

Die Benutzung der drahtlosen Telegraphie in Flugzeugen¹.

Von Friedrich Moeller in Berlin-Tempelhof.

Erst die zahlreichen Sicherungen, die durch die neueste Entwicklung des Funkwesens innerhalb weniger Jahre für das Flugzeug in technischer Vollendung bereitgestellt worden sind, haben die Durchführung der heutigen Flugpläne und die zuverlässige Führung der Flugzeuge an seinen Bestimmungsort fast bei jedem Wetter ermöglicht. Der gefährlichste Feind des die Landung beabsichtigenden Flugzeuges, der Bodennebel, der den Flugplatz schon in geringer Höhe über dem Boden unsichtbar macht, hat seine Schrecken fast völlig verloren; das sog. „Blindlanden“ wird in einiger Zeit genau so selbstverständlich geworden sein, wie es der Blindflug schon seit einigen Jahren ist. Die Verfahren, die in der Flug-Funktechnik benutzt werden, sollen im folgenden zusammenfassend erläutert werden. Zunächst seien die physikalischen Grundlagen, verbunden mit einer kurzen geschichtlichen Darstellung ihrer Entwicklung, behandelt; im darauf folgenden technischen Teil sollen dann der technische Auf- und Einbau der Geräte und ihre praktische Handhabung beschrieben werden; zum Schluß sind noch einige Versuche angegeben, die insbesondere die Grundlagen des Peilverfahrens erläutern sollen und keine großen Mittel erfordern.

Das Anwendungsgebiet der drahtlosen Telegraphie im Flugwesen kann in 3 Teile unterteilt werden: 1. Der Funkpeildienst zur Feststellung des Flugzeug-Standortes und zur Sicherung der Landung bei Nebel. 2. Der dienstliche Nachrichtenverkehr mit dem Flugzeug, der hauptsächlich Wetternachrichten enthält. 3. Der Nachrichtenverkehr (Telegramme), der den Fluggästen ermöglicht wird. — Beiläufig sei bemerkt, daß aller Flugnachrichtenverkehr in ganz Europa nur telegraphisch (durch Morsezeichen) erfolgt; Telephonie wird nicht benutzt, da sie erstens ein viel zu breites Frequenzband erfordert und sprachlich einen wesentlich langsameren Verkehr ermöglichen würde. — Physikalisch weitaus am anziehendsten und im praktischen Flugdienst am wichtigsten ist das Funkpeilen. Die Funkapparate, die für den Nachrichtendienst benutzt werden, unterscheiden sich nicht wesentlich von den Funkgeräten, die zur Verbindung zwischen Bodenstationen Verwendung finden; soweit Abweichungen vorhanden sind, sollen sie an geeigneter Stelle kurz erwähnt werden. Die Peilgeräte unterscheiden sich wesentlich von den übrigen Funkapparaten und finden auch nur zum Zwecke des Peilens Verwendung; der Beschreibung ihrer Wirksamkeit und ihres Aufbaus wird der Hauptteil dieser Ausführungen gewidmet sein.

Die Bezeichnung „Peilen“ ist wohl der Nautik entnommen und bedeutet ursprünglich die Festlegung des Schiffsortes durch Anvisieren (Anpeilen) von 2 Landmarken *A* und *B* mittels optischer Apparate vom Schiff aus (s. Fig. 1). Die Anpeilung einer einzigen Landmarke und ihre Richtlegung mittels des Kompasses ergibt die sog. Standlinie, die Kreuzung zweier Standlinien (= Kreuzpeilung) den Ort des Schiffes. Die Entfernung der beiden Landmarken voneinander muß bekannt sein, wenn der Schiffsort errechnet werden soll; in der Regel wird aber nach Festlegung der beiden Standlinien der Schiffsort auf der Seekarte gefunden. Man unterscheidet zweierlei Arten der Peilung: Die Eigenpeilung, wie sie eben beschrieben wurde,

¹ Zusammenfassender Vortrag mit Versuchen, gehalten im Herbstferienlehrgang 1935 der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht in Berlin.

setzt das Anpeilen der Landmarken vom Schiff aus voraus; eine Fremdpeilung findet dann statt, wenn die Besatzung der Landmarken-Stationen die Anpeilung des Schiffes vornimmt. In diesem Falle muß eine der beiden Landstationen die ihr zugeeignete Standlinie der anderen mitteilen, worauf diese die Eintragung beider Standlinien auf der Karte vornimmt und dem Schiff durch Signale das Ergebnis meldet. Bei optischen Verfahren findet die Fremdpeilung wohl kaum Anwendung.

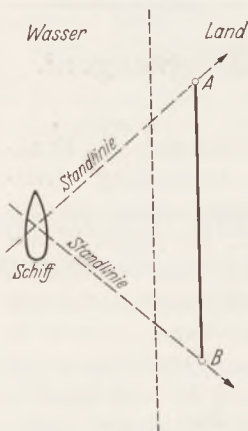


Fig. 1.
Optische Kreuzpeilung.

Bei der Funkpeilung wird das optische Gerät durch den Funkpeiler ersetzt; die Landmarken sind entweder wegen Nebels nicht sichtbar oder gewöhnlich so weit entfernt, daß sie unter dem Horizont liegen. Funkpeilung auf Schiffen geschieht in der Regel im Bereiche bis zu 20 Seemeilen, seltener bis zu 100 Seemeilen (also etwa 185 km); Funkpeilung von oder auf Flugzeugen in der Regel zwischen 30 bis 100 km, bei Nebel aber bei weit geringeren Entfernungen (vgl. S. 63). In Ausnahmefällen findet aber auch eine Funkpeilung auf viele 100 Seemeilen statt, wobei für die Auswertung besondere Verfahren Platz greifen

müssen. Besonders bekannt geworden ist die erste derartige Funkpeilung auf weite Entfernungen während der Überführungsfahrt des Zeppelinluftschiffes LZ 126 (die jetzige Los Angeles) nach Amerika 1924. — Bei Flügen innerhalb kleinerer Entfernungen, z. B. innerhalb unseres Kontinents, benutzen die Flugzeuge in der Regel Fremdpeilung aus Gründen, die noch erörtert werden; jedoch findet in besonderen Fällen auch Eigenpeilung statt, z. B. bei sog. Zielfahrten; in absehbarer Zeit wird vielleicht die Eigenpeilung vorherrschend werden. — Eine besondere Art des Zielflugs

bildet das Anfliegen von sog. Funkbaken, die bei Nebel die Richtung des Flugplatzes kennzeichnen und auf dem Platz aufgestellt sind. Hierbei handelt es sich um Eigenpeilung, wenn der Ausdruck Peilung überhaupt noch anwendbar ist. — Es sollen nun die physikalischen Grundlagen, auf denen der Peilvorgang beruht, behandelt werden.

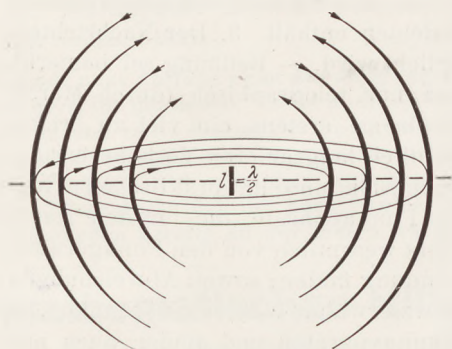


Fig. 2. Magnetische und elektrische Feldlinien um einen Dipol.

Physikalische Grundlagen der Peilverfahren.

Seit Veröffentlichung der grundlegenden Arbeiten von HEINRICH HERTZ ist bekannt, daß ein elektrische Schwingungen ausführender gerader Leiter (Dipol) strahlt; die Strahlung breitet sich auf einer Kugelfläche aus (Fig. 2)¹. Die Intensität der Strahlung ist in der Äquatorebene am größten, sie nimmt nach den Polen zu ab und ist an den Polen selbst gleich Null; in Richtung des Dipols nach oben und unten findet also keine Strahlung statt. Elektrische (Meridianrichtung) und magnetische (Breitenparallele) Felder stehen aufeinander senkrecht und haben fern vom Strahler im gleichen Raumpunkt zu gleichen Zeiten ihren Amplitudenwert, sind also gleichphasig. (In Fig. 2 sind für die magnetische Kraft nur die Äquatoralfeldlinien gezeichnet). — Die direkte Induktion des Strahlers wird nur in seiner Nähe merklich, in

¹ Über die Strahlungserscheinungen finden sich ausführlichere Angaben in dem sehr lesenswerten Buche: F. KIEBITZ, Drahtlose Telegraphie und Telephonie. Bücherei der Volkshochschule, Bd. 51; Velhagen und Klasing 1924. Preis RM 1,50.

der Entfernung $\frac{l}{\pi}$ (l = Länge des Strahlers) sind direkte und Strahlungsinduktion bereits gleich groß, und schon in der Entfernung einer Wellenlänge $= 2l$ ist wesentlich nur noch die Strahlwirkung maßgebend. Durch die Strahlung verliert der Strahler im Verlaufe jeder einzelnen Schwingung elektrische Energie, die ihm daher fortlaufend neu zugeführt werden muß, wenn seine Schwingungen in gleicher Amplitude erhalten bleiben sollen. Die Strahlung übernimmt durchaus die Rolle eines Wirkwiderstandes, der sich in Ohm ausdrücken läßt; er beträgt bei einem Dipol 73,2 Ohm, ein Widerstand, der in die Mitte des Strahlers eingeschaltet zu denken ist. Der Strahlwiderstand ist der Nutzwiderstand des Senders; hinzu kommen (leider) eine Reihe anderer Wirkwiderstände, die reine Verluste bewirken und den „Wirkungsgrad“ des Senders erheblich herabsetzen. — Die Länge des Dipols in Bezug auf seinen Strahlwiderstand ist gleichgültig; Voraussetzung ist nur, daß der Leiter in der Frequenz schwingt, die seiner Länge, gleich der halben Wellenlänge, zugeordnet ist. Sobald diese Bedingung nicht mehr erfüllt ist, wird der Strahlwiderstand kleiner; alle sog. „Verlängerungsmittel“ der Wellenlänge setzen daher den Strahlwiderstand des Leiters und mithin die Strahlung herab. Handelt es sich z. B. um strahlende Gebilde nach Fig. 26, so geschieht zwar die Ausbreitung der Strahlung wieder kugelförmig, aber die Intensität der Strahlung (gleiche Erregung vorausgesetzt) ist kleiner, die Wellenlänge größer geworden.

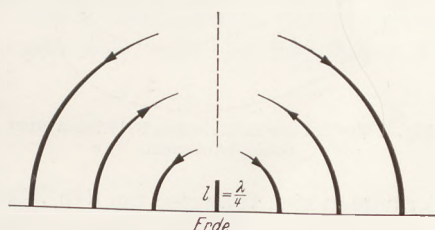


Fig. 3. Elektrische Feldlinien eines geerdeten Strahlers.

Die Richtung der elektrischen und magnetischen Felder im Raum in Bezug auf den Kugelmittelpunkt (= Mitte des Strahlers) bleibt erhalten. Läßt sich daher durch irgendwelche Mittel die Richtung des Feldes festlegen, so kann daraus auch die Richtung, in welcher der Strahler sich befindet, bestimmt werden; es ergibt sich bei einer einzigen Peilung die Standlinie für den Strahler.

Die Erzeugung genügend hoher Frequenzen und die Erregung kurzer Dipole, deren Abmessungen noch räumlich zu beherrschen waren, hat lange Zeit große Schwierigkeiten gemacht. Man ging zunächst zu längeren Wellen über und setzte damit die Strahlfähigkeit der Luftleiter herab; es kam aber in gewisser Hinsicht die Erscheinung zu Hilfe, daß die Erde als verhältnismäßig guter Leiter wirkt. — Legt man durch einen Dipol in seiner Äquatorialebene eine ideal leitende Fläche, so ändert sich an dem Verlauf des Feldlinienbildes nichts, die Kugelflächen oberhalb und unterhalb der leitenden Flächen bleiben erhalten. Die elektrischen Feldlinien stehen senkrecht auf der Fläche, die magnetischen Feldlinien verlaufen in Kreisen um den Fußpunkt herum, der ebenso wie die leitende Fläche das elektrische Potential Null hat. Wird (Fig. 3) die untere Hälfte des Dipols abgeschnitten, die obere Hälfte an Erde gelegt, so ergibt sich das Ausbreitungsbild einer Halbkugel; die Wellenlänge λ , die der Leiter ausstrahlt, beträgt jetzt $4l$, wenn l die Länge des geerdeten Leiters ist; die Wellenlänge hat sich bei gleicher Länge des Strahlers verdoppelt. Man erhält also durch „Erden“ des Leiters eine kleinere Schwingungsfrequenz, die noch herabgesetzt wird, wenn Spulen zwischen den Fußpunkt des Leiters und die „Erde“ geschaltet werden.

