

# Fernlehrgang



UBER DAS STOFFGEBIET DES EINFACHEN FERNMELDEBAUDIENSTES

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

Nachdruck, auch auszugsweise, nicht gestattet.

2. Auflage

**Lehrbrief 4**

JANUAR 1954

## Inhalt des Lehrbriefes

Seite

### I. Fernmeldebau

#### A. Oberirdischer Fernmeldebau

1. Wir bauen eine oberirdische Anschlußlinie

c) Der Bau der Linie . . . . . 2

### II. Grundlagen der Elektrotechnik

D. Fließende Elektrizität . . . . . 19

### VI. Deutsch

#### A. Satzlehre

2. Der erweiterte Satz

d) Die Umstandsbestimmung . . . . . 40

3. Gleichartige Satzteile . . . . . 41

### VII. Rechnen

#### B. Rechnen mit Dezimalzahlen oder Zehnerbrüchen

1. Einführung . . . . . 44

2. Verwandeln von Zehnerbrüchen . . . . . 44

## I. Fernmeldebau

### A. Oberirdischer Fernmeldebau

#### 1. Wir bauen eine oberirdische Anschlußlinie

##### c) Der Bau der Linie

Das vom BTrf beim FZA bestellte FBZ ist inzwischen vom Rundfahrtwagen des FZA in die BTr-Unterkunft in Neustadt gebracht worden. Es ist vollzählig vorhanden, und so kann mit dem Bau der im Lehrbrief 1 ausgekundeten Linie begonnen werden. Der BTr, bestehend aus 1 Vorarbeiter (VArb) und 12 Mann, ist als Streckenbaustrupp mit einem Bautrupplastkraftwagen (BTr-Lkw) mit Einachs-Anhänger für FBZ- und Mastenbeförderung ausgerüstet. Der VArb ist der TLA Langhans, der gleichzeitig den BTrf Peters bei seiner Abwesenheit vertritt. Peters hat etwa in der Mitte der neuen Baustrecke, an der Landstraße im Haus Nr. 78, einen verschließbaren Raum angemietet, der als Lagerraum für das FBZ usw. dienen soll. Das ist bei größeren Bauvorhaben notwendig, um das FBZ und FBG nicht unnötig hin- und herzufahren. **Auf der Baustrecke selbst wird nur so viel FBZ verteilt, wie am gleichen Tage verarbeitet werden kann.** Dabei ist auf das wertvolle FBZ, wie Draht und Eisenzeug, besonders Obacht zu geben. Mit einem Teil des BTr fährt Peters auf die Strecke und beginnt mit dem Graben der Mastlöcher. Langhans holt inzwischen mit dem Rest des Trupps Masten vom Mastenlager am Güterbahnhof in Neustadt.

##### Wir graben die Mastlöcher

Bevor mit dem Graben der Mastlöcher begonnen wird, wird der genaue Standort der Masten festgelegt. Gerade Strecken werden mit Hilfe von Meßblättern oder Holzstangen eingefluchtet. Der BTrf setzt die 7 Mann, die ihm zur Verfügung stehen, von der KA bis Mast 6 an. Der FBHandw. Franz Strack muß als erfahrener Mann das Loch für die KA graben, unser Freund Heinrich Korte das nächste. Vorher gibt ihm Peters noch einige Hinweise.

„Zuerst wird der Rasen abgestochen und für sich gelagert“, beginnt der BTrf. „Ist Pflaster vorhanden oder eine Decke von Kies oder Schlacke, so werden diese Stoffe sorgfältig abgehoben, gesondert gelagert und nach dem Zuwerfen des Loches wieder aufgebracht. Das Mastloch wird stufenförmig gegraben, in ebenem Gelände wie

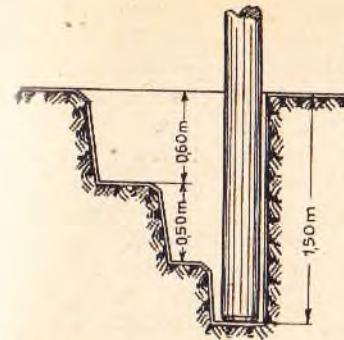


Abb. 54  
Mastloch für einen Mast 8 x 14  
(neu 8 x 18)

Die Tiefe der Mastlöcher richtet sich nach der Mastlänge (siehe auch Lehrbrief 2, Seite 7). Sie beträgt im mittleren Boden für Masten

Jetzt	Bisher	Jetzt	Bisher
6 × 15/16	6 × 12 = 1,20 m	7 × 17/18	7 × 14 = 1,45 m
7 × 15/16	7 × 12 = 1,30 m	8 × 18/19	8 × 14 = 1,50 m
8 × 16/17	8 × 12 = 1,35 m	9 × 19/20	9 × 14 = 1,60 m
9 × 17/18	9 × 12 = 1,40 m	10 × 20/21	10 × 15 = 1,75 m
		11 × 21/22	11 × 15 = 1,80 m

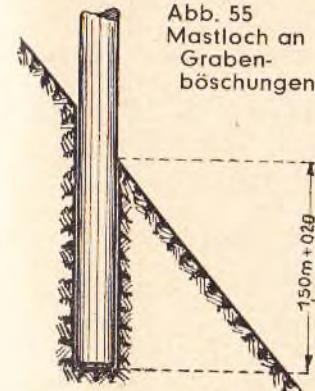


Abb. 55  
Mastloch an  
Graben-  
böschungen

Tiefer als 2 m gehen wir nicht. In Böschungen ist das Mastloch, an der niedrigsten Stelle gemessen, 20 cm tiefer zu graben (Abb. 55). In felsigem Boden müssen die Mastlöcher nötigenfalls hineingesprengt werden. In Gegenden mit Triebssand, Moor- und Sumpfboden wird das Loch nicht in ganzer Tiefe ausgehoben. Der Mast wird entsprechend länger gewählt, am Stammende zugespitzt und in den weichen Grund auf die erforderliche Tiefe hineingedreht. U. U. sind besondere Maßnahmen gegen Schiefziehen und Absinken der Masten zu treffen.

##### Wir befördern die Masten zur Baustelle

Der VArb Langhans hat inzwischen mit seinen Leuten den BTr-Lkw für die Mastenbeförderung hergerichtet. **Auf dem Zugwagen ist ein Drehschemel eingesetzt worden**, auf dem die Stammenden der Masten gelagert werden. Die Seitenwände des Zugwagens sind her-

hier (Abb. 54), in Richtung der Linie, an Böschungen quer zur Linie. Die Anzahl der Stufen hängt von der Tiefe ab. Du machst zwei Stufen. Bei kleineren Masten kommen wir mit einer aus.

Das Loch wird so angelegt, daß sich der Mast nach zwei Seiten hin in der Ecke des Loches am gewachsenen Boden anlehnen kann.

Hier, an dieser Stelle, kommt der Mast zu stehen. So, nun weißt du Bescheid. Sieh zu, daß du fertig wirst." Nach diesen Worten ging Peters weiter die Strecke entlang.

untergeklappt und festgelegt, die seitlichen Kastenbänke entfernt worden. Die Zopfenden der Masten werden auf dem **Einachs-Anhänger**, der ebenfalls **mit einem Drehschemel ausgerüstet** ist, gelagert. Das Mastenlager liegt so, daß es sowohl für die mit der Bahn ankommenden als auch für die mit Lkw abzufahrenden Masten leicht zugänglich ist. Das Auf- und Abladen der Masten hat zur Vermeidung von Unfällen ruhig und ohne Hast zu erfolgen. **Vor allem dürfen die Masten nicht geworfen und gerollt werden.** Die Arbeiter stellen sich der Schulterhöhe nach auf und tragen den Mast auf der gleichen Schulter. Beim Ablegen nehmen sie den Mast in die Arme und legen ihn langsam und gleichmäßig nieder. Alle Arbeitsvorgänge erfolgen gleichzeitig auf den Zuruf des letzten Mannes.

Diesmal hat der FBTr Glück. Es sind mit Chromarsensalz getränkte Masten auf Lager. Auch bei diesen legen die Arbeiter den Schulterchutz an, weil er die Haut und die Kleidung schont und mögliche Druckstellen mildert.

**Außerdem ist Chromarsen giftig! Nach dem Umgang mit chromarsenimprägnierten Masten sind unbedingt die Hände zu waschen!**

Die Masten werden in der Reihenfolge, wie sie auf der Strecke gebraucht werden, aufgeladen. Der Mast für die KA wird besonders ausgesucht. Er muß geradegewachsen und kräftig sein. **Nachdem der Wagen vollgeladen ist, wird am längsten Mast hinten eine rote Fahne (bei Nebel oder Dunkelheit rote Laterne) als Warnungszeichen angebracht. Der Aufenthalt seitlich von den Masten oder das Sitzen auf den Masten ist streng verboten.** Langhans und seine Leute nehmen in der Führerlaube und auf der Kastenbank an der Stirnseite des Wagens Platz. Hier kann nichts passieren, weil der Drehschemel eine Schutzwand hat. Sollte diese bei älteren Wagen fehlen, so ist die Benutzung der Bank streng verboten.

Die neuzeitlichen Lkw-BTr für Streckenbautrupps haben einen geschlossenen Kastenaufbau. Deshalb ist der zugehörige Einachsanhänger so eingerichtet, daß zwischen seinen Rungen die Masten in ganzer Länge aufgelegt und festgespannt werden, wobei nach beiden Enden das Gewicht gleichmäßig verteilt wird. Die Deichsel erhält eine Verlängerung, mit der der Anhänger lang an das ziehende Fahrzeug angekoppelt werden kann.

Und nun geht's los zur Baustelle. Die Masten werden abgeladen und auf der anderen Grabenseite mit dem Stammende am Mastloch niedergelegt, ebenfalls die Masten für die Streben. Anschließend fangen Langhans' Leute auch an, Löcher zu graben. Gegen Mittag sind die ersten fertig. Unser Freund Heinrich und seine Kollegen haben sich tüchtig 'rangehalten.

## Wir setzen die Masten

Das Setzen der Masten  $8 \times 14$  ( $8 \times 18/19$ ) bereitet keine Schwierigkeiten. An die glatte Seite des Loches wird ein Brett gelehnt und der Mast mit dem Stammende über das Loch gelegt. Hierauf heben die Arbeiter das Zopfende an und richten den Mast, auf das Loch zugehend, langsam auf. Irgendwelcher Hilfsmittel bedarf es dabei nicht, weil genügend Leute anpacken können. **Nach dem Aufrichten wird der Mast so gedreht, daß die Bezeichnungsnägel zur Straße zeigen, die Firstkante also quer zur Linie steht.** Der Mast wird alsdann durch Ausloten senkrecht gestellt und in gerader Linie mit den übrigen Masten eingefluchtet. Der Boden wird eingeworfen und gleichmäßig gestampft, der Rasen wieder aufgebracht. Das Stampfen hat ganz besonders sorgfältig zu geschehen, damit der Boden gut fest wird und späteres Setzen vermieden wird. Die Fäulniszone (Erdaustrittsstelle) und das Zopfende werden beim Setzen neuer Masten nicht mit Nachpflegemitteln behandelt.

## Wir bringen die Blitzschutzdrähte an

Gleichzeitig mit dem Setzen der Masten werden die Blitzzerdungen angebracht, in diesem Abschnitt an den Masten 1, 6 und 11. Verzinkter Stahldraht von 4 mm Stärke wird mit Krampen am Mast befestigt und 15 cm über die Firstkante hinausgeführt. Er darf nicht auf der dachartigen Abschrägung verlaufen, muß vielmehr senkrecht hochgeführt werden. **Im Gegensatz zur KA wird hier der Erddraht so geführt, daß er mit den Querträgern und Ziehbändern nicht in Berührung kommt.** Wenn nämlich der Blitz die Blitzzerdung trifft, verursacht der entstehende Blitzstrom in der Erdleitung, die einen verhältnismäßig hohen Ohmschen Widerstand hat, einen beträchtlichen Spannungsabfall. Ist nun der Querträger mit der Erdleitung verbunden, so tritt an ihm ein entsprechend hohes Potential gegen Erde und gegen die Fernmeldeleitung auf. Das führt in der Regel zu Überschlüssen vom Querträger über den Isolator auf die Leitung. **Wenn der Mast einen Anker hat, wird der Draht so zwischen Mast und Schlaufe des Ankerseils gelegt, daß er vom Ankerseil fest an den Mast gedrückt wird, damit sich Draht und Seil innig berühren.** Vom Fußpunkt des Mastes aus verlegen wir nach beiden Seiten je 4 bis 5 m Draht als Schleife 40 cm tief im Graben. Dabei verdrehen wir die beiden nebeneinander liegenden Drähte.

Bis Arbeitsschluß werden 15 Masten gesetzt. Damit hat der FBTr ein gutes Stück Arbeit geleistet. Alles hat gut geklappt, und befriedigt fährt der Trupp heim zu Muttern.

## Wir bringen die Streben an

Am andern Tag wird in diesem Abschnitt mit dem Anbringen der Verstärkungsmittel und Querträger mit Isoliervorrichtungen begonnen. Das ist zweckmäßig, damit sich die Baustelle nicht zu weit in die Länge zieht und unübersichtlich wird. Wir setzen nur Streben, und zwar bei den Masten 3 und 5 bis 9. Mast 11 erhält eine Ankerstrebe wegen der hier herrschenden böigen Winde. Der BTrf läßt die Strebenlöcher in der Böschung der anderen Grabenseite auswerfen, weil dadurch ein günstiger Winkel, also ein besserer Angriffspunkt der Strebe am Mast, erzielt wird. Vorher läßt er die Winkelhalbierende feststellen, auf die der Fußpunkt der Strebe gesetzt wird. Im Lehrbrief 1 haben wir ja gelernt, wie das geschieht. Wir wollen hier nicht darauf eingehen, zumal wir dieses Thema auch in der 1. Übungsarbeit behandelt haben. Die Streben finden in der Böschung ein gutes Widerlager. Die Löcher werden etwa 50 cm tief ausgehoben und unter die Stammenden zur Vergrößerung der Druckfläche Feldsteine gelegt. **Das obere Ende der Strebe wird mit dem Hohldechsel (Abb. 33 Lehrbrief 2) so ausgekehlt, daß es sich der Mastrundung bündig anpaßt, und so tief unter dem 2. Querträger angebracht, daß noch Platz für einen weiteren Querträger verbleibt.** Diese Arbeit er-

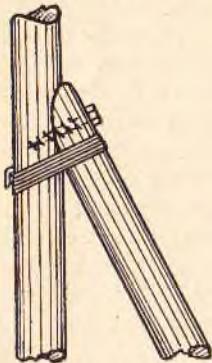


Abb. 56

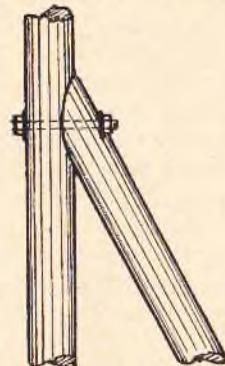


Abb. 57

fordert Geschicklichkeit und Erfahrung. **Rechtwinklig zur Strebenachse** wird mit dem Stützenbohrer ein Loch durch den Strebenkopf bis in den Mast gebohrt und **eine Streben-schraube** eingedreht (Abb. 56). Sie verbindet Mast und Strebe miteinander und muß fest eingeschraubt werden. Das Einschlagen mit dem Hammer ist verboten. Auskehlung und Bohrloch werden satt mit Karbolineum getränkt. **Alsdann wird ein Drahtbund aus 4 mm dickem Stahldraht in sechs Schlägen am Mast und Strebenkopf gelegt und fest angezogen.** Das ist wichtig und darf auf keinen Fall vergessen werden. Das Abgleiten des Drahtbundes wird durch einen Ankerhaken und den Kopf der Sechskantschraube verhindert.

fordert Geschicklichkeit und Erfahrung. **Rechtwinklig zur Strebenachse** wird mit dem Stützenbohrer ein Loch durch den Strebenkopf bis in den Mast gebohrt und **eine Streben-schraube** eingedreht (Abb. 56). Sie verbindet Mast und Strebe miteinander und muß fest eingeschraubt werden. Das Einschlagen mit dem Hammer ist verboten. Auskehlung und Bohrloch werden satt mit Karbolineum getränkt. **Alsdann wird ein Drahtbund aus 4 mm dickem Stahldraht in sechs Schlägen am Mast und Strebenkopf gelegt und fest angezogen.** Das ist wichtig und darf auf keinen Fall vergessen werden. Das Abgleiten des Drahtbundes wird durch einen Ankerhaken und den Kopf der Sechskantschraube verhindert.

