

Fernlehrgang



UBER DAS STOFFGEBIET DES EINFACHEN FERNMELDEBAUDIENSTES

Herausgeber: Deutsche Postgewerkschaft, Hauptvorstand Frankfurt/Main · Verlag: Deutsche Post
Nachdruck, auch auszugsweise, nicht gestattet.

2. Auflage

Lehrbrief 8

MAI 1954

Inhalt des Lehrbriefes

Seite

I. Fernmeldebau

A. Oberirdischer Fernmeldebau

- | | |
|---|---|
| 2. Wir bauen eine oberirdische Fernlinie | 2 |
| 3. Wir hängen ein selbsttragendes Luftkabel auf | 9 |

II. Grundlagen der Elektrotechnik

- | | |
|-------------------------------------|----|
| D. Fließende Elektrizität | 19 |
|-------------------------------------|----|

IV. Werkstoffkunde

- | | |
|---|----|
| B. Kupfer und Kupferlegierungen | 36 |
|---|----|

VI. Deutsch

- | | |
|--|----|
| Lösungen aus dem Lehrbrief 7 | 43 |
|--|----|

A. Satzlehre

- | | |
|--|----|
| 6. Die wichtigsten Regeln über die Satzzeichen | 43 |
|--|----|

B. Wortlehre

Das Hauptwort

- | | |
|--|----|
| 1. Das Geschlecht der Hauptwörter | 45 |
| 2. Hauptwörter mit mehrfachem Geschlecht | 45 |

VII. Rechnen

- | | |
|--|----|
| Lösungen aus dem Lehrbrief 7 | 46 |
|--|----|

- | | |
|------------------------------|----|
| VIII. Übungsarbeit | 48 |
|------------------------------|----|

I. Fernmeldebau

A. Oberirdischer Fernmeldebau

2. Wir bauen eine oberirdische Fernlinie

Induktionsschutz

Die in einer Fernlinie verlaufenden Leitungen müssen mehrfach ausgenutzt werden, damit sich die hohen Anlagekosten bezahlt machen. Das geschieht dadurch, daß zwei Doppelleitungen (Stammleitungen) zu einem neuen Sprechkreis, zu einem Vierer, zusammengeschaltet werden (Abb. 89). Zwei Vierer lassen sich zu einem

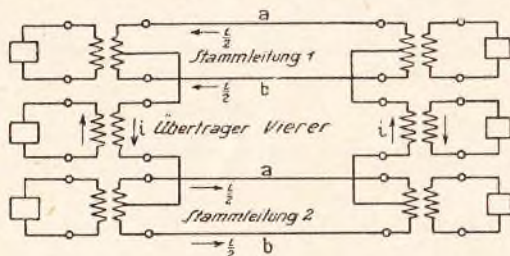


Abb. 89 Viererschaltung

Achter zusammenfassen. Die Vierer- und Achterbildung erfolgt über Fernleitungsübertrager, durch die die Fernleitungen in den Ämtern abgeschlossen werden. Der Achter wird nur noch für Telegraphenleitungen ausgenutzt, da das Mitsprechen vom Achter auf die Stämme wegen der unzureichenden Symmetrie zwischen den vier Stammleitungen zu groß wäre.

Übersprechen und Mitsprechen

So sind die Leitungen allerdings noch nicht zum Sprechen zu gebrauchen. Es würde ein großes Durcheinander geben, das wir mit **Übersprechen** und **Mitsprechen** bezeichnen. **Übersprechen** ist die **Lautübertragung zwischen zwei Doppelleitungen**, **Mitsprechen** zwischen dem Viererkreis und den Stammleitungen. Durch die gegen die Querträgerebene geneigte Anordnung der Doppelleitungsschleifen ist zwar die Übertragung, das Übersprechen, zwischen nebeneinanderliegenden Doppelleitungen verringert, jedoch treten auch aus benachbarten Stromkreisen Störungen durch Induktion auf. Verläuft zum Beispiel eine Starkstromleitung in der Nähe, so ruft diese in der Doppelleitung Induktionsströme hervor (Abb. 90). Sie würden sich gegenseitig aufheben, wenn sie in beiden Zweigen gleich groß wären. Wegen des ungleichen Abstandes von der induzierenden

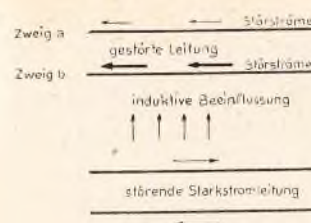


Abb. 90 Durch Starkstrom gestörte Fernmeldeleitung

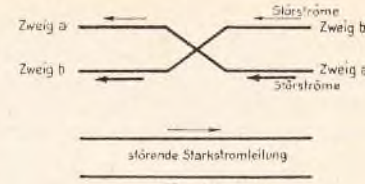


Abb. 91 Einbau einer Schleifenkreuzung in die gestörte Leitung

Leitung (Starkstromleitung) ist das aber nicht der Fall, und durch die Differenz (Unterschied) zwischen den beiden Induktionsströmen entsteht ein Störstrom. Dieser läßt sich dadurch beseitigen, daß die beiden Drähte (a- und b-Zweig) einer Leitung in regelmäßiger Wiederkehr miteinander vertauscht (gekreuzt) werden (**Schleifenkreuzung**) (Abb. 91). Die induzierten Ströme sind dadurch in beiden Zweigen gleich, und es treten keine Nebengeräusche auf. Aus dem gleichen Grunde müssen auch die Stammleitungen eines Viererkreises in bestimmten Abständen ihren Platz am Gestänge wechseln (**Platzwechsel**).

Schleifenkreuzung und Platzwechsel

Kreuzungen und Platzwechsel werden nach einem bestimmten Plan, dem **Induktionsschutzplan**, eingebaut. Damit eine Schutzwirkung zwischen nahe beieinanderliegenden Leitungen zustande kommt, müssen Kreuzungen und Platzwechsel in Nachbarleitungen verschiedenartig angeordnet werden. Dadurch werden praktisch die Fremdströme in den a- und b-Zweigen aller Sprechstromkreise ausgeglichen. Der Grundplan, nach dem der Einbau des Induktionsschutzes geschieht, ist aus der FBO 7, Bild 21, ersichtlich. Noch mehr Einzelheiten darüber findet man in der „Anleitung zur Aufstellung von Induktionsschutzplänen“.

Die Masten, an denen Kreuzungen und Platzwechsel eingebaut werden, heißen **Abschnittsmasten**; die Strecke zwischen zwei aufeinanderfolgenden Abschnittsmasten heißt Kreuzungsabschnitt oder Abschnittslänge. Ein Kreuzungsabschnitt ist 1 km oder 5 km lang. An den Abschnittsmasten werden Kreuzungen und Platzwechsel in fünf verschiedenen Kreuzungsbildern vorgesehen, die mit den Buchstaben A, B, C, D und E bezeichnet werden. Im Grundplan ist eine mehrfache Wiederkehr dieser fünf Buchstaben in einer festgelegten Buchstabenfolge enthalten. Nach 16 Abschnitten wiederholt sich diese Buchstabenfolge. Bei stark induktiv beeinflussten Linien, z. B. bei längerem Gleichlauf mit Starkstromleitungen, bei Beschaltung

mit Fernwahl-, Trägerfrequenz- oder Telegraphenleitungen oder in gewitterreichen Gebieten, dürfen die Kreuzungsabschnitte nur 1 km lang gemacht werden, weil bei dieser Abschnittslänge die Schutzwirkung gegen die induktive Beeinflussung größer ist. In solchen Linien ist dann alle 16 km die gleiche Kreuzungs- und Platzwechselfolge vorhanden.

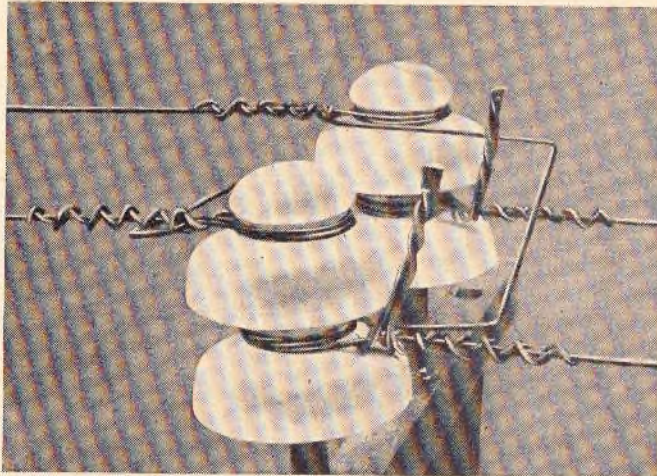


Abb. 92 a

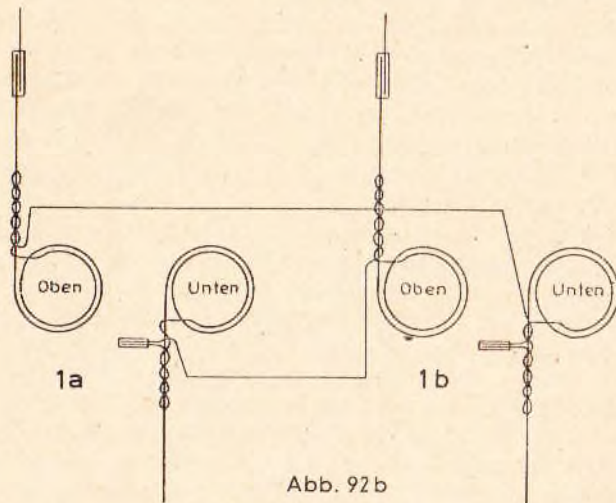
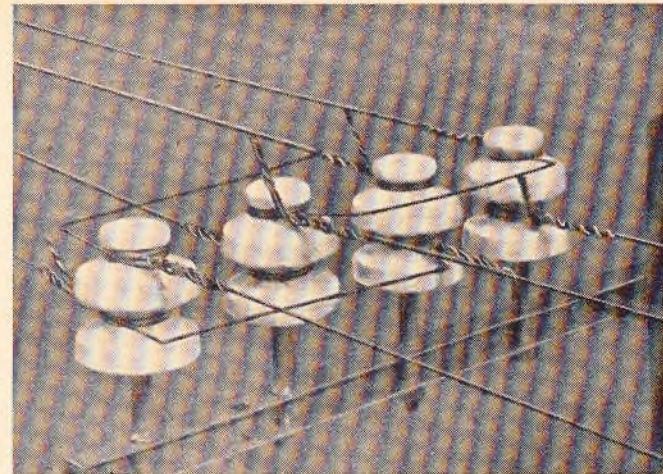
Abb. 92 b
Schleifenkreuzung

Abb. 93 a

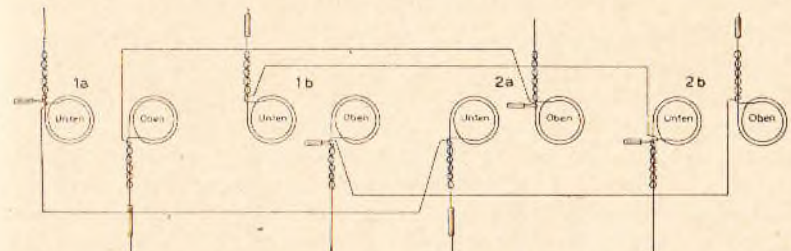


Abb. 93 b

Platzwechsel

Nun aber genug der theoretischen Erörterungen. Sie sind aber zum Verständnis der praktischen Arbeit notwendig.

Abb. 92a und 92b zeigen die **Schleifenkreuzung** einer Fernmeldeleitung, Abb. 93a und 93b den **Platzwechsel** nebeneinander verlaufender Leitungen. Die in Abb. 93a im Bild nach vorne führende Leitung IIa wird von dem Draht Ib verdeckt. Es ist lediglich die Wickelstelle sichtbar.

Wir verwenden Isolatoren mit doppeltem Halslager Rmd 120 auf geraden Stützen und einen Querträger A 1350, bei dem der Abstand zwischen den Stützenlöchern für sämtliche Stützen gleich groß (150 mm) ist. Bei dem Querträger in Abb. 93a ist der Abstand von

150 mm für die äußeren Stützenlöcher dadurch erreicht worden, daß ein Verlängerungsstück angeschweißt wurde. Die Schweißarbeit oder auch das Anschrauben eines fertigen Verlängerungsstückes kann gespart werden, wenn rechtzeitig beim FZA die 1350 mm langen Querträger bestellt werden.

Die Leitungen werden an der dem Mast abgewandten Seite des Isolators abgespannt und dazu zweimal um den Hals des Isolators herumgelegt. Die beiden Leitungsdrähte aus der einen Richtung spannen wir am oberen Halslager, die aus der anderen Richtung im unteren Halslager ab. Die Drähte beider Richtungen werden über Kreuz durch Drahtbügel verbunden. Die Drahtbügel müssen vom äußeren Rand der Isolatoren 4 cm entfernt sein. Das Ende eines jeden Bügels wird um die abgespannte Leitung herumgelegt und mit deren Ende in einer halben Kupferhülse verwürgt. Sind die an einem Abschnittsmast zusammenstoßenden Felder verschieden lang oder ist der Drahtzug aus einem anderen Grunde unterschiedlich, so werden die Leitungen mit dem stärkeren Draht an das untere Drahtlager geführt.

Untersuchungsstellen

An den Untersuchungsstellen (Abb. 94) werden Meßverbindungen (Trennen, Erden oder Schleifen der Leitungen) zur Eingrenzung von Störungen hergestellt. Da jede Untersuchungsstelle aber auch eine Fehlerquelle sein kann, ist ihre Zahl möglichst niedrig zu halten. Untersuchungsstellen in Fernleitungen werden nach den Bestimmungen der FBO 7, § 36, **grundsätzlich** nur eingerichtet, wenn die Strecke mindestens 25 km lang ist und unterwegs keine Möglichkeit zur Ausführung von Meßverbindungen besteht, die Leitungen also nicht in Ämter eingeführt sind. Eine KA (UEVs) stellt auch eine Untersuchungsstelle dar. Im übrigen werden Untersuchungsstellen dort eingerichtet, wo sie zur schnellen Eingrenzung von Störungen notwendig sind. Sie sind möglichst in die Nähe von Post- oder Fernmeldeämtern und Bahnhöfen anzulegen, damit sie schnell bedient werden können. Wir richten Untersuchungsstellen auch an den OPD- und FBA-Grenzen sowie an den Grenzen der Entstörungsbezirke ein.

Die Untersuchungsstellen werden nach Abb. 94 gebaut. Die ankommende Leitung wird zweimal um den Hals des Isolators gelegt und abgespannt. Mit dem überschießenden Drahtende wird der Verbindungsbügel zu einer einfachen Schleife geformt, damit er genügend federt. Die Untersuchungsklemme wird auf das Ende aufgeschoben, das alsdann etwa 1 cm rechtwinklig umgebogen wird, so daß die Klemme nicht abgleiten kann.

