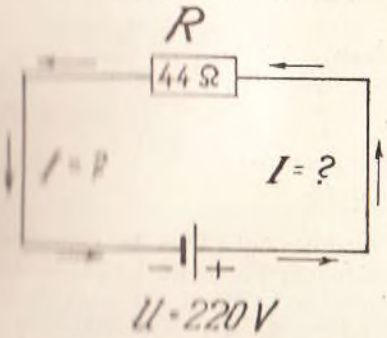


Abb. 16

Gegeben: U = 220 Volt;
R = 44 Ohm;

Gesucht: I = ?

Lösung: $I = \frac{U}{R} = \frac{220}{44} = 5$ A

Antwort: Es fließt ein **Strom** von **5 Ampere** durch den Heizofen.

15. Rechenbeispiel (Berechnung der Spannung)

Aufgabe: Durch eine Magnetspule, die einen Widerstand R = 25 Ω hat, fließt ein Gleichstrom I = 2 Ampere. Wie hoch ist die Spannung in Volt, an die die Magnetspule angeschlossen ist?

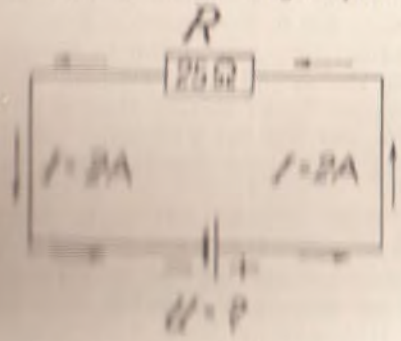


Abb. 17

Gegeben: I = 2 A
R = 25 Ω

Gesucht: U = ?

Lösung: $U = I \times R$
$U = 2 \times 25 = 50$ V

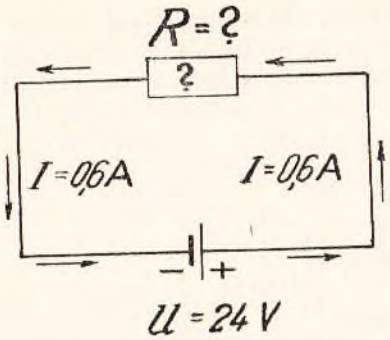
Antwort: Die Magnetspule ist an eine **Spannung** von **50 Volt** angeschlossen.

16. Rechenbeispiel (Berechnung des Widerstandes)

Aufgabe: Eine Spannungsquelle mit der Spannung U = 24 Volt treibt einen Strom von 0,6 A durch einen geschlossenen Stromkreis. Wie groß ist der eingeschaltete Widerstand R, wenn die Zuleitungen sehr kurz sind und widerstandsmäßig vernachlässigt werden sollen?

Antwort: Der eingeschaltete **Widerstand** R des Stromkreises beträgt **40 Ohm.**

fernmeldelehrling.de



Gegeben: $I = 0{,}6$ A; das ist $\frac{6}{10}$ A

$U = 24$ V

Gesucht: $R = ?$

Lösung: $R = \frac{U}{I} = \frac{24}{0{,}6} =$

$\frac{240}{6} = 40\ \Omega$

Abb. 18

Mit diesem Beispiel möchte ich die Ausführungen über das Ohmsche Gesetz und über die Widerstandsberechnung für heute schließen. In meinem nächsten Vortrag werde ich euch den Leitwert, den Isolationswiderstand und die verschiedenen Schaltungen der Widerstände an Hand von weiteren Beispielen erklären. Ich weiß, daß es für euch nicht einfach ist, sich mit dem Grundgesetz vertraut zu machen. Ich bin aber überzeugt, daß die Rechenbeispiele, die ihr in aller Ruhe durcharbeiten müßt, euch schnell zeigen werden, worauf es ankommt." Dieses war der Vortrag des BzBf Böckle vor seinen Bautrupps.

„Franz, jetzt habe ich genug! In meinem Kopf wirbeln die Formeln nur so herum. Du hast mir doch erzählt, daß in der gesamten Elektrotechnik 7 Formeln genügen. Nun bringt der ‚Alte' schon in seinem ersten Vortrag so viel davon, daß mir Hören und Sehen vergeht."