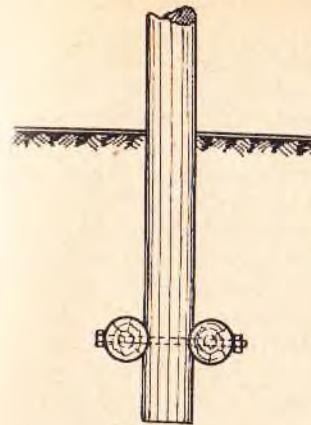


Abb. 58  
Sichern eines Mastes gegen Herausziehen aus dem Erdboden

Besteht bei stärker belasteten Linien die Gefahr, daß der verstrehte Mast durch den Drahtzug aus der Erde gezogen wird, so werden am Stammende des Mastes ein oder zwei Mastabschnitte von etwa 0,6 m Länge angebracht (Abb. 58). Einen Fußanker bauen wir nicht ein, da dieser keine Sicherheit gegen das Herausziehen des Mastes bietet.

Den Fuß der **Ankerstrebe** von Mast 11 setzen wir auf der den vorherrschenden (westlichen) Winden entgegengesetzten Seite, also ebenfalls in die Böschung der anderen Grabenseite. **Wir verwenden hier an Stelle von Strebenschraube und Drahtbund einen Schraubenbolzen** (Abb. 57). Dadurch wird die Verbindung von Mast und Strebe haltbarer. Wir vergessen die Unterlegscheiben nicht, die den Druck des Bolzens auf eine größere Fläche verteilen sollen. **Am Fuße der Strebe befestigen wir einen etwa 1 m langen Mastabschnitt mit einem Schraubenbolzen, damit die Strebe auf Zug und Druck belastet werden kann (Ankerwirkung).**

## Wir bauen den Endmast

Wir wollen nun sehen, wie weit Franz Strack mit seiner Arbeit gekommen ist. Er hat inzwischen ein Loch etwa 70 cm breit und 4 m lang — der Länge der Rundholzangen entsprechend — ausgeworfen, mächtig dabei schimpfend, weil er größere Steine vorfand, die er beiseite schaffen mußte. Der BTrf ist froh darüber, kann er sie beim Bau der KA doch gut verwenden. **Die KA wird als Endmast mit verstärkter Strebe** nach Abb. 9 im Lehrbrief 1 gebaut. **Im allgemeinen reicht eine einfache Strebe für KA in Anschlußlinien bis zu 10 DA aus. Wir nehmen jedoch einen Endmast mit verstärkter Strebe, um diese Bauweise praktisch kennenzulernen.** Das obere Ende der Strebe greift zwischen dem 1. und 2. Querträger am Mast an. Es wird von Strack mit dem Hohldechsel ausgehauen, so daß es gut am Mast anliegt. Korte ist ihm als Hilfsmann beigegeben, um sich weiter auszubilden. Auch hier werden Mast und Strebe mit einem Schraubenbolzen verbunden. **Nun bringen wir die aus zwei Mastabschnitten bestehenden Rundholzangen im Erdreich an.** Sie werden

ebenfalls mit dem Hohldechsel ausgehauen und durch Schraubenbolzen mit den Stammenden von Mast und Strebe fest verschraubt. Da der einseitige Drahtzug bestrebt ist, die Strebe in den Boden hineinzudrücken und den Mast herauszuziehen, **legen wir unter die Strebe einen von den großen Steinen und quer auf das andere Ende der Rundholzstange einen Mastabschnitt von etwa  $1\frac{1}{2}$  m Länge, den wir mit der Rundholzstange verbolzen.** Erfahrungsgemäß gibt der Endmast bei Belastung durch Drahtzug nach. Wir setzen ihn daher etwas auf Zug. Er wird dann beim Spannen der Drähte in die senkrechte Lage gezogen. Bei leichtem Boden lassen wir die Rundholzstangen im Erdboden 1 m seitlich über den Mast herausragen und bringen darauf zwei querliegende Mastabschnitte an. Wir erhöhen dadurch die Standfestigkeit. Alsdann wird der **Querriegel**, der ja ein Knicken der Strebe verhindern soll, an seinen beiden Enden sauber ausgearbeitet und bündig zwischen die beiden Masten eingesetzt. Er muß genau in der Mitte des freien Schenkels der Strebe über dem Erdboden eingepaßt werden, weil die Knickgefahr hier am größten ist. **Dicht unterhalb des Riegels ziehen wir einen langen Schraubenbolzen ein, um ihn in seiner Lage festzuhalten.** Das früher übliche Durchbohren des Riegels in seiner Längsrichtung und die hierdurch verursachte Schwächung und Fäulnisgefährdung fällt weg. **Die Bohrlöcher für die Bolzen sowie alle bearbeiteten Teile von Mast, Strebe und Querriegel werden auch hier vor dem Zusammenbau mit Karbolinoleum satt gestrichen.**

#### Wir bringen die Querträger an

Die Querträger sind bereits in der BTr-Unterkunft in Neustadt mit geraden und U-Stützen paarweise ausgerüstet und die Isolatoren mit in Öl getränktem Hanf aufgedreht worden. Beiderseits des Mastes kommt eine gerade Stütze zu sitzen. Die U-Stützen werden so eingesetzt, daß sie nach der offenen Seite des Querträgers ausladen. Die beiden äußeren U-Stützen stehen rechtwinklig zur Linie.

**Vor dem Besteigen des Mastes bindet der Arbeiter den Sicherheitsgürtel um und prüft ihn auf Haltbarkeit.** Dabei legt er den Riemen um den Mast und legt sich mit dem ganzen Gewicht des Körpers nach hinten, so feststellend, ob die einzelnen Teile fest und haltbar sind. **Bei Benutzung des Sicherheitsgürtels achtet er darauf, daß der Sicherungsschraubenschluß am Karabinerhaken bis zum letzten Gewindegang (Anschlag) festgeschraubt wird.** Die Werkzeugtasche befestigt er am Sicherheitsgürtel.

Beim Besteigen des Mastes nimmt der Arbeiter den ersten Querträger auf der Schulter mit nach oben, den anderen zieht er mit einer

Leine hoch. **Die Querträger werden sämtlich an derselben Mastseite angebracht.** Maßgebend hierfür ist die KA. (Amt im Rücken). Hier werden die Querträger so befestigt, daß sie vom Drahtzug gegen den Mast gedrückt werden. **Der Abstand des obersten Querträgers vom First beträgt 20 cm, von Querträgeroberkante zu Querträgeroberkante 40 cm.** (Abb. 59). Der Querträger wird mit der offenen Seite dem Mast zugekehrt. Zwischen Mast und Träger wird eine M-förmige Vorlegeplatte eingelegt, die sich mit ihrer Rundung dem Mast anpaßt, dem Querträger einen festen Halt gibt und ein Einschneiden in den Mast verhindern soll. Die Querträger werden nach

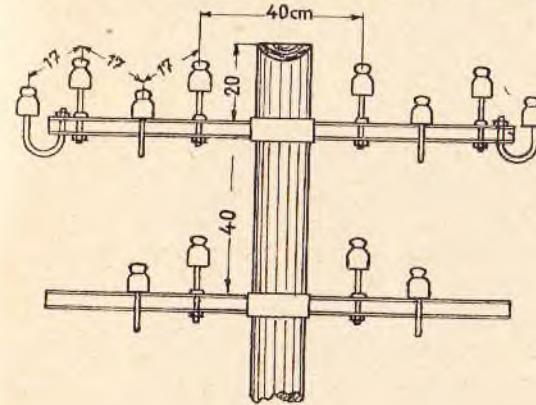


Abb. 59

Anordnung der Querträger und Stützen mit Isolatoren

Augenmaß unter Mitwirkung eines Kollegen waagrecht und gleichzeitig auch rechtwinklig zur Linie ausgerichtet. Ein Ziehband preßt Querträger und Vorlegeplatte gegen den Mast (Abb. 60). Wir verwenden die Größe 16/170 und

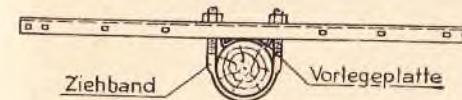


Abb. 60

Befestigung eines Querträgers am Mast

ölen die Gewindeschrauben gut ein, um Rostbildung vorzubeugen.

Der Endmast wird wie die übrigen Masten mit 2 Querträgern ausgerüstet. Sie werden ebenfalls an der dem Drahtzug abgewandten Seite befestigt. Ist das erste Feld länger als 30 m, so werden doppelte Querträger angebracht (einer für die Überführungsdrähte) und durch Schraubenbolzen am Mast festgeklemmt. Die Last des Drahtzuges wird hierbei auf beide Querträger verteilt und ein Umbiegen der U-Stützen bei zu großer Zuglast vermieden. **Da wir das Abspannfeld auf etwa 30 m verkürzt haben, kommen wir mit einem Satz Querträger aus. Sie werden ausschließlich mit U-Stützen und mit Isolatoren RMk 75 ausgerüstet (Abb. 61).** Gerade Stützen würden Hebelarme bilden und durch einseitigen Drahtzug den Querträger in seiner Längsrichtung verdrehen.

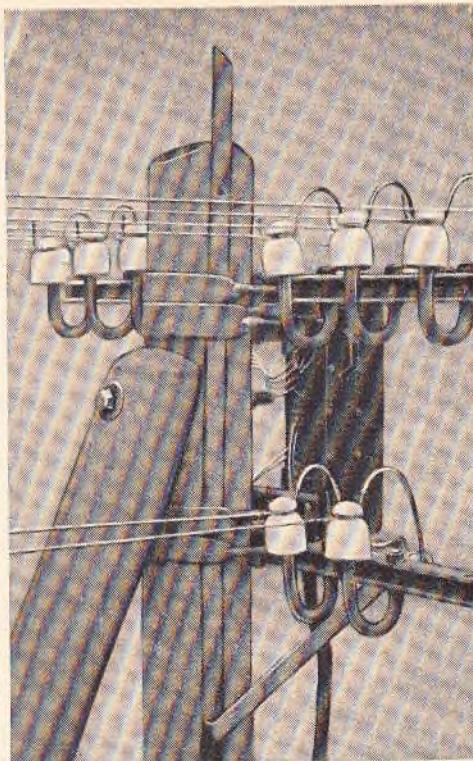


Abb. 61

Anordnung der U-Stützen an einer KA

#### Wir bringen den Überführungsendverschluß, Bauart 1930, an

Es gibt den ÜEVs-AI, Bauart 1930, zu 5, 10 und 20 DA. Der ÜEVs zu 20 DA soll nicht mehr verwendet werden, allenfalls noch zur Auswechslung schadhaft gewordener Abschlußgeräte.

Neuerdings ist der ÜEVs-AI, Bauart 1950, eingeführt worden, der den der Bauart 1930 nach und nach ersetzen soll. Wir werden später auf ihn zurückkommen und uns zunächst mit dem ÜEVs alter Ausführung befassen.

An unserem Endmast bringen wir einen ÜEVs zu 10 DA auf der dem Drahtzug abgekehrten Seite zwischen den beiden Querträgern an. Die Zuführungen zu den Freileitungen werden auf diese Weise kurz gehalten. Der ÜEVs wird mit den beiden Befestigungsstücken, die in die Rückwand desselben eingeschraubt werden, in der gleichen Weise am Mast befestigt wie die Querträger (Abb. 62). Das Kabel

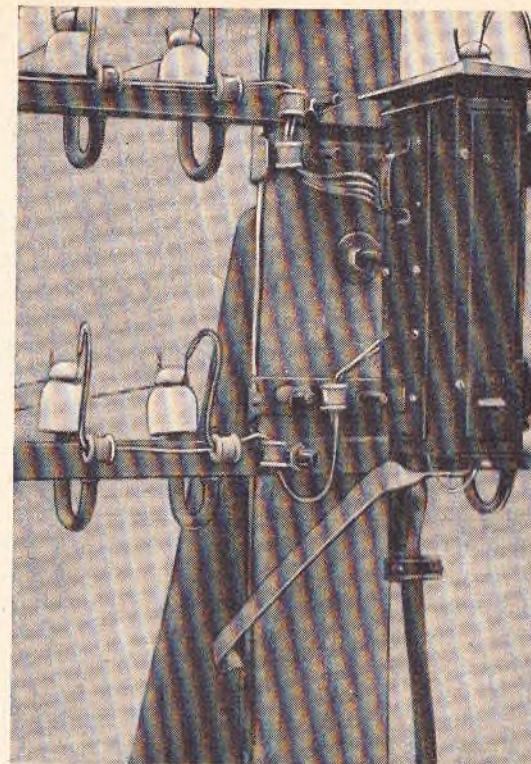


Abb. 62

ÜEVs-AI, Bauart 1930

wird auf der dem Drahtzug abgewandten Seite am Mast befestigt. Zum Schutz gegen mechanische Beschädigungen decken wir es mit **Kabelschutzeisen für Hochführungen** (Halbrohr) ab und dichten es oben gegen eindringendes Regenwasser und etwaigen Frostschaden mit Abdichtmasse. Die **Befestigung des Kabels** oberhalb des Schutz eisens erfolgt in Abständen von etwa 0,5 m durch **Kabelschellen**.

**Die Erdleitung**, die wir nun herstellen, dient als Sicherungserdung für den ÜEVs und gleichzeitig als Blitzschutzerdung für den Mast. Wir nehmen dazu **feuerverzinkten Bandstahl von 30 x 2,5 mm** Querschnitt. **Im Kabelgraben dürfen wir die Erdleitung nicht mitverlegen, weil Stromübergänge den Kabelmantel beschädigen könnten.** Wir graben daher nach zwei Seiten je 4 bis 5 m Bandstahl 50 cm tief im Straßengraben ein. Die Erde ist hier dauernd feucht, und wir bekommen einen ausreichenden Erdungswiderstand, der nach Möglich-

keit nicht mehr als 10 Ohm, auf keinen Fall aber mehr als 20 Ohm betragen darf. Der Bandstahl wird in Abständen von 0,5 m mit verzinkten Holzschrauben am Mast verschraubt und 15 cm über das Zopfende des Mastes hinaus hochgeführt. Der überragende Teil wird schräg zugespitzt und dient als Blitzableiter (Abb. 61). Die Löcher schlagen wir mit einem Dorn in das Bandeisen ein.