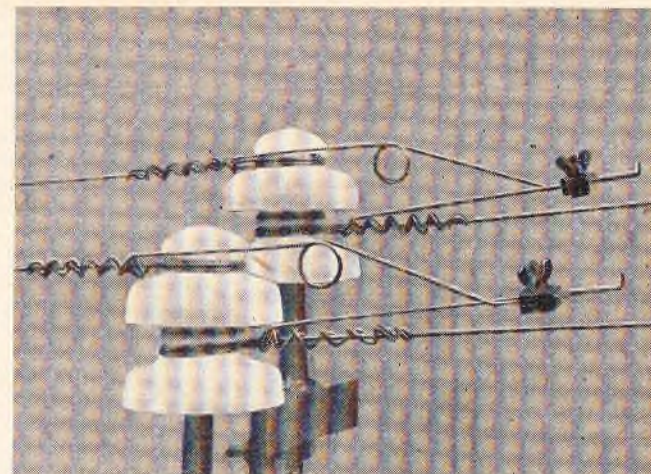


Abb. 94 Untersuchungsstelle

Die Abb. 94 zeigt noch Untersuchungsklemmen alter Art. Neuerdings werden für Kupfer- und Bronzeleitungen **Untersuchungsklemmen aus Messing** nach K-Nr. 625 60 05 und für Stahldrahtleitungen **Untersuchungsklemmen aus verzinktem Stahl** nach K-Nr. 625 60 06 verwendet. Die Einschaltung von Kupfer- bzw. Bronzedrähten bei Untersuchungsstellen in Stahldrahtleitungen ist nicht mehr erforderlich.

Um die Störungseingrenzung zu erleichtern und Irrtümer bei der Ausführung von Meßverbindungen zu vermeiden, wird unterhalb der Leitung am Querträger ein Bezeichnungsschild mit der Leitungsnummer befestigt.

Der Zuwachsbohrer und seine Anwendung

Im Lehrbrief 2, bei der Prüfung der Masten in der Tränkungsanstalt, kündigten wir bereits an, daß wir uns noch mit dem Zuwachsbohrer beschäftigen wollen. Das soll jetzt geschehen. Der Name stammt aus der Forstwirtschaft, wo die Forstleute den Zuwachsbohrer zur Feststellung des Wachstums der Bäume, also des „Zuwachses“, verwenden. Wir führen mit ihm Bohrproben aus, um die Standfestigkeit der Masten zu prüfen.

Die Bodenzone, zu der etwa 50 cm oberhalb und unterhalb der Erdaustrittsstelle gehören, ist die am meisten gefährdete Stelle am Mast. Sie ist vor allem durch Fäulnis und Pilze gefährdet, die sich bei dem ständigen Wechsel von Nässe und Trockenheit der Boden-

zone leicht bilden. Ihr müssen wir daher unsere ganze Aufmerksamkeit schenken. Vor dem Besteigen eines Mastes hat der Betreffende, auch beim Ausführen der geringsten Arbeit, festzustellen, ob der Mast standfest ist. Außenfäule ist leicht zu erkennen.

Die innere Beschaffenheit des Holzes kann mit Sicherheit nur mit dem Zuwachsbohrer ermittelt werden.

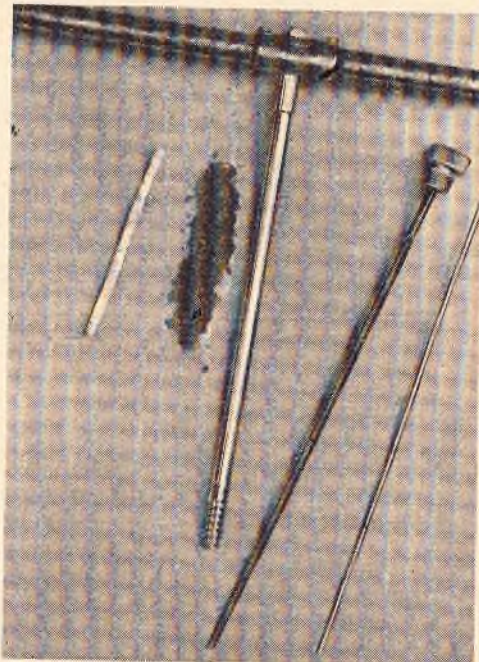


Abb. 95 Der Zuwachsbohrer

Abb. 95 Mitte zeigt den betriebsfertigen Bohrer (Knebel und Bohrer), links den Bohrkern eines faulen und eines gesunden Mastes, rechts den Auszieher und Dorn. Nach dem Gebrauch werden die Teile in die Schutzhülse — das Innere des Knebels — geschoben und festgeschraubt. Der Bohrer selbst besteht aus einer Röhre mit zunehmendem Durchmesser und ist an dem engen Ende mit einer dreifachen kegelförmigen Bohrschnecke versehen, die in einem haar-scharfen Kreisbohrer ausläuft. Dieser schneidet einen Kern aus dem zu untersuchenden Holz heraus, der mit dem Auszieher aus der Bohrröhre herausgeholt wird.

Die Bohrerspitze ist sehr empfindlich und bricht leicht ab. Daher Vorsicht!

Bei seiner Verwendung wird der Bohrer rechtwinklig zum Mast angesetzt und mit kräftigem Druck gedreht, bis das Gewinde in das Holz eingedrungen ist. Alsdann wird ohne Druck bis zur Mitte des Mastes weitergebohrt. Nun wird der Auszieher vorsichtig zwischen Innenrand des Bohrers und Kern bis zur ganzen Länge eingeführt, dabei mit der gezähnten Seite (Länge 4,5 cm) gegen den Kern gerichtet. Dadurch wird der Kern festgeklemmt. Wir drehen den Bohrer dann ein wenig zurück, um den Bohrkern vom Mast zu lösen. Den Auszieher mit dem Bohrkern ziehen wir nun langsam und vorsichtig heraus. Dabei halten wir unter die Öffnung ein Stück Papier, damit der leicht zerbrechliche Bohrkern möglichst unversehrt aufgefangen werden kann. An seiner Beschaffenheit erkennen wir den Zustand des Mastes. Einen zusammenhängenden festen Bohrkern treffen wir im allgemeinen bei gesunden Masten an. Zerfällt er in kleine Stücke oder Holzmehl oder ist er schwammig, so ist der Mast verfault oder durch Insektenfraß zerstört. Nun drehen wir den Bohrer aus dem Mast heraus.

Das Bohrloch verschließen wir mit einem Hartholzpilock. Wir tauchen ihn vorher in Karbolineum, drehen ihn möglichst weit mit der Hand hinein und treiben ihn mit einem Hammer fest.

Von der guten und pfleglichen Behandlung hängt die Gebrauchsfähigkeit des Bohrers ab. Er ist nach Benutzung sorgfältig zu reinigen und einzufetten und vom BTrf oder einem zuverlässigen BTr-Angehörigen zu verwahren. Keineswegs darf der Zuwachsbohrer mit dem übrigen Gerät zusammen aufbewahrt werden. Der BTr hat den Zuwachsbohrer stets bei sich zu führen.

3. Wir hängen ein selbsttragendes Luftkabel auf

Jeder von uns denkt mit Unbehagen an die noch in den Linien hängenden Luftkabel, die trotz aller Bemühungen wegen Geldmangels noch nicht durch Erdkabel ersetzt werden konnten. Wir glaubten, daß Luftkabel allmählich verschwinden würden. Und nun werden wir aufs neue damit „beglückt“. Diesmal mit selbsttragenden Luftkabeln (SLK). Das BPM hat nämlich den Bau neuer Linien mit Tragseil-Luftkabeln untersagt, weil die Unterhaltung sehr kostspielig ist und häufig Störungen auftreten. Am liebsten würden wir auf die SLK verzichten und „alles in die Erde packen“. Aber in manchen Fällen ist ein SLK die einzige Möglichkeit, schwierige Strecken zu überwinden.

Selbsttragende Luftkabel sind für Strecken geeignet, wo

1. wegen ungünstiger Bodenverhältnisse (z. B. Fels) das Auslegen von Erdkabeln nicht möglich oder unwirtschaftlich ist,

2. die örtlichen Verhältnisse größere Spannweiten erfordern (z. B. bei Flußkreuzungen, Tälern usw.),
3. große Höhenunterschiede zu überwinden sind (z. B. im Gebirge),
4. die Linien starken seitlichen Winden ausgesetzt sind.

SLK sind gegen chemische und mechanische Einwirkungen widerstandsfähiger als Tragseil-Luftkabel.

Störungen durch interkristalline Brüchigkeit (Zerfall des inneren Gefüges eines Metalls) im Bleimantel sind nicht zu befürchten. Beschädigungen durch Ringeinschnitte und Schrotschüsse können ebenfalls nicht vorkommen. SLK werden mit Bleimantel und mit Aluminiummantel (Al-Mantel) hergestellt.

Es gibt verschiedene Verfahren zum Aufhängen von SLK. Wir wollen hier eine dieser Bauweisen beschreiben. Es handelt sich dabei um ein 40paariges SLK mit 0,8 mm starken Kupferadern und Al-mantel.

Das Bauzeug

Das Kabel ist mit Rundstahldrähten bewehrt, die durch ein gegenläufig um das Kabel gewickeltes Stahlband zusammengehalten werden (Abb. 97). Dadurch sollen die Adern und der Al-Mantel von Zugspannungen freigehalten werden. Ein Tragseil zum Aufhängen des Kabels ist nicht erforderlich, weil die Bewehrungsdrähte die Zugkräfte aufnehmen und das Kabel tragen.

Die Abspannklemme wird am Anfang und Ende der Strecke, an Festpunkten und sehr scharfen Winkelpunkten zum Festlegen des Kabels benötigt (Abb. 96). Die Bewehrungsdrähte des Kabels werden darin mit Schraubenbolzen zwischen Klemmbacken festgeklemmt. Die Abspannklemme wird von einem langen Stahlbügel gehalten und mit einem Tragbolzen am Mast befestigt.

Die Hängeklemme dient zum Aufhängen des Kabels (Abb. 97 und 98). Sie besteht aus einer am Mast freibeweglich aufgehängten Tragrolle, über die das Kabel beim Einziehen gleitet. In der Ruhelage wird das Kabel durch ein Klemmstück, das mit einer Bremsbacke versehen ist und durch zwei Schrauben auf das Kabel gedrückt wird, festgelegt. Es kann somit nicht durchrutschen.

Der Erdungsanschluß (Abb. 97) besteht aus einem an seinen Enden mit Kabelschuhen versehenen Kupferseilchen, das die Verbindung von einer Klemmschraube der Hängeklemme zur Bandeisenerde am Mast herstellt. Unter normalen Verhältnissen wird das Kabel im allgemeinen an jedem 5. Mast geerdet, bei Blitz- oder Starkstromgefährdung häufiger, unter Umständen an jedem Aufhängepunkt.

Die Verbindungsmuffe soll die Lötstelle vor Zugspannungen schützen (Abb. 104). Sie besteht aus zwei Kopfstücken, die durch

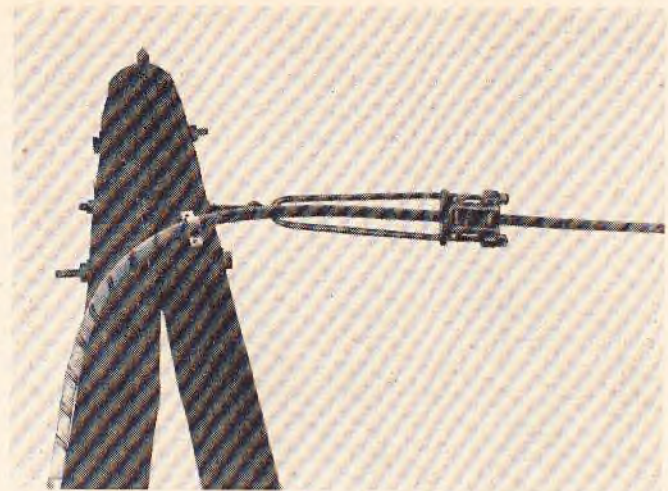


Abb. 96 Endmast mit Abspannklemme

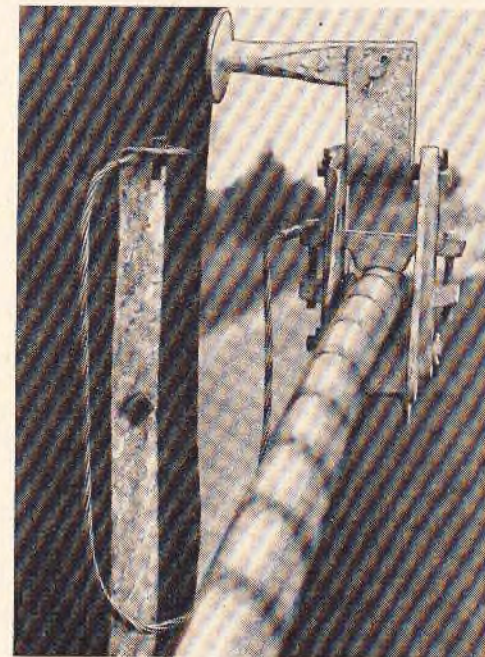


Abb. 97 Hängeklemme mit Erdungsanschluß

zwei Rundstahlstäbe miteinander verschraubt werden. Die Bewehrungsdrähte der beiden Kabelenden werden in den Kopfstücken mit Konusklemmen festgeklemmt. Dazwischen wird die Lötstelle gefertigt und gelagert. Die Zugspannung wird von den Rundstahlstäben aufgenommen, so daß die Lötstelle selbst vollkommen zugfrei ist.

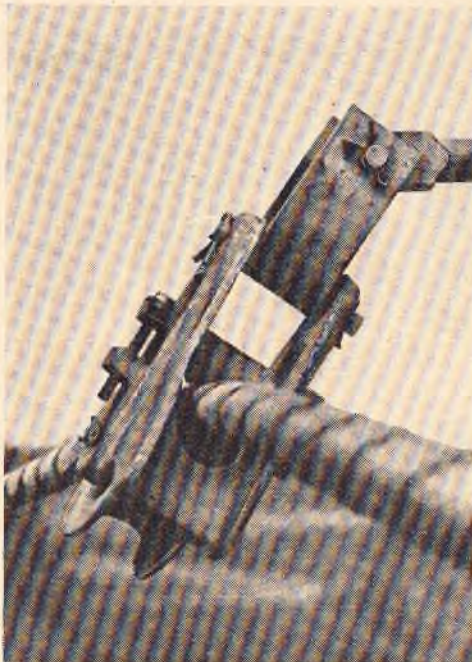


Abb. 98 Hängeklemme im Winkelpunkt

Wir bereiten den Bauabschnitt vor.

Bevor mit dem Ausrüsten der Masten und dem Ziehen des Kabels begonnen wird, ist die Linie gründlich instand zu setzen. Dabei ist auf die Standfestigkeit der Masten, die großen Beanspruchungen ausgesetzt sind, besonders zu achten. In vielen Fällen werden Anker und Streben durch A-Masten ersetzt werden müssen.

Nach Durchführung dieser Arbeiten werden die Masten mit Hängeklemmen ausgerüstet. Diese werden im Gegensatz zu Tragseil-Luftkabeln, die die Seite nicht wechseln, stets auf der Innenseite der Winkelpunkte angebracht. Das Kabel wird dadurch vom Mast weggezogen und kann sich nicht reiben. Vor dem Einziehen ist das Klemmstück oberhalb der Rolle zu entfernen oder nach außen zu schwenken, damit das Kabel ungehindert über die Rolle laufen kann.