„Es ist alles halb so schlimm, Heinrich. Schau einmal: Dort an der Wand hängt ein Bild von dem Mann, der uns das wichtigste Gesetz der Elektrizitätslehre gebracht hat; es wurde nach ihm das ‚Ohmsche Gesetz' genannt.

Dieser Mann stammt aus einer alten Handwerkerfamilie. Durch seinen Fleiß und durch seine Ausdauer hat er es bis zum Professor der Universität München gebracht und der Menschheit die festen Beziehungen von Spannung, Strom und Widerstand aufgezeigt und in Form einer Gleichung bewiesen. Du brauchst es ja nicht gleich zum Professor zu bringen, aber hinter das Ohmsche Gesetz wirst du bald kommen. Was die vielen Formeln anbetrifft, so waren es eigentlich nur zwei, die uns unser BzBf genannt hat. Wenn ich z. B. schreibe $I = \frac{U}{R}$, so ist das eine Gleichung. In einer Gleichung

muß auf der linken Seite derselbe Wert stehen wie auf der rechten Seite. Wenn ich links etwas dazubringe oder abziehe, so muß ich dasselbe auf der rechten Seite der Gleichung tun. Es ist genau wie bei einer Waage. Soll die Waage im Gleichgewicht sein, muß ich darauf achten, daß auf beiden Seiten dasselbe Gewicht lastet. Eine Gleichung bleibt mathematisch immer richtig, wenn ich auf beiden Seiten dieselben Rechenvorgänge (Zuzählen, Abziehen usw.) ausführe. Nach diesem Grundsatz kann ich rein rechnerisch eine Gleichung umformen. Du wirst dies später bei dem ‚Rechnen' noch lernen. Jetzt will ich nur andeuten, daß man die Grundgleichung $I = \frac{U}{R}$ durch einfache rechnerische Umstellung in folgende Gleichungen umwandeln kann: $R = \frac{U}{I}$ und $U = I \times R$.

Es handelt sich deshalb bei dem Ohmschen Gesetz eigentlich nur um eine einzige Formel; die Umformung nach mathematischen Gesetzen ist eine rein rechnerische Angelegenheit mit dem Ergebnis, daß sich jeweils die dritte Größe berechnen läßt, wenn die beiden anderen bekannt sind.

Dasselbe gilt auch für die Berechnung des Ohmschen Widerstandes von Leitungsdrähten. Ich will dir auch dafür vorläufig eine Gedächtnisstütze geben:

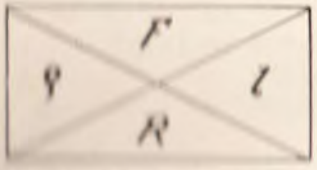


Abb. 19 Formelbild

13. Formelbilder für die Berechnung des Widerstandes, des Querschnitts, der Leiterlänge und des Einheitswiderstandes von Drähten

Du hast vorhin gehört, daß bei der Widerstandsberechnung 4 Größen genannt wurden. Das sind R (Widerstand), l (Länge in m), F (Querschnitt in mm²) und ϱ (Einheitswiderstand). Ich teile ein Viereck durch 2 Diagonalen in 4 Felder (Abb. 19). In das obere Feld kommt F, in das rechte Feld kommt l, in das linke Feld kommt ϱ und in das untere Feld setze ich R. Nimmt man aus dem Viereck die gesuchte Größe heraus, dann bleiben im Viereck noch 3 bekannte Größen übrig, von denen sich immer 2 gegenüberstehen. Diese beiden gegenüberstehenden Größen sind stets **über** den Bruchstrich zu setzen. Die dritte Größe des Dreiecks kommt immer **unter** den Bruchstrich.

fernmeldelehrling.de

Z. B.:

Gesucht ist R. Im Viereck stehen sich ϱ und l gegenüber und kommen über den Bruchstrich, F kommt unter den Bruchstrich, so daß $\boxed{R = \frac{\varrho \times l}{F}}$ ist.

Gesucht ist F. Im Viereck stehen sich wieder ϱ und l gegenüber und kommen über den Bruchstrich, R kommt unter den Bruchstrich, so daß $\boxed{F = \frac{\varrho \times l}{R}}$ ist.

Wenn ϱ gesucht wird, so stehen sich im Viereck F und R gegenüber und kommen über den Bruchstrich, l kommt unter den Bruchstrich, so daß $\boxed{\varrho = \frac{F \times R}{l}}$ ist.