Es ist zweckmäßig, nicht nur das Gehäuse des UEVs sowie Mantel und Bewehrung des Kabels mit der Erde zu verbinden, sondern auch die Querträger und Ziehbänder. Deshalb führen wir den Bandstahl so an der Feldseite des Mastes durch die Lücke zwischen Ziehbändern und Querträgern hindurch, daß er diese Teile fest berührt. Zum Messen der Erdung wird im Bandstahl etwa 2 m über dem Erdboden eine Trennstelle eingebaut. Wir schneiden den Bandstahl, lassen die beiden Enden auf 10 cm überlappen und pressen sie nach Zwischenlegen eines Bleistreifens durch 2 Bolzen mit Muttern (M 6 × 20) fest aufeinander. Die Verbindungsstelle streichen wir gut mit Asphaltlack. Nun stellen wir eine Verbindung zwischen UEVs und Erdleitung her. Das eine Ende eines Stückchens Bandstahl schrauben wir an der Erdungsschraube des UEVs fest und verbinden das andere in der oben geschilderten Weise mit der Bandstahlerde. Dabei stellen wir fest, daß die Kabellöter den Bleimantel mit dem Kabelstutzen verlötet und das Kabel mit der umgebogenen Bewehrung in der Abfang-

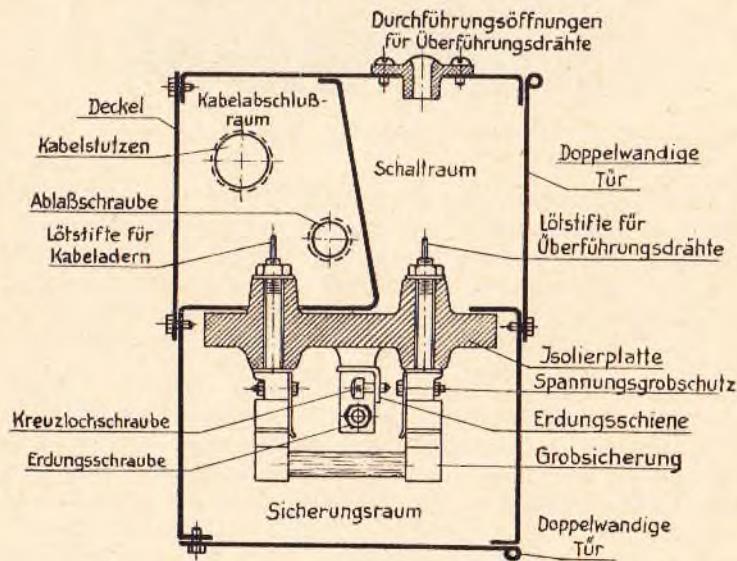


Abb. 63 Querschnitt des UEVs-AI, Bauart 1930

schelle festgeklemmt haben. Außerdem haben sie 2 Drähte hochgeführt und an der Erdungsschraube festgeklemmt.

Das Gehäuse besteht aus Stahlblech und ist doppelwandig. Im Innern befindet sich die Anschlußplatte aus glasiertem Porzellan (Abb. 63). Sie trägt vorne die Grobsicherungssätze (a- und b-Ader liegen untereinander) und senkrecht angeordnet eine Erdungsschiene. Das Anschlußkabel wird durch den Kabelstutzen in den Kabelabschlußraum, der später ausgegossen wird, eingeführt; die Kabeladern werden an die Lötstifte auf der Rückseite der Porzellanplatte angelötet. Die Verbindung zu den Freileitungen stellen die Überführungsdrähte her, die durch die Öffnungen in den Schaltraum eingeführt und an die hier befindlichen Lötstifte auf der Rückseite der Porzellanplatte angelötet werden. In die Erdungsschiene sind Kreuzlochschrauben eingeschraubt. Die Spitzen dieser Schrauben stehen den zugehörigen Haltefedern der Grobsicherungsfassung in einem fest eingestellten Abstand gegenüber. Überspannungen durch atmosphärische Entladungen oder durch Berührungen mit Starkstromleitungen werden über diesen Spannungsgrobschutz (Funkenstrecke) zur Erde abgeleitet. Die Erdungsschiene ist über die Erdungsschraube mit der Erdleitung verbunden. Der Abstand der Kreuzlochschrauben von den Haltefedern wird in der Fabrik richtig eingestellt. Er darf daher von den Baudienststellen nicht verändert werden.

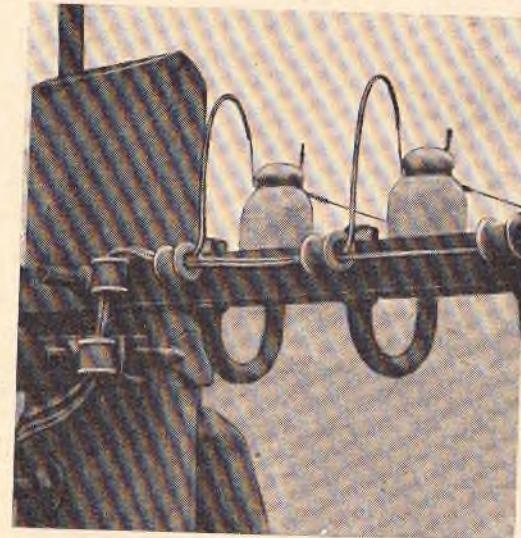


Abb. 64

Verbindung der Freileitung mit dem Überführungsdraht

Die Vorderseite des UEVs wird durch eine doppelwandige Tür abgeschlossen, ebenso der Schaltraum. Die Überführungsdrähte — einadrige, wettersicher umhüllte Kupferdrähte von 1 mm Durchmesser (GGU- oder YYU-Drähte) — werden durch die vorgesehenen Löcher in der Weise eingeführt, daß für den mit Lötstift 1 verbundenen Draht das Loch 1 benutzt wird usw. Die Weiterführung zum Mast erfolgt in einem nach unten geführten kurzen Bogen, damit das Regenwasser an der tiefsten Stelle abtropfen und nicht in den Schaltraum des UEVs gelangen kann. Die Drähte werden alsdann nach Abb. 62 und 64 an die Glocken herangeführt. **Die Isolierrollen ermöglichen eine saubere, übersichtliche Drahtführung.** Eine Berührung der Überführungsdrähte mit Metallteilen wird vermieden und ein schnelles Trocknen der Drähte nach Regen und Nebel erreicht. Die Isolierrolle wird mit dem daran befindlichen Halter mit den Stützen und dem Ziehband am Querträger befestigt.

**Die Verbindung mit der Freileitung geschieht wie folgt:** Der Überführungsdraht wird auf einer Länge von etwa 50 cm abisoliert und blank gemacht, in einem nach oben geführten Bogen an den Isolator herangeführt, zweimal um den Hals des Isolators herumgelegt, mit zwei Windungen um den eigenen Draht gewickelt und mit einer halben Verbindungshülse mit dem Freileitungsdraht verbunden. Dabei ist darauf zu achten, daß der von Lötstift 1 kommende Überführungsdraht mit der a-Leitung von Platz 1 des 1. Querträgers verbunden wird, Lötstift 2 mit der b-Leitung, Lötstift 3 mit der a-Leitung von Platz 2 usw. (Abb. 65). An dieser Reihenfolge darf nichts geändert werden. Etwaige Umschaltungen sind nicht am UEVs, sondern nur an den Schaltstellen, wie KV, LV oder Vh (Hauptverteiler), vorzunehmen. (Ausnahme: Bei Störung einer Kabelader.) In die Schaltkarte (Abb. 65), die im Sicherungsraum aufzubewahren ist, tragen wir die Belegung (Anschluß-Nr.) mit Bleistift ein. Die nichtbenutzten Öffnungen im Schaltraum verschließen wir mit einem Gummistopfen oder Dichtungswickel, damit die Feuchtigkeit keinen Zutritt hat.

Damit ist die KA fertig. Ein ganzes Stück Arbeit war's. Dafür ist sie auch das Glanzstück der ganzen Linie. Hoffentlich gefällt sie euch.

Erwähnen wollen wir noch, daß neuerdings im Bedarfsfalle **zur Abriegelung von Wählstörungen auf Fernsprechleitungen Störerschutzkästen für 5 und 10 DA an der jeweiligen KA unterhalb des UEVs eingebaut werden.** Diese Maßnahme hat sich in den wenigen bisher angewandten Fällen gut bewährt. In Zukunft soll die Anbringung durch den örtlichen BTr im Benehmen mit dem Funkstörungs-Meßdienst erfolgen.

Nach der FBO 16 § 21 Abs. 1 sollen die Freileitungen an dem Mast vor der Kabelüberführungsstelle Plattenblitzableiter in Überführungsisolatoren erhalten. Diese Vorschrift ist praktisch aber nur in wenigen

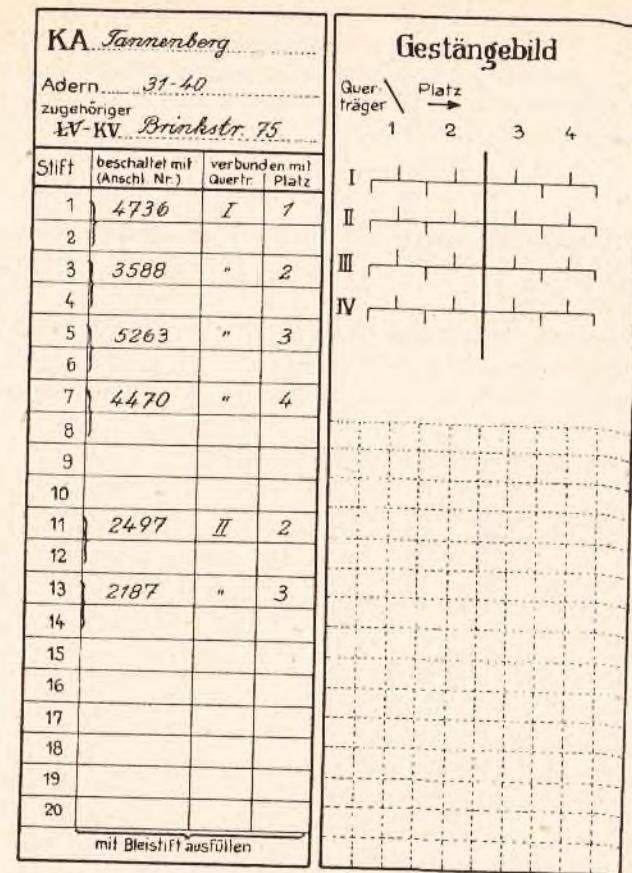


Abb. 65 Schaltkarte

Fällen zur Anwendung gekommen. Sie stammt aus dem Kriege, konnte aber damals und in den Nachkriegsjahren mangels Baustoffe und Mittel nicht durchgeführt werden. Es sollen damit die durch atmosphärische Entladungen hervorgerufenen Überspannungen 50 m vor der KA, also vor Erreichen des gefährdeten Fernmeldekabels, abgefangen werden. Diese Vorverlegung von 50 m ist notwendig, um die Ansprechverzögerung des Plattenblitzableiters (Ansprechspannung 1000 V) auszugleichen. Der Einbau dieser Plattenblitzableiter und die Herstellung einer weiteren Sicherungserde sind kostspielige Maßnahmen. Da aber Blitzschäden an Kabeln verhältnismäßig selten sind, genügt es, vorerst Plattenblitzableiter nur dort einzubauen, wo

erfahrungsgemäß mit starken atmosphärischen Entladungen zu rechnen ist Das FTZ (Fernmeldetechnisches Zentralamt) in Darmstadt klärt zur Zeit, ob nicht durch bessere, schneller ansprechende Überspannungsableiter ein wirksamerer Schutz für unsere Fernmeldekabel geschaffen werden kann.

#### Merke:

1. **Beim Graben der Mastlöcher** wird die **Oberfläche** (Rasen, Kies, Pflaster usw.) **sorgfältig abgehoben** und getrennt vom übrigen Boden gelagert.
2. **Das Mastloch wird treppenförmig gegraben**, in ebenem Gelände in Richtung der Linie, an Böschungen quer zur Linie.
3. **Der Mast muß sich** nach zwei Seiten hin im Loch **am gewachsenen Boden anlehnen**.
4. **Die Tiefe der Mastlöcher** in mittlerem Boden ist aus der Tabelle auf Seite 3 ersichtlich. In Böschungen sind die Löcher an der niedrigsten Stelle 20 cm tiefer zu machen. Tiefer als 2 m gehen wir nicht.
5. Die Masten werden mit dem **BTr-LKw mit angehängtem Einachs-Anhänger**, die beide mit einem **Drehschemel** versehen sind, **befördert**.
6. **Das Sitzen auf den Masten** und seitlich von den Masten **ist verboten**, auf der Kastenbank an der Stirnseite des Wagens nur dann gestattet, wenn der Drehschemel eine Schutzwand hat.
7. Als **Warnungszeichen** wird hinten am längsten Mast eine **rote Fahne** (bei Nebel oder Dunkelheit eine rote Laterne) angebracht.
8. Die Masten werden so gesetzt, daß die **Firstkante quer zur Linie** steht und die **Bezeichnungsnägel zur Straße** zeigen.
9. Der **Boden** ist beim Zufüllen des Loches **gut zu stampfen**.
10. **Die Baustrecke ist möglichst kurz zu halten**. Die Masten werden abschnittsweise nach dem Setzen mit Verstärkungsmitteln und Querträgern mit Isoliervorrichtungen ausgerüstet.
11. Das obere Ende der Strebe wird mit dem **Hohldechsel** ausgekehlt und der Mastrundung bündig angepaßt.
12. Eine **Strebe im Winkelpunkt** wird mit einer **Strebenschraube und einem Drahtbund** aus 4 mm dickem Stahldraht mit sechs Schlägen am Mast befestigt.
13. **Besonders beanspruchte Streben**, wie z. B. Linien- und Ankerstreben und Streben an KA, werden mit einem **Schraubenbolzen** mit Unterlegscheibe befestigt.

14. **Das Herausziehen eines verstreuten Mastes** aus der Erde wird in stark belasteten Linien durch Anbringen von ein oder zwei Mastabschnitten am Stammende des Mastes verhindert.
15. **Einen Fußanker setzen wir nicht**, da dieser keine Sicherheit gegen das Herausziehen des Mastes bietet.
16. **Am Endmast** wird
  - a) **die Strebe zwischen dem ersten und zweiten Querträger** in Richtung der Linie **angebracht**,
  - b) ein **Querriegel zwischen Mast und Strebe eingesetzt** und durch einen darunter eingezogenen **Schraubenbolzen festgehalten**,
  - c) eine aus zwei Mastabschnitten bestehende **Rundholzzange** mit den Stammenden von Mast und Strebe fest verbolzt,
  - d) unter die Strebe ein **großer Stein** gelegt und mit dem anderen Ende der Rundholzzange ein **quer gelegter Mastabschnitt** von etwa 1½ m Länge verbolzt.
17. Die Bohrlöcher für die Bolzen sowie **alle bearbeiteten Teile** von Mast, Strebe und Querriegel werden vor dem Zusammenbau **satt mit Karbolineum gestrichen**.
18. Vor dem Besteigen des Mastes bindet der Arbeiter den **Sicherheitsgürtel** um und prüft ihn auf **Haltbarkeit**.
19. Der **Sicherungsschraubverschluss** am Karabinerhaken ist bis zum Anschlag festzuschrauben.
20. Die **Querträger** werden sämtlich **an derselben Mastseite** angebracht.
21. Der **Abstand** des obersten Querträgers vom First beträgt 20 cm, von Querträgeroberkante zu Querträgeroberkante 40 cm.
22. Das **Abspannfeld** soll nicht länger als 30 m sein.
23. Es gibt **UEVs-Al, Bauart 1930**, zu 5, 10 und 20 DA und **UEVs-Al, Bauart 1950**, zu 5 und 10 DA. UEVs zu 20 DA sollen nur noch in Ausnahmefällen eingebaut werden.
24. Der **UEVs-Al, Bauart 1930**, wird mit den beiden **Befestigungsstücken**, die in seine Rückwand eingeschraubt werden, in der gleichen Weise am Mast befestigt wie die Querträger.
25. Das **Kabel** wird mit der umgebogenen Bewehrung **in der Abfangeschelle festgeklemmt**.
26. Das **Kabel** wird zum Schutze gegen mechanische Beschädigungen am Mast **mit Kabelschutzeisen abgedeckt**.
27. Die aus feuerverzinktem **Bandstahl** von 30 × 2,5 mm Querschnitt hergestellte **Erdleitung** dient als **Sicherungs Erde für den UEVs** und als **Blitzschutzerde für den Mast**. Der **Bandstahl** wird so geführt, daß er **Ziehbänder und Querträger fest berührt**.