Tatsächlich ist die Erde kein sehr guter Leiter (insbesondere nicht die Erdoberfläche), so daß sich im Ausbreitungsbilde geringe Fehler ergeben, die sich besonders bemerkbar machen, wenn die Erdoberfläche inhomogen ist; langgestreckte Grenzen zwischen Land und Wasser können große Fehler verursachen. Normalerweise lassen sich aber die magnetischen Feldlinien als Kreise um den Leiter, d. h. um das Antennengebilde, die elektrischen Feldlinien als senkrecht auf der Erdoberfläche stehend ansehen. Die Erdung geschieht stets durch Auslegung eines genügend großen Drahtnetzes in der Erde, so daß der schädliche Übergangswiderstand hinreichend klein

bleibt. Auf Schiffen ist die Erdung sehr einfach, indem der Fußpunkt der Apparatur mit dem eisernen Schiffskörper verbunden wird, das Meerwasser stellt nahezu einen idealen Leiter dar; der schädliche Übergangswiderstand Schiff $\rightarrow$ Wasser ist wegen der großen berührenden Oberfläche gleich Null zu setzen. — In Flugzeugen ist eine Erdung nicht möglich; man benutzt den Metallkörper (Aluminium) des Flugzeugs als „Gegengewicht“, d. h. man verbindet den Fußpunkt der schwingenden Appa-

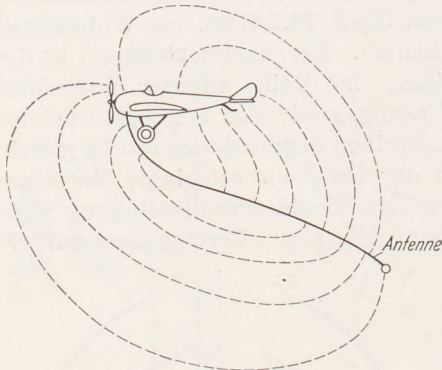


Fig. 4. Verlauf der elektrischen Feldlinien einer Schleppantenne.

ratur mit dem Flugzeugkörper. Als Strahldraht (Antenne) wird in der Regel die Schleppantenne benutzt, die erst während der Fluges in genügender Höhe über dem Erdboden herabgelassen werden kann, ihre Länge beträgt etwa 70 m. Die Antenne hängt infolge des Fahrwindes während des Fluges nicht senkrecht abwärts, sondern nimmt eine Schräglage an (Fig. 4: Schräglage weit stärker als gezeichnet), so daß die Feldlinien in Bezug auf die Richtung zum Erdboden ebenfalls eine geneigte (verkehrte) Richtung besitzen müssen; hierdurch ergeben sich beim Peilen Fehler, wie später näher erörtert wird. Außerdem ist die leitende Oberfläche des Flugzeugkörpers nicht groß genug; die elektrischen Feldlinien z. B. krümmen sich teilweise um den Körper herum und behalten bei der Strahlung natürlich ebenfalls diese falsche Richtung (vgl. noch S. 57). Aus diesen Gründen und weil außerdem nahe den Flugplätzen die Schleppantenne wegen Berührungsgefahr mit bodennahen Gegenständen nicht gebraucht werden kann, ist über dem Flugzeug in geringer Höhe vom Körper (bis 2 m) eine Hilfsantenne angebracht (vgl. Fig. 18), welche die erwähnten Fehler in unschädlichem Maße aufweist. Sie strahlt allerdings in weit geringerer Intensität, was jedoch kaum schadet, da sie nur nahe dem Flugzeug-Landeplatz Verwendung findet. Die Feldlinien dieser Antenne nehmen die zur Erdoberfläche richtige Lage an, so daß sie stets zum Peilen brauchbar werden.

Die älteren Peilverfahren finden heute keine Verwendung mehr, sie müssen jedoch hier wenigstens eine kurze geschichtliche Würdigung erhalten, weil bei ihrer Entwicklung wichtige Vorarbeit geleistet worden ist. Ihre schon vor dem Kriege vielfach fruchtbare Verwendung (im Kriege über See und an der Ostfront) knüpft sich neben anderen an die Namen KIEBITZ und SCHELLER; die Italiener BELLINI und TOSI haben ebenfalls brauchbare Geräte konstruiert, die das gleiche Prinzip benutzen.

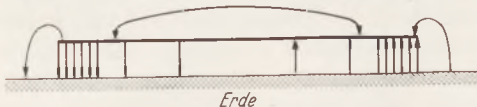


Fig. 5. Dipol als Erdantenne.

Wird ein Dipol nicht senkrecht zur Erdoberfläche, sondern waagrecht zu ihr ausgestreckt (Fig. 5), so ändern sich die Ausstrahlungsrichtungen sowohl wie die physikalischen Verhältnisse am Strahldraht völlig. Die Entfernung des Drahtes von der Erde soll klein sein gegenüber der Länge des ausgestreckten Drahtes; man benutzte Drahtlängen von einigen hundert Metern, die Entfernung des Drahtes von der Erde betrug nicht mehr als 2 m; solche Strahler haben den Namen „Erdantennen“ erhalten. Die Erdantennen können keine elektrischen Feldlinien (wie sie es in freiem Zustande tun würden) parallel zu sich selbst und zur Erdoberfläche ausbilden, weil die Erde ein Leiter ist. Es bildet sich daher ein Zustand aus, wie er in Fig. 5 angegeben ist; elektrische Felder bestehen wesentlich nur an den Leitenden, wo sie wiederum senkrecht auf der Erdoberfläche stehen; die Phasen der Felder sind in jedem Augenblick einander entgegengesetzt und die Felder selbst von gleicher Größe, sie wirken daher gewissermaßen wie Felder zweier Sender gleicher Leistung, die aber in entgegengesetzter Phase schwingen. Wird eine Empfänger-

antenne irgendwo in einer zum Strahler senkrechten Richtung aufgespannt, wobei ihre Entfernung vom Sender groß sein muß gegenüber der Wellenlänge, so ist ein Empfang nicht möglich, weil die Erregungen stets von beiden Sendepolen entgegengesetzt in gleicher Größe erfolgen; in den beiden Längenrichtungen des Senders dagegen muß der Empfang am besten sein. Beträgt die Entfernung des Senders vom Empfänger ein Vielfaches der Wellenlänge, so können (Fig. 6) die beiden Richtungen von den strahlenden Enden der Erdantenne zum Empfänger als untereinander parallel angesehen werden; es ist dann l' ein Maß der Phasenverschiebung der beiden Strahlungen gegeneinander, und die Erregungsamplitude im Empfänger ist durch die einfache Beziehung gegeben:

$$I = 2 I_{\max} \cos \alpha.$$

$I_{\max}$ ist dabei die Amplitude, mit welcher der Empfänger schwingen würde, wenn er nur durch einen Pol des Senders erregt würde. Das Polardiagramm der Erregung nach dieser Formel ist in Fig. 7 dargestellt; es ergibt sich, wenn der Empfänger E , der selbst keine Richtwirkung haben darf, den fernen Sender in gleichbleibendem Abstand umfährt. Das Minimum der Erregung ist danach außerordentlich scharf ausgeprägt; es zeigt eine sehr bestimmt festzustellende Richtung an, während das Maximum sehr breit und praktisch mit genügender Schärfe nicht anzugeben ist. Soll ein Erdantennen-Sender eine Richtung festlegen, die durch einen Empfänger festgestellt wird, so muß sie in die Gerade fallen, die von der Mittelsenkrechten des Strahlers gebildet wird. — Einen „Leitstrahlsender“, der auf diesem

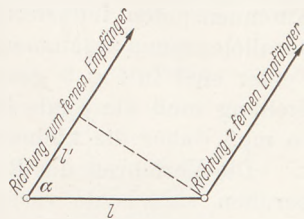


Fig. 6. Bestimmung des Strahlungsfeldes einer Erdantenne.

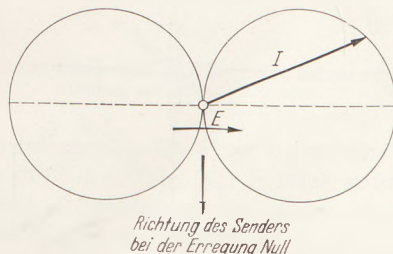


Fig. 7. Intensitätsdiagramm eines Erdantennensenders.

Prinzip beruht, haben F. KIEBITZ und O. SCHELLER angegeben (Fig. 8). Werden zwei Sender S_1 und S_2 in der angegebenen Richtung aufgestellt, so fallen die zugehörigen Minima — völliges Schweigen tritt niemals ein — in die Richtung N_1 bzw. N_2 . Wird nun der eine Sender S_1 mit dem Buchstaben **a** (Morsezeichen — · —), der andere S_2 mit **n** (— · —) moduliert, und zwar so, daß beide Zeichen wechselweise gesendet werden und sich überlappen, so wird man in einem kleinen Raume zwischen den beiden Normalen einen schwachen Dauerstrich hören, weil beide Zeichen gleich laut hörbar sind. Links wird das Zeichen **a** lauter hörbar sein als das Zeichen **n**, rechts ist es umgekehrt. Das Verfahren ist so scharf ausgebildet worden, daß sich Winkel von etwa 5° auf diese Weise festlegen ließen, allerdings eine Forderung, die heute nicht mehr genügt. Der Beginn der Versuche mit Erdantennenrichtstrahlern fällt etwa in das Jahr 1912, sie wurden in der Schifffahrt benutzt, um z. B. ein Fahrwasser zu kennzeichnen; der keine Richtwirkung zeigende Empfänger auf dem Schiff wirkte gewissermaßen als Eigenpeiler.

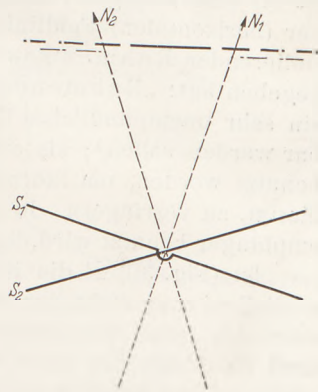


Fig. 8. Richtstrahlsender mit Wechsellastung.

Die Erdantennen wurden auch als Richtempfänger ausgebildet (KIEBITZ); BELLINI und TOSI haben hierfür eine verhältnismäßig einfache Anordnung gefunden. Ebenso wie als Sender legen die Erdantennen auch als Empfänger eine Richtung (= Längenrichtung) fest, in welche ihr Empfangsminimum fällt; senkrecht zu dieser liegt dann das breite Empfangsmaximum. Zwei Erdantennen E_1 und E_2 (Fig. 9) werden zueinander senkrecht aufgespannt und in ihren Mitten mit Spulen versehen, die genau gleich groß sein

müssen (wie auch die Abmessungen der Antennen); in den beiden E -Spulen ist drehbar eine dritte Spule D angeordnet, an die über den Detektor der Fernhörer angeschlossen ist. Es soll die Richtung eines fernen Senders bestimmt werden, der bei seiner Strahlung selbst keine Richtung bevorzugen darf. Die Spule D wird von beiden Antennenspulen induziert, und die Induktionsfelder setzen sich nach dem Kräfteparallelogramm zusammen. Die Detektorspule D und die sie induzierenden magnetischen Felder sind in Fig. 9 gesondert noch einmal für sich gezeichnet; in der angegebenen Stellung muß die Spule D maximal induziert sein; wird sie senkrecht dazu gedreht, so muß daher die kleinste Wirkung der beiden Antennenspulen vorhanden sein.

Die Verfahren der Richtbestimmung, die auf den Eigenschaften der Erdantennen beruhen, sind heute verlassen worden; sie sind räumlich und technisch umständlich und ergeben auch nicht die Genauigkeit der Richtbestimmung, die heute gefordert

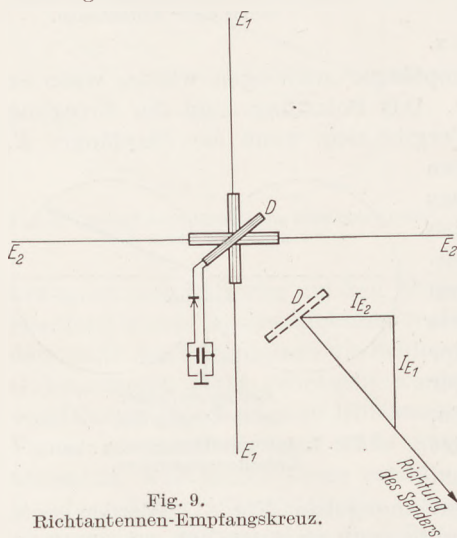


Fig. 9.
Richtantennen-Empfängerkreuz.

wird; auf Flugzeugen wären sie ohnehin nicht anwendbar gewesen. Die vordem ungeahnte Steigerung der Empfindlichkeit der Empfänger mittels der Elektronenröhre hat die Möglichkeit gegeben, ein anderes Verfahren zu größter Zuverlässigkeit auszubauen.

Ein Luftdraht benutzt zur Erregung der Resonanzschwingungen das elektrische Strahlungsfeld des fernen Senders; da die elektrischen Feldlinien stets auf der Erdoberfläche senkrecht stehen, ist nur der Teil der Empfangsantenne empfangswirksam, der in Richtung der Vertikalen verläuft. Es läßt sich aber auch das magnetische Feld des Senders für den Empfang ausnutzen, wenn es die Spulenfläche durchsetzt und auf diese Weise in den Windungen der Spule Spannungen induziert; auch diese Spannungen können nur dann wirksam

sein, wenn der Kreis auf die Sendewelle abgestimmt wird. Wird die Fläche des Rahmens genügend groß, die Windungszahl klein gewählt — für den besonderen Zweck ist oft eine einzige Windung am besten —, so gelingt es, die Richtung des Verlaufs der (horizontalen) Feldlinien sehr genau zu bestimmen. Die Spule ist stets auf einen isolierenden Rahmen gewickelt, ein Verfahren, das diesem Richtempfänger den Namen gegeben hat: „Rahmenempfänger“. — Gegenüber der Hochantenne ist der Rahmen ein sehr unempfindliches Empfangsmittel, sobald seine Dimensionen praktisch brauchbar werden sollen¹; als ortsfeste Anlage in großen Abmessungen ist er bereits früher benutzt worden, um Störungen von anderen Sendern aus Richtungen, die er vernachlässigt, zu verringern. In den kleinen Formen, in denen der Rahmen heute als Richtempfänger benutzt wird, ist seine Verwendung erst durch die Röhre möglich geworden².