Da wir noch etwas Zeit haben, wollen wir ein Beispiel aus deinem Buch „Grundwissen" nachrechnen.

Gegeben ist: Hartkupferleitung 3 mm ϕ (lies: 3 mm Durchmesser)
$\varrho = 0{,}017$ (aus der Tabelle 1)
$R = 120{,}3\ \Omega$

Gesucht: Die Länge l in m.

Lösung: Da l gesucht wird, so stehen sich im Viereck F und R gegenüber und kommen über den Bruchstrich, ϱ kommt unter den Bruchstrich, so daß $\boxed{l = \frac{F \times R}{\varrho}}$ ist.

Bekannt ist uns der Durchmesser $d = 3$ mm und damit der Halbmesser $r = \frac{d}{2} = \frac{3}{2} = 1{,}5$ mm. Da ich aber den Querschnitt F benötige, muß ich ihn durch eine Nebenrechnung besonders berechnen.

$$F = \pi \times r^2 = 3{,}14 \times 1{,}5 \times 1{,}5 = \mathbf{7{,}065}\ \text{mm}^2$$

Den Einheitswiderstand ϱ für Kupfer nehme ich aus der Tabelle 1. Jetzt habe ich alle Zahlenwerte, die ich brauche, und kann sie in die Formel einsetzen.

$$l = \frac{F \times R}{\varrho} = \frac{7{,}065 \times 120{,}3}{0{,}017} = \frac{849{,}9}{0{,}017} = \frac{849\,900}{17} = 49\,993\ \text{m}$$

$$= \text{rd. } 50\ \text{km}$$

Die **Antwort** muß also lauten:

Die **Gesamtlänge** der Hartkupferleitung beträgt rund **50 km.**

Die Länge der Doppelleitung ist demnach rund $\frac{50}{2} = 25$ km

Ich würde Dir auch raten, Heinrich, bei der Berechnung so vorzugehen, wie es unser BzBf bei der Durchrechnung der Rechenbeispiele gemacht hat. Erst alle gegebenen Größen übersichtlich aufschreiben. Dann die noch fehlenden unter Umständen durch Nebenrechnung ermitteln und schließlich die Zahlenwerte in die Formel eintragen und berechnen. Somit verlierst du wenigstens in der ersten Zeit nicht den Überblick und hast eine bestimmte Ordnung und Reihenfolge, die dir die Ausrechnung erleichtert. Bevor wir gehen, will ich dir in der üblichen Weise schnell noch in Stichworten aufschreiben, was du dir von dem Vortrag besonders merken mußt."

Merke:

1. Unter **fließender oder strömender Elektrizität** versteht man den ständigen Fluß der Elektronen in einem Stromkreis, wobei die Elektronen durch eine dauernde Spannung immer in Bewegung gehalten werden.
2. **Die Einheit des elektrischen Stromes** ist das Ampere (A).
3. **Ein Ampere (A)** ist der gleichbleibende Strom, der beim Durchgang durch eine wässerige Silbernitratlösung in 1 Sekunde 1,118 Milligramm Silber ausscheidet (chemische Wirkung). Hiernach sind unsere Amperemeter geeicht.
4. **Widerstand** ist die Hemmung, die sich dem Durchfließen des elektrischen Stromes entgegenstemmt.
5. **Die Einheit des elektrischen Widerstandes** R **ist das Ohm (Ω).**
6. **Ein Ohm Widerstand** besitzt ein Quecksilberfaden von 106,3 cm Länge und 1 mm² Querschnitt bei 0 Grad Celsius (Internationales Ohm).
7. Der Widerstand eines Leiters von 1 mm² Querschnitt und 1 m Länge heißt **Einheitswiderstand** oder **spezifischer Widerstand.** Man bezeichnet ihn mit dem griechischen Buchstaben ϱ (sprich Rho).
8. Der Widerstand eines Leiters ist hauptsächlich von der **Art des Werkstoffes,** dem **Querschnitt** F und der **Länge** l abhängig. Er **wächst** mit der **Länge** der Leitung und **nimmt ab** mit **wachsendem Querschnitt.**

fernmeldelehrling.de

$R = \frac{\varrho \times l}{F}$	$F = \frac{\varrho \times l}{R}$	$l = \frac{F \times R}{\varrho}$	$\varrho = \frac{F \times R}{l}$