28. **Zum Messen des Erders** — das ist der ins Erdreich eingebettete Bandstahl — wird in die Erdleitung etwa 2 m über dem Erdboden eine **Trennstelle eingebaut**.
29. Der **Erdungswiderstand** soll nach Möglichkeit nicht mehr als 10 Ohm, auf keinen Fall aber mehr als 20 Ohm betragen.
30. **Überspannungen** durch atmosphärische Entladungen und Starkstrom werden über den **Spannungsgrobschutz** zur Erde abgeleitet.
31. **Überführungsdrähte** (GGU- oder YYU-Drähte) stellen die Verbindung von den Lötstiften im Schaltraum des UEVs zu den oberirdischen Anschlußdrähten her. Sie werden in Isolierrollen geführt.
32. Als **Blitzerde** wird an jedem 5. Mast ein **4 mm starker Stahldraht** angebracht. Er wird so geführt, daß er **mit den Querträgern und Ziehbändern nicht in Berührung kommt**.

### Fragen aus dem Unterrichtsstoff

(Lösungen am Ende dieses Heftes)

1. Mit welchen St-Anlagen können wir bei unseren FM-Bauarbeiten zusammentreffen?
2. Inwiefern können durch St-Kabel unsere FM-Anlagen gefährdet werden?
3. Wie kann eine Fremdspannung auf unsere FM-Freileitungen gelangen?
4. Welches sind die besonderen Merkmale des „erhöht sicheren“ Baues einer St-Freileitung mit einer Betriebsspannung unter 250 Volt gegen Erde?
5. Welche senkrechten Abstände sind an Kreuzungsstellen zwischen St- und FM-Freileitungen einzuhalten?
6. In welcher Form sind die Schutzvorkehrungen bei Gefahrstellen zwischen St- und FM-Kabeln anzubringen?

## II. Grundlagen der Elektrotechnik

### D. Fließende Elektrizität

#### 18. Elektrischer Leitwert

##### 2. Vortrag

Meine Kollegen!

Vor acht Wochen haben wir uns klargemacht, daß sich die verschiedenen Stoffe hinsichtlich der Fortleitung der Elektrizität verschieden verhalten. Wir haben gesehen, daß es gute Leiter (Metalle) gibt, die dem Fließen der Elektronen einen geringen Widerstand entgegensetzen und deshalb **gut** leiten. Ebenso ist uns bekannt, daß es schlechte, sogar sehr schlechte Leiter (Isolatoren) gibt, die wegen ihres großen Widerstandes nur geringe Bewegung der Elektronen zulassen und deshalb **schlecht** leiten. Je größer (besser) die elektrische Leitfähigkeit des Stoffes ist, um so kleiner ist sein Widerstand, oder umgekehrt: Je kleiner (schlechter) die elektrische Leitfähigkeit ist, um so größer ist der Widerstand. Man kann deshalb einen Stoff statt mit dem elektrischen Widerstand auch mit dem elektrischen Leitwert (Leitfähigkeit) genau kennzeichnen.

**Großer Leitwert — Kleiner Widerstand**

**Kleiner Leitwert — Großer Widerstand**

Wächst z. B. der Leitwert auf das 8fache, so sinkt der Widerstand auf  $\frac{1}{8}$ . Fällt der Leitwert auf  $\frac{1}{8}$ , so steigt dagegen der Widerstand auf das 8fache. Leitwert und Widerstand stehen also im umgekehrten (reziproken) Verhältnis zueinander. Als Gleichung geschrieben heißt das:

$$\text{Leitwert} = \frac{1}{\text{Widerstand}} \quad \text{oder}$$

$$\text{Widerstand} = \frac{1}{\text{Leitwert}}$$

Da als Einheit des Leitwertes das **Siemens** (S) und als Formelbuchstabe G gewählt worden sind, kann man das Verhältnis von Leitwert und Widerstand auch als Formel schreiben:

$$\boxed{G = \frac{1}{R}} \quad \text{Siemens und umgekehrt} \quad \boxed{R = \frac{1}{G}} \quad \text{Ohm.}$$

Ein Leiter von 10 Ohm Widerstand hat demnach einen Leitwert  $G = \frac{1}{R} = \frac{1}{10} = 0,1$  Siemens. Ein Leiter von 2 Ohm Widerstand

hat einen Leitwert  $G = \frac{1}{2} = 0,5$  Siemens.

Daraus ist zu ersehen, daß der Leitwert 5mal so groß wird, wenn der Widerstand auf den fünften Teil gesunken ist.

### 19. Einheitsleitwert

Wir wissen aus dem letzten Vortrag, daß der Widerstand eines Leiters von 1 m Länge und 1 mm<sup>2</sup> Querschnitt als Einheitswiderstand oder spezifischer Widerstand  $\varrho$  bezeichnet wird. Ebenso wie man den Begriff eines Einheitswiderstandes festgelegt hat, hat man auch einen Einheitsleitwert (spezifische Leitfähigkeit)  $\kappa$  bestimmt. Der Einheitswiderstand  $\varrho$  kennzeichnet wie der Einheitsleitwert  $\kappa$  (sprich „Kappa“) einen ganz bestimmten Leiter.

**Unter dem Einheitsleitwert  $\kappa$  eines Stoffes versteht man den Leitwert eines bestimmten Leiters von 1 m Länge und 1 mm<sup>2</sup> Querschnitt.**

Der Einheitsleitwert ist der umgekehrte Wert (Kehrwert) des Einheitswiderstandes.

$$\text{Einheitsleitwert} = \frac{1}{\text{Einheitswiderstand}}$$

$$\kappa = \frac{1}{\varrho} \quad \text{oder} \quad \varrho = \frac{1}{\kappa}$$

Ist z. B. der Einheitswiderstand für Kupfer = 0,017, so ist der Einheitsleitwert

$$\kappa = \frac{1}{\varrho} = \frac{1}{0,017} = \frac{1000}{17} = 58,8 = \text{rd. } 59.$$

Man hatte die Begriffe von Leitwert  $G$  und Einheitswert  $\kappa$  festgelegt, weil es für die Berechnung von Widerständen in bestimmten Schaltungen oft einfacher ist, mit den Leitwerten und Einheitsleitwerten zu rechnen, statt mit dem Widerstand und dem Einheitswiderstand. Wenn wir in die Formel zur Berechnung eines Widerstandes (s. Seite 30 im Lehrbrief 2) den Einheitsleitwert  $\kappa$  statt des Einheitswiderstandes  $\varrho$  einsetzen, muß die Widerstandsformel heißen

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

in Worten ausgedrückt:

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

Die Werte für den Einheitswiderstand  $\varrho$  und für den Einheitsleitwert  $\kappa$  werden aus Tabellen entnommen.

Stoff	Einheitswiderstand $\varrho$ bei 20° Celsius (Ohm)	Einheitsleitwert $\kappa$ bei 20° Celsius (Siemens)	Temperaturzahl $\alpha_{20}$
Silber	0,016—0,017	62,5—59	+ 0,004
Kupfer	0,017—0,018	59 —55,5	+ 0,004
Bronze	0,021	47,6	+ 0,004
Aluminium	0,029	34,8	+ 0,004
Eisen (rein)	0,13	7,7	+ 0,0048
Blei	0,21	4,8	+ 0,004
Nickelin	0,4	2,5	+ 0,00013 bis + 0,00021
Konstantan je nach Legierung	0,5	2,0	— 0,000005 bis + 0,00003

Tabelle 4

Wir wollen ein Beispiel rechnen.

#### Aufgabe:

Wie groß ist der Widerstand eines Eisendrahtes mit einem Durchmesser  $d = 2$  mm und einer Länge  $l = 1000$  m?

**Gegeben:**  $l = 1000$  m;  $d = 2$  mm;  $r = \frac{d}{2} = 1$  mm;  $\kappa = 7,7$

(aus der Tabelle 4)

**Gesucht:**  $R = ?$

**Lösung:** Formel:  $R = \frac{l}{\kappa \times F}$  Ohm.

Zunächst

a) als Nebenrechnung Querschnitt  $F$  ermitteln:

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

b) Zahlenwerte in die Formel einsetzen:

$$R = \frac{1000}{7,7 \times 3,14} = 41,36 \text{ } \Omega$$

**Antwort:**  $R = 41,36 \Omega$ .

Wenn wir den Widerstand  $R$  mit dem Einheitswiderstand  $\varrho$  statt mit dem Einheitsleitwert  $\kappa$  errechnen, erhalten wir

$$R = \frac{\varrho \times l}{F} = \frac{0,13 \times 1000}{3,14} \quad R = \frac{130}{3,14} = 41,40 \Omega$$

Die kleine Unstimmigkeit von  $\frac{4}{100}$  kommt dadurch, daß die Werte für  $\varrho$  und  $\kappa$  abgerundet worden sind.

## 20. Temperaturabhängigkeit des Widerstandes

Es ist uns bekannt, daß die Wärme einen Einfluß auf unsere Metalle ausübt. Wir brauchen nur die Durchhänge unserer oberirdischen Leitungen im Winter und im Sommer zu betrachten, um dieses festzustellen. Die Wärme dehnt Metalle aus, die Kälte zieht sie zusammen. Ähnlich ist es widerstandsmäßig bei der Fortleitung der Elektrizität. Wenn ich anfangs gesagt habe, daß der Ohmsche Widerstand hauptsächlich von der Art des Stoffes, von der Länge und dem Querschnitt abhängt, muß ich jetzt der Vollständigkeit halber noch hinzufügen, daß er außerdem auch etwas von der Temperatur beeinflußt wird. Die Zahlenangaben für den Einheitswiderstand  $\varrho$  und den Einheitsleitwert  $\kappa$  in den verschiedenen Tabellen beziehen sich auf eine bestimmte Temperatur, entweder von  $15^\circ$  Celsius oder  $20^\circ$  Celsius. Mit jeder Änderung der Temperatur ändert sich auch der Widerstand des Stoffes. Diese Änderung ist bei jedem Stoff verschieden. **Man hat festgestellt, daß der Ohmsche Widerstand bei Metallen mit steigender Temperatur zunimmt, bei Kohle, Graphit, einigen Metallegierungen und Isolatoren bei zunehmender Temperatur abnimmt.** Diejenigen von euch, die schon bei den Kabelmeßstellen beschäftigt gewesen sind, werden bemerkt haben, daß man die durch den Temperaturwechsel hervorgerufene Widerstandsänderung mit Hilfe einer Temperaturzahl (auch Temperaturkoeffizient genannt) berechnen kann. Für jeden Stoff ist eine Zahl ermittelt worden, die angibt, um wieviel der elektrische Widerstand bei einer Temperaturänderung von  $1^\circ$  Celsius steigt oder fällt. Das Formelzeichen für die Temperaturzahl ist  $\alpha$  (sprich „Alpha“). Bei der Betrachtung der Tabelle 4 fällt auf, daß vor jeder Temperaturzahl ein + oder ein - steht. Das heißt nichts anderes, als daß die Temperaturzahl  $\alpha$  positiv (+) für die Stoffe ist, deren Widerstand mit steigender Temperatur zunimmt, und negativ (-) für die Stoffe, deren Widerstand mit steigender Temperatur abnimmt (Konstantan). Die Widerstandsänderung der Metalle, die durch Temperaturschwankungen unserer Witterung hervorgerufen wird, ist aber so gering, daß sie in der Regel vernachlässigt werden kann. Nur bei Messungen, bei denen es auf Genauigkeit ankommt, z. B. in den Laboratorien

und bei den Fehlerortsbestimmungen unserer Orts- und Fernkabelmeßstellen, muß man u. U. zusätzlich mit der Temperaturzahl  $\alpha$  rechnen.

Ihr braucht euch die Formel für die Widerstandsberechnung unter Berücksichtigung der Temperaturzahl nicht zu merken. Für diejenigen, die später einmal Meßhelfer werden wollen und sich besonders dafür interessieren, will ich die Formel aufschreiben. Sie lautet:

$$R = R_{20} (1 + \alpha \times \Delta t) \quad \text{Ohm.}$$

In dieser Formel bedeuten:

$R$  = Gesamtwiderstand des Leiters bei der gesuchten Temperatur,

$R_{20}$  = der Widerstand bei  $20^\circ$  (Celsius),

$\Delta t$  = der Temperaturunterschied (lies „Delta t“) zwischen der jeweiligen bestimmten Temperatur und der Temperatur  $20^\circ$ ;  $\Delta t = t - t_{20}$ ;

$t$  = Temperatur in Celsius,

$\alpha$  = Temperaturzahl (aus der Tabelle 4).

Ein Beispiel soll dies klarmachen.

Wir haben oben errechnet, daß ein Eisendraht mit einem Durchmesser von 2 mm und einer Länge von 1000 m einen Widerstand  $R$  (bei  $20^\circ$  Celsius) =  $41,40 \Omega$  hat.

Wie groß wird rechnerisch der Gesamtwiderstand  $R$ , wenn der Widerstand dieses Eisendrahtes bei  $45^\circ$  gemessen würde?

**Gegeben:**  $R_{20}$  (bei  $20^\circ$  Celsius) =  $41,40 \Omega$ ,  
 $\alpha$  für Eisen =  $+ 0,0048$  (aus der Tabelle 4),  
 $\Delta t$  Temperaturunterschied =  $t - t_{20}$ ,  
 =  $(45^\circ - 20^\circ) = + 25^\circ \text{ C}$ .

**Gesucht:** Gesamtwiderstand  $R$  bei  $45^\circ \text{ C} = ?$   
 Formel:  $R = R_{20} (1 + \alpha \times \Delta t)$ .

Zahlenwerte in die Formel einsetzen

$$R = 41,40 (1 + 0,0048 \times 25)$$

$$R = 41,40 (1 + 0,12)$$

$$R = 41,40 \times 1,12 = 46,37 \Omega$$

**Antwort:** Der Gesamtwiderstand  $R$  des Eisendrahtes würde bei der Temperatur von  $45^\circ = \text{rd. } 46,37 \Omega$  betragen.

Der Widerstand hat also für 1 km bei einer Temperaturerhöhung von  $25^\circ \text{ C}$  um  $(46,37 - 41,40) = 4,97 \Omega$  zugenommen.

Bei der Herstellung von künstlichen Widerständen und bei Meßinstrumenten muß man darauf achten, daß man Widerstandsdrähte wählt, z. B. Konstantan und Manganin, die eine kleine Temperaturzahl haben. Dann wird der Widerstandswert der Meßeinrichtung selbst von den Temperaturschwankungen kaum merklich beeinflusst, und es lassen sich im Sommer und im Winter genaue Messungen ausführen.