Ist (Fig. 30) F die Fläche des Rahmens, welche die Rahmenwindungen W umschließen, und steht der Sender in einer der angegebenen Pfeilrichtungen, so durchsetzt das ferne magnetische Feld des Senders die Fläche senkrecht, seine Wirkung muß ein Maximum sein; die Feldlinien in weiter Entfernung vom Sender, der keine Richtwirkung haben darf, können als geradlinig angesehen werden. Wird der Rahmen

¹ Über diese Theorie kann hier aus Raumangel nichts Näheres gesagt werden. Es sei aber bemerkt, daß die in einer Hochantenne durch das Feld induzierte Spannung gegeben ist durch den Ausdruck $U = h E$. E ist der Effektivwert der Feldstärke, h die Höhe der Antenne in Zentimetern. Beim Rahmen tritt für h der Ausdruck $h = 2\pi w F/\lambda$ ein, wo w die Windungszahl des Rahmens, F seine Fläche und λ die Wellenlänge ist; bei beiden letzteren ist das Maß für die Rechnung das Zentimeter. Vgl. F. F. MARTENS: Hochfrequenztechnik. Braunschweig: Friedr. Vieweg 1925, S. 103 u. 123.

² Um die praktische Durchbildung des Rahmenempfangs hat sich der Telefunkeningenieur LEIB große Verdienste erworben.

um 90° gedreht, so ist die Induktionswirkung Null, oder praktisch, da sich allerlei Fehler bemerkbar machen (vgl. S. 68), ein Minimum; der Übergang der Induktionswirkung vom Maximum zum Minimum sei etwas näher erläutert.

Der Rahmen ist ebenso wie die Erdantenne ein Minimumanzeiger (Fig. 10). Liegt der ferne Sender in der bezeichneten Richtung, und ist der Rahmen um 360° drehbar, so ist die Intensität seiner Erregung durch das magnetische Feld des fernen Senders durch den Fahrstrahl I dargestellt, dessen Größe aus der Gleichung gegeben ist:

$$I = I_{\max} \sin \varphi.$$

$I_{\max}$ ist die größtmögliche Induzierung, die eintritt, wenn die Rahmenfläche senkrecht zum Feldverlauf steht, was bei seiner Drehung um 360° zweimal der Fall ist. Im Polardiagramm ergeben sich zwei Kreise, von denen der rechte den Grad der Induzierung bei Drehung des Rahmens von 0° bis 180° , der linke das gleiche bei Weiterdrehung des Rahmens von 180° bis 360° anzeigt. Auch für das Minimum ergeben sich zwei Stellungen; sie sind im Gegensatz zu den Maxima außerordentlich scharf ausgeprägt und allein für die Richtbestimmung brauchbar. Die „Standlinie“ des Senders liegt in der Senkrechten zur Rahmenfläche, wenn irgendeines der beiden Minima angezeigt wird. Man erhält nur die Standlinie, der Sender kann sich also auf der einen oder anderen Seite des Rahmens befinden; es ist einstweilen nicht anzugeben, auf welcher der beiden Seiten der Sender aufgestellt ist.

Um die „Seitenbestimmung“ vornehmen zu können, überlagert man der mittels Drehung des Rahmens veränderbaren Erregung des Indikators (Telephon oder Instrument) eine unveränderliche Erregung

(praktisch Hilfsphase genannt), deren Phase so bemessen sein muß, daß die Wirkung der Rahmenerregung in einer Stellung des Rahmens aufgehoben, in seiner um 180° gedrehten Stellung dagegen verstärkt wird; im ersteren Falle sind beide Erregungen um 180° phasenverschoben, im letzteren herrscht Gleichphasigkeit, wobei veränderbare und unveränderbare Amplitude gleich groß sein müssen; wie diese Forderungen praktisch erfüllt werden können, wird später erörtert (vgl. S. 69); im folgenden wird gezeigt, wie diese Bedingungen, sobald sie erfüllt sind, die Erregung des Indikators bei stetiger Drehung des Rahmens beeinflussen. In Fig. 11 geben

wie vorhin die beiden Kreise k die Erregung ohne Hilfsphase an; ihr wird die konstante Erregung K überlagert, welche die genannten Bedingungen erfüllt. Als Resultierende ergibt sich dann eine sog. Herzkurve, die den Verlauf der Intensität I anzeigt; es ist nur noch ein Minimum vorhanden, die Seitenkennung ist jetzt möglich geworden. Das neue Minimum ist flacher als die beiden Minima ohne Hilfsphase und wird daher nicht zur Peilung, sondern nur zur Seitenkennung benutzt. — Wird die Phase der Hilferregung um 180° verschoben, so verschiebt sich auch das Minimum um den gleichen Betrag, woraus die Notwendigkeit folgt, die gesamte Peilanordnung zu eichen und nachher stets in genau gleicher Weise zu benutzen; die Eichung muß einmal an

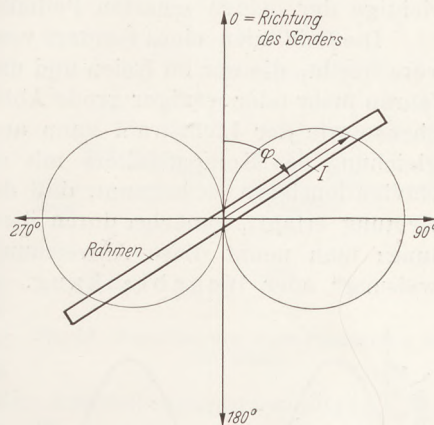


Fig. 10. Intensitätsdiagramm der Induktionswirkung auf einen Rahmen.

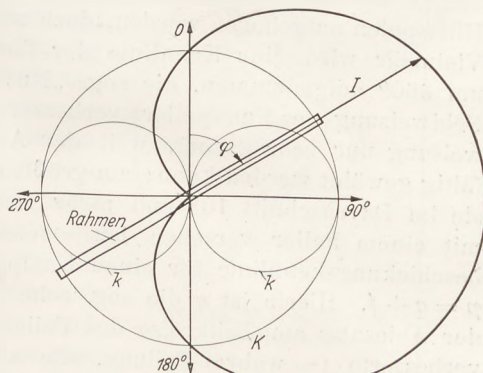


Fig. 11. Wie Fig. 10, in Zusammenwirkung mit einer Hilfsphase.

einem Sender vorgenommen werden, dessen Richtung bekannt ist. — Normalerweise wird die Seitenbestimmung seltener vorgenommen, denn sehr oft ist bekannt, auf welcher Seite der zu peilende Sender (Flugzeug) sich befindet; bei unbekannter Seite wird zuerst die Seitenbestimmung vorgenommen, dann die Hilfseinrichtung (= Luftdrahtkreis; vgl. Fig. 30) abgeschaltet und nun die Peilung vorgenommen, indem das richtige der beiden scharfen Peilminima eingestellt und abgelesen wird.

Die Feldlinien eines Senders verlaufen nicht immer so, wie es die strenge Theorie vorschreibt, die nur im freien und ungestörten Raum genau gültig ist, sondern sie erfahren mehr oder weniger große Ablenkungen, die zu Peilfehlern Veranlassung geben; ebenso wie der Lichtstrahl kann auch der Funkstrahl gebrochen werden; eine Vergleichung des Kompaßpeilers mit dem Funkpeiler ist hier zweckmäßig. Aus der Navigationslehre ist bekannt, daß der Kompaß zweierlei Ablenkungen aus der Nordrichtung erfährt, zunächst durch die Abweichung der Erdfeldlinien aus der N-S-Richtung; man nennt diese Abweichung von der N-S-Richtung bekanntlich die „Mißweisung“ oder Wegablenkung. An Bord des Schiffes erfährt der Kompaß, sich

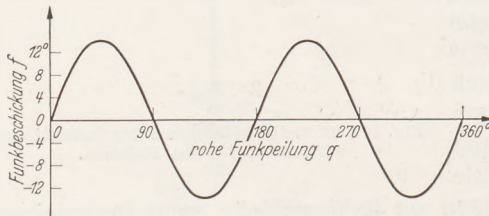


Fig. 12. Umwertung der rohen Funkpeilung q in wahre Funkpeilung $p = q + f$.

selbst überlassen, eine weitere Ablenkung durch die Eisenmassen des Schiffes, die „Deviation“ oder Bordablenkung. Der Mißweisung entspricht die Wegablenkung des Funkpeilers durch Abweichung des Funkstrahls auf seinem geraden Wege vom Sender zum Empfänger, der Deviation die Bordablenkung des Funkpeilers durch den Einfluß von Metallmassen oder auch durch andere Empfänger, die in der Nähe des Peilers sich befinden. Die Bordablenkung des Peilers wird durch Rückstrahlung der Metallmassen hervorgerufen, aus denen der Schiffskörper oder Flugzeugkörper besteht. Die Deviation des Kompasses wird durch Hilfsmagnete, die in seiner Nähe angebracht werden, aufgehoben; die Deviation des Funkpeilers kann ebenfalls durch Hilfsspulen aufgehoben werden, doch wird normalerweise hiervon Abstand genommen. Vielmehr wird eine Kennlinie der Bordablenkung als Funktion der Peilerdrehung um 360° aufgenommen, die sog. „Funkbeschiebungskurve“, nach welcher die Fehlweisung des Funkpeilers verbessert wird. In den Bodenpeilstationen ist die Fehlweisung nur sehr gering, weil der Aufstellungsort des Peilers in der Regel sorgfältig gewählt werden kann; am größten ist die Fehlweisung an Bord von Schiffen, wo sie im Durchschnitt 10° und mehr erreichen kann; an Bord eines Flugzeugs, das mit einem Peiler versehen ist, erreicht die Fehlweisung etwa 6° . — Eine Funkbeschiebungskennlinie für einen Dampfer zeigt Fig. 12. Es besteht die Gleichung: $p = q + f$. Hierin ist q die sog. rohe Funkpeilung, d. h. die Peilung, die sich nach der Ablesung am Teilkreis des Peilers ergibt, f ist der Fehler in Grad und p die verbesserte (= wahre) Peilung, die also die wahre Richtung zum Sender ergibt. Bei den Bodenpeilstationen erhält auch durch Wahl des geeigneten Baustoffes der Unterbringungshäuser der Wert f erheblich kleinere Beträge.

Zur Aufnahme der Funkbeschiebungskurve wird der Peiler einmal geeicht; er muß dann stets in der gleichen Lage wie bei der Eichung benutzt werden. Insbesondere müssen auch die Anschlüsse anderer in der Nähe befindlicher Antennen die gleichen sein wie bei der Aufnahme der Kurve, da die Antennen, wie erklärlich, ein besonders großes Rückstrahlvermögen besitzen. Es ist besonders darauf zu achten, daß sowohl bei der Eichung wie später andere Empfangs- oder Sendekreise nicht etwa auf die gleiche Wellenlänge eingestellt sind, auf welcher der Funkpeiler arbeitet, da diese Kreise dann besonders großes Rückstrahlvermögen haben; durch abgestimmte Antennenkreise können sehr erhebliche Fehler entstehen. Die Eichung z. B. bei einem Flugzeug geschieht, indem der Peiler auf einen Fernsender eingestellt

wird, von dem bekannt ist, daß der Funkstrahl auf seinem Wege keine Ablenkung erleidet; das Flugzeug wird dann etwa von 5° zu 5° gedreht und der Fehler f nach Fig. 12 eingezeichnet. — Das Eichn von Bodenpeilstationen ist schwieriger; es geschieht normalerweise mit Hilfe einer Anzahl von Funksendern, deren wahre Richtungen zur Station bekannt sind. Zwischenwerte müssen dann durch Interpolation, in besonderen Fällen durch kleine Hilfssender, gefunden werden, die zu dem Zweck aufzustellen sind. — Da die Bordablenkungen auch von der Wellenlänge abhängen, muß die Eichung für jede Peilwelle durchgeführt werden.

Die Fehler, die durch Ablenkung des Funkstrahls auf seinem Wege vom Sender zum Orte des Peilers bewirkt werden, sind normalerweise zu vernachlässigen; in besonderen Fällen jedoch können diese Fehler so große Werte erreichen, daß der Peiler nicht zu benutzen ist. Die Erdoberfläche ist bekanntlich ein schlechterer Leiter (Halbleitereigenschaft) als eine Wasseroberfläche, vor allem das Meer. Das hat zur Folge, daß die Ausbreitungsgeschwindigkeit der elektrischen Wellen über Land kleiner ist als über Wasser. Ist z. B. ein Sender nahe der Meeresküste aufgestellt (Fig. 13), so breiten sich nach der See zu die Wellen mit größerer Geschwindigkeit aus als zum Lande hin, ihre Ausbreitungsfrenten sind nach beiden Seiten hin Kreise von ungleichen Radien; an der Grenze Wasser—Land nimmt die Geschwindigkeit der Ausbreitung von See aus gesehen plötzlich ab, der Funkstrahl erscheint gebrochen; da der Peiler sich stets in der Richtung der Normalen einstellt, täuscht er eine Verlegung des Senders in der Richtung zum Meere hin vor; in so unglücklichen Lagen dürfen Peilstationen daher nicht aufgestellt werden. Die Größe der Ablenkung ist auch hier nicht konstant, sondern sie ändert sich mit der Wellenlänge. Ein besonders auffallendes Beispiel falscher Peilung wird z. B., wie wohl F. KIEBITZ zuerst festgestellt hat, durch die Mißweisung der Sender Norddeich in Swinemünde hervorgerufen; sie kann bis zu 20° steigen.

Zu den Funkfehlweisungen ist endlich noch eine Erscheinung zu rechnen, deren Ursache bisher nicht völlig geklärt ist: das Wandern des Peilstrahls aus der ursprünglichen Richtung bei einbrechender Dunkelheit; die Mißweisung wird so groß, daß auch eine nur annähernd richtige Peilung nicht möglich ist; nach Eintritt völliger Dunkelheit werden die Fehler wieder kleiner. — Es gibt auch hier Abhilfsmittel (die aber erst in der praktischen Durchbildung begriffen sind), worauf aus Mangel an Raum hier nicht näher eingegangen werden kann.