Wir ziehen das Kabel

Die Kabeltrommel wird am Fuße des Anfangsmastes aufgebockt, die Kabelwinde im Zuge der Linie in der Entfernung aufgestellt, die der Kabellänge oder der Zugseillänge entspricht. Das Zugseil wird mit der Hand in Richtung der Kabeltrommel ausgezogen, an jedem Mast über die Tragrolle gelegt und mit dem über das Kabel gezogenen Ziehstrumpf verbunden. Das Kabel wird mit der Motorwinde eingezogen, da es mit der Handwinde zu lange dauern würde. (Die Benutzung eines Kraftwagens ist verboten). Dabei ist das Durchlaufen des Kabels durch die Hängeklemmen am Mast zu überwachen. Ist die Trommel leer, wird das noch nicht gespannte Kabel am Anfangsmast (Abspannmast) mit einer Abspannklemme festgelegt. Als dann wird es mit der Winde angezogen und in den einzelnen Feldern einreguliert, bis der vorgeschriebene Durchhang (nach Angabe der Lieferfirma) erreicht ist. Am letzten Mast vor der Winde wird das Kabel mit dem Schnürband gefaßt und in einem Flaschenzug festgelegt (Abb. 99). Das Schnürband besteht aus einem Geflecht von Stahllitzen. Es wird mehrfach kreuzweise um das Kabel geschlungen und am Ende mit einem Wickel aus Isolierband oder Bindedraht befestigt. Mit dem Anziehen des Flaschenzuges wird das Zugseil



Abb. 99 Schnürband für selbsttragende Luftkabel

entlastet; es kann jetzt gelöst werden. Der Durchhang wird nachgeprüft und nötigenfalls durch Ansetzen eines Flaschenzuges an jedem dritten oder vierten Mast nachreguliert. Das Kabel wird durch Festschrauben der Klemmstücke in den Hängeklemmen festgelegt. Anschließend werden in gleicher Weise die übrigen Kabellängen gezogen.

Wir stellen die Lötstelle her

Nun kann mit dem Einbau der Verbindungsmuffe und dem Fertigen der Lötstelle begonnen werden. Die eigentliche Lötstelle wird wie jede andere Lötstelle in einem Bleikabel hergestellt. Wie das geschieht, werden wir später in dem Abschnitt „Unterirdischer Fernmeldebau“ erfahren. **Die Verbindung der Bleimuffe mit dem Al-Mantel erfolgt jedoch nach einem besonderen Verfahren,** das hier beschrieben werden soll. Wir wollen der Reihe nach vorgehen und an Hand der Bilder die einzelnen Arbeitsvorgänge beim Anfertigen der Verbindungsmuffe schildern.

Nach ihrer Fertigstellung wurden die Lötstellen mit Druckluft geprüft. Dabei stellte sich heraus, daß mehrere undicht waren. An einigen waren die Lötulste gerissen, bei anderen zeigten sich an dem Übergang der Lötulste zum Al-Mantel geringe Undichtigkeiten.

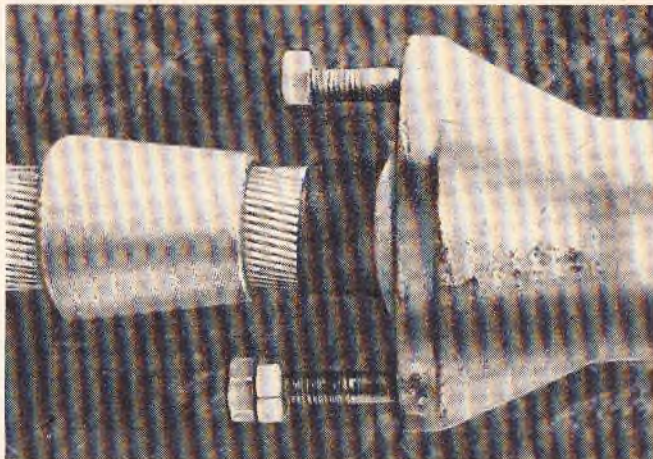


Abb. 100 Ein Kabelende ist mit dem darübergeschobenen Konus in das Kopfstück der Verbindungsmuffe eingeführt

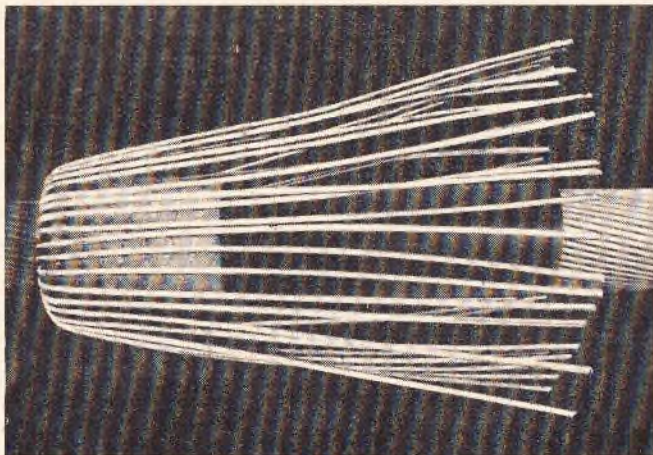


Abb. 101 Die Bewehrungsdrähte sind über den Konus zurückgebogen

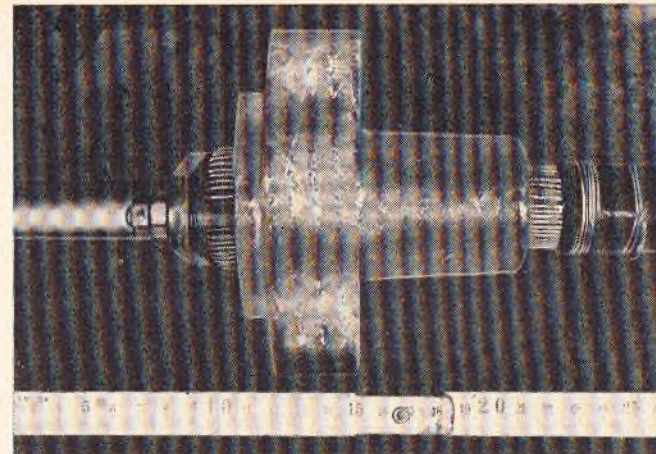


Abb. 102 Die Bewehrungsdrähte werden durch den Konus in dem Kopfstück der Verbindungsmuffe festgeklemmt. In der gleichen Weise wird das zweite Kabelende in dem anderen Kopfstück der Verbindungsmuffe festgelegt



Abb. 103 zeigt die beiden durch Rundstahlstäbe miteinander verbundenen Kopfstücke und die in Arbeit befindliche Lötstelle

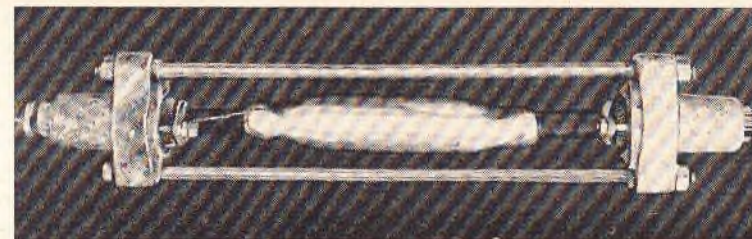


Abb. 104 Die Lötstelle ist fertig. Links ist ein Kupferseilchen zu sehen, das die durchgehende metallische Verbindung im Kabelmantel herstellt. Das rechte Kupferseilchen ist verdeckt

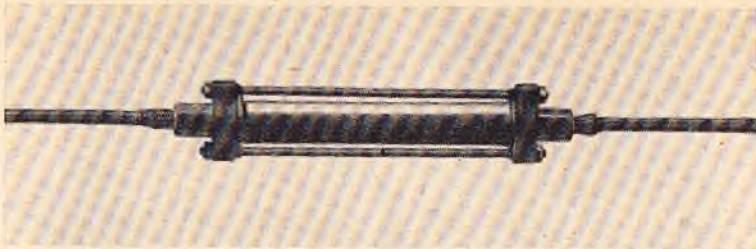


Abb. 105 Die im Feld hängende Verbindungsmuffe ist zum Schutze gegen mechanische Beschädigungen mit einer Blehhülse umgeben

Also eine Mordsschweinerei! Ihr könnt euch denken, wie wir über diese Panne geflucht haben. Wir wollen nichts beschönigen und offen gestehen, daß wir keine Erfahrung mit diesen Arbeiten hatten und uns auch keine Stelle raten und helfen konnte. Wir sind den Dingen natürlich auf den Grund gegangen und haben festgestellt, daß **eine Fehlerursache** in der Arbeitsweise selbst zu suchen ist. Alle Lötstellen wurden an den auf der Erde liegenden Kabeln ausgeführt. Nach dem Hochziehen kamen die tragenden Bewehrungsdrähte und die Vorrichtungen für das Abfangen des Zuges an den Lötstellen unter Spannung. Da mit Rücksicht auf die kurze Länge der Lötstelle und den steifen Al-Mantel kein Stoff in die Lötstellen gedrückt werden konnte, hat die Lötstelle die Zugspannung teilweise aufnehmen müssen und ist gerissen. **Es müssen daher die selbsttragenden Luftkabel beim Herstellen der Spleißstellen unter Zug gesetzt werden, damit sich der Konus festsetzt und derartige Fehler vermieden werden.**

Eine weitere Fehlerursache lag in der Schwierigkeit, Aluminium zu löten. Das gelieferte Sonderlot **haftete** nur auf dem Al-Mantel. Es tritt keine Legierung wie bei der Bleizinnlötung ein, sondern nur ein Haften, wie z. B. bei einem Farbanstrich. Beim Schmieren der Muffe wird das Sonderlot wieder vom Mantel abgelöst, so daß zwischen dem Mantel und der Lötswulst Undichtigkeiten auftreten können. Versuchs-lötstellen an Abfallstücken haben dies klar gezeigt.

Wir haben nun ein Verfahren angewendet, das die Erfahrungen beim Löten von Aluminiumadern berücksichtigt und die besten Ergebnisse verspricht. Der Al-Mantel wird durch Abreiben mit Tetra oder fettfreiem Leichtbenzin zunächst entfettet und durch Feilen aufgeraut. Er wird dann mit der Lötlampe so weit angewärmt, daß das Sonderlot auf den Mantel aufschmilzt (etwa 200°). Mit einer Drahtbürste wird die Stelle nochmals bearbeitet. Dabei muß das

Sonderlot mit der Lötlampe flüssig gehalten werden. Durch diese Arbeitsweise wird das Aluminium unter dem Sonderlot nochmals blank gemacht und kann sich ohne Zutritt von Sauerstoff mit ihm verbinden. Nachdem nochmals Sonderlot dünn aufgetragen wurde, kann mit dem normalen Zulöten der Spleißstelle begonnen werden. Die so bearbeiteten Lötstellen waren sofort dicht und sind es bis jetzt auch geblieben.

Damit beenden wir den Abschnitt „A. Oberirdischer Fernmeldebau“.

Merke:

1. Beim **Recken des Drahtes** sollen Knicke ausgebogen oder beseitigt und schwache und fehlerhafte Stellen entfernt werden.
2. Der auf den Querträger aufgebrachte **Draht darf sich beim Anziehen nicht scheuern**. Nötigenfalls sind Gleithölzer anzubringen.
3. Der **Drahtdurchhang** muß sehr sorgfältig geregelt werden. Er ist vom Abstand der Stützpunkte, vom Gewicht des Drahtes, von der Spannung und von der Temperatur abhängig.
4. Es gibt verschiedene **Verfahren zum Regulieren des Drahtdurchhanges**: Meßlatte, Durchhanglehre, Wellenschlag, Pendelschwingungen und Federwaage.
5. Das **Binden der Leitung** geschieht mit der Hand. Lediglich die Bindedrahtenden werden mit der Zange verwürgt.
6. Der „**Kopfschlag**“ darf nur bei 1,5 mm dicken Leitungsdrähten angewandt werden, um das Durchgleiten zu verhindern, und zwar auf gerader Strecke an jedem zehnten Mast, in Winkelpunkten, bei größeren Höhenunterschieden und bei Einführungen.
7. Die **Abspann- oder Endbindung** machen wir an den Endmasten, bei Kreuzwechsel und Platzwechsel, an Untersuchungsstellen, bei Verbindung verschieden starker Drähte und beim Übergang von blanker auf isolierte Leitung.
8. Alle **Stützpunkte** einer Linie **werden numeriert**; wir fangen bei der KA mit Nr. 0 an.
9. Die **fertiggestellte Linie** wird nach etwa vier bis sechs Wochen **erneut begangen**, um nachträglich aufgetretene Mängel zu beseitigen.
10. Nach Beendigung der Arbeiten stellen wir den **Stützpunktnachweis** mit den **Mastbildern** und die **Gefahrstellenübersicht** auf.
11. Mit **Vierer** bezeichnet man zwei zu einem neuen Sprechkreis zusammengeschaltete Doppelleitungen.

12. **Übersprechen** ist die Lautübertragung zwischen zwei Doppelleitungen, **Mitsprechen** zwischen dem Viererkreis und den Stammlösungen.
13. Durch **Kreuzung und Platzwechsel** der Leitungen werden Über- und Mitsprechen und sonstige Induktionsstörungen beseitigt.
14. **Abschnittsmast** heißt der Mast, an dem Kreuzung und Platzwechsel eingebaut werden, **Kreuzungsabschnitt** die Strecke zwischen zwei Abschnittsmasten.
15. An **Untersuchungsstellen** werden Meßverbindungen zum Eingrenzen von Störungen hergestellt.
16. **Oberirdische Fernlinien** werden nur noch selten errichtet. Ihre Bauweise gleicht der der Anschlußlinien, nur werden sie dem Verwendungszweck entsprechend schwerer und standsicherer gebaut.
17. Die **Standfestigkeit eines Mastes** ist vor dem Besteigen zu prüfen.
18. Die innere Beschaffenheit des Holzes kann mit Sicherheit nur mit dem **Zuwachsbohrer** festgestellt werden.
19. Der **Zuwachsbohrer** ist sehr empfindlich und daher **pfleglich zu behandeln**.
20. Der **BTr** hat den **Zuwachsbohrer stets bei sich zu führen**.
21. **Tragseil-Luftkabel** werden nicht mehr aufgehängt.
22. **Selbsttragendes Luftkabel (SLK)** hängen wir bei ungünstigen Bodenverhältnissen (Fels), großen Spannweiten und Höhenunterschieden auf.
23. SLK sind gegen chemische und mechanische Einwirkungen widerstandsfähiger als Tragseil-Luftkabel.
24. SLK werden mit Bleimantel und mit Aluminiummantel hergestellt.
25. SLK haben eine Bewehrung aus Rundstahldrähten, die durch ein Stahlband zusammengehalten werden.
26. SLK werden stets auf der Innenseite der Winkelpunkte aufgehängt, damit sich das Kabel nicht am Mast reiben kann.
27. Die **Abspannklemme** dient zum Festlegen des Kabels, die **Hängesklemme** zum Aufhängen des Kabels.
28. Die **Verbindungsmuffe** soll die Lötstelle vor Zugspannungen schützen.

II. Grundlagen der Elektrotechnik

D. Fließende Elektrizität

4. Vortrag (Schluß)

43. Der Stahl-Akkumulator (Alkalischer Sammler)

Fast gleichzeitig wurde von dem Amerikaner Edison und dem Schweden Jungner der Stahl-Akkumulator erfunden. Der Stahl-Akkumulator hat seinen Namen daher, daß das Gefäß und die Platten aus vernickeltem Stahlblech bestehen. Beide Platten sind mit einer verschiedenartigen wirksamen Masse gefüllt, die mit sehr hohem Druck in die kleinen Taschen oder Röhrchen der Platte gepreßt ist. Beide Erfinder wählten für die **Plusplatte** ihres sogenannten alkalischen Sammlers eine **Nickelverbindung**. Für die **Minusplatte** nahm Edison eine **Eisenverbindung**, Jungner aber **Cadmium**. Hiernach wird unterschieden zwischen **Nickel-Eisenzellen** (Edison-Sammler) und **Nickel-Cadmiumzellen** (NC-Sammler). Als **Elektrolyt** dient für beide Sammler chemisch reine **Kalilauge** mit dem Artgewicht von $1,2 \text{ g/cm}^3$. In Deutschland werden vorwiegend Stahl-Akkumulatoren nach dem System von Jungner (Nickel-Cadmium) hergestellt.