9. **Die Spannung** ist der Druck, der die Elektronen durch den Leiter treibt.
10. **Die Einheit der elektrischen Spannung** (U) oder der elektromotorischen Kraft (EMK oder E) ist das Volt (V). Die kleinere Einheit heißt Millivolt (mV), die größere Kilovolt (kV).
11. **Ein Volt** Spannung ist erforderlich, um durch einen Leiter von $R = 1$ Ohm Widerstand einen elektrischen Strom von der Größe $I = 1$ Ampere zu treiben.
12. Das wichtigste Gesetz der Elektrotechnik ist von dem deutschen Physiker Ohm im Jahre 1826 aufgestellt worden. Es heißt **das Ohmsche Gesetz** und besagt:

$$\text{Stromstärke} = \frac{\text{Spannung}}{\text{Widerstand}}$$

$I = \frac{U}{R}$	$R = \frac{U}{I}$	$U = R \times I$

13. Der Strom in einem geschlossenen Stromkreis wird um so größer, je größer die Spannung und je kleiner der Widerstand dieses Stromkreises ist.

Steigt die Spannung — steigt der Strom.
Fällt der Widerstand — steigt der Strom.

VIII. Übungsarbeit

Im Lehrbrief 1 auf Seite 5 haben wir Euch schon mitgeteilt, daß Ihr während eines Semesters zwei schriftliche Übungsarbeiten anfertigen müßt.

Wenn Ihr die Lehrbriefe richtig durchgearbeitet habt, wird es Euch nicht schwerfallen, die Fragen aus den einzelnen Stoffgebieten zu beantworten. Es werden nur Fragen aus den Gebieten gestellt, die schon in den Lehrbriefen behandelt worden sind.

Jetzt aber an die Arbeit!

Ihr nehmt einen großen Bogen mit Linien. Links oben in die Ecke schreibt Ihr Euren Namen und Vornamen, darunter die Amtsbezeichnung, z. B. FArb. In die rechte Ecke schreibt Ihr den Namen des Ortes, in dem Ihr wohnt, das Datum, darunter Straße und Hausnummer. In die Mitte schreibt Ihr als Überschrift: **„1. Übungsarbeit".**

Wir stellen Fragen aus jedem Stoffgebiet. Die einzelnen Stoffgebiete werden in den Übungsarbeiten genau so wie in den Lehrbriefen bezeichnet.

Laßt auf der linken Seite Eurer Ausarbeitung immer einen Rand von 5 cm Breite, damit der Prüfer Platz hat, Bemerkungen zu machen, Fehler anzustreichen oder zu verbessern.

Dem Lehrbrief 2 ist ein Beurteilungsbogen beigefügt, den ihr auf der 1. Seite ausfüllt und immer mit den Übungsarbeiten **Eurer Bezirksfachschule** einsendet.

Der Kopf der Ausarbeitung würde so aussehen:

Müller, Otto
FArb.

Endorf, 16. 12. 1953
Hauptstraße 5

1. Übungsarbeit

Dann folgt die schriftliche Bearbeitung der Aufgaben und Beantwortung der Fragen aus den einzelnen Stoffgebieten.

Die 1. Übungsarbeit schickt Ihr also mit dem Beurteilungsbogen **Eurer Bezirksfachschule** am 15. Januar ein. Nehmen mehrere Kollegen aus einem FBTr. an dem Fernlehrgang teil, so sammelt am besten einer die Ausarbeitungen ein und schickt sie an die Bezirksfachschule.

Die Bezirksfachschule versieht die Übungsarbeiten mit einem Eingangs- und Weitersendungsvermerk mit Tagesangabe. Die Übungsarbeiten werden an die Prüfer weitergeleitet, die Eure Arbeiten durchsehen, verbessern und beurteilen. Nach Durchsicht der Arbeiten durch die Prüfer erhaltet Ihr Eure Arbeiten mit dem Beurteilungsbogen und einer Musterausarbeitung durch die Bezirksfachschule zurück. Die Musterausarbeitung müßt Ihr genau durchlesen und mit Eurer Übungsarbeit vergleichen, damit Ihr auch selbst Eure Arbeiten beurteilen könnt.