Zuletzt muß noch eine besondere Art der Falschpeilung erwähnt werden, die durch Anpeilen der Schleppantenne eines Flugzeugs verursacht wird. Wie schon in Fig. 4 erläutert ist, nimmt die Schleppantenne beim Flug eine Schräglage an; die Projektion der Ausbreitungsfrent ihrer magnetischen Strahlung auf die Erde ist eine Ellipse (Fig. 14), der Rahmen des Bodenpeilers peilt in der Richtung normal zur Tangente an die Ellipse. Fliegt das Flugzeug in der bezeichneten Richtung, und befindet es sich zu dem betrachteten Zeitpunkt am Ort O_w (wahrer Ort), ist ferner ε die elliptische Projektion auf der Erdoberfläche, so zeigen nur die Stationen A, B und C die richtige Standlinie, während z. B. die Stationen D und F „nach hinten

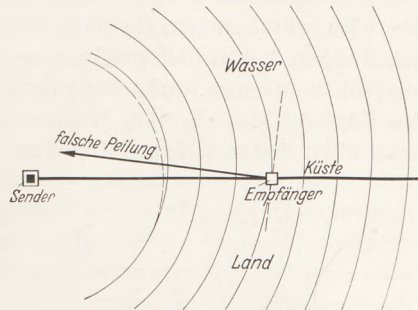


Fig. 13. Wegablenkung eines Funkstrahls an der Küste.

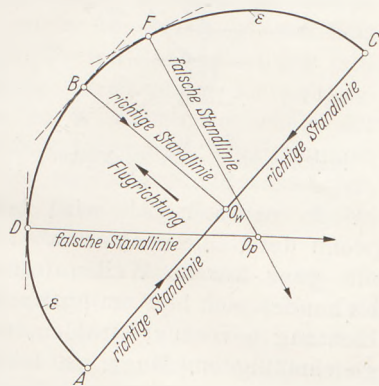


Fig. 14. Falschanpeilung einer Schleppantenne.

weg“ peilen; sie verlegen also den Peilort hinter das Flugzeug zum Punkt O_p . Danach kann die Schleppantenne eines Flugzeugs nur dann richtig gepeilt werden, wenn sich die Bodenpeilstation in der Flugrichtung oder senkrecht zu ihr befindet. — Die Hilfsantenne über dem Flugzeug nimmt während des Fluges die richtige Lage an (Senkrechte), sie ergibt daher stets eine richtige Peilung.

Für die Seeschifffahrt, insbesondere an nebelreichen Küsten, hat die Funkpeilung, die hier wie bemerkt in der Regel Eigenpeilung ist, für das Auffinden von Flußmündungen bei Nebel große Bedeutung erlangt. Die sog. Funknebelsender in unseren deutschen Flußmündungen (Elbe, Weser) müssen infolge Gefahr der Brechung des Funkstrahls in freiem Wasser aufgestellt werden, wenn die Richtigkeit der Peilung nach allen Seiten hin gewährleistet sein soll; eine richtige Peilung auf eine Entfernung

von 20 Seemeilen (etwa 37 km) genügt im allgemeinen. Für Flugzeuge ist eine so geringe Entfernung in der Regel viel zu klein, die Peilung muß dafür auf weit größere Abstände richtig sein. Die Peilung geschieht hier aber in der Regel über Land, also über einem genügend homogenen Medium, so daß Wegablenkungen des Funkstrahls kaum auftreten.

Die Wellenlänge für das Rahmenpeilverfahren hat man für Flugzeuge um 900 m herum gewählt, wobei mehrere feste Wellen angesetzt worden sind, um „ausweichen“ zu können, falls eine Welle zu stark besetzt ist; auf See benutzt man Wellenlängen um 1000 m herum. Diese Wahl hat sich teils gezwungen (durch die Rundfunksender), teils aber erfahrungsgemäß ergeben, weil sich mit längeren Wellen nach diesem Verfahren besser peilen läßt als mit kurzen. Rahmen, Spulen usw. erhalten noch eine genügend große Dimension, um den Aufbau derb halten zu können, und Nebenstörungen durch die unvermeidlichen Streukapazitäten bleiben verhältnismäßig ungefährlich. — Die Rahmenpeilung ermöglicht die Feststellung von Winkelabweichungen unter 2° .

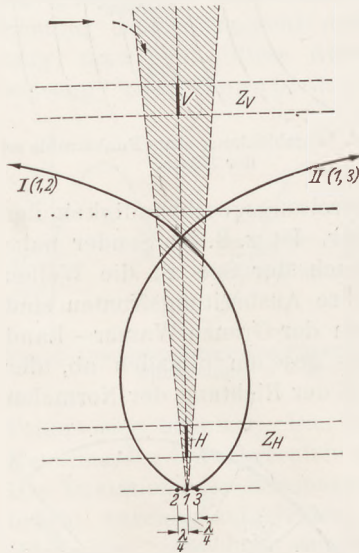


Fig. 15.
Strahlungsfeld einer Funkbake.

In neuester Zeit wird bei sog. Blindlandungen ein anderes Peilverfahren (wenn der Name noch erlaubt ist) benutzt, das stets auf Eigenpeilung beruht und nur mit ganz kurzen Wellen (etwa 9 m Länge, Frequenz $3.33 \cdot 10^7$ Hertz) möglich ist. Es handelt sich hier um anzupeilende, d. h. anzufliegende Sender, die in eine bestimmte Richtung bevorzugt strahlen, während der Empfänger an Bord des Flugzeugs allseitig gleichmäßig empfängt; es herrschen hier ähnliche Verhältnisse wie bei den früher besprochenen Erdantennen-Richtstrahlern, nur ist die Wellenlänge eine viel kleinere. Ein Dipol als (Röhren-) Sender, der in einiger Entfernung von der Erdoberfläche (etwa 5 bis 7 m) senkrecht zu ihr aufgestellt ist, erregt zwei weitere Dipole genau gleicher Eigenfrequenz, die sich parallel zu dem Generatordipol in gleicher Höhe über dem Boden in einem Abstande von je einem Viertel der Wellenlänge rechts und links vom Generator befinden. Alle drei Dipole würden gleichzeitig strahlen, sobald der Generator arbeitet, der jedoch, da die Entfernung der beiden Seitendipole je $\frac{1}{4} \lambda$ beträgt, ihnen gegenüber die Phasenvoreilung 90° besitzt. Es wird aber stets nur der eine der beiden Seitendipole „getastet“; während dieser Zeit ist der andere ausgeschaltet und umgekehrt, so daß gleichzeitig nur 2 Strahler arbeiten; ähnlich dem schon früher erläuterten Tastverfahren bei den beiden Erdantennen-Strahlern wird hier der eine der beiden Seitenstrahler mit Strichen, der andere in der Zwischenzeit mit Punkten getastet, beide zusammen würden also einen Dauerstrich ergeben. Betrachtet man z. B. das den Sendern 1 und 2 (Fig. 15: Dipole von oben gesehen) gemeinsame Strahlungsfeld in großer Entfernung von den beiden Sendern — die

Sender mußten zur besseren Übersicht einen verhältnismäßig viel zu weiten Abstand erhalten —, so erhält man als Polardiagramm der Ausbreitung wiederum eine Herzkurve ähnlich der Fig. 11. Es ergibt sich ein Maximum der Ausbreitung nach links in der Horizontalen, denn hier beträgt der Phasenunterschied der beiden Wellen 0° ; die Schwingung des Generators eilt zwar der Schwingung des erregten Senders 2 um 90° vor, aber dafür ist die Entfernung des ersteren zu irgendeinem betrachteten Punkt in dieser Richtung auch um $\frac{1}{4}$ größer. In der entgegengesetzten Richtung hat das gemeinsame Strahlungsfeld ein Minimum, denn hier beträgt der Phasenunterschied der beiden Wellen 180° ; in den Zwischenrichtungen ergeben sich Mittelwerte, die sich nach dem Sinusgesetz leicht finden lassen. — Eine gleiche Betrachtung ergibt den Verlauf der Feldkurve für die Sender 1 und 3 (Kurve II), man erhält sie einfach durch Drehung der Kurve I um 180° . Die Kennlinien zeigen auch das Intensitätsverhältnis der beiden Strahlungen zueinander an. Nahe der Senkrechten zur Verbindungslinie der drei Sender herrscht also nahezu die gleiche Strahlungsintensität der beiden Strahlungen; auf der Senkrechten sind sie genau gleich, weiter ab nach rechts oder links wächst der Unterschied der Amplituden rasch an. Fliegt ein Flugzeug in der bezeichneten Richtung von links nach rechts, so hört es den Punktssender zunächst viel lauter als in der Zwischenzeit den Strichsender; gelangt es in die schraffiert angegebene „Schneise“, so wird es beide Sender 2 und 3 gleich laut empfangen, also einen Dauerstrich hören; sobald es durch die Schneise hindurchgeflogen ist, wird der Strichsender 3 lauter empfangen. In der Fig. 15 ist die Schneise nach rückwärts verlängert zu denken, denn die Sender strahlen jeder für sich ja nach allen Richtungen gleichmäßig. — Die Schneisengrenze ist verhältnismäßig scharf, und der Schneisenwinkel beträgt erfahrungsgemäß kaum 5° . Da die Reichweite dieser sog. „Bakensender“ oder Funkbaken bis zu 100 km beträgt (je nach den elektrischen Verhältnissen der Luft), so ist es nicht schwer, die Schneise zu finden. Sobald das Flugzeug die Schneise erreicht hat, fliegt es in der Schneise nach dem Kompaß, nachdem ihm, falls nötig, sein Standort durch Fremd-Rahmenpeilung mitgeteilt worden ist. Der Bakensender wird im Flugzeug durch einen Kurzwellenempfänger mit Überlagerer empfangen, so daß man im Kopfhörer innerhalb der Schneise einen Dauerstrich hört. Neuerdings wird durch besondere Vorrichtungen der Strich auf ein Galvanometer übertragen, das in der einen Richtung ausschlägt, wenn die Schneise links, und in der anderen Richtung, wenn die Schneise rechts verlassen wird; in der Schneisenmitte steht das Instrument auf Null.

Nachdem nun der richtige Weg zum Landeplatz gefunden ist, muß noch die Kennung erfolgen, wann das Flugzeug zum Landen zu schreiten hat. Dazu ist etwa 10 km vor dem Flugplatz ein weiterer Kurzwellensender (Dipol V in Fig. 15) aufgestellt (seine Leistung beträgt nur etwa 1 Watt), der in der gezeichneten Richtung gestreckt ist; er strahlt wesentlich senkrecht nach oben, weit nach vorn und rückwärts in der Schneisenrichtung findet kaum eine Strahlung statt. Es wird daher durch diesen Vorseignalsender eine Zone Z_V ausgeschnitten, über die das Flugzeug ganz sicher kommen muß. Sobald das Flugzeug diesen Sender überfliegt, spricht daher ein weiterer Kurzwellenempfänger an, dessen Dipolantenne unter dem Flugzeugkörper in etwa 20 cm Abstand von ihm in gleicher Streckrichtung wie der Sender angebracht ist; er setzt über ein Relais eine dem Führer sichtbare rote Lampe in Tätigkeit: das Vorseignal leuchtet auf. Der Flieger wird jetzt das Flugzeug drücken, d. h. in die Nähe des Bodens zu gelangen suchen. Nahe dem Flugplatz, ebenfalls innerhalb der Schneise, ist ein zweiter Sender H in gleicher Weise gestreckt wie der Sender V. Überfliegt das Flugzeug die Zone Z_H , so leuchtet eine zweite Lampe auf, das Hauptsignal; dann ist der Zielplatz erreicht, und da das Flugzeug sich jetzt auch in der richtigen Bodenhöhe befindet, kann es sofort zur Landung ansetzen. Das Verfahren kann im stärksten Nebel bei völliger Unsicht benutzt werden, um Flugzeuge zur sicheren Landung zu bringen. — Sogar das Einfliegen in die richtige Bodennähe erleichtert der Bakensender

erheblich, da er wesentlich geradlinig tangential zur Erdoberfläche in den Raum strahlt. Ist daher das Flugzeug noch weiter ab vom Sender, also vom Flugplatz, so erhält es die kräftigste Strahlung in größerer Höhe vom Erdboden. Je näher der Flieger dem Zielplatz kommt, um so niedriger muß er fliegen, um im Maximum der Strahlung zu bleiben, was durch die Hörlautstärke oder auch durch besondere Instrumente angezeigt wird. — Die Blindlandegeräte sind erst in den letzten Jahren entwickelt worden; ihre Einführung ist daher erst begonnen, und auch das Flugpersonal muß sich erst mit ihrer Technik vertraut machen.

Der technische Aufbau der Rahmen-Peilstationen und der praktische Betrieb.