Die elektrochemischen Vorgänge im Stahl-Akkumulator sind noch komplizierter als im Blei-Akkumulator. Es soll daher hier nicht weiter auf sie eingegangen werden. Die einzelnen Platten sind gegeneinander und gegen das Gehäuse durch Hartgummi isoliert.



Abb. 58



Abb. 59

Die Bilder 51, 52 und 57 wurden uns freundlicherweise von der Accumulatorenfabrik W. Hagen, Soest, die Bilder 58 und 59 von der Accumulatorenfabrik AG., Frankfurt/Main, zur Verfügung gestellt.

Die **Betriebsspannung** einer Nickel-Cadmium-Zelle (NC-Zelle) liegt tiefer als die einer Bleizelle und beträgt bei 10stündiger Entladung im Durchschnitt nur **1,2 Volt**. Um eine bestimmte Betriebsspannung zu erzielen, z. B. 24 Volt, sind daher rund 60 v. H. mehr Zellen als bei Blei-Akkumulatoren erforderlich. Dafür ist der Stahl-Akkumulator äußerst **unempfindlich** gegen elektrische und mechanische Beanspruchung. Wegen seines **geringen Gewichts** eignet er sich vor allem für ortsbewegliche Sammlerbatterien. Ein weiterer Vorteil ist, daß er lange Zeit unbenutzt stehen kann, ohne Schaden zu nehmen. Die Lebensdauer der Stahl-Akkumulatoren ist sehr groß. Die gleichzeitige Aufstellung von Blei- und Stahl-Akkumulatoren in einem Batterieraum ist zu vermeiden, weil Schwefelsäure und deren Dämpfe die Nickel-Cadmiumzellen zerstören. Die Abb. 58 und 59 zeigen einen Schnitt durch den Stahl-Akku mit Röhrchen- und Taschenplatten.

Trotz einer gewissen Unempfindlichkeit müssen die Stahl-Akkumulatoren doch ordnungsmäßig gewartet werden. Wegen der geringen Klemmenspannung, des schlechten Güteverhältnisses und der verhältnismäßig hohen Anschaffungskosten werden Stahl-Akkumulatoren für Fernmeldeanlagen wenig verwendet.

Um je nach Bedarf eine höhere Stromstärke oder eine höhere Betriebsspannung oder auch beides für die Stromversorgung in der Fernmeldetechnik zu erhalten, werden die Akkumulatorenzellen allgemein in derselben Weise zu Batterien zusammengeschaltet, wie dies bei der Schaltung von Elementen (Lehrbrief 6, Seite 13 bis 18) beschrieben worden ist.

Merke:

1. Galvanische Elemente, die unmittelbar durch chemische Umsetzung elektrischen Strom erzeugen, nennt man **Primärelemente**.
2. Unter **Sekundärelementen** (Sammlern) versteht man solche chemischen Elemente, denen man erst elektrischen Gleichstrom zuführen muß (Laden), bevor sie durch chemische Umsetzung wieder Elektrizität abgeben können (Entladen).
3. Die übliche Bezeichnung für das Sekundärelement ist **Akkumulator**.
4. Der **Blei-Akkumulator** besteht aus **Bleiplatten** mit Bleiverbindungen, aus der verdünnten **Schwefelsäure** als Elektrolyt und dem **Gefäß** aus Glas, Steinzeug oder Rubellit (Hartgummi).
5. Die **EMK** einer Bleizelle beträgt etwa **2 Volt**.
6. Als Elektroden werden verwendet **Großoberflächenplatten** in der Regel für **positive** Platten und **Masseplatten** (Gitter-, Kastenplatten) gewöhnlich für **negative** Platten.

7. Die Bleiplatten werden mit einer **wirksamen** Masse aus Bleiverbindungen mit bestimmten Zusätzen versehen.
8. Der **Lade- und Entladezustand** eines „Akkus“ läßt sich aus der **Säuredichte**, der **Farbe der Platten** und der **Größe der EMK** je Zelle feststellen.
9. Unter **Kapazität** (Fassungsvermögen) versteht man die Elektrizitätsmenge, die ein geladener Akkumulator abgeben kann, wenn er bis zur zulässigen Grenze entladen wird.
10. Die Kapazität wird in **Amperestunden** (Ah) gemessen.
11. Der **innere Widerstand** eines Blei-Akkumulators ist sehr gering und schwankt zwischen etwa 0,01 und 0,0001 Ohm.
12. Für die **Behandlung und Pflege** ihrer **Akkumulatoren-Batterien** in den Stromversorgungsanlagen hat die DBP besondere Dienstvorschriften erlassen.
13. Der **Stahl-Akkumulator** besteht aus vernickelten **Stahlplatten** mit Nickelverbindungen (+Platte) und mit Eisen- oder Cadmiumverbindungen (—Platte) sowie aus dem Elektrolyt (**Kalilauge**) und dem **Gefäß** aus vernickeltem Stahlblech.
14. In Deutschland wird für ortsbewegliche Sammler meistens der **Nickel-Cadmium-Akkumulator** (NC-Akkumulator) verwendet. EMK = 1,2 Volt je Zelle.
15. **Vorteile** des **Stahl-Akkumulators** sind: Große Unempfindlichkeit, lange Lebensdauer, einfache Wartung.
16. **Nachteile** des **Stahl-Akkumulators** sind: Geringe Klemmenspannung, hohe Anschaffungskosten, schlechtes Güteverhältnis.

„Jetzt, nach dem Vortrag, habe ich Zeit für dich, Heinrich. Ich sehe es dir an, daß du wieder einige Fragen auf dem Herzen hast.“

„Ja, Franz, du glaubst doch selbst nicht, daß ich die chemischen Formeln für die Vorgänge im Akkumulator behalten kann?“ „Nein, Heinrich, das war auch wohl nicht die Absicht, die unser BzBf mit seinem Vortrag über die Sekundär-Elemente verfolgt hat. Aber zum besseren Verständnis der elektrischen und chemischen Vorgänge sind sie schlecht zu entbehren. Du hast die Formeln jetzt schwarz auf weiß in übersichtlicher Form und kannst sie jederzeit nachlesen, sofern du Lust und Zeit hast. Wenn du später noch mehr in die Elektrizitätslehre hineingekommen bist, fällt es dir auch leichter, die etwas schwierigen Vorgänge im ‚Akku‘ zu erfassen.“

„Ich habe oft von der Elektrolyse, von der Galvanischen Vernickelung und auch von dem sogenannten Elektrolytkupfer gehört, kann mir aber keine rechte Vorstellung von den Dingen machen. Ich glaube, das hat uns unser BzBf in seinem 4. Vortrag unterschlagen.“ „Das glaube ich nicht, Heinrich; ich nehme an, er hat das mit Absicht unterlassen, weil diese verwinkelten chemischen Vorgänge nicht unbedingt zu den Grundlagen gehören. Aber weil du danach fragst, will ich dir deine Fragen so kurz wie möglich beantworten.“

44. Elektrolyse

„Den Vorgang der Elektrolyse hast du eigentlich bei der Besprechung des Akkumulators schon kennengelernt. Schickt man einen elektrischen Gleichstrom durch eine Lösung hindurch — z. B. in einer Anordnung, wie sie Abb. 60 zeigt —, so wird der Elektrolyt in seine Bestandteile zerlegt. Wie geht diese Zerlegung (Elektrolyse) nun vor sich?

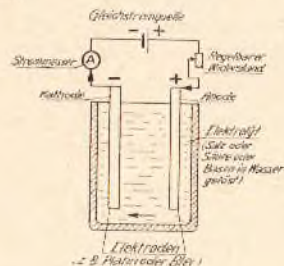


Abb. 60

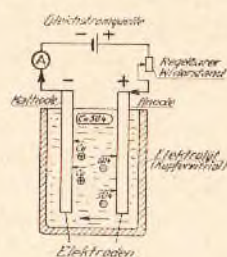


Abb. 61

Ein Teil der Moleküle einer Lösung ist in elektrisch geladene Atome und Atomgruppen gespalten. Man nennt diese elektrisch geladenen Atome oder Atomgruppen in der Lösung auch **Ionen**. Diese Ionen **wandern** unter dem Einfluß des Stromes zu den Elektroden. Zu der mit dem negativen Pol der Batterie verbundenen Elektrode (**Kathode**) wandern die positiv geladenen Ionen (Wasserstoff oder Metalle), während die negativ geladenen Ionen (Säurerest usw.) zu der anderen Elektrode (**Anode**) wandern, die mit dem positiven Pol der Stromquelle verbunden sein muß. Benutzt man z. B. ein Kupfersalz (Kupfervitriol), so scheidet sich beim Stromdurchgang an der negativen Elektrode (Kathode) metallisches Kupfer ab (Abb. 61). Ich möchte das eben Gesagte noch einmal zusammenfassen:

Die Zerlegung einer gelösten chemischen Verbindung (Elektrolyt) mit Hilfe des elektrischen Stromes nennt man Elektrolyse.

Die elektrisch geladenen Atome oder Atomgruppen einer gelösten chemischen Verbindung heißen Ionen und dienen als Elektrizitätsträger in der Lösung.

Man kann die Elektrolyse auch zur **Polbestimmung** bei Gleichstrom benutzen (Abb. 62a).

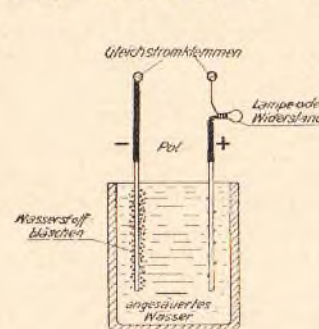


Abb. 62a (Der **Minus-Pol** zeigt im Wasser eine **stärkere** Gasentwicklung)

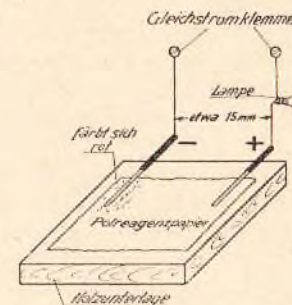


Abb. 62b Gleichstrom färbt angefeuchtetes Polreagenzpapier am **Minus-Pol rot**

Wenn du nicht weißt, ob es sich um den positiven Pol oder den negativen Pol einer Ladestromquelle handelt, brauchst du nur die beiden stromführenden Drähte nach Abb. 62a in ein mit angesäuertem Wasser (z. B. einige Tropfen Schwefelsäure) gefülltes Gefäß zu tauchen. Das angesäuerte Wasser wird durch den Strom chemisch zersetzt. Der Draht, an dem die größte Gasentwicklung (Wasserstoff) entsteht, ist der **Minuspol**. „Einfach, Franz, ich habe mich eigentlich immer gewundert, wie man in Zweifelsfällen den richtigen Pol für den Anschluß an den ‚Akku‘ erwischt.“ „Noch einfacher, Heinrich, ist die Polbestimmung mit dem **Polreagenzpapier**. Dieses wird leicht angefeuchtet, auf eine isolierende Unterlage gelegt und nach Abb. 62b mit den beiden Polen verbunden. Der stromführende Pol, der das Polreagenzpapier **rot** färbt, ist der **negative** Pol. Bei dem blauen ‚Lackmuspapier‘ ist es gerade umgekehrt. Hier färbt der positive Pol das Lackmuspapier rot. Das nur nebenbei. Praktische Anwendung findet die Elektrolyse in der Technik bei der

- Galvanostegie,
- Galvanoplastik,
- Elektrometallurgie.

Du kennst den Vorgang der **Galvanostegie** besser unter der Bezeichnung **Galvanisches Vergolden, Versilbern oder Vernickeln**. Je

nach dem Metall, mit dem man einen Gegenstand überziehen will, bereitet man eine bestimmte chemische Lösung (Bad) vor; dann hängt man den Gegenstand, z. B. einen Schlüssel, an einem Draht in das Bad und verbindet den Gegenstand mit dem **negativen** Pol einer Gleichstromquelle. Der positive Pol ist gewöhnlich eine Platte aus **dem** Metall, aus dem der **Überzug** bestehen soll. Das **Galvanisieren** klappt deshalb, weil der Elektrolyt durch den Strom zersetzt wird und das Metall sich an der negativen Elektrode (Kathode) niederschlägt (Abb. 63)."

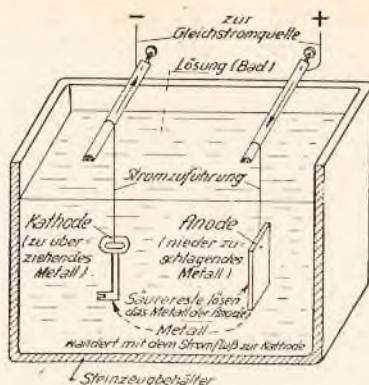


Abb. 63

„Wie hilft man sich aber, Franz, wenn man nichtleitende Gegenstände mit Metallen überziehen soll?“ „Nichts einfacher als das, Heinrich. Man nimmt Graphitpulver und reibt den Gegenstand damit ein. Hierdurch erhält er eine stromleitende Schicht; nun behandelt man ihn genau so wie metallische Gegenstände beim Galvanisieren. Dieses Verfahren nennt man **Galvanoplastik**. Es entstehen so bis ins einzelne naturgetreue Nachbildungen.

Eine weitere wichtige technische Anwendung der Elektrolyse ist die Gewinnung möglichst reiner Metalle bei der Verhüttung. Man bezeichnet die technische Gewinnung von Metallen aus ihren Verbindungen usw. durch den elektrischen Strom als **Elektrometallurgie**. Das in der Elektrotechnik am meisten benutzte Metall, das Kupfer, wird auf diese Weise gewonnen. Bei Kupfer genügen schon geringe Verunreinigungen, um die elektrische Leitfähigkeit erheblich herabzusetzen. Das mit Hilfe der Elektrolyse gewonnene Kupfer wird Elektrolytkupfer genannt und zeichnet sich durch besondere Reinheit (etwa 99,9 v. H. reines Kupfer) aus. Vielleicht hast du später einmal Gelegenheit, ein Kabelwerk zu besichtigen und dort u. U. die Gewinnung von Elektrolytkupfer zu sehen.“ „Das wäre schön! Franz.“ „Die **Menge** des ausgeschiedenen Metalls hängt ab von der Stromstärke und der Zeitdauer des Stromflusses. Andererseits kann man mit sogenannten Voltametern auf Grund der abgesetzten Metallmenge und der Zeitdauer die mittlere Stromstärke nachträglich berechnen. Aber, da sage ich dir eigentlich nichts Neues. Denke einmal an die reichsgesetzliche Festlegung der Stromstärke: ‚Ein Ampere ist der gleichbleibende Strom, der beim Durchgang durch

eine wässrige Silbernitratlösung in einer Sekunde 1,118 Milligramm Silber ausscheidet (Elektrolyse).‘ Siehe auch Lehrbrief 2, Seite 25. Leider hat die Elektrolyse auch ihre Nachteile. Du hast sicher schon von unseren Kabelmeßbeamten die Bezeichnung **Korrosion** gehört.“ „Nein, Franz, davon ist mir nichts bekannt.“ „Macht nichts, Heinrich, ich will sie kurz erklären. Wenn bei den elektrischen Gleichstrombahnen (Straßenbahnen) die Schienenstöße schlecht geschweißt sind, dann nehmen die Rückströme der Bahn leider streckenweise den bequemeren Weg über unsere in der Nähe liegenden Bleikabel, über Wasserrohre usw., sofern diese einen kleineren Widerstand als die Schienen oder das Erdreich haben. Ist der Boden feucht und enthält er gelöste Salze oder Säuren, so haben wir die schönste Elektrolyse. Die Bleimäntel z. B. bilden an der Stromaustrittsstelle die Anode, und das Blei wandert mit dem Strom in das Erdreich. Die Bleimäntel, die Eisenarmierungen der Kabel, die Gas- und Wasserrohre werden durch die vagabundierenden Ströme auf elektrolitischen Wege allmählich zerstört. Das macht uns in der Großstadt viel Kummer.