## 21. Isolationswiderstand

Wir haben gehört, daß man den Widerstand gewissermaßen als eine Hemmung auffassen kann, die sich dem Durchfließen des elektrischen Stromes entgegenstemmt. Diese Hemmung beginnt schon im **Inneren** einer Spannungsquelle, also im chemischen Element oder in der Dynamomaschine. Man nennt diese Hemmung im Gegensatz zu dem Widerstand des äußeren Stromkreises den „**inneren Widerstand**“  $R_i$ . Der **äußere Widerstand** des Stromkreises, den man mit  $R_a$  bezeichnet, umfaßt den Kupferwiderstand der Drähte und den Widerstand der eingeschalteten Apparate (z. B. Mikrophon, Wecker, Fernhörer usw.), also der Stromverbraucher. Dazu gehören auch die sogenannten künstlichen Widerstände, die man zuweilen aus irgendwelchen Gründen in den Stromkreis einschalten muß. Ausser dem Leitungswiderstand unserer Kabel- und Freileitungen kennen wir noch den **Isolationswiderstand**. Wir haben ein Interesse daran, daß der Leitungswiderstand möglichst gering ist, damit der Strom ungehemmt zu den Apparaten fließen kann. Umgekehrt müssen wir aber darauf sehen, daß der Widerstand der Isoliermittel (Isolationswiderstand) so groß wie möglich ist, damit der Strom nicht vorher abfließen kann. Unser Bestreben geht also dahin, möglichst viel elektrische Energie zu den Verbrauchern (Sprechapparaten, Wählern, Relais usw.) zu bringen. Der Isolationswiderstand ist der Widerstand der isolierenden Mittel (bei Freileitungen = Glas, Luft, Porzellan; bei Kabeln = Gummi, Guttapercha, Papier, Condensa usw.). Je geringer der Isolationswiderstand ist, um so mehr Strom fließt aus der Leitung nutzlos zur Erde oder zum anderen Leiter ab. Wie es aber keine idealen Leiter ohne Widerstand gibt, so gibt es auch keine Leitung mit vollkommenen Isoliermitteln. Diejenigen Fernmeldeleitungen eignen sich am besten zur Fortleitung der Elektrizität, deren Leitungswiderstand gering und deren Isolationswiderstand groß ist. Wir müssen uns merken: **Der Leitungswiderstand nimmt mit zunehmender Länge der Leitung zu. Der Isolationswiderstand der gesamten Leitung nimmt mit zunehmender Länge der Leitung ab.**

Da die Wahl der Querschnitte und der Isolation auch eine Geldfrage ist, hat man, dem jeweiligen Zweck entsprechend, den zulässigen Höchstwert des Leitungswiderstandes und den Mindestwert

des Isolationswiderstandes in den Lieferbestimmungen für Kabel und Drähte vertragsmäßig festgelegt. Der Isolationswiderstand muß groß sein und wird in Megohm ( $M\Omega$ ) angegeben.

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

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

Der Isolationswiderstand **einer Ader** gegen alle übrigen und Erde soll vertragsmäßig für 1 km mindestens betragen

a) für **Fernkabel** = 10 000—20 000  $M\Omega$

b) für **Fernleitungs- und Ortskabel** = 5000  $M\Omega$ .

Für **Freileitungen** (Einzelleitung) beträgt der Isolationswiderstand je 1 km etwa 2 bis 3  $M\Omega$ . Bei schlechtem Wetter darf der Isolationswiderstand der Freileitung nicht unter  $0,3 M\Omega = 300\,000 \Omega$  für 1 km Einzelleitung sinken. Aus unserer Praxis ist uns bekannt, daß an unseren Porzellan-Doppelglocken Fehlerquellen entstehen, wenn die Glocken verschmutzt oder beschädigt worden sind oder sich Haarrisse gebildet haben. Der Isolationswiderstand sinkt dann besonders bei feuchter Witterung erheblich. Eine Glocke, die weniger als etwa 50  $M\Omega$  Isolationswiderstand hat, ist unbrauchbar. Trotz des hohen Isolationswiderstandes unserer Isolatoren (mindestens 50  $M\Omega$ ) läßt es sich nicht vermeiden, daß sehr geringe Ströme zur Erde oder zum anderen Leiter (über Stütze, Querträger und Mast) abfließen. Die geringen Ableitungsströme  $I_1, I_2, I_3$  usw. schwächen den Gesamtstrom der Leitung (siehe Abb. 20 als schematisches Beispiel einer Freileitung). Es ist verständlich, daß mit zunehmender Länge unserer Linie der gesamte Isolationswiderstand immer kleiner wird; die winzigen, meist versteckten Isolationsfehler beeinträchtigen eine einwandfreie Isolation, so daß am Ende der Leitung je nach Fehlergröße u. U. recht wenig elektrische Energie für den Verbraucher übrigbleibt (Abb. 20).

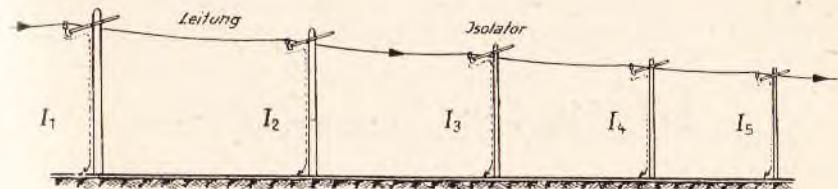


Abb. 20

**Aufgabe:** Wie groß sind der **Leitungswiderstand** und der **Isolationswiderstand** einer Freileitung aus Kupfer (Einzelleitung) von 50 km Länge, wenn der Kupferwiderstand für 1 km =  $2,5 \Omega$  und der Isolationswiderstand für 1 km = 2  $M\Omega$  betragen?

**Lösung:** Der Leitungswiderstand wächst mit der Länge der Leitung, deshalb muß er bei 50 km Länge gleich  
 $50 \times 2,5 = 125 \Omega$  betragen.

Der Isolationswiderstand nimmt ab mit der Länge der Leitung, deshalb muß er bei 50 km Leitungslänge nur noch  
 $2\,000\,000 : 50 = 40\,000 \Omega = 40 \text{ k}\Omega$  betragen.

**Aufgabe:** Der Isolationswiderstand einer 5 km langen oberirdischen Anschlußleitung (Einzelleitung) wird bei feuchtem Wetter am Prüfschrank gemessen. Er beträgt 65 000 Ohm. Wie groß ist der Isolationswiderstand für 1 km dieser Einzelleitung? Reicht der Isolationswiderstand dieser Anschlußleitung noch aus?

**Lösung:** Wenn der Isolationswiderstand einer 5 km langen oberirdischen Anschlußleitung (Einzelleitung) bei feuchtem Wetter 65 000  $\Omega$  beträgt, so muß er für 1 km =  $65\,000 \times 5 = 325\,000 \Omega$  betragen, weil der Isolationswiderstand bei einem Teilstück der Leitung immer größer sein muß als bei der Gesamtstrecke. Da der Widerstand für 1 km Freileitung bei feuchtem Wetter mindestens 300 000  $\Omega$  (0,3 M $\Omega$ ) betragen soll, reicht der gemessene kilometrische Isolationswiderstand dieser Anschlußleitung aus.

## 22. Reihenschaltung von Widerständen

In dem geschlossenen Stromkreis der Abb. 21 sind 3 künstliche Widerstände  $R_1$ ,  $R_2$  und  $R_3$  in einer ganz bestimmten Anordnung eingeschaltet worden (Abb. 21).

Die Zuleitungen sind so kurz gewählt worden, daß sie bei der Berechnung der Widerstände vernachlässigt werden können. Es interessiert uns, wie groß der Gesamtwiderstand  $R_{ges}$  ist. Wird er größer oder kleiner werden? Wir sehen, daß der dem Pluspol der Batterie B nächstliegende Widerstand  $R_1$  mit seinem einen Ende (a) an der Batterie B (+) liegt, während das andere Ende (b) mit dem Anfang (c) des folgenden Widerstandes  $R_2$  verbunden ist. Das Ende

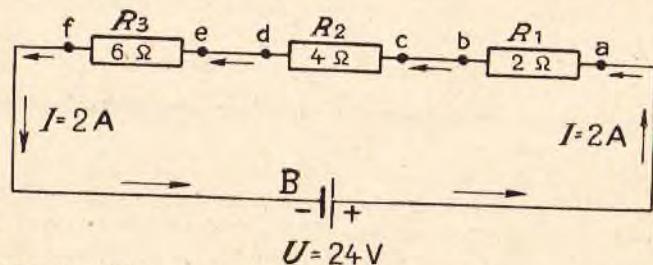


Abb. 21 Widerstände in Reihenschaltung (hintereinander)

(d) des Widerstandes  $R_2$  ist wiederum an den Anfang (e) des Widerstandes  $R_3$  angeschlossen, dessen Ende (f) endlich mit dem Minuspol der Batterie verbunden ist. Der Stromkreis ist somit geschlossen. Sämtliche 3 Widerstände sind so in einem Stromkreis angeordnet, daß der vom Pluspol zum Minuspol der Batterie fließende Strom die Widerstände der **Reihe nach** durchfließt. Man nennt eine derartige Anordnung, in der die Widerstände hintereinander liegen, eine **Hintereinanderschaltung**, **Reihenschaltung** oder **Serienschaltung**. Die Widerstände, so sagt man, liegen hintereinander, in Reihe oder in Serie. Die Kennzeichnung der Hintereinanderschaltung besteht also darin, daß der **Strom** die Widerstände **nacheinander**, der **Reihe nach**, durchfließt. Dabei ist die Stromstärke an allen Punkten gleich.

**Der Gesamtwiderstand einer Reihenschaltung ist gleich der Summe aller Einzelwiderstände.**

$$R_{ges} = R_1 + R_2 + R_3 + \text{usw.} \quad \text{Ohm.}$$

In der Abb. 21 sind 3 Widerstände von 2, 4 und 6 Ohm hintereinander geschaltet. Der Gesamtwiderstand beträgt

$$R_{ges} = 2 + 4 + 6 = 12 \Omega.$$

Das ist leicht einzusehen. Nach dem Ohmschen Gesetz kann man den Strom  $I$  berechnen, der in diesem Stromkreis fließt, weil die Spannung  $U = 24\text{V}$  gegeben ist.

$$I = \frac{U}{R} = \frac{24}{12} = 2\text{A}$$

Würde man die beiden Batteriepole nicht über die in Abb. 21 dargestellten 3 Einzelwiderstände, sondern über einen einzigen Widerstand (Ersatzwiderstand) von 12  $\Omega$  verbinden, so wäre die

Stromstärke  $I$  wieder  $\frac{24}{12} = 2\text{A}$ . Daraus geht hervor, daß der

**Gesamtwiderstand** der in Reihe geschalteten Einzelwiderstände gleich der **Summe** der Einzelwiderstände ist.

## 23. Parallelschaltung von Widerständen

Nicht so leicht zu verstehen ist die Schaltung von Widerständen, wie sie in Abb. 22 a dargestellt ist.

Auch diese Widerstands-anordnung kommt in der Praxis oft vor. Hierbei sind die Widerstände nicht hintereinander, sondern nebeneinander (parallel) geschaltet. Eine Widerstandsschaltung, bei der die Einzelwiderstände nicht hintereinander vom Gesamtstrom, sondern gleichzeitig (nebeneinander oder parallel) vom aufgeteilten

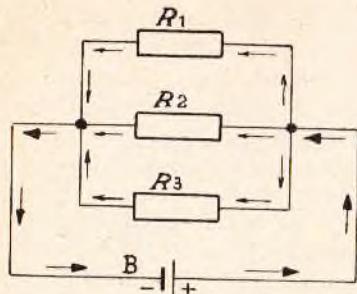


Abb. 22a  
Widerstände in Parallelschaltung (nebeneinander)

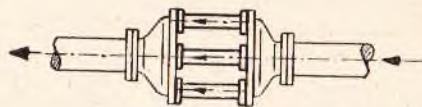


Abb. 22b

Strom durchflossen werden, nennt man **Nebeneinander-** oder **Parallelschaltung**.

Wir müssen uns bei dieser Schaltung merken:

**Der Gesamtwiderstand  $R_{ges}$  bei parallel geschalteten Widerständen ist stets kleiner als der Widerstand des kleinsten Einzelwiderstandes.**

Diese Behauptung erscheint im ersten Augenblick sonderbar. Wir ziehen zur Veranschaulichung das Strömen des Wassers heran und betrachten die Abb. 22 b; wir erkennen, daß durch den Einbau von 3 parallel geschalteten engen Rohren in eine Rohrleitung der Wasserstrom des Hauptrohres in drei einzelne, **kleinere** Teilströme aufgeteilt wird. Die einzelnen Teilströme sind jeder für sich kleiner als der Gesamtstrom. Ähnlich ist es bei dem elektrischen Strom (siehe Bild 22 a). Durch das Nebeneinanderschalten von z. B. 3 elektrischen Widerständen wird der Gesamtstrom aufgeteilt auf die 3 Widerstände.

Schneiden wir jetzt 2 Widerstände (z. B.  $R_2$  und  $R_3$ ) heraus, so ist die Hemmung durch den verbleibenden Widerstand ( $R_1$ ) wesentlich größer als vorher. Oder, anders gesagt: 3 parallele Widerstände hemmen den Strom weniger als jeder einzelne für sich. Der Gesamtwiderstand (Hemmung) der 3 parallel eingeschalteten Widerstände ist also kleiner als der Widerstand (Hemmung) jedes einzelnen Widerstandes. Noch genauer ausgedrückt: Der Gesamtwiderstand ist kleiner als der kleinste Einzelwiderstand. Man kann sich das auch an einem einfachen Rechenbeispiel klarmachen:

Ein Widerstandsdraht aus Konstantan von 4 m Länge, 1 mm<sup>2</sup> Querschnitt und einem Einheitswiderstand  $\varrho = 0,5$  besitzt einen Widerstand

$$R = \frac{\varrho \times l}{F} = \frac{0,5 \times 4}{1} = \frac{2}{1} = 2 \Omega$$

Schalten wir 3 dieser **gleichen** Widerstandsdrähte parallel, so hat jeder Widerstandsdraht für sich einen Widerstand von 2 Ohm. Statt dieser 3 gleichen nebeneinander liegenden Einzel-Konstantandrähte könnten wir uns auch einen einzigen Konstantandraht von der gleichen Länge, aber mit einem Querschnitt von  $1 + 1 + 1 = 3 \text{ mm}^2$  eingeschleift denken. Da Länge  $l$  und Einheitswiderstand  $\varrho$  für den gedachten Ersatzdraht unverändert geblieben sind, berechnet sich der Gesamtwiderstand wie folgt

$$R = \frac{\varrho \times l}{F} = \frac{0,5 \times 4}{3} = 0,666 \Omega$$

Der Querschnitt hat sich durch die Parallelschaltung von 3 gleichen Drähten auf das 3fache erhöht; der Gesamtwiderstand dieser Kombinationsschaltung hat sich deshalb auf  $1/3$  verringert. Der Gesamtwiderstand von  $0,666 \Omega$  ist kleiner als der kleinste Einzelwiderstand (in diesem Fall  $2 \Omega$ ), was behauptet worden war.

Der errechnete Gesamtwiderstand gilt als gedachter Ersatz für die gesamte Parallelschaltung der Einzelwiderstände und wird deshalb auch **Ersatzwiderstand** ( $R_e$ ) genannt.