In Deutschland wird für Flugzeugpeilung die Fremdpeilung der Eigenpeilung vorgezogen, soweit es sich um Orts- oder Kursbestimmung des Flugzeugs handelt. Neuerdings wird aber bisweilen auch schon ein sog. „Zielfluggerät“ in das Flugzeug eingebaut,

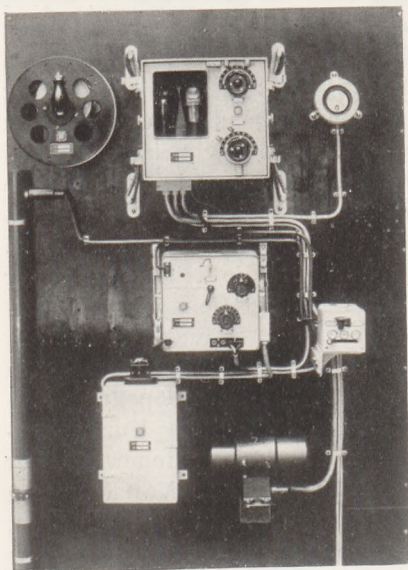


Fig. 16. Vollständige Flugzeugstation für drahtlose Telegraphie.

und dann trägt das Flugzeug selbst einen Rahmenpeiler; hierüber soll anschließend noch gesprochen werden. Bei Fremdpeilung muß das Flugzeug senden, die Bodenstation als peilende Station empfangen. Als Sender dient im Flugzeug der gleiche Sender, der auch sonst die Nachrichtenübermittlung tätigt; es ist in dem gebräuchlichsten unserer Verkehrsflugzeuge, der Ju 52 mit 3 Motoren, ein 20-Watt-Röhren-Sender mit Fremderregung. Es arbeitet also ein geschlossener Schwingungskreis auf einen Verstärker, an den der Antennenkreis angeschlossen ist. Diese Einrichtung ist getroffen, um die Sendewelle, die der geschlossene Kreis allein bestimmt, absolut konstant zu halten. Die Betriebsspannung für den Anodenkreis beträgt 1500 Volt, die ein kleiner Generator liefert, der von der Bordbatterie betrieben wird; die Röhrenheizspannung liefert ebenfalls die Bordbatterie (14 Volt). Als Peilwelle dient, wie bereits erwähnt, der Bereich um 900 m; es lassen sich in diesem Bereich 3 Wellen zur beliebigen Wahl einstellen, als Betriebswelle für den übrigen Funkverkehr dient

die Welle 600 m. Für den Empfang wird ein Überlagerungsempfänger benutzt, der insgesamt 4 Röhren besitzt (Hochfrequenz, Schwingaudion, zweifache Niederfrequenzverstärkung). Die Röhrenheizung des Empfängers wird ebenfalls von der Bordbatterie besorgt, als Anodenspannungsquelle dient eine Trockenbatterie. Der Verkehr ist wechselseitig, d. h. es kann nicht zugleich gesendet und empfangen werden; bei Empfang ist der Sender automatisch ausgeschaltet und umgekehrt der Empfänger beim Senden. Ein vollständiges Flugzeugfunkgerät¹ ist in Fig. 16 in Zusammenstellung wiedergegeben. Man sieht oben den Sender, links daneben die Antennenhaspel, darunter das Isolationsrohr zur Durchführung der Antenne. Unter dem Sender befindet sich der Empfänger, rechts daneben die Sendetaste; unten rechts steht die Hochspannungsmaschine, und links daneben ist der Siebkreis angebracht, der die Kollektorgerausche der Maschine glättet. An Bord finden sich nicht alle Teile zusammengebaut, sondern sie sind getrennt angeordnet; nur die Teile, die der Funker beim Betriebe zu bedienen hat, sind handgerecht angebracht. Die Maschine z. B. und der Sender befinden sich an einer Rückwand zum Fluggastraum in einem Schrank. — In Fig. 17

¹ Ich verdanke die Lichtbilder der Geräte einem freundlichen Entgegenkommen der Firma Telefunken.

ist der Führerstand einer Ju 52 wiedergegeben, links sitzt der Flugzeugführer, rechts der Bordmonteur, in der Mitte zwischen beiden der Funker, der die Verständigung zu den Passagieren herstellt. Das Funkgerät unterscheidet sich allerdings von dem normalen Gerät insofern, als hier ein sog. Zielfluggerät eingebaut ist, worüber nachher noch einige Erläuterungen gegeben werden sollen. — Die Platzausnutzung auf dem Führerstand eines Flugzeugs ist, wie zu sehen, außerordentlich weit getrieben; der Funker kann seinen Klappsitz erst einnehmen, wenn Führer und Bordmonteur an ihren Plätzen sind. — Fig. 18 zeigt die Anordnung der Antennen auf dem Flugzeug; es handelt sich auf dem Bild um eine Versuchsmaschine älteren Typs, doch ist die Anordnung auf den neuen Maschinen ähnlich getroffen. Oben über dem Körper sieht man die Hilfsantenne, die an den Streben etwa 2 m über dem Körper angebracht ist; auch ihre Einführung in das Innere ist erkennbar. Vor der Hilfsantenne ist der Rahmen sichtbar, der also eine Eigenpeilung (Zielflug) des Flugzeugs erlaubt. Der Rahmen wird mittels Seilübertragung und Einstellgetriebe vom Funker bedient, wie auf Fig. 17 rechts oben zu sehen ist. Unterhalb des Flugzeugs vorn zwischen den beiden Rädern (Fig. 18) ist die Ausführung der Schleppantenne angebracht, die mittels der Antennenhaspel ausgefahren wird; das Bleigewicht der Antenne ist auf dem Bilde erkennbar.

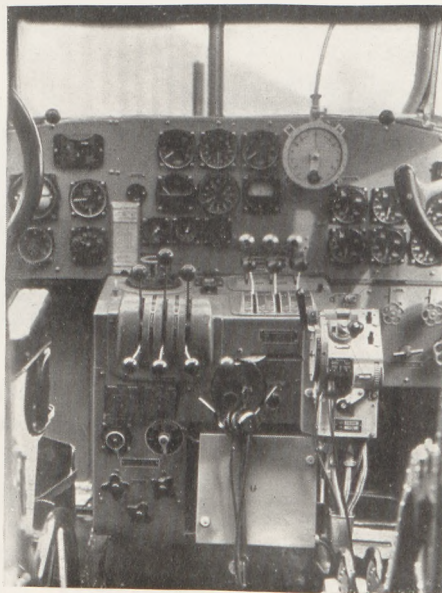


Fig. 17.
Führerstand einer Ju 52 mit Rahmenpeiler.

Um die Fremdpeilung eines Flugzeuges innerhalb Europas mit großer Genauigkeit durchführen zu können¹, besitzen alle Länder, die an dem Flugverkehr teilnehmen, eine größere Zahl Bodenpeilstellen, die so zahlreich und so verteilt sind, daß normale Loxodromenkarten zur Ortsbestimmung ausreichen. Jeder Bodenpeilstelle ist ein Bezirk zugeordnet, innerhalb dessen sie den Verkehr mit dem Flugzeug auszuführen hat; zur Ortsbestimmung des Flugzeugs bedarf sie der Hilfe einer zweiten Peilstelle, um eine Kreuzpeilung vornehmen zu können. — Deutschland besitzt zur Zeit 17 Peilstellen, die zugleich mit einem Funksender zum Verkehr mit dem Flugzeug versehen sind, wobei der Sender in größerer Entfernung von der Peilstelle aufgestellt ist, um den Empfang nicht zu stören. Die deutschen Funkpeilstellen heißen Berlin, Köln, Dortmund, Hannover, Hamburg, Stettin, Danzig, Königsberg, Frankfurt, Halle, Leipzig, Dresden, Erfurt, Breslau, Stuttgart, München, Nürnberg; sie haben zum bequemen Anruf besondere Funkzeichen nach dem Morsealphabet; z. B. heißt Berlin ddx, Stettin ddn usw. Der Sender der Bodenfunkstelle Berlin ist in Beeskow i. d. Mark (etwa 30 km südwestlich von Frankfurt/Oder) aufgestellt und besitzt eine Leistung von 800 Watt; er wird von der Peilstelle, die sich auf dem Flughafen Tempelhof befindet, durch



Fig. 18. Antennen eines Flugzeugs.

¹ Vgl. über die Peiltechnik: R. GRÖTSCH, Funkpeilwesen und Funknavigation. Verlag J. Schneider, Berlin 1935. Preis RM 2,50.

Ferntastung bedient. — Die Außenansicht einer Bodenpeilstelle ist in Fig. 19 dargestellt. Auf dem Dache befindet sich der Peilrahmen, der von innen bedient wird;



Fig. 19. Bodenpeilstelle.

Um den Peilverkehr mit dem Flugzeug funkttelegraphische Abkürzungen benutzt, die

- qtf Standortpeilung,
- qdm mißweisende Richtung vom Flugzeug zur Peilstelle,
- qdr mißweisende Richtung von der Peilstelle zum Flugzeug,
- quj (mit Ortsnamen) rechth. Richtung zum Ziel (Kurspeilung),
- qtg Aufforderung zum Peilzeichen geben (Peilzeichen = —).

u. a.

Der Empfänger des Peilers ist sehr empfindlich ausgebildet, da die Empfangsempfindlichkeit des Rahmens im Verhältnis zu der einer Antenne wie bemerkt sehr gering ist. Ein Peilempfänger besteht daher aus einem Hochfrequenz-Zwischenfrequenz-Verstärker mit anschließender Niederfrequenzverstärkung, wobei im ganzen 8 Röhren zur Verwendung kommen.

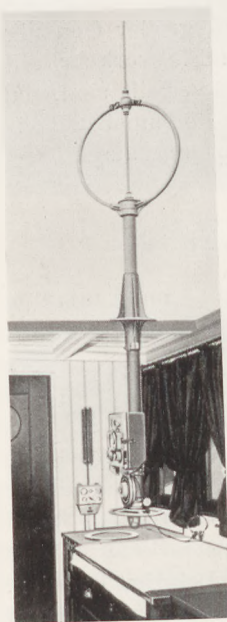


Fig. 20. Peilstelle eines Dampfers.

Wie vollzieht sich nun der Peilvorgang? Das Flugzeug D-AJUX¹ z. B. befinde sich auf dem Fluge von Danzig nach Berlin schon im Funkverkehrsbezirk Berlin (im Nebel) und wünscht, den Standort zu erfahren. Es wendet sich an die Bodenpeilstelle Berlin-Tempelhof und funkt: **ddx de dajux qtf ? k**. Diese Abkürzung bedeutet: „Anruf an Bodenfunkpeilstelle Berlin von Flugzeug D-AJUX; wie ist mein Standort? komm.“ — Die Peilstelle Berlin weiß in der Regel bereits aus dem Fahrplan, wo D-AJUX zu suchen ist, hat normalerweise schon vorher mit ihm in Verkehr gestanden, so daß eine Seitenbestimmung kaum nötig ist; in anderen Falle wird diese schon während des Anrufs vorgenommen. Der Funker im Flugzeug ist gleich nach Beendigung des Anrufs auf Empfang gegangen, was er durch den Buchstaben k (= komm) kenntlich gemacht hat, und erwartet die Aufforderung von Berlin, Peilzeichen zu geben. Berlin ruft jetzt zu diesem Zweck D-AJUX an (über den Sender in Beeskow): **dajux de ddx qtg k**, worauf D-AJUX wieder auf „Senden“ geht und 50 Sekunden lang (oder auch weniger) das Peilzeichen — gibt, während Berlin

¹ Die Bezeichnung der Flugzeuge wurde früher mit Zahlen angegeben. Da aber im Funkverkehr Zahlen eine große Rolle spielen (Peilen, Wetternachrichten usw.), ist schon seit einiger Zeit, um Irrtümer zu vermeiden, die Benennung der Maschinen nach Buchstaben erfolgt, wobei der erste Buchstabe stets den Staat bezeichnet, dem das Flugzeug gehört. Der dann folgende Buchstabe bezeichnet die Größe des Flugzeuges, wobei A die größte Type darstellt.

wieder auf Empfang geschaltet hat; nach der Sendung geht der Flugzeugfunker von neuem auf Empfang. Die Peilstelle Berlin hat sich inzwischen durch Fernschreiber oder durch F. T. (wenn es überhaupt nötig ist, denn Stettin peilt ohne Aufforderung mit) mit Stettin in Verbindung gesetzt, und beide Stationen peilen jetzt mit ihrem Rahmen bei abgeschalteter Hilfsantenne das Flugzeug an. Darauf gibt Stettin an Berlin die wahre Peilung (wahrer geogr. Kurs von Stettin zum Flugzeug), und Berlin trägt in seine auf dem Peiltisch liegende Loxodromenkarte die beiden Standlinien ein. Das geschieht mit Hilfe der in die Karte eingezeichneten Peilerrosen und der beiden Peilfäden (Fig. 21) sehr schnell in Bruchteilen einer Minute. Aus den beiden Standlinien ergibt sich der Standort, der nun sofort dem Flugzeug mitgeteilt wird: **dajux de ddx qtf 1725 18 km so Schwedt k.** Die Mitteilung heißt: „Anruf an Flugzeug D-AJUX von Peilstelle Berlin; der Standort des Flugzeugs D-AJUX wurde um 17 Uhr 25 festgestellt und ist 18 km süd-östlich der Stadt Schwedt (Oder), komm.“ Die Peilstelle gibt das Zeichen „komm“, damit das Flugzeug die Mitteilung wiederholt als Zeichen dafür, daß sie richtig verstanden wurde; dann ist der Peilfunkverkehr beendet, der insgesamt in der Regel kaum länger als $\frac{3}{4}$ Minuten dauert, sich also dank der außerordentlichen Erfahrung der beteiligten Funker weit schneller vollzieht, als es dem Leser möglich sein wird, die Mitteilung über dieses Verfahren zu lesen. Eine solche Erfahrung ist allerdings unumgänglich notwendig; wer zum ersten Male den Peilhörer umgelegt hat und das Konzert der zahllosen Funkzeichen hört, die scheinbar ein völliges Durcheinander ergeben, muß sich wundern, daß es überhaupt möglich ist, die Zeichen des richtigen Flugzeuges herauszuerkennen. — Die Mitteilung von Standlinien vollzieht sich nach genau dem gleichen Verfahren. Die große Schnelligkeit der Bestimmungen und ihrer Übermittlung an das Flugzeug ist wesentlich, wenn in Betracht gezogen wird, daß das Flugzeug eine Fluggeschwindigkeit von 275 km in der Stunde besitzt, die sich durch Mitwind noch vergrößern kann; die Ortsveränderung innerhalb einer Minute beträgt schon etwa 5 km; die nautische Peilung kann sich mehr Zeit lassen.

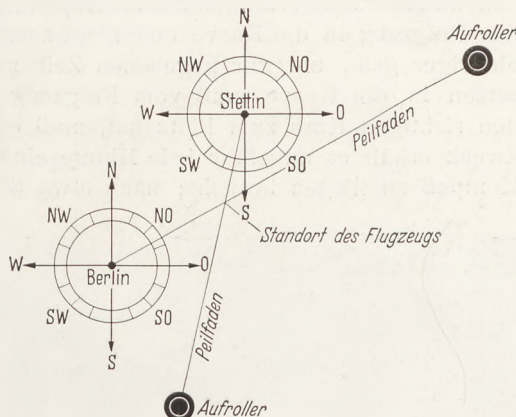


Fig. 21. Loxodromenkarte mit Peilfäden und Peilfadenaufrollern.