Du wirst aus allen Erläuterungen nun erkannt haben, daß zwischen Elektrolyse und den Vorgängen in einem galvanischen Element wesentliche Unterschiede bestehen. Merke dir einfach nur folgendes: In einem galvanischen Element wird chemische Energie in elektrische umgewandelt, bei der Elektrolyse wird in einer Zersetzungs-Zelle elektrische Energie in chemische umgewandelt. Aber, das ist dir ja bekannt.“ „Trotzdem, Franz, habe ich eine vielleicht dumme Frage zu stellen. Ich habe jetzt sooft das Wort ‚elektrische Energie‘ gehört. Wenn ich ehrlich sein soll, ich kann mir nichts Genaueres darunter vorstellen. Was ist Energie? Bezahle ich z. B. am Monatsersten bei meinem Elektrizitätswerk Energie, Leistung oder Strom?“

„Wenn ich dir sage, Heinrich, daß du nicht die Energie, nicht die Leistung und auch nicht den Strom bezahlst, obwohl auf der Abrechnungskarte ‚Stromverbrauch‘ steht, sondern, daß du die Arbeit bezahlst, so wirst du mich sicherlich zweifelnd ansehen. Das kommt daher, daß die Begriffe Energie, Arbeit und Leistung nicht ohne weiteres verständlich sind. Ich will deshalb Schritt für Schritt vorgehen und dir zunächst den Unterschied zwischen **mechanischer** Energie, mechanischer Arbeit und mechanischer Leistung klarmachen.

45. Energie

Energie nennt man in der Physik die Fähigkeit der Naturkräfte, Arbeit zu leisten. Dieses **Arbeitsvermögen** ist von Natur aus da, es kann nicht zerstört, sondern nur umgewandelt werden. Es gibt davon heute soviel wie vor tausend Jahren und wie es in alle Zukunft

geben wird. Ebensovienig wie ich durch Umwechselln von Geld reicher werde, ebensovienig gewinnt man durch irgendwelche Maschinen, Einrichtungen usw. an Energie, also

Energie kann nie aus dem Nichts erzeugt werden, kann auch nicht verlorengehen, sondern nur in die verschiedensten Formen verwandelt werden.

Das ist eines der Grundgesetze unserer Natur, das die deutschen Forscher Mayer und Helmholtz gefunden haben. Wir kennen verschiedene Energieformen, z. B. die Energie der Lage (**potentielle Energie**), wie sie eine gespannte Feder oder ein hochgehobenes Gewicht besitzt, die lebendige Bewegungsenergie (**kinetische Energie**), wie sie ein Geschoß infolge der Geschwindigkeit besitzt, ferner die Wärmeenergie, die chemische Energie, elektrische Energie usw.

46. Mechanische Arbeit

Ein Mensch erhält sein Arbeitsvermögen (Energie) durch die tägliche Nahrungszufuhr und kann deshalb mit seinen Kräften arbeiten. Eine Maschine erhält diese Energiezufuhr durch Dampf, Wasser, Elektrizität usw. und wird hierdurch in die Lage versetzt, Arbeit zu leisten. Aber die Kraft allein macht noch keine Arbeit aus. Es muß

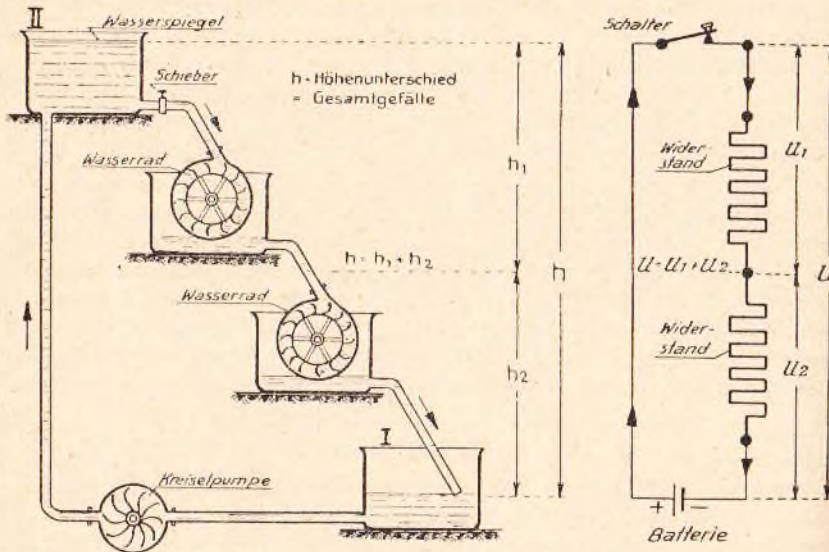


Abb. 64 a und 64 b

der Weg, der zurückgelegt wird, dabei berücksichtigt werden. Schau dir noch einmal das Bild des geschlossenen Wasserstromkreises an (Abb. 64a und 64b); dieses Bild kennst du bereits aus dem fünften Lehrbrief.

Stelle dir vor, du solltest statt der Kreiselpumpe mit einer Handpumpe 600 kg (Liter) Wasser 5 m hoch pumpen. Dann ist der Arbeitsaufwand $600 \times 5 = 3000$ Kilogramm (kgm) — auch Meterkilogramm (mkg) genannt —. Der Arbeitsaufwand wird aber um so größer, je höher der Behälter II steht (größerer Weg) und je mehr Wasser (größeres Gewicht) hineingepumpt wird. Beträgt der Weg (Höhe) bis zu dem Behälter II z. B. 8 m und sollen 600 Liter Wasser (600 kg) heraufgepumpt werden, so ist der Arbeitsaufwand 600×8 gleich 4800 kgm. Dieselbe Arbeit wäre zu leisten, wenn die Höhe 6 m und die Wassermenge 800 Liter = 800 kg betragen würden. Die **mechanische Arbeit** ist also stets das Produkt aus Gewicht (Kraft) und Höhe (Weg) oder, genauer gesagt, aus **Kraft $\times$ Weg**. Dabei müssen allerdings die Richtungen von Kraft und Weg in gleicher Richtung gemessen werden. Allgemein wird die Kraft mit P in Kilogramm (kg) und der Weg mit s in Meter (m) ausgedrückt, so daß die Formel für Arbeit so aussieht:

$$\text{Arbeit } A = \text{Kraft } P \text{ (kg)} \times \text{Weg } s \text{ (m)} \quad \text{kgm}$$

$$A = P \times s \text{ kgm.}''$$

„Gut, Franz, das habe ich verstanden. Eines will mir noch nicht in den Sinn. Wenn ich, um beim Beispiel der Pumpe zu bleiben,

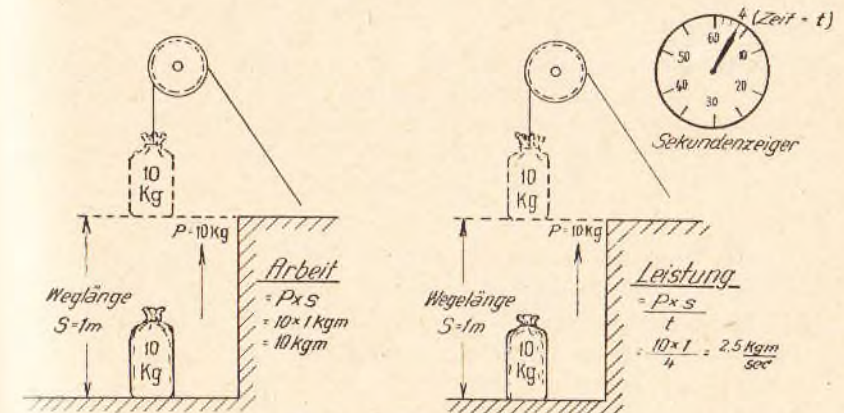


Abb. 65

600 Liter (kg) 8 m hochdrücke, und ich schaffe das in **einer** Stunde, mein Freund Xaver braucht aber für diese Arbeit **zwei** Stunden, dann sollen wir also dieselbe Arbeit geschafft haben?" „Ja, Heinrich, ihr habt dieselbe Arbeit geschafft; aber die Zeit spielt auch noch eine Rolle dabei. Du warst schneller und hast $600 \times 8 = 4800$ kgm in **einer** Stunde bewältigt. Dein Freund Xaver hat sich Zeit gelassen und in einer Stunde nur die Hälfte vollbracht, also $\frac{4800}{2} = 2400$ kgm. Deine Leistung, hier bezogen auf 1 Stunde, liegt also doppelt so hoch wie die von Xaver.

47. Mechanische Leistung

Unter Leistung versteht man die Arbeit, die in einer **bestimmten** Zeit, z. B. 1 Sekunde (sec) oder Stunde (h) vollbracht wird. Wird 1 kg in 1 Sekunde 1 m hochgehoben, so ist die mechanische Leistung 1 kgm/sec. Die Einheit der mechanischen Leistung, die man mit dem Formelzeichen N bezeichnet, ist kgm/sec.

$$N = \frac{P \times s}{t} = \frac{\text{Kraft} \times \text{Weg}}{\text{Zeit}} \quad \text{kgm/sec}$$

$$N = \frac{A}{t} = \frac{\text{Arbeit}}{\text{Zeit}} \quad \text{kgm/sec}$$

Die Zeiteinheit, die in Sekunden (sec) oder Stunden (h) ausgedrückt werden kann, erhält das Formelzeichen t . Als Beispiel soll noch die Abb. 65 dienen."

„Jetzt wird mir der Unterschied zwischen Leistung und Arbeit klar, Franz. Die Leistung ist also nichts anderes als die Arbeit in der Zeiteinheit. Je schneller ich eine bestimmte Arbeit verrichte, um so größer ist meine Leistung. Andererseits kann ich dann auch sagen:

$$\begin{aligned} \text{Arbeit} &= \text{Leistung} \times \text{Zeit} \\ A &= N \times t. \end{aligned}$$

„Richtig, Heinrich, in der Praxis rechnet man gewöhnlich mit Pferdestärken, weil die Einheit 1 kgm/sec für die Leistung zu klein ist.

Die **Pferdestärke** (PS) ist also die meistgebräuchliche Leistung. Sie ist das 75fache der Leistung von 1kgm/sec.

$$1 \text{ PS} = 75 \text{ kgm/sec}$$

Hier hast du ein Beispiel für eine Berechnung.

Beispiel: 50 kg sind in 4 Sekunden 12 m hochzuheben.

- Frage a) Wie groß ist die mechanische Arbeit?
b) Wie groß ist die mechanische Leistung?
c) Wieviel Ps sind dazu notwendig?

Lösung:

a) Arbeit $A = P \times s = 50 \times 12 = 600$ kgm

b) Leistung $= \frac{\text{Arbeit}}{\text{Zeit}} = \frac{A}{t} = \frac{600}{4} = 150$ kgm/sec

- c) Da 1 PS = 75 kgm/sec bedeutet, erhalte ich die Größe der Leistung in PS, wenn ich die Leistung durch 75 teile, also

$$N \text{ (PS)} = \frac{150}{75} = 2 \text{ PS}$$

Antwort:

- a) Die **Arbeit** A ist $= 600$ kgm
b) Die **Leistung** N ist $= 150$ kgm/sec
c) Die Leistung in **PS** ist $= 2$ PS

48. Die elektrische Leistung

Der Elektrizität kommt auch ein gewisses Arbeitsvermögen zu; sie stellt also auch eine Form der Energie dar. Allerdings können wir bei der Betrachtung der **elektrischen** Leistung nicht mit kg und m rechnen, weil sie in der Elektrizitätslehre nicht vorkommen. Wohl aber haben wir Spannung, Strom und Zeit. Die Verhältnisse liegen wieder ähnlich wie bei einem Wasserstromkreis. Schau dir noch einmal die Abbildung 64a und 64b an, Heinrich! Die Leistung der Wasserkraft in kgm/sec ergibt sich aus dem Produkt des Gefälles in Meter und der sekundlich zur Verfügung stehenden Wassermenge in Kilogramm. Je größer die Wassermenge in einer bestimmten Zeit ist und je größer die Höhe (das Gefälle) ist, um so größer wird die Leistung, die ich mit den beiden Wasserrädern erzielen kann. In ähnlicher Weise nun, wie die Leistung der Wasserkraft sich aus Gefälle und sekundlicher Wassermenge ergibt, wird die elektrische Leistung N , die ein elektrischer Strom verrichtet, bestimmt durch das Produkt aus der **Spannung** U in Volt und der **sekundlich bewegten Elektrizitätsmenge**. Die sekundlich bewegte Elektrizitätsmenge, das weißt du aus dem Lehrbrief 2, Seite 25, schon, ist aber nichts anderes als die Stromstärke I in Ampere. Je größer die Spannung (Volt) und je größer die Stromstärke (Ampere) ist, um so größer ist die elektrische Leistung (Watt). Es ist also

elektrische Leistung = Spannung $\times$ Stromstärke

$$N = U \times I \quad \text{in Watt.}$$

Das gilt, streng genommen, zunächst nur für den Gleichstrom. Für die Einheit der Leistung hat man allgemein die Bezeichnung Watt (W) festgelegt, die zu Ehren des Erfinders der Dampfmaschine, James Watt, gewählt wurde. Da das Watt als Einheit der elektrischen Leistung zu klein ist, nimmt man in der Starkstromtechnik in der Regel das Tausendfache = ein Kilowatt (kW). In der Schwachstromtechnik dagegen kommt man meistens mit kleineren Leistungen aus, so daß man dort mit Milliwatt (mW), dem tausendsten Teil eines Watts, rechnet.

$$1 \text{ kW} = 1 \text{ Kilowatt} = 1000 \text{ Watt}$$

$$1 \text{ mW} = 1 \text{ Milliwatt} = \frac{1}{1000} \text{ Watt}$$

Als Gedächtnisstütze für die Berechnung von Spannung, Strom und Leistung kannst du wieder das Dreieck benutzen, das wir in ähnlicher Anwendung bereits in den Lehrbriefen 1 (Seite 35) und 2 (Seite 38) kennengelernt haben (Abb. 66).

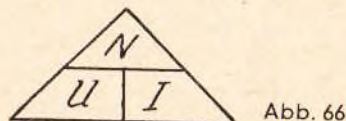


Abb. 66

In der bekannten Weise errechnet sich durch Umstellen der Formel:

$$N = U \times I \text{ Watt; } U = \frac{N}{I} \text{ Volt; } I = \frac{N}{U} \text{ Ampere}$$

Beispiele

1. Aufgabe: Durch einen elektrischen Heizofen, der an eine Spannung von 220 Volt angeschlossen ist, fließt ein Strom I von 4 Ampere. Welche Leistung N in Watt und Kilowatt nimmt der Ofen auf?

Gegeben: $U = 220 \text{ Volt}$, $I = 4 \text{ Ampere}$.

Gesucht: $N = ?$

Lösung: Formel: $N = U \times I = 220 \cdot 4 = 880 \text{ Watt}$.

Antwort: Der Ofen nimmt eine Leistung $N = 880 \text{ W} = 0,88 \text{ kW}$ auf.

2. Aufgabe: Welcher Strom fließt bei 220 Volt Spannung durch eine 100-Watt-Lampe?

Gegeben: $U = 220 \text{ V}$, $N = 100 \text{ W}$.