Die Berechnung des Ersatzwiderstandes unter Zugrundelegung der Querschnitte ist natürlich zu umständlich, besonders, wenn Widerstände mit verschiedenen Querschnitten eingeschaltet werden. Hier ist nun der praktische Fall gegeben, bei dem man an Stelle der Widerstände besser mit den Leitwerten rechnet.

**Merke: Bei der Parallelschaltung von Widerständen ist der Gesamtleitwert gleich der Summe der Einzelleitwerte.**

$$G_{ges} = G_1 + G_2 + G_3 + \text{usw.} \quad \text{Siemens.}$$

Da wir inzwischen gelernt haben, daß der Leitwert der umgekehrte (Kehrwert) Wert des Widerstandes ist ( $G = \frac{1}{R}$ ), kann ich die Formel für parallel geschaltete Widerstände folgendermaßen schreiben:

$$G_{ges} = \frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \text{usw.} \quad \text{Siemens.}$$

Bei dieser Berechnung darf ich nicht vergessen, daß es sich um die Leitwerte in Siemens handelt. Da ich aber den Gesamtwiderstand und nicht den Gesamtleitwert haben will, muß ich nach der Ausrechnung den Kehrwert des Ergebnisses nehmen, d. h. ich muß den Bruch

$$\text{umdrehen: } R_{ges} = \frac{1}{G_{ges}}$$

Wir wollen uns das an einigen Rechenbeispielen veranschaulichen.

**Aufgabe:** Drei Widerstände  $R_1 = 2 \Omega$ ,  $R_2 = 4 \Omega$  und  $R_3 = 8 \Omega$  sind **hintereinandergeschaltet** (Abb. 23 a). Wie groß ist der Gesamtwiderstand der Schaltung?

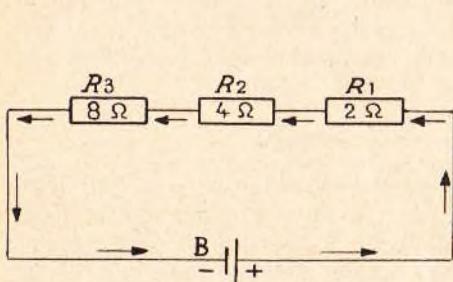


Abb. 23a

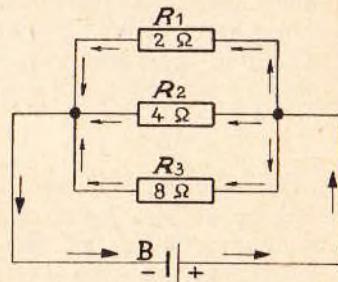


Abb. 23b

**Gegeben:**  $R_1 = 2 \Omega$ ,  $R_2 = 4 \Omega$ ,  $R_3 = 8 \Omega$

**Gesucht:**  $R_{ges} = ?$  bei Reihenschaltung

**Lösung:**

Formel für Reihenschaltung

$$R_{ges} = R_1 + R_2 + R_3 + \text{usw.} \quad \text{Ohm.}$$

Zahlenwerte in die Formel einsetzen:

$$R_{ges} = 2 + 4 + 8 = 14 \Omega$$

**Antwort:**

$$R_{ges} = 14 \Omega$$

**Aufgabe:** Drei Widerstände  $R_1 = 2 \Omega$ ,  $R_2 = 4 \Omega$  und  $R_3 = 8 \Omega$  sind **parallel** geschaltet (Abb. 23 b). Wie groß ist der Gesamtwiderstand (Kombinationswiderstand) dieser Schaltung?

**Gegeben:**  $R_1 = 2 \Omega$ ,  $R_2 = 4 \Omega$  und  $R_3 = 8 \Omega$

**Gesucht:**  $R_{ges} = ?$  bei Parallelschaltung

**Lösung:**

Formel für Parallelschaltung:

$$G_{ges} = \frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad \text{Siemens.}$$

Zahlenwerte in die Formel einsetzen:

$$G_{ges} = \frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} = \frac{4}{8} + \frac{2}{8} + \frac{1}{8} = \frac{4+2+1}{8} \quad \text{Siemens.}$$

$$G_{ges} = \frac{1}{R_{ges}} = \frac{7}{8} \quad \text{Siemens.}$$

Es wird aber  $R_{ges}$  und nicht  $G_{ges}$  gesucht, deshalb muß der Kehrwert genommen werden. Der Bruch wird umgedreht:

$$R_{ges} = \frac{1}{G_{ges}} = \frac{8}{7} \Omega$$

**Antwort:** Der Gesamtwiderstand  $R_{ges} = \frac{8}{7}$  rd. **1,14 Ohm**.

Er ist kleiner als der kleinste Einzelwiderstand  $R_1$ , der in dieser Schaltung (Abb. 23 b) 2 Ohm beträgt. Erhalte ich dagegen ein Ergebnis für den Ersatzwiderstand, das größer ist als der Wert eines einzelnen der parallel geschalteten Widerstände, so ist die Lösung falsch, und ich muß noch einmal nachrechnen.

#### 24. Parallelschaltung von 2 Widerständen

Einfacher wird die Rechnung, wenn nur 2 Widerstände nebeneinander (parallel) geschaltet sind (siehe Abb. 24). Für diesen Fall rechnet man schneller mit der **vereinfachten** Formel:

$$R_{ges} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} \quad \text{Ohm.}$$

Der Gesamtwiderstand **zweier parallel** geschalteter Widerstände ist gleich dem **Produkt** ihrer Einzelwiderstände **geteilt** durch die Summe ihrer Einzelwiderstände.

**Aufgabe:** Wie groß ist der Gesamtwiderstand (Ersatzwiderstand), wenn zwei Widerstände  $R_1 = 50 \Omega$  und  $R_2 = 1000 \Omega$  parallel geschaltet sind (Abb. 24)?

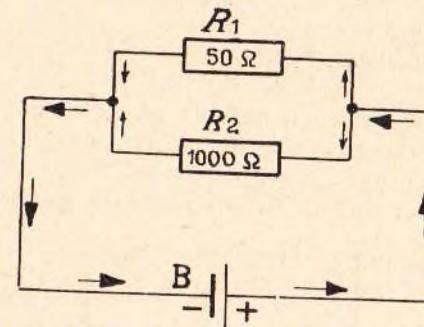


Abb. 24 Parallelschaltung von 2 Widerständen

Gegeben:  $R_1 = 50 \text{ Ohm}$   
 $R_2 = 1000 \text{ Ohm}$

Gesucht:  $R_{ges}$  bei Parallelschaltung

Lösung:

Formel:

$$R_{ges} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} \quad \text{Ohm.}$$

Zahlenwerte einsetzen:

$$R_{ges} = \frac{50 \times 1000}{50 + 1000} = \frac{50\,000}{1050} = 47,62 \text{ } \Omega$$

Antwort:  $R_{ges} = 47,62 \text{ Ohm.}$

Ich hätte die Rechnung auch mit den Leitwerten durchführen können; das sieht dann so aus:

$$G_{ges} = \frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{50} + \frac{1}{1000} = \frac{20}{1000} + \frac{1}{1000} \quad \text{Siemens.}$$

$$\frac{1}{R_{ges}} = \frac{20+1}{1000} = \frac{21}{1000} \quad \text{Siemens.}$$

$$R_{ges} = \frac{1000}{21} = 47,62 \text{ Ohm.}$$

### 25. Parallelschaltung von gleichen Widerständen

Am einfachsten läßt sich der Gesamtwiderstand von **parallel** geschalteten Widerständen berechnen, die gleiche Werte haben. In diesem Fall braucht man nur einen Einzelwiderstand durch die Anzahl ( $n$ ) der Widerstände zu teilen.

$$R_{ges} = \frac{R}{n} \quad \text{Ohm.}$$

In dieser Formel bedeutet

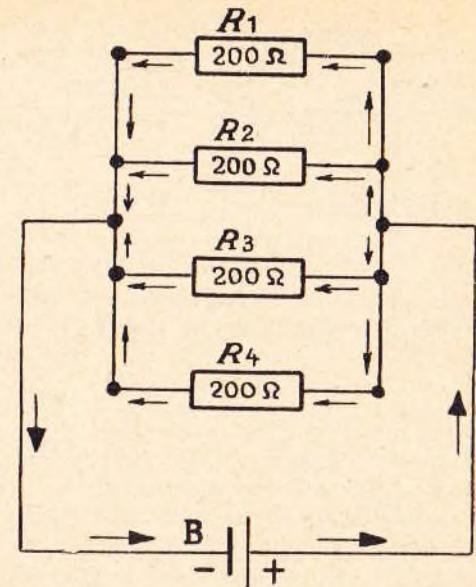
$R$  = den Widerstand **eines** Einzelwiderstandes,  
 $n$  = die **Anzahl** der Einzelwiderstände.

**Aufgabe:** Vier ZB-Mikrophone sind im Ruhezustand parallel geschaltet. Jedes Mikrophon hat einen Einzelwiderstand von rund  $200 \text{ } \Omega$ . Wie groß ist der Gesamtwiderstand  $R_{ges}$ ? (Abb. 25)

**Lösung:** Die Formel für die Parallelschaltung **gleich** großer Widerstände heißt:

$$R_{ges} = \frac{R}{n} \quad \text{Ohm.}$$

Abb. 25  
 Parallelschaltung von  
 gleichen Widerständen



Zahlenwerte in die Formel einsetzen:

$$R_{ges} = \frac{200}{4} = 50 \text{ } \Omega.$$

Antwort: Der Gesamtwiderstand der 4 parallel geschalteten Mikrophone beträgt **50 Ohm.**

Zum Beweis und zur Kontrolle wollen wir die Rechnung noch einmal mit den Leitwerten durchführen:

$$G_{ges} = \frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{200} + \frac{1}{200} + \frac{1}{200} + \frac{1}{200} \quad \text{Siemens.}$$

$$\frac{1}{R_{ges}} = \frac{1+1+1+1}{200} = \frac{4}{200} \quad \text{Siemens.}$$

Da  $R_{ges} = \frac{1}{G_{ges}}$  ist, muß ich die Formel umstellen (Kehrwert), so daß  $R_{ges} = \frac{200}{4} = 50 \text{ Ohm}$  ist.

Der **Gesamtwiderstand** beträgt auch bei dieser Rechenweise **50 Ohm.** Wir haben deshalb vorher mit der vereinfachten Formel richtig gerechnet.

### 26. Gemischte Schaltung von Widerständen

Häufig kommt es in der Praxis vor, daß Widerstände zum Teil parallel, zum Teil hintereinander geschaltet sind. Man spricht dann von einer **gemischten Schaltung** (Abb. 26 a).

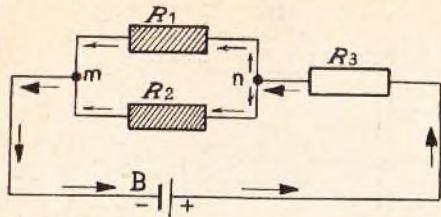


Abb. 26a

Gemischte Schaltung von Widerständen

Bei der Ausrechnung gehen wir **schrittweise** vor. Zunächst wird der **Ersatzwiderstand** ( $R_e$ ) aus  $R_1 + R_2$  der Parallelschaltung errechnet.

$$R_e = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} \text{ Ohm.}$$

Der gedachte Ersatzwiderstand  $R_e$  liegt dann in Reihe (hintereinander) mit dem Widerstand  $R_3$  (Abb. 26b). Die gemischte Schaltung ist durch diesen Kunstgriff in eine reine Hintereinanderschaltung umgewandelt worden. Jetzt ist die Ausrechnung einfach; denn wir wissen bereits, daß der Gesamt-widerstand  $R_{ges}$  einer Hintereinanderschaltung gleich der Summe der Einzelwiderstände ist, also

$$R_{ges} = R_e + R_3 \text{ Ohm.}$$

**Aufgabe:** Der Gesamt-widerstand  $R_{ges}$  von 4 Einzelwiderständen in einer gemischten Schaltung nach Abb. 27a soll berechnet werden.

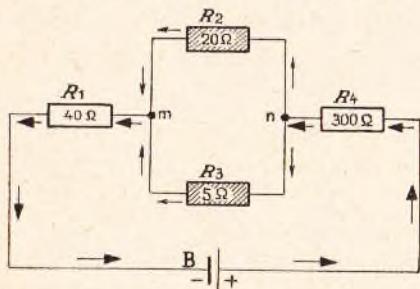


Abb. 27a

**Gegeben:**  $R_1 = 40 \Omega$   
 $R_2 = 20 \Omega$   
 $R_3 = 5 \Omega$   
 $R_4 = 300 \Omega$   
 } parallel  
 } geschaltet

**Gesucht:**  $R_{ges} = ?$

**Lösung:** Zwischen den beiden Widerständen  $R_1$  und  $R_4$  befindet sich eine Parallelschaltung von  $R_2 = 20 \Omega$  und  $R_3 = 5 \Omega$ . Zunächst errechnen wir den **Ersatzwiderstand**  $R_e$  der beiden parallel geschalteten Widerstände  $R_2$  und  $R_3$ ;

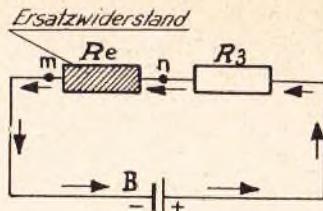


Abb. 26b

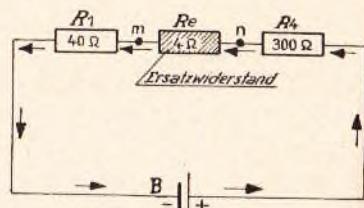


Abb. 27b

die Formel für diese 2 parallel geschalteten Widerstände lautet:

$$R_e = \frac{R_2 \times R_3}{R_2 + R_3} \text{ Ohm.}$$

Wir setzen die Zahlenwerte ein:

$$R_e = \frac{20 \times 5}{20 + 5} = \frac{100}{25} = 4 \text{ Ohm.}$$

Damit ist die Anordnung der Widerstände für die weitere Berechnung einfach geworden und läßt sich als reine **Hintereinanderschaltung** darstellen und errechnen (Abb. 27b).

$$R_{ges} = R_1 + R_e + R_4 \text{ Ohm}$$

$$R_{ges} = 40 + 4 + 300 = 344 \text{ Ohm.}$$

**Antwort:** Der **Gesamt-widerstand**  $R_{ges}$  der gemischten Schaltung beträgt **344 Ohm**.

In der Fernmeldetechnik gibt es oft gemischte Schaltungen von Widerständen in den verschiedensten und verwickeltsten Anordnungen. Bei der Ermittlung des Gesamt-widerstandes geht man jedoch immer schrittweise vor und errechnet zunächst die Ersatzwiderstände, z. B. der parallel geschalteten Widerstände. Durch Einsetzen der Ersatzwiderstände wird die Ausrechnung wesentlich vereinfacht. Eine schnelle Kontrolle, ob sich bereits bei der Berechnung z. B. von parallel geschalteten Widerständen ein Fehler eingeschlichen hat, ist uns schon bekannt; man überprüft einfach daraufhin, ob der Ersatz-widerstand (Kombinationswiderstand) auch tatsächlich kleiner ist als der kleinste Einzelwiderstand der Parallelschaltung.

Zum Schluß will ich den 2. Vortrag in Merksätzen zusammenfassen.

**Merke:**

1. Das Verhalten der verschiedenen Stoffe bei dem Durchfluß des Stromes ist durch die Leitfähigkeit (**elektr. Leitwert**) dieser Stoffe gekennzeichnet.
2. Der **elektr. Leitwert** ist der **umgekehrte Wert** (Kehrwert) des

Widerstandes  $G = \frac{1}{R}$  Siemens.