Besondere Wichtigkeit hat die Standlinienpeilung nach dem beschriebenen Verfahren mittels des Rahmens bei den sog. ZZ-Landungen erlangt, die nötig werden, wenn die Bodensicht des Landeplatzes schlecht ist. Durch die Blindlandegeräte wird das ZZ-Verfahren¹ mit der Zeit an Bedeutung verlieren; heute ist es noch so wichtig, daß seine Beschreibung notwendig ist. Das noch weiter entfernte Flugzeug wird zunächst (Fig. 22) durch Standlinienpeilung und Mitteilung der Funkpeilstelle an den Flughafen herangelotst. Sobald das Motorengeräusch des Flugzeugs unten über dem Platz hörbar wird, gibt der Flugleiter, der nahe der Peilstelle seinen Platz nehmen

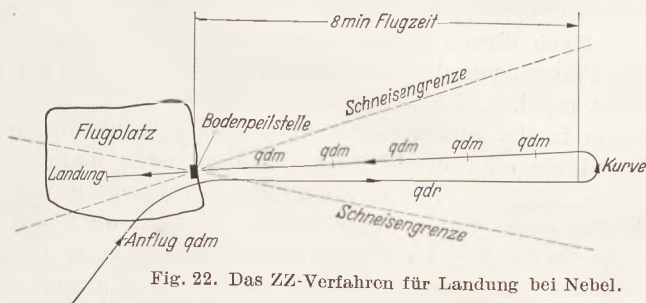


Fig. 22. Das ZZ-Verfahren für Landung bei Nebel.

¹ Diese und viele andere Mitteilungen verdanke ich dem Funkbetriebsleiter der Deutschen Luft-hansa Herrn FISCHER in Berlin.

muß, damit er sich mit den Bodenfunkern verständigen kann, das Zeichen, nach Kompaßkurs in die Schneise zu gehen. Eine Schneise (in die auch die Funkbake sendet, vgl. S. 58) ist in diesem Fall der Winkelausschnitt, in dem sich ein hochragendes Hindernis (50 m und mehr) nicht befindet; solche Schneise ist bei jedem Flugplatz vorhanden. Das Flugzeug fliegt nach Aufforderung in die Schneise und behält etwa 8 Minuten (für Windstille gerechnet) den Kurs bei, während es fortlaufend Mitteilung erhält, daß seine Anpeilung noch die richtige ist. Nach 8 Minuten geht das Flugzeug in die Kurve und fliegt zurück zum Flughafen, wobei es jetzt langsam niedriger geht, um zur gegebenen Zeit zum Landen ansetzen zu können; das Ansetzen in die Kurve muß vom Flugzeug mitgeteilt werden. Sobald das Flugzeug den richtigen Kurs zum Platz hat, muß es diesen unbedingt beibehalten; zu diesem Zweck erhält es ungefähr jede Minute eine qdm-Mitteilung, so daß es nur nach dem Kompaß zu fliegen braucht; nach etwa 8 Minuten muß es die Höhe haben, daß es

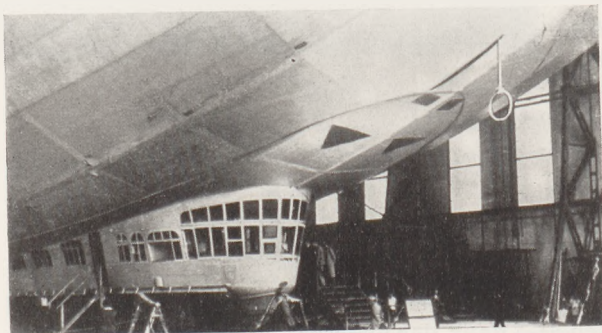


Fig. 23. Peilrahmen auf dem Luftschiff Graf Zeppelin.

zum Landen ansetzen kann. Sobald dann der Flugleiter das (immer noch unsichtbare) Flugzeug hört, gibt er dem Bodenfunker den Auftrag, den Buchstaben Z zweimal zu senden: — — · — — ·, worauf das Flugzeug zur Landung schreitet. Nach dieser Schlußmitteilung wird das Landeverfahren im Nebel das ZZ-Verfahren genannt. — Wird das Flugzeug zu weit ab vom Platz gehört, so gibt der Funker den Buchstaben jj = · — — — · — — —, worauf der Flieger Gas gibt und

erneut das Anfliegen nach der beschriebenen Art wiederholen muß. Das ZZ-Verfahren hat nur den einen Nachteil, daß die Landung zweier Flugzeuge zu gleicher Zeit nicht möglich ist. Wird innerhalb 10 Minuten ein anderes Flugzeug gemeldet, so muß es warten, bis das erste gelandet ist, um dann selbst die ZZ-Landung vornehmen zu können.

Nach diesen Erörterungen ist es einleuchtend, daß die Fremdpeilung vorläufig bei Flugzeugen durchaus vorherrschend ist; das ZZ-Verfahren wäre bei Eigenpeilung nicht möglich. Aber abgesehen davon kann der Flieger oder Funker im Flugzeug kaum in der angegebenen kurzen Zeitspanne durch Eigenpeilung die Festlegung der Standlinie oder des Ortes vornehmen, dazu mangelt es ihm schon an Platz; es wäre kaum möglich, eine Karte richtig auszubreiten und abzumessen. Sobald der Raum größer wird, wie z. B. im Luftschiff, wird auch die Eigenpeilung möglich, die allerdings in der Regel auf ganz andere Entfernungen geschieht und dann weit schwierigere nautische und mathematische Hilfsmittel erfordert, da eine Loxodromenkarte nicht mehr ausreicht. Es würde zu weit führen, zumal es rein geographische Aufgaben sind, die Messungen und ihre Auswertung zu beschreiben, die bei der Funkpeilung auf große Entfernungen nötig werden; sie wurden mit großem Erfolge zum ersten Male, wie bereits erwähnt, bei der Überführung des Luftschiffes LZ 126 nach Amerika im Jahre 1924 angewandt nach einem Verfahren, das kurz vorher A. WEDEMEYER ausgearbeitet hatte¹. Die Anbringung des Peilrahmens auf dem Luftschiff „Graf Zeppelin“ zeigt die Fig. 23; sein Antrieb befindet sich im Kommandoraum.

Neuerdings gewinnt aber auch das Eigenpeilverfahren im Flugzeug für nahe Entfernungen Bedeutung bei dem sog. Zielflug, für den ebenfalls der Rahmenpeiler benutzt wird, der also ins Flugzeug eingebaut ist, der Rahmen befindet sich, wie in Fig. 18 angegeben, außerhalb des Flugzeugkörpers; er wird nach Fig. 17 von innen

¹ Vgl. hierüber: LEIB-NITZSCHE: Funkpeilungen, Verlag E. S. Mittler u. Sohn 1926, Teil II.

durch Seil bedient. Beim Zielflug wird der Rahmen zunächst in die Flugzeugachse fest eingestellt, worauf der Flieger mit dem Flugzeug einen Dauersender, z. B. einen Rundfunksender, anpeilt, der auf diese Weise angesteuert wird. Auch hier braucht nicht nur der Kopfhörer benutzt zu werden; die Angabe des Minimums wird, wie früher schon beim Bakenempfang beschrieben, auf ein Instrument übertragen, das für den Flugzeugführer sichtbar angebracht ist; der Kopfhörer dient dann nur noch zur Kontrolle. Die Zielfluggeräte gewinnen an Bedeutung und werden wohl in absehbarer Zeit auch bei jedem Flugzeug eingebaut sein.

Die übrige Verwendung der Funktechnik im Flugzeug.

Hierzu brauchen nur wenige Worte gesagt zu werden. Der dienstliche Funkverkehr außerhalb des Peilverkehrs beschränkt sich im wesentlichen auf Wetternachrichten, die auf der Welle 600 m gegeben werden. Hierzu werden die gleichen Geräte benutzt, die bereits beschrieben sind, so daß darüber keine Erläuterungen mehr nötig sind. Wenn Zeit vorhanden ist, können auch die Fahrgäste Telegramme aufgeben, die von den Bodenfunkstellen an die Post weitergeleitet werden.

Die Mitteilungen über die technischen Anordnungen mögen hiermit abgeschlossen sein. Es wird einleuchtend geworden sein, daß ohne Funk der Flugverkehr mit der Sicherheit, in der er heute betrieben wird, nicht möglich wäre. Aber die Entwicklung steht nicht still; schon werden ganz neue Wege beschritten, die in noch anderer Weise wie bisher die drahtlose Telegraphie in den Dienst des Flugwesens stellen dürften.

Es sollen nun noch einige Versuche einfacherer Art beschrieben werden, die während des Ferienlehrganges der Hauptstelle auch in den Übungen ausgeführt wurden und ohne Schwierigkeit mit verhältnismäßig geringen Mitteln wiederholt werden können; sie betreffen die Erklärung des Peilempfangs mit dem Rahmen.

Einige Versuche zur Erklärung des Rahmenempfangs.

Als Grundlage zur Ausführung dieser Versuche wurde der Kurzwellensender benutzt, der in dieser Zeitschrift schon mehrfach beschrieben worden ist¹. Sollen Sender und Empfänger im gleichen Raume (z. B. in einem Klassenzimmer) stehen, so können aus verschiedensten Gründen nur kurze Wellen benutzt werden, was ja ohne weiteres verständlich sein dürfte. Die kurzen Wellen laufen sich innerhalb der Experimentierräume tot; sie dringen kaum nach außen, da sie infolge der zahlreichen Leiter, die sich innerhalb der Gebäude befinden (Träger, Leitungen), weitgehend absorbiert werden. Das hat allerdings auch seine Nachteile, denn die Wellen erfahren vielfache Reflexion, wodurch die Peilversuche oft nicht ganz richtig ausfallen, der Versuchspeiler „schießt“; das sind Fehler, die sich kaum vermeiden lassen werden. Die benutzte Wellenlänge beträgt etwa 8 m; es ist kaum zweckmäßig, weiter herabzugehen, denn bekanntlich spielen schädliche Nebenkapazitäten (Handkapazitäten) beim Experimentieren mit hohen Frequenzen eine sehr störende Rolle um so mehr, je höher die Frequenz wird; aber auch die Abstimmkreise werden bei noch höheren Frequenzen, als sie der Wellenlänge 8 m entsprechen, schon recht klein; darum ist die eben angegebene Wellenlänge gewählt worden. Als Röhren können entweder die Röhren RE 604 oder RE 304 (Telefunken) oder auch die Röhren anderer Firmen benutzt werden, die diesen Röhren entsprechen. Die Betriebsspannung ist 220 Volt Gleich- oder Wechselspannung (Netz). In Fig. 24 ist der Gegentakt-Generator in seiner Schaltung für diese Sonderversuche

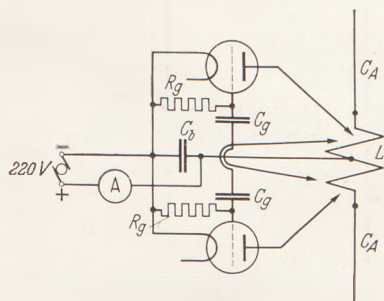


Fig. 24. Schema eines Kurzwellensenders mit Dipolen.

¹ Diese Zeitschr. 45 (1932) S. 247—252, Fig. 1 bis 3; 47 (1934) S. 1 u. 2, Fig. 1.

angegeben. Die Betriebsspannung liegt an dem Blockkondensator C_b , Größe etwa $1\mu\text{F}$, der auf eine Gleichspannung von mindestens 500 Volt geprüft sein muß. Die Kondensatoren C_g sind die Gittersperrkondensatoren, Größe etwa 500 cm; die Widerstände R_g die sog. Ableitungswiderstände etwa 6000 Ohm¹. Das Milliampereometer A mißt den Anodengleichstrom beider Röhren, er darf insgesamt 175 bis 200 Milliamp

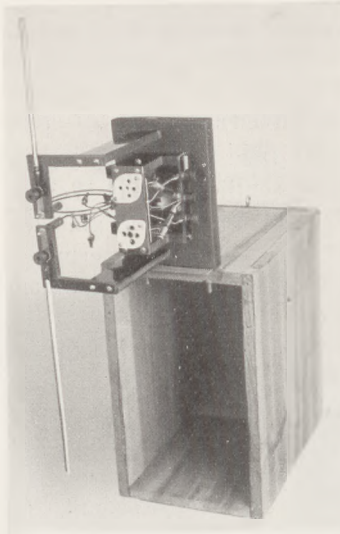


Fig. 25. Schaubild des Dipolsenders.

für die Röhren RE 604, 80 bis 100 Milliamp für die Röhren RE 304 nicht überschreiten; ist dies der Fall, so schwingen die Röhren nicht oder nur in geringem Maß, es muß dann sofort ausgeschaltet werden, um die Röhren nicht zu zerstören. Ein Aussetzen der Schwingung kommt aber nur dann vor, wenn eine falsche Ankopplung entweder der Anoden- oder der Gitteranschlüsse an die Spule L erfolgt ist. Eine Täuschung kann sich auch ergeben, wenn eine der beiden Röhren taub ist; dann übernimmt die andere Röhre die gesamte Last und wird natürlich schnell zerstört werden, auch dann, wenn eine Schwingung vorhanden ist. Die Röhren RE 604 sind leistungsfähiger als die Röhren RE 304; es lassen sich die Versuche mit den ersteren wirkungsvoller zeigen, doch genügen auch die letzteren durchaus. Die Spule L in Fig. 24 besteht aus zwei Windungen (Kupferdraht 2 mm Durchmesser) mit einem Durchmesser von etwa 7 cm. Die Spule ist mit Steckern versehen, um sie aufstecken zu können, da der Generator für andere hier

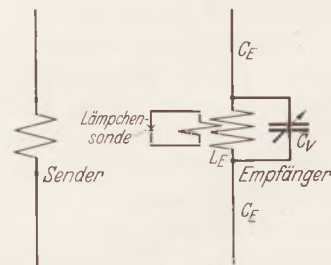


Fig. 26.
Dipolsender und Dipolempfänger.

nicht beschriebene Versuche (vgl. die erwähnten früheren Aufsätze) auch mit größeren Spulen benutzt werden kann. Die beiden Dipole $C_A C_A$ sind Aluminiumrohre (Durchmesser 6 mm), die auf der einen Seite mit Kabelschuhen versehen sind, um sie leicht anbringen zu können; die Länge der Dipole beträgt je 1,20 m. Der Generator kann senkrecht und waagrecht gestellt werden, damit die Dipole in diese beiden Richtungen gebracht werden können. Ein Lichtbild des senkrecht gesetzten Generators zeigt Fig. 25. Man erkennt die Spule L mit dem Spulen- bzw. Dipolhalter, die kleinen Greifklemmen (eine hängt herab), um die Verbindung von der Spule zu den Elektroden herzustellen, ferner die Röhrensockel; vorn sind die Widerstände R_g sichtbar und etwas dunkel die Anschlußklemmen für die Spannungen. Zwischen den Widerständen R_g sieht man den Blockkondensator C_b , während die Gitterkondensatoren unter den Röhrensockeln liegen und nicht sichtbar sind. Die Dipole sind nur angedeutet, sie sind zu lang für das Schaubild. Der ganze Generator ist mittels Pföcken, die unten vorn zu erkennen sind, auf eine Kiste gesetzt, um die richtige Höhe auf dem Experimentiertisch zu erhalten.