Es folgen jetzt die Aufgaben und Fragen aus den einzelnen Stoffgebieten, die Ihr als 1. Übungsarbeit beantworten sollt.

I. Feinmeßtechnik

Es ist zu beschreiben, wie die Winkelhalbierende in Winkelpunkten ermittelt wird. Es können auch Verfahren geschildert werden, die im Bautrupp angewendet werden. Es genügt, wenn nur ein Verfahren zur Feststellung der Winkelhalbierenden beschrieben wird.

II. Elektrotechnik

Folgende Fragen sind schriftlich zu beantworten:

1. Was ist Elektrizität?

fernmeldelehrling.de

2. Was ist ein Molekül?
3. Was ist ein Atom?
4. Welches sind die Träger der Elektrizität?
5. An welchem Stoff wurden zuerst elektrische Erscheinungen beobachtet?
6. Welche Arten von Elektrizität gibt es, und wie bezeichnet man sie?
7. Wie verhalten sich zwei Körper, die mit gleicher Elektrizität geladen sind?
8. Wie verhalten sich zwei Körper, die mit verschiedener Elektrizität geladen sind?
9. Wann ist ein Körper negativ, wann positiv geladen?
10. Wann erscheint ein Körper unelektrisch?
11. Was versteht man unter dem Begriff „elektrisches Feld"?
12. Wozu dienen die Kraft- oder Feldlinien?
13. Wie kann man die einzelnen Stoffe ihrer Leitfähigkeit nach einteilen?
14. Welches ist die Einheit der Elektrizitätsmenge?
15. Was versteht man unter Stromstärke, und welches ist die Einheit der Stromstärke?
16. Was versteht man unter Spannung, und welches ist die Einheit der Spannung?
17. Was ist Kapazität, und wovon hängt die Größe der Kapazität, die ein Körper besitzt, im wesentlichen ab?
18. In welchem Verhältnis stehen Elektrizität, Spannung und Kapazität?
19. Was ist Influenz?
20. Was ist atmosphärische Elektrizität?

III. Fernmeldetechnik

Der Aufbau des Fernhörers ist zu beschreiben.

VII. Rechnen

Wir wollen folgende Aufgaben rechnen:

1. Die Sprechstellen eines größeren Ortsnetzes verteilen sich auf 6 Vermittlungsstellen. Es entfallen auf Unteramt A 1789 Sprechstellen, auf Unteramt B 4832 Sprechstellen, auf Unteramt C 479 Sprechstellen, auf Unteramt D 1648 Sprechstellen, auf Unteramt E 2006 Sprechstellen und auf Unteramt F 372 Sprechstellen.
   Wieviel Sprechstellen sind es insgesamt?
2. Die Einwohnerzahl einer Großstadt betrug bei der letzten Zählung 485 796. Durch Geburtenüberschuß und Zuzug kamen in einem Jahr 6458 hinzu.
   Wie groß ist die neue Einwohnerzahl?

3. An 6 Arbeitstagen wurden im Ruhrgebiet 389 406 t, 397 178 t, 404 365 t, 410 644 t, 403 803 t und 399 745 t Steinkohlen gefördert.
   Wie groß ist die Gesamtförderung dieser Woche?
4. Der Kilometerzähler eines Kraftwagens zeigte am Monatsersten 84 973 km, am Monatsletzten 96 304 km an.
   Wieviel km wurden in dem Monat zurückgelegt?
5. Im Monat Oktober betrug die Kohlenförderung 9 857 624 t, im November 10 708 412 t.
   Wieviel betrug die Zunahme?
6. Für mehrere größere Bauvorhaben waren 12 000 m Luftkabel geliefert worden. Davon wurden verbraucht für die Leitung von A nach B 4365 m, von C nach D 2196 m und von E nach F 4254 m.
   Wieviel Meter Kabel blieben übrig?

Berichtigung

Auf Seite 37 des Lehrbriefes 1 sind die beiden Abb. 4a und 4b leider vertauscht worden. Wir bitten, neben den beiden Bildern entsprechende Vermerke zu machen.

fernmeldelehrling.de

Druck: Westfalendruck, Dortmund 2327