3. Die Maßeinheit für den elektrischen Leitwert  $G$  ist das Siemens (Abkürzung  $S$ ).
4. **Großer Leitwert** — **Kleiner Widerstand**,  
**Kleiner Leitwert** — **Großer Widerstand**.

5. Unter dem **Einheitsleitwert**  $\kappa$  eines Stoffes versteht man den **Leitwert** eines Drahtes von 1 m Länge und 1 mm<sup>2</sup> Querschnitt.
6. Bei reinen **Metallen** nimmt der Widerstand mit **steigender** Temperatur im allgemeinen **zu**; bei **Kohle**, einigen Widerstandslegierungen, Isoliermaterialien nimmt er mit steigender Temperatur **ab**.
7. Die **Temperaturzahl** (Temperaturkoeffizient)  $\alpha$  ist eine Zahl, die angibt, um wieviel der elektrische Widerstand eines Stoffes bei einer Temperaturänderung von 1° Celsius **steigt** oder **sinkt**.
8. Der **Isolationswiderstand** ist der Widerstand der isolierenden Stoffe gegen Ableitungsströme.
9. Der **Leitungswiderstand** nimmt mit zunehmender Länge einer Leitung **zu**.  
Der **Isolationswiderstand** nimmt mit zunehmender Länge einer Leitung **ab**.
10. Der **Gesamtwiderstand** einer **Reihenschaltung** ist gleich der Summe aller Einzelwiderstände

$$R_{ges} = R_1 + R_2 + R_3 + \text{usw.} \quad \text{Ohm.}$$

11. Der **Gesamtwiderstand**  $R_{ges}$  bei **parallel** geschalteten Widerständen ist stets **kleiner** als der **kleinste Einzelwiderstand**.
12. In der **Reihenschaltung** durchfließt der **Strom nacheinander** alle Einzelwiderstände.
13. In der **Parallelschaltung** durchfließt der aufgezwungene Strom gleichzeitig mehrere Widerstände.
14. Der **Gesamtleitwert** einer Parallelschaltung ist gleich der Summe aller Einzeleitwerte

$$G_{ges} = G_1 + G_2 + G_3 + \text{usw.} \quad \text{Siemens.}$$

oder

$$\frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \text{usw.} \quad \text{Siemens.}$$

15. Die **vereinfachte Formel** für die Berechnung des Gesamtwiderstandes von **zwei parallel** geschalteten Widerständen lautet:

$$R_{ges} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} \quad \text{Ohm.}$$

16. Der Gesamtwiderstand von mehreren **gleichen, parallel** geschalteten Einzelwiderständen wird errechnet, indem man den Widerstandswert **eines** Einzelwiderstandes durch die **Anzahl** ( $n$ ) der Einzelwiderstände teilt.

$$R_{ges} = \frac{R}{n} \quad \text{Ohm.}$$

17. Eine **gemischte** Schaltung besteht aus Widerständen, die teils parallel, teils hintereinander geschaltet sind.

$$\frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{R_1 + R_2 + R_3} + \frac{1}{R_1 \cdot R_2 \cdot R_3}$$

### Fragen und Aufgaben aus dem Unterrichtsstoff

(Lösungen am Ende dieses Heftes)

- a) **Folgende Fragen** sind zu beantworten:

1. Was versteht man unter fließender Elektrizität?
2. Was ist Spannung, und in welcher Einheit wird sie gemessen?
3. Was ist Strom, und wie heißt seine Maßeinheit?
4. Was ist Widerstand, und wie heißt seine Maßeinheit?
5. Was ist Elektromotorische Kraft (EMK oder  $E$ ), und in welcher Einheit wird sie gemessen?
6. Wovon hängt der elektrische Widerstand eines Leiters hauptsächlich ab?
7. Was ist Einheitswiderstand oder spezifischer Widerstand, und mit welchem Buchstaben bezeichnet man ihn?
8. Was versteht man nach dem Reichsgesetz unter dem Widerstand 1 Ohm?
9. Wie lautet das Ohmsche Gesetz?

- b) **Folgende Aufgaben** sind zu lösen:

1. Welchen Querschnitt  $F$  in mm<sup>2</sup> hat ein Draht, der einen Durchmesser  $d = 0,9$  mm besitzt?
2. Wie groß ist der Widerstand  $R$  eines Kupferdrahtes (Kabelader) von  $l = 1000$  m Länge und einem Durchmesser  $d = 0,6$  mm?
3. Wie lang ist eine oberirdische Freileitung (**Doppelleitung**) aus Stahldraht mit einem Durchmesser  $d = 2$  mm und einem Ohmschen Widerstand  $R = 83$  Ohm?

4. In einem Stromkreis fließt bei einer Spannung  $U = 12$  Volt Gleichstrom ein Strom  $I = 2$  Ampere. Wie groß ist der Widerstand  $R$  des Stromkreises?
5. Eine Spannungsquelle mit der Spannung  $U = 1,5$  Volt treibt durch ein OB-Mikrofon (im Ruhezustand) einen Gleichstrom  $I = 0,040$  A (40 mA). Wie groß ist der Widerstand  $R$  des OB-Mikrophons?
6. Durch einen Widerstand  $R = 4 \Omega$  fließt ein Strom  $I = 5$  A. Wie groß ist die Spannung  $U$ ?
7. In einem geschlossenen Stromkreis von einem Gesamtwiderstand  $R = 120 \Omega$  befindet sich eine Spannungsquelle mit der Spannung  $U = 60$  Volt. Wie stark ist der Strom  $I$  in diesem Stromkreis?
8. Der Leuchtdraht einer Glühlampe hat, wenn er glüht, einen Widerstand von  $440 \Omega$ . Durch den Leuchtdraht fließt ein Strom von  $0,5$  Ampere. An welche Spannung in Volt ist die Glühlampe angeschlossen?

## VI. Deutsch

### Lösungen aus dem Lehrbrief Nr. 3

- Übung Seite 41. Der Beisatz muß in Kommas eingeschlossen sein:**  
 Benjamin Franklin, **der Amerikaner**, erfand den Blitzableiter.  
 Kleinheubach, **die Ausbildungsstätte des Fernmeldetechnischen Zentralamtes**, wurde schon von vielen Nachwuchskräften besucht.  
 Professor Heuss, **der erste Bundespräsident**, wurde nach dem Grundgesetz durch die Bundesversammlung gewählt.  
 Bredow, **dem Gründer und Förderer des Deutschen Rundfunks**, wurde vom NWDR eine Gedenkstunde gewidmet.  
 Bonn, **die alte Universitätsstadt**, ist Sitz der Bundesregierung.
- Übung Seite 42.** Die Sätze könnten etwa so ergänzt werden:  
 Der Postbote bringt **den Eilbrief**.  
 Der Baudrupp gratuliert **dem Jubilar**.  
 Der kranke Arbeitskamerad bedarf **der Schonung**.  
 Der Beifahrer begleitet **den Kraftwagenführer**.  
 Das Geschenk gefällt **mir**.  
 Die Hinterbliebenen gedachten **des Verunglückten**.  
 Der Meister ermahnt **die säumigen Belegschaftsmitglieder**.  
 Das Handwerkszeug gehört **dem Lehrgesellen**.  
 Der Ruheständler erinnert sich noch **seines Dienstantritts**.  
 Der Entstörer sucht **den Fehler**.  
 Der Lehrling folgt **der Arbeitsanweisung**.  
 Der Jubilar dankt **dem Baudrupp**.  
 Der Baudruppführer begrüßt **seinen Bezirksbauführer**.
- Übung Seite 43.** Lehren und lernen: So muß es heißen:  
 Der Kursusleiter **lehrt** Elektrotechnik.  
 Hans **lernt** schwimmen.  
 Der Anlernling **lernt** Stenographie.  
 Der Sportlehrer **lehrt** die Mannschaft ein neues Spiel.  
 Der Segelflieger **lernt** das Fliegen.  
 Der Schwimmeister **lehrt** die Jungen das Schwimmen.  
 Die sparsame Hausfrau **lehrt die Tochter** richtig wirtschaften.
- Übung Seite 43. Auf dem Wochenmarkt.**  
 Zweimal in der Woche findet auf dem Marktplatz mitten in der Stadt der Wochenmarkt statt. Am frühen Morgen bauen die Händler ihre Verkaufsstände auf. Sie laden von ihren Wagen und Karren ihre Waren ab und breiten sie auf den Tischen aus. Da sieht man frisches Gemüse und Berge von Obst, Fleischwaren und Geflügel, Butter, Eier und Käse. Mit

lauter Stimme preisen die Verkäufer ihre Waren an. Prüfenden Blickes durchschreiten die kauflustigen Frauen und Neugierige die Gänge zwischen den Buden. Die Polizei verbietet den Käufern das Anfassen der Waren. Aber die Händler fordern zum Probieren auf. Hier bieten sie ein Stückchen von einer Apfelsine an, dort reicht eine Verkäuferin eine Scheibe Wurst. Den Käufern bleibt die Wahl. Sie prüfen die Güte der Ware. Ihre Geldbörse und die Preise bestimmen ihre Einkäufe. Schnell sind ihre Taschen gefüllt. Befriedigt treten die Hausfrauen den Heimweg an. Im Hause wartet ihrer die Küchenarbeit.

## 2. Der erweiterte Satz

### d) Die Umstandsbestimmung

Bisher haben wir erkannt, daß der einfache Satz durch zwei nähere Bestimmungen (Beifügung, Ergänzung) erweitert werden kann; im folgenden beschäftigt uns die dritte Erweiterung, die **Umstandsbestimmung**.

Sie ist eine nähere Bestimmung des Zeitwortes, kann aber auch vor einem Eigenschaftswort stehen, wie die beiden folgenden Beispiele zeigen.

Der Meßwagen hält **dort**.  
Der Prüfer ist **sehr** genau.

**dort** bezieht sich auf das Zeitwort,  
**sehr** steht vor dem Eigenschaftswort.

In diesen beiden Fällen ist die Umstandsbestimmung durch ein Umstandswort ausgedrückt.

Umstandswörter: sehr, fast, vielleicht, außerordentlich, eilends, allmählich, unversehens, kaum, besonders, hier, dort, diesseits, jenseits, vorn, hinten, vorwärts, rückwärts, nirgends, irgendwo, früh, spät, morgen, heute, gestern, täglich, wöchentlich, monatlich, jährlich, mittags, nachts, endlich, bald, stets, erst, dann, darum, deshalb, deswegen.

Aber auch Eigenschaftswörter können wie Umstandswörter verwendet werden.

**Beispiel:** Der Wagen fährt **schnell**.

Vielfach bezeichnet ein Hauptwort mit Verhältniswort die Umstandsbestimmung: **Am frühen Morgen** geschah das Unglück.

## Übersicht über die Umstandsbestimmungen

Der Fahrer machte seinen Wagen **eilends**  
fahrbereit. (Art und Weise)  
Man fuhr **zur Fehlerstelle**. (Ort)  
**Bald** war der Meßtrupp zusammengerufen. (Zeit)  
**Wegen des hohen Wasserstandes** im  
Kabelschacht mußte gepumpt werden. (Grund)

Wir unterscheiden im allgemeinen, wie die Tafel zeigt, vier Gruppen der Umstandsbestimmung:

1. **der Art und Weise** (wie?)
2. **des Ortes** (wo? wohin?)
3. **der Zeit** (wann? wie oft? wie lange?)
4. **des Grundes oder Zweckes** (warum? weshalb? wozu?)

Welche der oben angeführten Umstandswörter gehören in die einzelnen Gruppen?

**Wir fassen zusammen:** Der **erweiterte** Satz besteht aus Haupt- und Nebensatzteilen. Die Hauptsatzteile sind Satzgegenstand und Satzaussage; die Nebensatzteile heißen: Beifügung, Ergänzung und Umstandsbestimmung. Die Beifügung kann zu **jedem** Hauptwort im Satze treten. Ergänzung und Umstandsbestimmung sind nähere Bestimmungen der Satzaussage.

Satzbild (siehe nächste Seite)

### 3. Gleichartige Satzteile

**Linien-, Bau- und Haushaltstelle** befinden sich im Fernmeldebauamt.

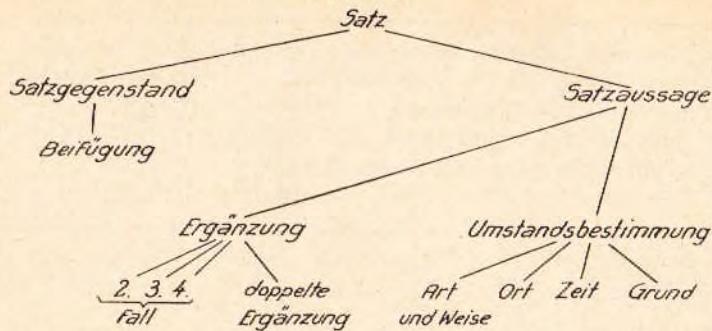
Die Fernkabelmeßstelle **stellt den Fehlerort im Fernkabel fest und beseitigt den Fehler**.

Der **zuverlässige, vorsichtige** und **gewissenhafte** Fahrer bewahrt sich vor Schaden.

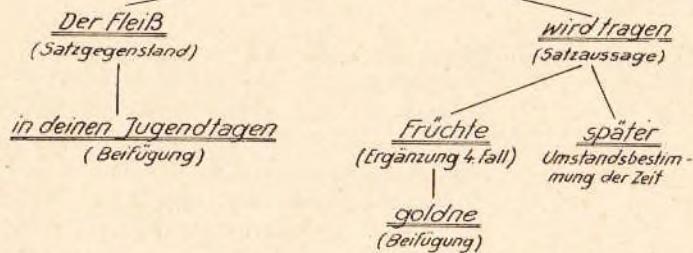
Auf dem Lagerplatz des FBA sind **Kabeltrommeln, Formstücke** und **Abdeckhauben** vorrätig.

Die Teilnehmeranschlußleitungen werden in **Erdkabeln, Luftkabeln** und **oberirdischen Fernmeldeleitungen** geführt.

**Satzbild:**



Beispiel: *Der Fleiß in deinen Jugendtagen wird später goldne Früchte tragen.*



Wenn wir die Sätze unter „3. Gleichartige Satzglieder“ lesen, stellen wir fest, daß in ihnen immer mehrere gleiche Satzglieder vorhanden sind. Jeder Satzglied kann häufiger auftreten. Wir sprechen dann von **gleichartigen Satzgliedern**. Sie antworten auf dieselbe Frage.

**Merke:** Gleichartige Satzglieder werden durch Komma getrennt, wenn sie nicht durch **und** oder **oder** miteinander verbunden sind.

Es können auch folgende Doppelbindewörter ohne Komma benutzt werden: **entweder** — **oder**, **sowohl** — **als auch**, **weder** — **noch**.

**Übung:** Es sind die gleichartigen Satzglieder zu erfragen und die Satzzeichen (Kommas) zu setzen!

Der Krieg hat viel Elend Kummer und Not über die Menschheit gebracht. Viele verloren Hab und Gut Haus und Hof. Luftminen Spreng- und Brandbomben zerstörten Städte Verkehrsanlagen und Industriewerke. Viel Hausrat und viele Maschinen wurden zerbrochen zerschlagen zertrümmert.

Soforthilfe Lastenausgleich und Steuerermäßigung kommen den Vertriebenen und Bombengeschädigten zugute. Die Lösung der Vertriebenenfrage ist ein wichtiger Verhandlungspunkt der Bundesregierung des Europa-Rates und der UNO. Wir alle wünschen erhoffen und erstreben Freiheit Frieden und Wohlstand. Möge die Zukunft unser Hoffen bald dauernd und reichlich erfüllen!