Ob der Generator ausreichend schwingt, wird mit dem bekannten Sonden-Lämpchen ermittelt; arbeitet der Generator richtig, so muß eine 4-Watt-Lampe in der Sonde hell brennen.

Das elektrische Feld des Senders verläuft stets in Richtung der gestreckten Dipole; soll also ein Empfang mittels des elektrischen Feldes erfolgen, so muß der Empfänger, der dann ebenfalls ein Dipol sein muß, in dieser Richtung gehalten werden; ist der

¹ Die Ableitungswiderstände sind drahtgewickelte Widerstände, die von dem Dralowidwerk unter dem Namen „Pantohm“ hergestellt werden; sie halten in den kleinen Formen eine Belastung von 6 Watt aus; die Gitterableitungskondensatoren sind Glimmerkondensatoren; Papierkondensatoren halten auf die Dauer den großen Gitterwechselstrom nicht aus. Kondensatoren und Widerstände können von der Firma W. Limprecht, Berlin-Neukölln, Kaiser-Friedrich-Straße 242, bezogen werden.

Sender senkrecht gestellt (Fig. 26), so muß auch der Empfänger senkrecht gehalten werden. Auch ein Empfänger dieser Art ist in den erwähnten Aufsätzen bereits beschrieben worden, so daß hier nur einige Zusätze nötig sind. Die beiden Dipole $C_E C_E$ des Empfängers bestehen ebenfalls aus Aluminiumrohr (6 mm Durchmesser) bei einer Länge von je 1 m. Die Spule L_E hat 3 Windungen, sonst hat sie die gleichen Abmessungen wie die Generatorspule. Der Empfänger muß auf die Sendewelle abgestimmt werden können, wozu die veränderbare Kapazität C_v von etwa 50 cm im Höchstwert dient; die Sonde (= Spule mit einer Windung) trägt ein empfindliches Lämpchen (4 Volt, 0,04 Amp, Fabr. Osram). Die Anordnung des Empfängers ist in Fig. 27 als Lichtbild wiedergegeben; der Empfänger ist auf einem Holzbrett montiert, das noch wieder auf einem größeren Grundbrett angebracht ist; die eigentliche Apparatur ist auf Trolit als Isolator aufgebaut. Die Spule mit 3 Windungen ist auf Klemmen gesteckt, die auch Träger der Dipole sind; diese besitzen Kabelschuhe, die an die Klemmen gelegt werden. Vor der Empfängerspule ist die Sonden- spule gekoppelt (einfacher Klingeldraht), die unten an zwei Klemmen geführt ist, in die das Lämpchen gesteckt wird. Der veränderbare Kondensator wird aus 2 Platten gebildet, die gegeneinander verschoben werden können; sie sind im Bild hinten sichtbar und ganz voneinander entfernt, um sie gut einzeln erkennbar zu machen. Eine von ihnen kann gegen die andere verschoben werden, bis sich beide decken, wobei ihre Entfernung dann etwa 3 mm beträgt. Die Platten sind 2 Nierenplatten eines abmontierten Drehkondensators, es können aber 2 beliebige Zink- oder Aluminiumplatten gleicher Fläche (etwa 6×6 cm) genommen werden. Die Platten sind — eine drehbar — an den beiden sichtbaren Klemmen angebracht, die mit den beiden Spulen- klemmen leitend verbunden sind. Die Änderung der Kapazität geschieht am einfachsten mit der Hand; da der Einfluß der Handkapazität groß ist, muß nach neuer Einstellung die Hand entfernt werden; um die Abstimmung zu finden, ist einige Übung nötig, die aber leicht erworben wird.

Das elektrische Feld kann mit dieser Anordnung mehrere Meter vom Generator entfernt nachgewiesen werden; vielfach werden auch stehende Wellen, durch Reflexionen hervorgerufen, in Erscheinung treten; dann wird das Sondenlämpchen des Empfängers in gewisser Entfernung vom Generator dunkel und leuchtet bei noch größerem Abstand wieder hell auf; in dieser Beziehung werden sich in verschiedenen Räumen ganz andere Ergebnisse einstellen. Immer aber wird der Empfänger am kräftigsten ansprechen, wenn er in gleiche Richtung wie die strahlenden Dipole gehalten wird; senkrecht zu dieser Richtung wird der Empfang Null, das Lämpchen wird dunkel sein. Setzt man den Generator waagerecht, so muß auch der Empfänger waagerecht gehalten werden.

Das magnetische Feld des Senders verläuft in Kreisen um die Dipole; seine Feldlinien verlaufen daher parallel zur Erdoberfläche, wenn die Dipole senkrecht stehen. Ein Rahmenempfänger, der auf die magnetische Induktion anspricht, läßt sich verhältnismäßig einfach herstellen; die Wirkung ist mit dem Lämpchen (Fig. 27) sichtbar zu machen, wenn der Rahmen genügende Fläche erhält. Fig. 28 gibt das Schema der Anordnung wieder. R_1 ist der Rahmen, der an seinen Enden die Kabelschuhe KK trägt,

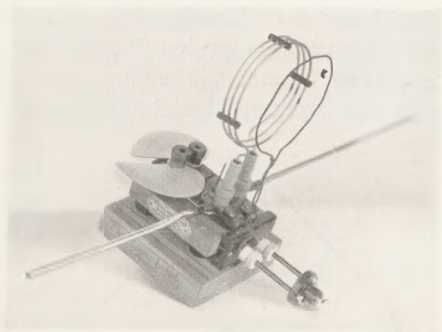


Fig. 27. Schaubild des Dipolempfängers.

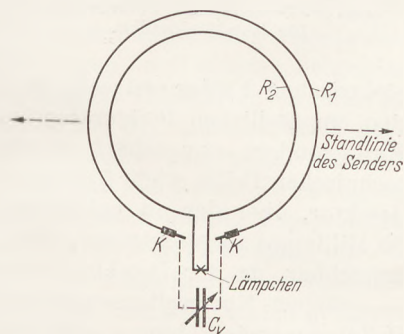


Fig. 28. Schema eines Peilrahmens für kurze Wellen.

mit denen er an diejenigen Klemmen der Empfangsapparatur angeschlossen wird, an denen vorher (Fig. 27) die Dipole angebracht waren. Der Durchmesser des Rahmens, der aus 3 mm starkem Kupferdraht besteht, beträgt etwa 60 cm. Der Rahmen induziert auf den Sondenkreis R_2 , dessen Durchmesser ebenfalls entsprechende Größe besitzt und etwa 40 cm beträgt; er wird (Fig. 27) an die Klemmen gelegt, an denen die kleinere Sonde befestigt war; der veränderbare Kondensator bleibt der gleiche. Nach der Zeichnung der Fig. 28 muß die Standlinie des Senders die angegebene Richtung haben, die Feldlinien verlaufen dann senkrecht zur Zeichenfläche; man setzt den Rahmenempfänger zweckmäßig auf ein Drehwerk, damit er rotieren kann. Bringt man diese Anordnung nahe an den Sender, der senkrecht gestellt ist, vielleicht in eine Entfernung von etwa 50 cm, so leuchtet nach Abstimmung das Lämpchen hell auf; es ergeben sich bei Drehung des Rahmens um 360° zwei Maxima bzw. Minima, von denen sich

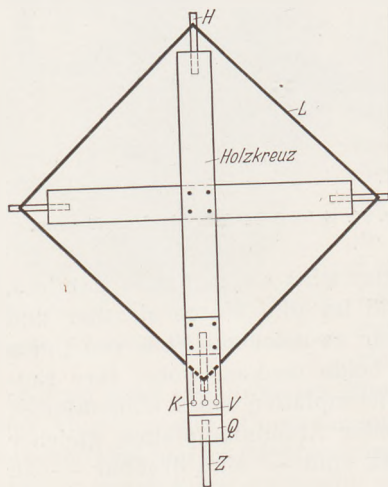


Fig. 29. Schema eines Peilrahmens für Rundfunkwellen.

die beiden letzteren außerordentlich scharf ausprägen lassen, wenn der Rahmen nicht zu weit vom Sender entfernt steht; bei ganz geringer Drehung des Rahmens aus der Nullstellung fängt dann das Lämpchen schon an zu leuchten. In weiterer Entfernung vom Sender — 1 m und mehr — leuchtet bei jedem Maximum das Lämpchen auch noch, nur beginnt der Peiler in der Regel zu „schielen“, da die Rückstrahlungen im Raume sich bemerkbar machen, so daß sich der Peiler zur Feldkomponente einstellt. In so großer Entfernung vom Sender, daß das Lämpchen nicht mehr aufleuchtet, läßt sich eine Peilung mit Detektor und Galvanometer vornehmen, die an den Sondenkreis R_2 (Fig. 28) angeschlossen werden. Störend wirken bei diesen Versuchen die unvermeidlichen Drahtverbindungen, die auf das elektrische Feld des Senders ansprechen und den Rahmenkreis entsprechend erregen; übrigens ist auch der Rahmen selbst von diesem Nachteil nicht frei, da er als Gesamtgebilde sich in Richtung des

elektrischen Feldes erstreckt und von diesem angestoßen wird. Man erhält daher bei den empfindlichen Peilgeräten, wie z. B. Detektor und Galvanometer, niemals absolut Null, sondern nur scharf ausgeprägte Minima, eine Eigenschaft, von der auch die technischen Peiler nicht frei sind. — Als Detektor benutzt man einen normalen Kristall-detektor, über den in bekannter Weise das Galvanometer (Meßbereich etwa 10 bis 20 Milliamp) angeschlossen wird. In der Nähe des Senders ist dieses Verfahren nicht brauchbar, da der Detektor verbrennt oder doch nicht mehr zuverlässig ist. Stehen Kurzwellensender und Zubehöriteile nicht zur Verfügung, so läßt sich die Peilung mittels Rahmens auch recht gut zeigen, wenn in nicht allzugroßer Entfernung vom Peiler ein kräftiger Sender, z. B. ein Rundfunksender, arbeitet. Ein Rahmen und ein Schwingaudion mit Zubehör ist eigentlich alles, was man braucht, doch enthält der Versuch einige Schwierigkeiten, die eines Hinweises bedürfen. Da es sich um längere Wellen handelt, muß der Rahmen, wenn er handlich sein soll, mehrere Windungen enthalten; damit aber die „Peilschärfe“ ausreichend ist, muß die Stirnfläche des Rahmens schmal bleiben, die Windungen müssen also nahe beieinander liegen. Man nimmt zweckmäßig ein Holzkreuz der in Fig. 29 gezeichneten Form mit etwa 80 cm Durchmesser; an den Enden der 4-Seiten senkt man die Hartgummi-plättchen H ein, die als Träger des „Rahmens“ dienen, der aus 6 am besten übereinander gelegten Windungen besteht; es kann einfacher Klingeldraht genommen werden. Anfang, Mitte (nach der dritten Windung¹) und Ende der Wicklung werden

¹ Damit der Rahmen in der Mitte geerdet werden kann, was aber für einfachere Versuche nicht nötig ist.