Gesucht: $I = ?$

Lösung: Formel: $I = \frac{N}{U} = \frac{100}{220} = \text{rd. } 0,455 \text{ A}$.

Antwort: $I = 0,455 \text{ A}$.

3. Aufgabe: An welche Netzspannung muß ein elektrisches Bügeleisen mit 440 Watt angeschlossen werden, wenn durch das Eisen ein Strom $I = 2 \text{ Ampere}$ fließt?

Gegeben: $N = 440 \text{ W}$; $I = 2 \text{ A}$.

Gesucht: $U = ?$

Lösung: Formel: $U = \frac{N}{I} = \frac{440}{2} = 220 \text{ V}$.

Antwort: $U = 220 \text{ Volt}$.

„Schön, Franz, wenn aber statt der Spannung nur der Strom und der Widerstand oder die Spannung und der Widerstand bekannt sind, was mache ich dann?“ „Überlege doch einmal, Heinrich. Nach dem Ohmschen Gesetz ist

$U = I \times R \text{ Volt}$ und $I = \frac{U}{R} \text{ Ampere}$. Du brauchst je nach Bedarf nur

die entsprechende Formel für U oder I in der Gleichung $N = U \times I$ einzusetzen, dann bekommst du entweder — für $U = I \times R$ eingesetzt —

$$N = I \times R \times I = I^2 \times R \quad \text{Watt}$$

und für $I = \frac{U}{R}$ eingesetzt

$$N = \frac{U \times U}{R} = \frac{U^2}{R} \quad \text{Watt}$$

Also ist auch in diesen Fällen die Berechnung der Leistung kein Kunststück mehr. Ein Beispiel soll dir das klarer machen.

Aufgabe: Zwischen den Anschlußklemmen eines Widerstandes wird eine Spannung von 25 V gemessen. Der Widerstand hat 5 Ohm. Wie groß ist der Leistungsverbrauch des Widerstandes?

Gegeben: $U = 25 \text{ V}$; $R = 5 \Omega$.

Gesucht: $N = ?$

Lösung: Formel: $N = U \times I = \frac{U \times U}{R} = \frac{U^2}{R}$

$$N = \frac{25 \times 25}{5} = \frac{625}{5} = 125 \text{ Watt}$$

Antwort: $N = 125 \text{ Watt}$.

Die Stromstärke I kannst du dir, wenn du sie auch noch wissen willst, nach der Formel $I = \frac{N}{U}$ gelegentlich selbst ausrechnen.

49. Elektrische Arbeit

Und nun zur elektrischen Arbeit. Beim praktischen Gebrauch der elektrischen Energie handelt es sich meistens nicht um einen Dauervorgang, sondern um eine begrenzte Arbeit, z. B. um das Bügeln von Wäschestücken mit einem elektrischen Bügeleisen oder um das Leuchten einer Glühbirne. Die Kosten, die der Betrieb einer Lampe oder eines Bügeleisens verursacht, hängen nicht nur von den aufgenommenen Watt oder Kilowatt ab, sondern auch von der **Zeitdauer**, während der die elektrische Leistung in Anspruch genommen wird. Wir müssen dem Elektrizitätswerk die vollbrachte **Arbeit** bezahlen, d. h. die **Leistung mal der Zeit**. Die elektrische Arbeit ist also gleich dem Produkt aus Leistung mal Zeit.

Arbeit $A = \text{Leistung } N \text{ mal Zeit } t$

$A = N \times t$

 Wattsekunden oder Wattstunden

Da die Leistung $N = U \times I$ bereits bekannt ist, kann man auch für die elektrische Arbeit folgende Formel schreiben:

$A = U \times I \times t$

 Ws oder Wh

Die elektrische Arbeit wird in **Wattsekunden (Ws)*** oder, weil dieses Maß für die Praxis meistens zu klein ist, in **Kilowattstunden (kWh)** angegeben.

Es ist

$$\begin{aligned} 1 \text{ Wattsekunde} &= 1 \text{ Ws (auch 1 Joule genannt)} \\ 1 \text{ Wattstunde} &= 1 \text{ Wh} = 3600 \text{ Ws} \\ 1 \text{ Kilowattstunde} &= 1 \text{ kWh} = 1000 \text{ Wh} \end{aligned}$$

*) Als Abkürzung für die Sekunde wird hier das vorgeschriebene Einheitskurzzeichen s verwendet; nicht zu verwechseln mit dem Formelzeichen s für die Weglänge.

Die Kilowattstunde ist der Ausdruck, den ein Elektroinstallateur der Kundschaft am häufigsten erklären muß. Das macht er dann gewöhnlich mit einem Zahlenbeispiel. Er sagt z. B.: Eine 25-Wattlampe verbraucht in jedem Augenblick 25 Watt. 40 solcher Lampen verbrauchen $40 \times 25 = 1000$ Watt, also 1 Kilowatt (kW). Brennen diese 40 Lampen 1 Stunde lang, dann ist die verbrauchte elektrische Arbeit $= 1 \text{ kW} \times 1 \text{ Stunde (h)}$, also $= 1 \text{ Kilowattstunde (1 kWh)}$. Man könnte aber auch 20 Lampen von je 25 Watt 2 Stunden brennen lassen, um die gleiche elektrische Arbeit

$$\begin{aligned} A &= N \times t = (20 \times 25) \times 2 \\ &= 500 \times 2 = 1000 \text{ Wh} \end{aligned}$$

also wiederum 1 Kilowattstunde, zu vollbringen. Würde nun 1 kWh 10 Pf kosten, so könnte ich, um ein Zahlenbeispiel zu nennen, für 10 Pf

10	100-Watt-Lampen	1 Stunde	brennen lassen,
20	25-Watt-Lampen	2 Stunden	brennen lassen,
10	25-Watt-Lampen	4 Stunden	brennen lassen,
50	40-Watt-Lampen	1/2 Stunde	brennen lassen,

weil immer nur 1 kWh an elektrischer Arbeit verbraucht wird.

Der **Elektrizitätszähler** nimmt uns die bei dem Gebrauch jedes Gerätes erforderliche Berechnung — Leistung $\times$ Gebrauchsdauer — ab. Er gibt uns die elektrische Arbeit unmittelbar in Kilowattstunden an. Wenn es dir Spaß macht, Heinrich, kannst du einmal ausrechnen, wieviel Kilowattstunden deine Frau monatlich beim Bügeln verbraucht, wenn sie in der Woche 6 Stunden bügelt und das Bügeleisen eine Leistung N von 450 Watt hat."

"Du hast mir soeben die mechanische und die elektrische Arbeit und Leistung erklärt, Franz. Welche Zusammenhänge bestehen nun zwischen mechanischer, elektrischer und der Wärme-Energie? Wenn ich z. B. elektrische Energie in Wärme-Energie oder umgekehrt umwandeln will, muß ich doch wissen, wieviel elektrische Arbeit ich aufwenden muß, um eine ganz bestimmte Wärmemenge in einer bestimmten Zeit zu erhalten." „Sicher, Heinrich, unsere Physiker und Techniker haben das längst errechnet und die entsprechenden Umrechnungszahlen festgelegt.

50. Wärmewirkung des elektrischen Stromes

Wenn man in einen Stromkreis einen dünnen Draht einschaltet und die Stromstärke erhöht, so wird der Draht zuerst warm, dann rotglühend. Schließlich gerät er in Weißglut und brennt durch. Die Entstehung der Wärme in dem Leiter kannst du dir etwa so vorstellen: die Spannung treibt die freien Elektronen durch den Leiter. Bei der Überwindung des Leiterwiderstandes reiben sie sich gewissermaßen an den Stoffatomen im Draht (besonders beim Wider-

standsdraht). Durch die Reibung wird bekanntlich Wärme erzeugt. Wir müssen deshalb, wenn wir die Wärme nicht ausnutzen wollen, darauf achten, daß unzulässige Überschreitungen der normalen Stromstärke wirksam verhindert werden. Das geschieht, wie du weißt, durch sogenannte **Sicherungen**, über die wir uns noch einmal besonders unterhalten müssen. Der Physiker **Joule** (sprich Jaul) hat die durch den elektrischen Strom erzeugte Wärme durch vergleichende Versuche ermittelt und gefunden, daß der Strom, der Widerstand und die Zeit in einem ganz bestimmten Verhältnis zueinander stehen. Nach ihm wurde das **Joulesche Gesetz** benannt. Du kannst es in jedem Lehrbuch der Elektrizität nachlesen, wenn du dich dafür interessierst. Nach diesem Jouleschen Gesetz ist die elektrische Arbeit 1 Wattsekunde (Ws) gleich einer Wärmemenge von 0,24 Kalorien (cal).

1000 Kalorien (cal) sind eine Kilokalorie (kcal). Eine Kilokalorie (kcal) ist die **Wärmemenge**, die notwendig ist, um 1 kg (Liter) Wasser um 1° Celsius zu erwärmen. Es ist 1 cal auch = einer mechanischen Arbeit von 0,427 kgm. Weiter ist

1 Ws	= 0,102 kgm	}	Arbeit
9,81 Ws	= 1 kgm		
1 Watt (W)	= 0,102 kgm/sec	}	Leistung
1 Kilowatt (kW)	= 102 kgm/sec		
1 Pferdestärke (PS)	= 75 kgm/sec		
1 PS	= $75 \times 9,81$ = 736 Watt (W).		
1 Watt	= $\frac{1}{736}$ PS		
1 kW	= $\frac{1000}{736} = 1,36$ PS		

Ich hoffe, Heinrich, daß für heute dein Wissensdurst gestillt ist. Die Umrechnungszahlen brauchst du dir selbstverständlich nicht alle zu merken. Die gebräuchlichsten habe ich besonders hervorgehoben. Nun will ich noch schnell das Wichtigste in Merksätzen zusammenfassen."

Merke:

1. **Elektrolyse** ist die Zerlegung einer Lösung (Elektrolyt) durch einen elektrischen Strom.

2. Bei der Elektrolyse scheiden sich **Wasserstoff** und Metall an der **Kathode** ab.
3. Elektrolyse dient zur **Metallgewinnung**, Herstellen von Metallüberzügen und Nachbildungen in Metall. Nachteilig wirkt die Elektrolyse bei der elektro-chemischen Korrosion.
4. Unter **Galvanisieren** (Galvanostegie) versteht man die Herstellung von festhaftenden Metallüberzügen.
5. Bei der **Galvanoplastik** werden mit Hilfe der Elektrolyse irgendwelche Gegenstände, z. B. Münzen, plastische Bildwerke usw., in Metall abgeformt (nachgebildet).
6. Unter **Elektrometallurgie** versteht man die technische Gewinnung von Metallen aus ihren Verbindungen usw. durch Elektrolyse (**Elektrolytkupfrier**).
7. **Energie** ist die Fähigkeit, Arbeit zu leisten (Arbeitsvermögen).
8. Die **mechanische Arbeit** (A) errechnet man als Produkt von **Kraft** (P) mal **Weg** (s). Dabei müssen Kraft und Weg — bzw. Bewegung — in gleicher Richtung gemessen werden. Die mechanische Arbeit wird in kgm gemessen.
9. Unter **mechanischer Leistung** (N) versteht man die Arbeit, die in 1 Sekunde vollbracht wird ($N = \frac{A}{t}$); sie wird gemessen in kgm/sec.
10. **1 Pferdestärke** (PS) ist die mechanische Leistung von 75 kgm/sec.
11. Die **elektrische Leistung** (N) errechnet sich aus dem Produkt von Stromstärke (I) mal Spannung (U) in Watt (W) oder Kilowatt (kW)

$N = U \times I$

 Watt
12. Die **elektrische Arbeit** (A) erhält man, wenn man die Leistung (N) mit der Zeit (t) multipliziert.

$A = N \times t$

 oder

$A = U \times I \times t$

 Wattstunden (Wh)
13. **1 Kilowattstunde** (kWh) hat 1000 Wattstunden (Wh) und ist das gebräuchliche Maß für die elektrische Arbeit.
14. **1 Pferdestärke** (PS) ist gleich der elektrischen Leistung von 736 Watt = 0,736 kW.

IV. Werkstoffkunde

Bisher haben wir in unserer Metallkunde nur das in der Technik vorherrschende Metall, das Eisen, behandelt. Alle übrigen Metalle faßt man unter dem Sammelbegriff **Nichteisenmetalle** zusammen. Von ihnen sind das Kupfer und seine Legierungen sowie die in den gebräuchlichsten Kupferlegierungen enthaltenen Metalle, Zinn und Zink, die wichtigsten.

B. Kupfer und Kupferlegierungen

„Du hast vielleicht schon festgestellt, Heinrich, daß gerade in unserem Beruf das Kupfer neben dem Eisen eine sehr bedeutende Rolle spielt. Du weißt vielleicht auch, wie lange Kupfer und Legierungen aus Kupfer auf der Erde schon bekannt sind und wie lange man die Verarbeitung kennt?“

„Ja, da gab es doch einmal eine sogenannte Bronzezeit, in der das Eisen noch nicht bearbeitet werden konnte. Damals hat man doch schon Gebrauchsgegenstände und Waffen aus Bronze gefertigt.“

„Richtig, die Verarbeitung verstanden schon die Völker in vorgeschichtlicher Zeit. Sie haben also schon sehr frühzeitig das Kupfer und seinen Wert erkannt. Außer geringen Mengen in Deutschland gibt es besonders reiche Lager in Nordamerika, wo das Kupfer sogar in gediegenem, also in reinem Zustand vorkommt. Dort findet man Stücke bis über 1000 Tonnen Gewicht. Derartige Fundorte sind jedoch eine Seltenheit, und man verarbeitet deshalb die in größeren Mengen auftretenden Kupfererze.“

1. Das Kupfererz

Die wichtigsten Kupfererze, die zur Verarbeitung gelangen, sind:

- Kupferkies** mit einem Kupfergehalt von rund 35%. Fundorte sind in Deutschland der Mansfelder Gebirgskreis, der Harz und das Siegerland, sodann Schweden, Norwegen, Spanien, der Ural, Nord- und Südamerika.
- Kupferglanz** mit rund 80% reinem Kupfer. Er wird bei Mansfeld und im Siegerland sowie im Ural, in England und Nordamerika gefunden.
- Malachit**. Er enthält rund 57% Kupfer und wird im Harz, Siegerland und Ural, in Australien und in Nord- und Südamerika gefunden.
- Kupferschiefer** mit 2–3% Kupfer. Wird in Mansfeld gefunden.

In Deutschland werden Kupfererze besonders bei Goslar, im Harz und in der Mansfelder Mulde bei Eisleben abgebaut. Hier bildet der schwarze Kupferschiefer ein etwa $\frac{1}{2}$ Meter mächtiges Flöz, das schon seit 700 Jahren abgebaut wird. In diesem Kupferschiefer finden wir zwar gleichzeitig Kupferkies, Buntkupfer und Kupferglanz, jedoch

ist sein Erzgehalt sehr gering. Der Abbau kann nur dadurch wirtschaftlich gehalten werden, daß in den Erzen neben dem Kupfer noch Schwefel, Eisen, Zinn, Antimon, Blei, Nickel, Silber und Gold als Beimengungen enthalten sind. Davon werden die beiden Letztgenannten wegen ihres hohen Wertes stets nebenher gewonnen, auch wenn sie nur in ganz geringen Mengen auftreten.

Deutschland besitzt nur wenige Kupfererzlager, daher müssen wir große Mengen Kupfer aus dem Ausland einführen. Die hauptsächlichsten Kupferproduzenten sind Nord- und Südamerika, Spanien und Südafrika.