**VII. Rechnen**

Lösungen zu den Aufgaben im 3. Lehrbrief Seite 45:

1. Die Einwohnerzahlen der Großstädte zählen wir zusammen:

Dortmund	500 150	Einwohner
Bochum	290 406	"
Hagen	146 099	"
Herne	+ 111 249	"
<hr/>		

Also wohnten im Reg.-Bez. Arnsberg

**1 047 904 Einwohner in Großstädten.**

2. Die Einwohnerzahl am Jahresbeginn ziehen wir von der am 1. Dezember ab:

	533 374	Einwohner
	— 512 896	"
<hr/>		

Die Zunahme betrug

**20 478 Einwohner.**

3. a) Der Flächenraum der Bundesrepublik Deutschland beträgt **245 417 qkm**.

b) Die Bundesrepublik zählt **47 580 811 Einwohner**.

c) Bayern ist um **36 954 qkm** größer als Nordrhein-Westfalen.

d) Nordrhein-Westfalen zählt **4 028 431 Einwohner** mehr als Bayern.

Ergebnisse der Übungen:

<b>Seite 47:</b>	135	180	225	380	425
	738	1404	2070	2736	
	288	432	492	660	
<b>Seite 48:</b>	7 306		1 135 218		4 248 135
	507 726		644 765		650 695
<b>Seite 49:</b>		74	96	98	208
		102	79	84	85
		226	249	179	492

Die Darbietungen in den bereits erschienenen Lehrbriefen führten in die vier Grundrechnungsarten mit ganzen Zahlen ein; hoffentlich haben sie bei allen Lehrgangsteilnehmern die erwartete freundliche Aufnahme gefunden und den Willen zu eifriger Mitarbeit geweckt. Heute wenden wir uns den dezimalen Zahlen zu.

## B. Rechnen mit Dezimalzahlen oder Zehnerbrüchen

### 1. Einführung

Wir wissen, daß im dekadischen Zahlensystem (Zehnersystem) jede „niedere Stelle“ nach rechts nur den zehnten Teil der vorhergehenden Einheit zählt.

Geht man nun über die Einer rechts hinaus, so bedeutet die erste Stelle rechts von den Einern Zehntel (z), die zweite Hundertstel (h), die dritte Tausendstel (t) usw. Solche Zahlen nennen wir **Dezimalzahlen** oder **Zehnerbrüche**.

Stellentafel:

H	Z	E ,	z	h	t	zt	ht	m
---	---	-----	---	---	---	----	----	---

Um in einer solchen Zahl die Einer erkennen zu können, wird die Einerstelle durch das nachfolgende Komma kenntlich gemacht. Fehlen in einer Stelle Zahlenwerte, so wird eine 0 dahingesetzt.

Leseübung: 0,1 4,35 21,9 235,684 54,08 0,704 70,405  
0,007 60,06 40,0345

Schreibübung: 1 E, 1 z 2 Z, 2 z 4 E, 1 z, 5 h  
3 H, 23 h 17 E, 17 t 24 Z, 13 h  
50 E, 16 t 2 T, 33 h 5 H, 5 h  
49 Z, 49 t

### 2. Verwandeln von Zehnerbrüchen

Zehnerbrüche kann man wie gewöhnliche Brüche **erweitern**, **kürzen** und **gleichnamig machen**.

Durch Hinzufügen oder Abstreichen von Nullen am Ende der Zahl bleibt der Wert des Zehnerbruches unverändert.

**Erweitern:** Man erweitert Zehnerbrüche, indem man Nullen anhängt.

**Beispiel:** 0,5 DM = 0,50 DM  
0,3 kg = 0,30 kg = 0,300 kg

**Kürzen:** Man kürzt Zehnerbrüche, indem man Nullen abstreicht.

**Beispiel:** 0,80 m = 0,8 m  
0,700 km = 0,70 km = 0,7 km

**Gleichnamigmachen:** Man macht Zehnerbrüche gleichnamig, indem man sie auf die gleiche Stellenzahl erweitert.

**Beispiel:** 2,3 = 2,300 oder 0,50 = 0,500  
4,36 = 4,360 4,6 = 4,600  
70,5 = 70,500 17,335 = 17,335  
3,375 = 3,375 284,32 = 284,320

Zehntel und Hundertstel sind zu Tausendsteln erweitert.

**Übung:** Mache gleichnamig:

0,3 und 0,84 0,4 und 15,26  
0,9 und 0,683 0,7 und 12,367  
234,7 und 2,38 und 16,048 0,2 und 2,468 und 13,06  
3,25 und 14,7 und 0,775 15,75 und 3,2 und 23,7775

**Abrunden:** Benannte dezimale Zahlenwerte werden immer durch eine bestimmte Anzahl der Dezimalstellen ausgedrückt.

**DM** (Deutsche Mark), **m** (Meter), **hl** (Hektoliter), **dz** (Doppelzentner) sind **hundertteilig** und haben darum **2 Stellen**:  
20,45 DM 3,58 m 2,75 hl 5,25 dz

**km** (Kilometer), **kg** (Kilogramm), **t** (Tonne) sind **tausendteilig** und haben **drei Stellen**:

0,750 km 3,875 kg 10,125 t

**Ergeben sich bei einer Ausrechnung mehr als die Normalstellen, so rundet man ab, indem man die übrigen Stellen abstreicht. Die letzte Normalstelle wird immer um 1 erhöht, wenn die erste abgestrichene Ziffer eine 5, 6, 7, 8 oder 9 ist.**

2,271 DM = 2,27 DM 4,157 m = 4,16 m

Selbstverständlich können auch unbenannte Dezimalzahlen auf eine bestimmte Stellenzahl abgerundet werden.

**Übung:** Runde ab:

4,216 DM 0,741 hl 3,059 m 4,162 dz  
26,0405 DM 3,276 hl 20,9065 m 7,808 dz  
12,6352 km 0,4567 kg 20,3045 t  
0,5604 km 9,4389 kg 7,56372 t  
6,9999 km 14,5996 kg 12,0397 t

## Lösungen zu den Fragen und Aufgaben aus dem Unterrichtsstoff

### I. Fernmeldebau

- Zu 1. Bei unseren FM-Bauarbeiten können wir zusammentreffen mit
- St-Ortsnetz-Freileitungen,
  - St-Überland-Freileitungen,
  - St-Kabelanlagen,
  - elektrischen Bahnanlagen und
  - St-Leitungen (Rohrdrähte, kabelähnliche Leitungen und dgl.) in Gebäuden.
- Zu 2. Durch Überlastung der St-Kabel können Kabelbrände entstehen, die an den K- und N-Stellen unsere FM-Kabel gefährden. Außerdem können bei Erdarbeiten durch Hackenhiebe usw. die St- bzw. die FM-Kabel beschädigt werden.
- Zu 3. Eine gerissene oder zu tief herabhängende St-Freileitung kann an einer K- oder auch an einer N-Stelle mit einer FM-Freileitung in Berührung kommen, so daß der FM-Draht Fremdspannung erhält. Die Fremdspannung kann auch durch eine dritte Leitung in unsere FM-Freileitung gelangen. Dieser Fall tritt ein, wenn z. B. eine gerissene Antenne eine St- und FM-Freileitung in einem Spannungsfeld überkreuzt und beide Freileitungen gleichzeitig berührt. Außerdem können Fremdspannungen von den St-Überland-Freileitungen durch Fernwirkung (Induktion, Influenz) auf unsere FM-Anlagen — also ohne unmittelbare Berührung — übertragen werden.
- Zu 4. Merkmale des „erhöht sicheren“ Baues einer St-Freileitung mit einer Betriebsspannung unter 250 Volt gegen Erde sind folgende:
- Holzmasten müssen imprägniert oder in der Fäulniszone mit Holzschutzbandagen geschützt sein.
  - Je größer die Spannweite des K-Feldes, desto größer muß auch der Querschnitt der St-Leitungen sein.
  - Auf Zug beanspruchte Isolatorstützen müssen gegen Herausziehen als durchgehende Stützen mit Unterlegscheibe und Mutter ausgebildet sein.
  - Im K-Feld ist höchstens ein Verbinder je Leitung zugelassen.
  - Bei einer Spannweite **über 50 m** im Kreuzungsfeld dürfen bei Verwendung von Holzmasten nur A-Masten eingebaut werden. Außerdem sind die St-Leitungen abzuspannen.
- Zu 5. An den Kreuzungsstellen sind zwischen St- und FM-Freileitungen folgende Abstände in senkrechter Richtung einzuhalten:
- Bei Betriebsspannungen bis 250 Volt gegen Erde
    - von Fernmeldedrähten und Luftkabeln mind. 1 m
    - von Schlauchleitungen mit Zugentlastung mind. 0,5 m
  - bei Betriebsspannungen von 250 Volt bis 1000 Volt gegen Erde mind. 1,5 m
  - bei Betriebsspannungen von 1 kV und darüber mind. 2 m
- Zu 6. Bei Gefahrstellen zwischen St- und FM-Kabeln ist das jeweils höher gelegene Kabel gegen mechanische Beschädigung durch Abdecken mit Kabelschutzhauben, Kabelschutzseisen oder dgl. zu schützen. Gegen Wärmeeinwirkungen sind Schutzvorkehrungen nur dann erforderlich, wenn der Abstand der beiden Kabel weniger als 0,3 m beträgt. Das FM-Kabel ist dann durch Verwendung von Kabelschutzhauben und Ziegelsteinen zu schützen.

### II. Elektrotechnik

#### a) Beantwortung der Fragen.

- Unter fließender Elektrizität versteht man den ständigen Fluß der Elektronen in einem Stromkreis, wobei die Elektronen durch eine dauernde Spannung immer in Bewegung gehalten werden.
- Die Spannung ist der Druck, der die Elektronen durch den Leiter treibt. Sie wird in Volt (V) gemessen.
- Der elektrische Strom ist eine Bewegung von freien Elektronen, die in einer Richtung fließen. Seine Einheit ist das Ampere (A).
- Der Widerstand ist die Hemmung, die sich dem Durchfließen des elektrischen Stromes entgegenstemmt. Seine Einheit ist das Ohm ( $\Omega$ ).
- Die Elektromotorische Kraft (EMK oder  $E$ ) ist die **Gesamtspannung** oder der gesamte „Druck“, die innerhalb einer Stromquelle entsteht. Sie wird ebenfalls wie die Spannung  $U$  in Volt (V) gemessen.
- Der Widerstand eines Leiters ist hauptsächlich von der Art des Werkstoffes, dem Querschnitt  $F$  in  $\text{mm}^2$  und der Länge  $l$  in m abhängig. In geringem Maße wird er auch von der Temperatur beeinflusst.
- Der Widerstand eines Leiters von  $1 \text{ mm}^2$  Querschnitt und 1 m Länge heißt Einheitswiderstand oder spezifischer Widerstand. Man bezeichnet ihn mit dem griechischen Buchstaben  $\rho$  (sprich „Rho“).
- Nach dem Reichsgesetz ist ein Ohm der Widerstand eines Quecksilberfadens von 106,3 cm Länge und  $1 \text{ mm}^2$  Querschnitt bei  $0^\circ$  Celsius.
- Das Ohmsche Gesetz lautet: In einem geschlossenen Stromkreis ist die Stromstärke gleich der Spannung geteilt durch den Widerstand. Als Formel geschrieben:

$$I = \frac{U}{R} \text{ oder auch } U = I \times R \text{ oder } R = \frac{U}{I}$$

#### b) Lösung der Aufgaben.

1. **Gegeben:** Ein Draht mit  $d = 0,9 \text{ mm}$

$$\text{Radius } r = \frac{d}{2} = \frac{0,9}{2} = 0,45 \text{ mm}$$

**Gesucht:**  $F$  in  $\text{mm}^2 = ?$

$$\begin{aligned} \text{Lösung: } F &= \pi \times r^2 = \pi \times r \times r \\ &= 3,14 \times 0,45 \times 0,45 \\ &= 3,14 \times 0,2025 = 0,636 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

**Antwort:**  $F = 0,636 \text{ mm}^2$

2. **Gegeben:** Kabelader aus Kupfer;  $d = 0,6 \text{ mm}$

$$r = \frac{d}{2} = \frac{0,6}{2} = 0,3 \text{ mm}$$

$$l = 1000 \text{ m}$$

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

**Gesucht:**  $R = ?$

$$\text{Lösung: } R = \frac{\rho \times l}{F}$$

Zunächst Querschnitt  $F$  berechnen:

$$\begin{aligned} F &= \pi \times r^2 = \pi \times r \times r = 3,14 \times 0,3 \times 0,3; \\ F &= 3,14 \times 0,09 = 0,283 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$R = \frac{0,017 \times 1000}{0,283} = \frac{17}{0,283} = 60,07 \Omega$$

**Antwort:**  $R = 60,07 \Omega$

3. Gegeben: Stahldraht  $d = 2 \text{ mm}$ ;  $r = \frac{d}{2} = 1 \text{ mm}$

$$R = 83 \, \Omega, \varrho = 0,13 \text{ (aus Tabelle 1)}$$

Gesucht:  $l$  in m = ?

$$\text{Lösung: } l = \frac{F \times R}{\varrho} \text{ in m}$$

Zunächst Querschnitt  $F$  berechnen:

$$F = \pi \times r^2 = \pi \times r \times r = 3,14 \times 1 \times 1;$$

$$F = 3,14 \times 1 = 3,14 \text{ mm}^2$$

$$l = \frac{3,14 \times 83}{0,13} = \frac{260,62}{0,13} = 2004,77 \text{ m (Einzelleitung)}$$

Antwort: Die Länge der oberirdischen Freileitung (Doppelleitung) beträgt  $l = 1\,002,39 \text{ m}$  (abgerundet).

4. Gegeben:  $U = 12 \text{ Volt}$ ,  $I = 2 \text{ Ampere}$

Gesucht:  $R = ?$

$$\text{Lösung: } R = \frac{U}{I} = \frac{12}{2} = 6 \text{ Ohm}$$

Antwort:  $R = 6 \, \Omega$

5. Gegeben:  $U = 1,5 \text{ Volt}$ ,  $I = 0,040 \text{ Ampere}$

Gesucht:  $R = ?$

$$\text{Lösung: } R = \frac{U}{I} = \frac{1,5}{0,040} = 37,5 \text{ Ohm}$$

Antwort: Der Widerstand des OB-Mikrophons beträgt **37,5 Ohm**.

6. Gegeben:  $R = 4 \text{ Ohm}$ ,  $I = 5 \text{ Ampere}$

Gesucht:  $U = ?$

$$\text{Lösung: } U = I \times R = 5 \times 4 = 20 \text{ V}$$

Antwort: Die Spannung  $U$  beträgt **20 Volt**.

7. Gegeben:  $R = 120 \text{ Ohm}$ ,  $U = 60 \text{ Volt}$

Gesucht:  $I = ?$

$$\text{Lösung: } I = \frac{U}{R} = \frac{60}{120} = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ A}$$

Antwort: Der Strom ist **0,5 Ampere** stark.

8. Gegeben:  $R = 440 \, \Omega$ ,  $I = 0,5 \text{ A}$

Gesucht:  $U = ?$

$$\text{Lösung: } U = I \times R = 0,5 \times 440 = 220 \text{ V}$$

Antwort: Die Glühlampe ist an eine Spannung von **220 Volt** angeschlossen.