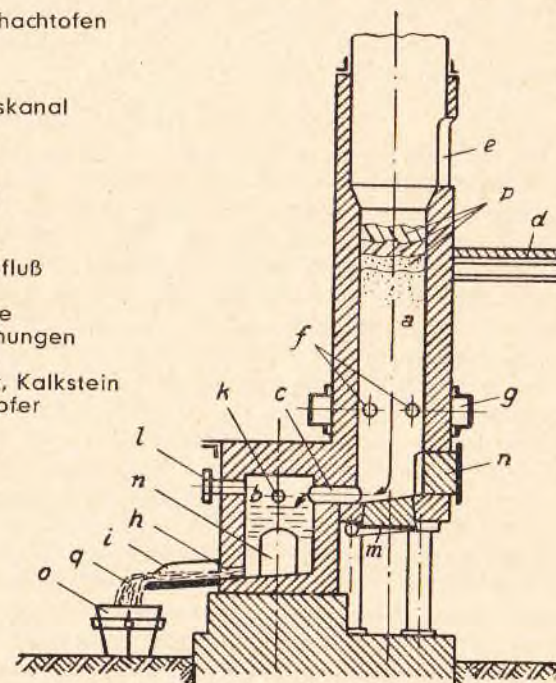
2. Die Kupfergewinnung

Die Verarbeitung der Kupfererze zu Kupfer ist infolge der Verschiedenheit der Erze und deren Beimengungen sehr mannigfach und kompliziert.

Bei trockenen Verfahren, das am meisten angewendet wird, werden die Erze zunächst geröstet, d. h. erhitzt. Dabei entweicht bei etwa 114° C Schwefel. Die Schwefeldämpfe werden aufgefangen und dienen zur Schwefelsäureherstellung. Nachfolgendes Schmelzen in Schacht- oder Flammöfen beseitigt das den Erzen anhaftende

Abb. 4 Gießerei-Schachtofen

- a Schacht
- b Vorherd
- c Verbindungskanal
- d Gichtbühne
- e Beschicktür
- f Winddüsen
- g Windmantel
- h Abstichloch
- i Abflußrinne
- k Schlackenabfluß
- l Schauloch
- m Bodenklappe
- n Einsteigeöffnungen
- o Gießpfanne
- p Koks, Kupfer, Kalkstein
- q flüssiges Kupfer



Gestein (s. Abb. 4). Das Produkt dieses ersten Schmelzvorganges heißt Rohkupfer oder Rohstein und ist noch stark schwefelhaltig. Mehrfaches Rösten und Schmelzen ergibt Hütten- oder Schwarzkupfer mit einem Kupfergehalt von 99,0—99,8‰.

Auf elektrolytischem Wege kann dieses Schwarzkupfer noch verfeinert oder raffiniert (gereinigt) werden. Dazu wird das Kupfer zu Platten gegossen. Diese hängt man in eine Lösung von Kupfervitriol und Schwefelsäure. Zwischen je zwei Schwarzkupferplatten bringt man ein dünnes Blech aus reinem Kupfer. Den Pluspol einer Gleichstromquelle legt man an die Schwarzkupferplatten, während der Minuspol an dem Kupferblech befestigt wird. Der Strom löst nun das Schwarzkupfer auf und scheidet es als chemisch reines Kupfer (Elektrolytkupfer 99,98‰) auf dem Kupferblech ab, während die Verunreinigungen als Anodenschlamm zu Boden sinken. Dieser Schlamm wird oft weiterverarbeitet, da er noch geringe Mengen Gold und Silber enthält.

Der Vollständigkeit halber sei hier noch auf das nasse Verfahren hingewiesen. Es ermöglicht das Auslaugen von weniger kupferhaltigen Erzen. In gemauerte Behälter bringt man Kupfererze und kleine Blechstücke und gießt verdünnte, eisenhaltige Salzsäure darauf. Im Laufe von etwa zwei Jahren sind die Erze ausgelaugt. Das Kupfer (Zementkupfer) hat sich an den Blechblättchen abgesetzt und kann nun abgeschabt und raffiniert werden.

3. Verwendung des Kupfers

Trotz seiner geringen Festigkeit ist Kupfer sehr wetterbeständig. In feuchter Luft überzieht es sich mit einer dünnen Schutzschicht, der sogenannten Patina. Diese grün gefärbte Oxydschicht hat den Vorteil, daß sie das Metall vor weiterer Berührung mit der Luft schützt. Kupfer ist weiterhin widerstandsfähig gegen Feuer (Schmelzpunkt 1080°), es läßt sich löten und schweißen, ist dehnbar und elastisch in kaltem und warmem Zustand, läßt sich pressen, ziehen und walzen.

Die große Bedeutung des Kupfers für die Elektrotechnik im allgemeinen und besonders für die FM-Technik liegt darin, daß es neben dem Silber den geringsten elektrischen Widerstand aufweist. Voraussetzung dafür ist jedoch die Verwendung von Elektrolytkupfer; denn schon die geringsten Verunreinigungen im Kupfer beeinträchtigen seine Leitfähigkeit. In der FM-Technik verwenden wir das Kupfer für sehr viele Zwecke, so z. B. für Schalthebel, Starkstromschienen, Gleichrichter in Stromversorgungsanlagen, Kabeladern, Verdrahtungen in Fernmeldeanlagen, Litzen- und Leitungsdräht und für Relais in verschiedenen Ausführungen. Bei letzteren bestehen der Mantel, der galvanische Überzug sowie der aufge-

wickelte Spulendraht aus Kupfer. Auch unsere LötKolben, die wir täglich verwenden, sind aus Hüttenkupfer hergestellt. Denn Kupfer ist nicht nur hitzebeständig, sondern hat auch eine hohe Wärmeleitfähigkeit.

„Einen Augenblick mal, Franz, du erwähntest soeben bei deiner Aufzählung den Leitungsdraht, ist damit auch der Freileitungsdraht gemeint, der im oberirdischen Bau verwendet wird?“

„Nur zum Teil! Da die Verwendung von Leitungsmaterial sehr vielseitig ist, sind noch einige weitere Ausführungen nötig.“

Bei der Herstellung von Leitungsdraht ist infolge der Eigenschaften des Kupfers die jeweilige Art der Verwendung zu berücksichtigen. Die Leitungen innerhalb der Fernsprechkämer z. B. werden in sogenannten Innenkabeln (Lack-Papierkabeln) geführt. Die einzelnen Adern dieser Kabel bestehen aus geglähtem, weich gezogenem Kupferdraht von 0,6 mm oder 1,0 mm Durchmesser ($\varrho = 0,017$). (Siehe Heft 1, Grundwissen der Fernmeldetechnik, Ziffer 8, Seite 12). Soll aber das Kupfer zur Herstellung von Freileitungsdraht verarbeitet werden, dann muß die an sich geringe Festigkeit des Kupfers wesentlich erhöht werden. Das zu verarbeitende Kupfer erhält in diesem Falle einen geringen Zusatz von Silizium¹⁾ und wird anschließend in kaltem Zustand mittels Ziehseisen geformt (hart gezogen). Während bei weich gezogenem Kupferdraht die Zugfestigkeit 20 kg/mm² betrug, ist sie bereits bei Hartkupferdraht auf 45 kg/mm² angestiegen (Abb. 5 und 6).

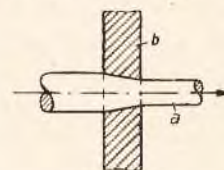


Abb. 5 Ziehen von Draht

a Draht b Ziehmatrize
(Ziehseisen)

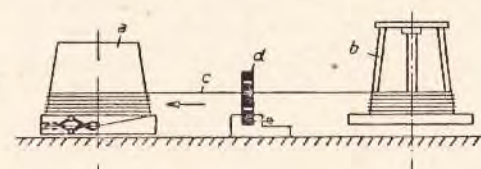


Abb. 6 Schema einer Leierbank

a Ziehtrommel (angetrieben) b Drahthaspel
c Draht d Ziehmatrize (Ziehseisen)

Hartkupferdraht wird für Freileitungen mit einem Mindestdurchmesser von 3 mm verwendet ($\varrho = 0,018$)²⁾.

Sollte bei besonders beanspruchten Leitungen die Festigkeit des Hartkupferdrahtes nicht mehr ausreichen, so müssen entsprechende

¹⁾ Silizium ist ein Grundstoff, der in der Natur nicht frei vorkommt, aber als S-Verbindungen, wie Quarzsand, Glimmer, Ton usw., weit verbreitet ist. Silizium ist entweder ein dunkelbraunes Pulver oder bildet dunkle, metallglänzende Blättchen.

²⁾ Der spezifische Widerstand ist gegenüber Weichkupfer also schlechter geworden. Wir ziehen daraus die Lehre, daß bei Festigkeitssteigerung die Leitfähigkeit sinkt.

Legierungen (Leitungsbronzen) verwendet werden. Darauf wollen wir gleich noch näher eingehen.

4. Kupferlegierungen

Kupfer nimmt im geschmolzenen Zustand Luft auf und gibt sie beim Erkalten wieder ab. Dies hat zur Folge, daß wir Kupfer nicht durch Gießen verarbeiten können, der Guß würde blasig sein. Um jedoch gewisse Eigenschaften, wie Schmelzbarkeit, Härte und Zähigkeit, zu erzielen und Kupfer für Gießzwecke verwenden zu können, verbindet man mehrere Metalle im flüssigen Zustand miteinander. Eine derartige Verbindung heißt Legierung.

Die Bezeichnungen für diese Kupferlegierungen sind je nach dem Kupfergehalt und den Beimengungen verschieden. Besitzen die Legierungen einen Kupfergehalt von mindestens 78%, so bezeichnet man sie als **Bronzen**. Je nach Art der Beimengungen heißen sie **Zinnbronzen** (78% Kupfer, der Rest ist Zinn), **Phosphorbronzen** (Bestandteile wie bei Zinnbronze mit nur einigen Zehntelprozenten Phosphor).

In der Beimengung braucht jedoch nicht immer Zinn enthalten zu sein, um diese Legierungen noch als Bronze bezeichnen zu können. Meist enthalten Kupferverbindungen als Hauptzuschlag auch Aluminium, Nickel oder Silizium. Diese Legierungen heißen allgemein **Sonderbronzen** (Aluminiumbronze, Nickelbronze, Siliziumbronze). Sonderbronzen werden auch nach ihrem Anwendungszweck benannt, z. B. Leitungsbronzen.

Kupferlegierungen, die 30–40% Zink enthalten, heißen **Messing**; solche von 10–30% Zinkgehalt **Tombak**.

Legierungen von Kupfer, Zinn, Zink und Blei bezeichnet man als **Rotguß**, diejenigen von Kupfer, Zink und Nickel als **Neusilber**.

Weitere Kupfer-Zink-Legierungen sind die **Hart-** oder **Schlaglote**. Benutzt werden sie zum Löten von Kupferlegierungen und Stahl. Da nun die Schmelzpunkte der zu lötenden Metalle verschieden sind (Kupfer 1080°, Bronze 900°, Messing 1000°), muß auch der Schmelzpunkt der Lote dementsprechend abgestimmt sein. Eine Erniedrigung des Schmelzpunktes erzielt man durch höheren Zinkgehalt.

Sehr häufig wird diesen Schlagloten noch Silber zugesetzt (4 bis 45%), und wir erhalten dann das **Silberlot**.

5. Verwendung der Kupferlegierungen

Aus der Vielseitigkeit der Kupferverbindungen ergibt sich auch in der FM-Technik eine große Anzahl von Verwendungsmöglichkeiten. Insbesondere ist man bestrebt, größte Betriebssicherheit zu erlangen. Ja, es ist sogar eine zwingende Notwendigkeit, Bau- und Schaltelemente von größter Haltbarkeit zu verwenden, gleichzeitig soll aber der Energieverlust gering sein. Sehen wir uns doch einmal

in den FM-Betrieben um. Da sind z. B. die Wähler mit ihren Schleifedern und Schaltarmsätzen, Relais mit den verschiedenartigen Kontaktfedern, die entweder aus Phosphorbronze, Tombak, Messing oder Neusilber bestehen. Oder wir betrachten bei Handvermittlungen die Schnurstöpsel und Klinkenstreifen sowie Sicherungsstreifen, Rüststromerzeuger, Schrauben, Klemmen usw.

Abschließend sei noch auf die Verwendung von Leitungsbronze hingewiesen.

Wir haben gehört, daß man Kupfer legiert, um eine größere Festigkeit zu erzielen, allerdings auf Kosten der Leitfähigkeit. Da uns aber in der Fernmeldetechnik mehr damit gedient ist, neben der hohen Festigkeit einen möglichst geringen Leitungswiderstand zu erhalten, muß das Leitungsmaterial überwiegend aus reinem Kupfer bestehen. Das ist nun bei der Leitungsbronze der Fall, die 97–99,9% Kupfer und nur geringe Beimengungen von Zinn, Magnesium¹⁾, Silizium oder Kadmium²⁾ enthält.

Hier einige Beispiele:

- a) Leitungsbronze, 2 mm Durchmesser, als Ersatz für 3 mm Hartkupferleitung für Fälle größerer Zugfestigkeit. Legierung besteht aus 99,9% Kupfer und 0,1% Magnesium. Zugfestigkeit = 50 kg/mm², spezifischer Widerstand = 0,020.
- b) Leitungsbronze, 1,5 mm Durchmesser, als Ersatz für kurze Hartkupferleitungen in Rauhreifgebieten. Die Legierung besteht aus 99,2% Kupfer und 0,8% Magnesium. Zugfestigkeit = 60 kg/mm², spezifischer Widerstand = 0,028.

„Wir wollen uns mit diesen Beispielen begnügen, Heinrich, und das Kapitel ‚Kupfer‘ für heute beenden. In einem der nächsten Hefte werden wir dann die gebräuchlichsten Metalle unserer Kupferlegierungen (Zinn, Zink und Blei) behandeln.“

Merke:

1. Kupfer finden wir in der Natur in **reinem** Zustand und als **Kupfererz**.
2. Die wichtigsten Kupfererze sind: Kupferkies, Kupferglanz, Malachit und Kupferschiefer.
3. Je nach Art der Erze schwankt der Kupfergehalt (2–80%).
4. Kupfererze finden wir in Europa besonders in Deutschland, Spanien, Schweden, Norwegen und England.
5. In Deutschland werden Kupfererze im Harz und in der Mansfelder Mulde abgebaut.

¹⁾ Magnesium ist ein silberweißes Leichtmetall (Grundstoff).

²⁾ Kadmium ist ein Metall (ebenfalls ein Grundstoff).

6. Vor dem Einschmelzen werden die Erze geröstet; dabei entweichende Schwefeldämpfe dienen der Schwefelsäureherstellung.
7. Kupfererze werden im **Trocken-Verfahren** in Schacht- oder Flammöfen geschmolzen.
8. Das Produkt des ersten Schmelzvorganges heißt **Rohkupfer** (schwefelhaltig).
9. Mehrfaches Rösten und Schmelzen ergibt **Hüttenkupfer** (99,0 bis 99,8 %).
10. Hüttenkupfer wird auf elektrolytischem Wege zu **Elektrolytkupfer** (E-Cu, 99,98 %).
11. **Zementkupfer** wird aus weniger kupferhaltigen Erzen im **nassen Verfahren** gewonnen.
12. Kupfer ist wetterbeständig, gute Formgebung im kalten und warmen Zustand möglich, hohe Leitfähigkeit für Wärme und elektrischen Strom.
13. Schmelzpunkt von Kupfer 1080 ° C.
14. Jede Verunreinigung im Kupfer verringert seine Leitfähigkeit ($\rho = 0,017$).
15. Festigkeitssteigerung, Gießbarkeit usw. erzielt man durch Kupferlegierungen.
16. **Bronze** ist eine Legierung aus Kupfer (mindestens 78 %) und Zinn.
17. **Sonderbronzen** bestehen überwiegend aus Kupfer mit einem geringen Zusatz von Nickel, Silizium, Aluminium usw.
18. **Messing** setzt sich zusammen aus Kupfer und Zink (30—40 %).
19. **Tombak** besteht aus Kupfer und Zink (10—30 %).
20. **Hartlot** ist eine Kupfer-Zink-Legierung und wird zum Löten verwendet.
21. **Silberlot** ist Hartlot und Silber (Kupfer-Zink-Silber).
22. Als **Rotguß** bezeichnet man die Verbindung von Kupfer, Zinn, Zink und Blei.
23. **Neusilber** besteht aus Kupfer, Zink und Nickel.
24. Als Freileitungsdrähte werden verwendet:
 - a) 3 mm Kupferdraht (E-Cu), d. i. Elektrolytkupfer mit einigen Zehntelprozent Silizium, hart gezogen;
 - b) 1,5 und 2 mm Bronzedraht (Bz II), d. i. Leitungsbronze, bestehend aus Kupfer und geringen Zusätzen Zinn, Silizium, Magnesium oder Kadmium.

VI. Deutsch

Lösungen aus dem Lehrbrief 7

Übung Seite 43: So stehen die Zeichen richtig:

Der aufgeblasene Frosch

Ein Frosch prahlte gegen seine Kameraden: „Wenn ich will, so bin ich so groß wie jener Ochse!“ Dabei blies er sich mächtig auf. „Nicht wahr, ich bin jetzt so groß wie er?“ Als ihn aber die anderen auf diese Frage auslachten, blies er noch heftiger und fragte wieder: „Bin ich jetzt so groß?“ „Noch lange nicht!“ war die Antwort. Da blies er sich so mächtig auf, daß er zerplatzte.

A. Satzlehre

6. Die wichtigsten Regeln über die Satzzeichen

Zum Abschluß der Satzlehre wollen wir die wichtigsten Regeln über die Satzzeichen zusammenstellen.

Der Punkt steht

- a) **hinter einem Erzähl- oder Behauptungssatz:**
Die Arbeit ist beendet. Die Heimfahrt beginnt.
- b) **nach Abkürzungen:**
v. Chr., n. Chr., Std., Min., Sek. usw., d. h.
- c) **nach Ordnungszahlen:**
Am 3. Sonntag im Monat, der 20. Juni 1952, Wilhelm II.

Das Komma steht

- a) **zwischen mehreren gleichartigen Satzteilen**, wenn sie nicht durch ein Bindewort verbunden sind:
Der Krieg hat viel Elend, Kummer und Not über die Menschheit gebracht.
- b) **in der Satzverbindung, wenn die Sätze kurz sind:**
Dankbarkeit gefällt, Undank haßt die ganze Welt.
Wenn die Sätze auch durch „und“ verbunden sind: Wahrheit besteht, und Lüge vergeht.
- c) **im Satzgefüge zwischen Haupt- und Nebensatz:**
Wer schnell gibt, gibt doppelt.
- d) **in Nennform- und Mittelwortsätzen mit näheren Bestimmungen:**
Der Bautrupp begann, die Masten aufzurichten. — Vom Gewitter überrascht, mußte der Bautrupp die Arbeit einstellen.

e) **vor und nach der Anrede, vor und nach dem Beisatz:**

1. Herr Oberpostrat, so hatte es sich zugetragen!
2. Wir haben den Fehler schon lange entdeckt, Herr Müller!
3. Heinrich von Stephan, der Generalpostmeister des Deutschen Reiches, gründete den Weltpostverein.

f) **zwischen Ortsnamen und Datum:**

Dortmund, den 1. Juni 1952.

Der Strichpunkt steht

zwischen längeren Hauptsätzen in einer Satzverbindung, wenn sie nicht durch **und** oder **oder** verbunden sind:

Geh frei und ehrlich durch die Welt; das ist das beste Reisegeld.

Der Doppelpunkt stehta) **vor der wörtlichen Rede:**

Goethe sagt: „Gute Bücher sind die besten Freunde.“

b) **vor Aufzählungen:**

Die bedeutendsten deutschen Nordseehäfen sind: Hamburg, Bremen und Emden.

Das Fragezeichen stehta) **am Ende eines Fragesatzes:**

Sind Sie Zeuge des Unfalls gewesen?

b) **hinter einem Fragewort:**

wer? wo? wie?

Das Ausrufungszeichen stehta) **nach Befehls-, Wunsch- und Ausrufungssätzen:**

Sei strebsam! Möchte doch das Wetter so bleiben! Ach, da liegt ja der Brief!

b) **nach Ausrufen:**

Richtig! Wie schön! O weh!

c) **nach der Anrede in Briefen:**

Liebe Kinder! Sehr geehrter Herr Schulze!

Der Bindestrich stehta) **in zusammengesetzten Wörtern, um auf das gemeinsame Grundwort hinzuweisen:**

Post- und Fernmeldewesen, Fernmelde- und Telegraphenamt.

b) **in Zusammenstellungen:**

Nordrhein-Westfalen, Rhein-Herne-Kanal, Max-Planck-Institut.

Das Auslassungszeichen steht**für einen ausgelassenen Buchstaben:**

Was gibt's Neues? — Wer sagt's? — Oh, wie wohl ist's mir am Abend!

(Es darf **nicht** angewandt werden bei Zusammenziehung von Verhältniswort und Geschlechtswort: ins, ans, aufs, durchs, am, vom, beim).

Wörtliche Rede wird immer in Anführungszeichen gesetzt.

B. Wortlehre**Das Hauptwort****1. Das Geschlecht der Hauptwörter**

Hauptwörter sind Namen für Dinge. Sie haben ein männliches, weibliches oder sächliches Geschlecht.

der, die, das sind die **bestimmten** Geschlechtswörter,
ein, eine, ein sind die **unbestimmten** Geschlechtswörter.

Hauptwörter werden häufig mit falschem Geschlechtswort verbunden.

Es heißt: der Draht, das Gas, der Docht, das Öl, der Teer, die Schnur, das Meter, das Liter, das Messing, das Zinn, das Zink, die Sorte, das Porzellan, der Schalter, der Tunnel, der Schirm, der Beton, der Strick, das Wachs, der Talg, die Nummer, die Geschwulst, das Thermometer.

Übung: Die fehlenden Geschlechtswörter sind zu ergänzen!

Wo liegt . . . Draht? — . . . Liter ist ein Hohlmaß. — Der Zug fuhr durch . . . Tunnel. — . . . Schnur ist dünner als . . . Strick. — Werner knipste . . . Schalter an. — Aus . . . Teer gewinnt man . . . Teeröl zum Tränken der Leitungsmasten. — . . . Messing, . . . Zinn und . . . Zink sind Nichteisenmetalle. — . . . Mai ist . . . fünfte Monat des Jahres. — . . . Gas ist im Haushalt angenehm. — . . . Thermometer zeigt die Wärme an.

2. Hauptwörter mit mehrfachem Geschlecht

Einige Hauptwörter haben bei verschiedener Bedeutung ein verschiedenes Geschlecht, z. B. Erbe (**der** Erbe = der Erbende, **das** Erbe = das Ererbte).

Es ist zu unterscheiden:

der Leiter	— die Leiter	die Mark	— das Mark
der Gehalt	— das Gehalt	die Steuer	— das Steuer
der Mangel	— die Mangel	die Wehr	— das Wehr
der Kunde	— die Kunde	der Verdienst	— das Verdienst
der Bund	— das Bund	der Band	— das Band
der Tor	— das Tor	der Heide	— die Heide
der Kiefer	— die Kiefer	der Stift	— das Stift
der Marsch	— die Marsch	der Flur	— die Flur

Übung: Wie heißt das Geschlechtswort?

Im Laden stand nur . . . einzelner Kunde. — . . . letzte Kunde über die Krankheit seines Freundes machte ihn wieder froh. — Der Lehrling wurde zu . . . Abteilungsleiter gerufen. — Emil stieg . . . Leiter hinauf. — Munteren Schrittes wanderte . . . Jugendbund durch . . . Flur und durch . . . Heide. — Es ist . . . Verdienst des Fahrers, daß kein Unglück geschah. — . . . Tor stand weit offen, aber . . . Flur war nicht erleuchtet. — Uns wird . . . Steuer von . . . Bruttomonatsverdienst einbehalten.

VII. Rechnen**Lösungen aus dem Lehrbrief 7****Übung Seite 46:**

Restlos teilbar sind durch

- 2) 54, 240, 11 354, 676
- 3) 81, 240, 792, 1116
- 4) 128, 1092, 25 672, 1004
- 5) 65, 235, 20 305, 20 015
- 6) 126, 522, 714, 1086, 89 346
- 8) 624, 8448, 1080, 10 968
- 9) 36, 351, 3573, 89 352, 50 868

Übung Seite 47:

$$1. \quad \frac{32}{4} = 8, \quad \frac{60}{5} = 12, \quad \frac{85}{17} = 5, \quad \frac{10}{3} = 3 \frac{1}{3}, \quad \frac{27}{6} = 4 \frac{1}{2},$$

$$\frac{45}{7} = 6 \frac{3}{7}, \quad \frac{72}{10} = 7 \frac{1}{5}, \quad \frac{93}{12} = 7 \frac{3}{4}, \quad \frac{144}{15} = 9 \frac{3}{5}, \quad \frac{289}{27} = 10 \frac{19}{27}.$$

$$2. \quad 13 \frac{1}{7} = \frac{92}{7}, \quad 2 \frac{4}{9} = \frac{22}{9}, \quad 4 \frac{1}{8} = \frac{33}{8}, \quad 3 \frac{1}{2} = \frac{7}{2}, \quad 5 \frac{7}{24} = \frac{127}{24},$$

$$6 \frac{1}{7} = \frac{43}{7}, \quad 9 \frac{1}{36} = \frac{325}{36}, \quad 3 \frac{5}{48} = \frac{149}{48}, \quad 5 \frac{7}{120} = \frac{607}{120},$$

$$7 \frac{13}{360} = \frac{2533}{360}.$$

$$3. \quad \frac{1}{2} = \frac{18}{36}, \quad \frac{1}{3} = \frac{12}{36}, \quad \frac{1}{9} = \frac{4}{36}, \quad \frac{2}{3} = \frac{24}{36}, \quad \frac{3}{4} = \frac{27}{36}, \quad \frac{5}{6} = \frac{30}{36},$$

$$\frac{5}{8} = \text{nicht möglich}, \quad \frac{4}{9} = \frac{16}{36}, \quad \frac{7}{12} = \frac{21}{36}, \quad \frac{1}{2} = \frac{60}{120}, \quad \frac{2}{3} = \frac{80}{120}.$$

$$\frac{3}{4} = \frac{90}{120}, \quad \frac{1}{5} = \frac{24}{120}, \quad \frac{3}{5} = \frac{72}{120}, \quad \frac{5}{6} = \frac{100}{120}, \quad \frac{3}{10} = \frac{36}{120},$$

$$\frac{7}{12} = \frac{70}{120}, \quad \frac{8}{15} = \frac{64}{120}, \quad \frac{17}{30} = \frac{68}{120}, \quad \frac{3}{40} = \frac{9}{120}.$$

$$4. \quad \frac{2}{4} = \frac{1}{2}, \quad \frac{6}{9} = \frac{2}{3}, \quad \frac{8}{12} = \frac{2}{3}, \quad \frac{20}{36} = \frac{5}{9}, \quad \frac{20}{50} = \frac{2}{5}, \quad \frac{34}{51} = \frac{2}{3},$$

$$\frac{15}{18} = \frac{5}{6}, \quad \frac{63}{90} = \frac{7}{10}, \quad \frac{88}{136} = \frac{11}{17}, \quad \frac{91}{117} = \frac{7}{9}, \quad \frac{250}{600} = \frac{5}{12}.$$

5.

	2	3	12	15
3			4	5
2			2	5

$$3 \times 2 \times 2 \times 5 = 60$$

$$\frac{2}{3} = \frac{40}{60}, \quad \frac{4}{5} = \frac{48}{60}$$

$$\frac{7}{12} = \frac{35}{60}, \quad \frac{8}{15} = \frac{32}{60}$$

	2	6	3	15	21	35
3		2		5	7	35
5		2		—	7	7
7		2		—	—	—

$$3 \times 5 \times 7 \times 2 = 210$$

$$\frac{1}{2} = \frac{105}{210}, \quad \frac{3}{6} = \frac{105}{210}, \quad \frac{4}{7} = \frac{120}{210}$$

$$\frac{13}{15} = \frac{182}{210}, \quad \frac{17}{21} = \frac{170}{210}, \quad \frac{29}{35} = \frac{174}{210}$$

	10	15	24	40	17
3		5	8	40	
5		—	8	8	
2			4	4	
2			2	2	
2			—	—	

$$2 \times 2 \times 2 \times 5 \times 3 = 120$$

$$\frac{9}{10} = \frac{108}{120}, \quad \frac{4}{15} = \frac{32}{120}$$

$$\frac{11}{24} = \frac{55}{120}, \quad \frac{3}{40} = \frac{9}{120}, \quad \frac{5}{12} = \frac{50}{120}$$

	2	3	20	30	45
5			4	6	9
2			2	3	9
3			2	—	3

$$5 \times 2 \times 3 \times 2 \times 3 = 180$$

$$\frac{2}{4} = \frac{90}{180}, \quad \frac{4}{9} = \frac{80}{180}, \quad \frac{11}{20} = \frac{99}{180}$$

$$\frac{19}{30} = \frac{114}{180}, \quad \frac{23}{45} = \frac{92}{180}$$

VIII. Übungsarbeit

Die schriftliche Übungsarbeit aus diesem Heft ist bis zum 15. Juli eurer Bezirksfachschule vorzulegen.

II. Elektrotechnik

- a) Folgende **Fragen** sind schriftlich zu beantworten:
1. Wodurch wird in einem galvanischen Element Elektrizität erzeugt?
 2. Was ist Polarisation, und wie wird sie verhindert?
 3. Welches sind die Hauptbestandteile eines Trockenelementes?
 4. Welche Schaltungen gibt es bei einer galvanischen Batterie?
- b) Folgende **Aufgaben** sind schriftlich zu lösen:
1. 8 Trockenelemente sind zu einer Batterie **hintereinander** geschaltet. Jedes Trockenelement hat eine EMK von 1,5 Volt und einen inneren Widerstand R_i von 0,1 Ohm.
 - a) Wie groß ist die Gesamt-EMK der Batterie?
 - b) Wie groß ist der gesamte innere Widerstand R_{iges} der Batterie?
 2. 8 Trockenelemente sind zu einer Batterie **parallel** geschaltet. Jedes Trockenelement hat eine EMK von 1,5 Volt und einen inneren Widerstand von R_i von 0,1 Ohm.
 - a) Wie groß ist die EMK der Batterie?
 - b) Wie groß ist der gesamte innere Widerstand R_{iges} der Batterie?

III. Fernmeldetechnik

1. Folgende Frage ist schriftlich kurz (mit Stichworten) zu beantworten:
Aufgabe des Nummernschalters.
2. Zeichne in einfachster Form das Geben der Impulse durch den Nummernschalter nach Abb. 24, 25 oder 26 (Lehrbrief 6, Seite 25) nach Belieben.

V. Berufs- und Staatsbürgerkunde

Aufsatz: Die Aufgaben der Deutschen Bundespost.