an die Klemmen K geführt, die auf dem Verlängerungsstück V (Holz) des Kreuzes befestigt sind. Man nimmt zweckmäßig 2 Verlängerungsstücke vorn und hinten und verbindet sie unten wieder durch ein Querstück Q , in welches dann der Zapfen Z zum Drehen des Rahmens eingelassen ist. Um die Rahmenwirkung voll zur Geltung zu bringen, ist wesentlich für das Gelingen des Versuches, daß der Empfänger nicht sonstwie elektrisch oder magnetisch angestoßen wird, wodurch die Rahmenwirkung vollkommen verwaschen werden kann; man wählt praktisch die Anordnung, wie sie in Fig. 30 dargestellt ist. Zum Schwingaudion selbst ist nichts Besonderes zu bemerken, man stellt sich eine beliebige Rückkopplungsanordnung her, die man zum Schwingen bringt. Der Rahmenkreis wird durch einen Drehkondensator 500 cm abstimmbare gemacht; es ist sehr wichtig, daß der Rahmen selbst weder elektrisch noch magnetisch die Gitterspule L_g des Audions beeinflusst, weshalb es zweckmäßig ist, ihn einen oder zwei Meter vom Empfänger entfernt aufzustellen. Ganz läßt sich die Streuwirkung nicht vermeiden; auch der Empfänger selbst wird über seine Spule und seine möglichst kurzen Drahtverbindungen, die als Antenne wirken, angestoßen werden, doch läßt sich der Fehler so weit herabsetzen, daß er unschädlich wird. Die Erregung des Rahmenkreises auf die Gitterspule L_g erfolgt durch die Hilfsspule L_h , eine Spule von 5 bis 7 Windungen mit gleichem Durchmesser wie die Gitterspule; wird diese Anordnung benutzt, so wird es unschwer gelingen, den Sender durch scharfe Minima anzupeilen. Es ist darauf zu achten, daß andere auf die gleiche Wellenlänge abgestimmte Kreise sich nicht in der Nähe befinden. In Fig. 30 ist noch der Hilfskreis für die Seitenbestimmung angedeutet; der Versuch ist schwer und wird ohne weiteres nicht gelingen, weil allzugroße gegenseitige Störungen eintreten. Der Gitterkreis mit den beiden Hilfsspulen L_h und $L_{h'}$ müßte in einen Käfig gesetzt werden, und auch dann bedarf der Antennenkreis noch besonderer Führung, um den Rahmenkreis nicht elektrisch anzustoßen, wodurch dessen Wirkung aufgehoben würde. Es ist immer zu beachten, daß die Rahmenwirkung im Verhältnis zu der Wirkung einer noch kleinen Antenne schwach bleibt. Dieser letzte Versuch wurde nur angedeutet, um die Theorie, die sich an die Fig. 11 knüpfte, mit der Beschreibung der praktischen Anordnung zu ergänzen. Der bloße Rahmenversuch läßt sich aber verhältnismäßig leicht mit gutem Erfolg ausführen und auch einem größeren Hörerkreise zeigen, wenn an das Schwingaudion ein Verstärker angeschlossen wird. Wichtig ist, daß der Sender in Überlagerung empfangen wird, weil dann ein gleichmäßiger Ton gehört wird, der anfangs laut ist, bei Drehen des Rahmens fast verschwindet und dann wieder an Lautstärke zunimmt. Telephoniewiedergabe ist für diesen Versuch nicht besonders geeignet.

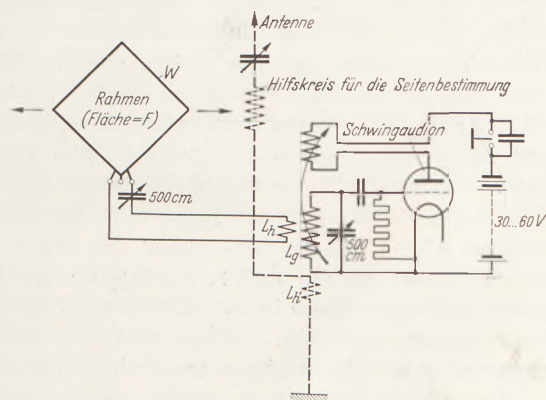


Fig. 30. Schaltbild für die Anpeilung eines Rundfunksenders.

Kleine Mitteilungen.

Einige einfachste Versuche zur Fluglehre.

Von Käte Regel in Berlin-Charlottenburg.

Der zweite Band der Freihandversuche von HERMANN HAHN (Berlin: O. Salle 1916; 2. Aufl. § 36) enthält eine Reihe einfacher Versuche, die für den Unterricht in der Flugphysik von großem Werte sind, weil sie sich mit einfachsten Mitteln

leicht ausführen lassen. Auch für die wichtigsten Erläuterungen im Modellbauunterricht wird man sie mit Nutzen heranziehen können. Diese Grundversuche und das Grundexperiment, das HORST WINKLER in seinem Bauplan zum Hochleistungs-Segelflugmodell ausführt (Verlag C. J. E. Volckmann Nachf., Berlin-Charlottenburg), haben mich dazu angeregt, eine Reihe einfacher Modelle zu bauen, die rein anschaulich die Wirkung der Tragfläche, des Leitwerkes und der verschiedenen Einstellwinkel bei diesen Flächen zeigen sollen.

Zunächst läßt man einen einfachen Stab (rechteckiger Querschnitt $3\text{ mm} \times 5\text{ mm}$, Länge 300 mm) aus waagerechter, senkrechter und schräger Lage fallen. Er fällt, ohne seine Richtung im Raume zu ändern, zu Boden. Dann läßt man, wie in WINKLERS Gedankenexperiment, einen gleichen Stab zu Boden fallen, an dessen einem Ende eine rechteckige Fläche ($14\text{ mm} \times 3\text{ mm}$ aus $0,8\text{ mm}$ Sperrholz; späteres Höhenruder) befestigt ist. Damit der Schwerpunkt in der Mitte des kleinen Apparates bleibe, ist am anderen Ende des Stabes ein entsprechendes Stück Blei festgebunden. Dieser Stab landet mit der Spitze zuerst auf dem Boden, weil durch den Luftwiderstand die rechteckige Fläche im Fallen behindert wird. Wie ich auch die Ruhelage wähle, aus der ich den Stab fallen lasse, seine Spitze erreicht stets zuerst den Boden; nur dann nicht, wenn die längste Seite des Rechteckes in einer lotrechten Ebene liegt. In diesem Falle verhält sich der kleine Apparat genau so wie der unbelastete Stab. Um auch in dieser Lage eine Landung auf der Spitze zu erreichen, bringt man an einem dritten Stab außer der rechteckigen Fläche noch eine zu dieser senkrechte Fläche an ($4,5\text{ mm} \times 9\text{ mm}$; $0,8\text{ mm}$ Sperrholz; Seitenleitwerk). Der Schwerpunkt soll seine Lage in der Mitte behalten; daher muß wieder etwas Blei am anderen Ende befestigt werden. Wählt man das Seitenleitwerk zu klein, so landet der Stab nicht mehr auf der Spitze; das Seitenleitwerk muß also, um wirksam zu sein, eine gewisse Größe besitzen.

Ein vierter Stab besitzt außer Höhen- und Seitenleitwerk noch eine Tragfläche mit positivem Einstellwinkel (etwa rechteckig $280\text{ mm} \times 65\text{ mm}$; 1 mm Sperrholz; vorn etwas pfeilförmig zugespitzt; Zwischenraum zwischen beiden Flächen etwa 110 mm). Dieses kleine „Flugzeug I“ lassen wir aus senkrechter Ruhelage fallen. Es richtet sich auf in die normale Fluglage und landet auch so. Wählen wir dagegen bei „Flugzeug II“ den Einstellwinkel negativ, so wendet es sich und landet in Rückenlage. Um aus der Entfernung die verschiedenen Lagen des Flugzeuges deutlich erkennbar zu machen, sind Ober- und Unterseite der Flächen mit verschiedenen Farben angestrichen.

„Flugzeug III“ besitzt eine Tragfläche mit dem Einstellwinkel 0° . Das Höhenleitwerk erhält einen positiven Einstellwinkel. Es geht beim Fallen aus senkrechter Ruhelage in Rückenflug über. Beim „Flugzeug IV“ hat wieder die Tragfläche den Einstellwinkel 0° , das Höhenleitwerk hat einen negativen Einstellwinkel. „Flugzeug IV“ landet in normaler Fluglage. Der Einstellwinkel hat also beim Höhenleitwerk und bei der Tragfläche die entgegengesetzte Wirkung für die Drehung des Apparates in der Luft.

Mit Hilfe einer einfachen Versuchsanordnung kann man die Ergebnisse dieser „Sturzflüge“ verwerten, um die Wirkung der Einstellwinkel (bzw. Anstellwinkel) beim horizontalen Fluge zu zeigen. Auf einem Brett befestigt man senkrecht nach oben gerichtete Pfeile. Darüber befindet sich ein Flugzeug in senkrechter Lage, die „Nase“ nach unten gekehrt. Dieses Bild entspricht unserm Sturzflug. Die Pfeile geben die „Windrichtungen“ relativ zum Flugzeug an. Jetzt drehen wir das Brett um 90° . Wir erhalten ein Flugzeug, das sich in waagerechter Richtung gegen den Wind bewegt. Wenn man es für zweckmäßig hält, kann man das Flugzeug auf dem Brett drehbar befestigen und Tragflächen- und Leitwerkstümpfe so anbringen, daß man verschiedene Einstellwinkel andeuten kann. Man kann sich einen Pfeil mit gekrümmtem Rumpf herstellen, der die Krümmung der Flugbahn wiedergibt.

Man läßt nun das „Flugzeug I“ abermals fallen und stellt die Tafel entsprechend mit ihrem Flugzeug und dem Pfeil ein. Dreht man nun die Tafel um 90° , so erkennt man leicht: Bei positivem Einstellwinkel der Tragfläche steigt das Flugzeug. Durch die entsprechenden Versuche mit „Flugzeug II bis IV“ ergibt sich folgende Tabelle:

	Positiver Einstellwinkel	Negativer Einstellwinkel
Tragfläche	Flugzeug steigt	Flugzeug fällt
Höhenleitwerk	Flugzeug fällt	Flugzeug steigt

Es fällt auf, daß es nicht gleichgültig ist, welche der beiden Flächen den positiven Einstellwinkel erhält. Hat die Tragfläche einen positiven Einstellwinkel, so steigt das Flugzeug, hat dagegen das Höhenleitwerk einen positiven Einstellwinkel, so sinkt das Flugzeug. Nach diesen Vorbereitungen dürfte es nicht schwer sein, im Unterricht die folgenden Feststellungen machen zu lassen.

Wir müssen uns die Luftkraft aus zwei Teilkräften zusammengesetzt denken. Der eine Anteil wirkt auf die Tragfläche, der andere auf das Leitwerk. Die Fläche mit positivem Einstellwinkel erfährt stets Auftrieb und wird gehoben (hebt sich das Höhenleitwerk, so senkt sich das Flugzeug), die Fläche mit negativem Einstellwinkel¹ erfährt einen Abtrieb und senkt sich (senkt sich das Höhenleitwerk, so steigt das Flugzeug).

Dadurch, daß zwei Luftkraftkomponenten auf das Flugzeug einwirken, kann dieses sich unter Umständen in der Luft drehen. Die Drehung erfolgt um den Schwerpunkt. Sind physikalische Vorkenntnisse vorhanden, so geht man auf die Zusammensetzung der beiden Luftkräfte zu einer Resultierenden ein und auf die Bedingungen, unter denen das Flugzeug geradeaus fliegen kann.

Nach diesen Betrachtungen ist die Wirkung des Höhenleitwerkes ohne weiteres klar. Auch die Wirkung des Seitenleitwerkes ergibt sich ohne weitere Versuche. Zur Erklärung des Querruders kann man sich ein „Flugzeug V“ bauen, ähnlich den früheren, dessen eine Tragfläche einen großen positiven, dessen andere einen großen negativen Einstellwinkel besitzt. Die eine Hälfte muß sich nach dem Vorhergesagten heben, die andere senken, d. h. das Flugzeug dreht sich um seine Längsachse: es „trudelt“. Der Schüler erkennt die Folgen einer Verwindung der Tragfläche seines Modells und die Bedeutung des Querruders oder der Verwindungsmöglichkeit beim bemannten Flugzeug. Sind aus der Mechanik Vorkenntnisse vorhanden, so lassen sich hier leicht Betrachtungen über das Zusammenwirken von Quer- und Seitenruder anschließen. An Stelle des „Flugzeuges V“ kann man auch einmal eine ebene Tragfläche fallen lassen, das andere Mal eine Tragfläche, deren Hälften gegeneinander gedreht sind. Die ebene Platte fällt senkrecht ohne Drehung herab, die andere Tragfläche dreht sich beim Fallen ähnlich wie ein Propeller, und zwar je nach der Stellung der Hälften gegeneinander, in verschiedenem Sinn. Der letzte Versuch bietet den Vorteil, daß er zur Luftschraube überleitet.

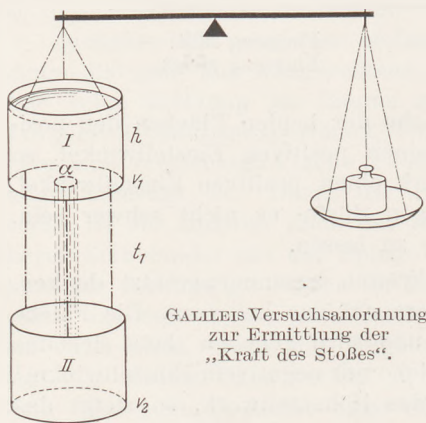
Die kleinen Apparate lassen sich selbstverständlich auch aus leichter Pappe herstellen. Für die Flugeigenschaften ist das geringere Gewicht von Vorteil. Ich habe Sperrholz gewählt, um die Lebensdauer der Modelle zu erhöhen. Die Wirkung verschieden großer Einstellwinkel läßt sich bequem zeigen, wenn man sich ein zerlegbares Stabmodell herstellt, ganz in der Art der eben beschriebenen Flugzeuge. Die Flächen werden durch Schrauben gehalten. Die verschiedenen Einstellwinkel ergeben sich, indem man auswechselbare Keile zwischen Stabrumpf und Flächen legt.

¹ Bisher sind nur ebene Flächen verwendet worden; Profilflächen können später behandelt werden. Es kommt hier nur eine erste Einführung in Frage.

Der Galilei-Machsche Versuch.

Von Dr. H. Blasius in Hamburg-Bergedorf.

Aus dem Gefäß *I* (siehe die Figur) fällt durch das Loch *a* ein Wasserstrahl in das Gefäß *II*. Beide Gefäße sind an einer Waage aufgehängt und vor dem Öffnen des Loches ins Gleichgewicht gebracht. Dann ist nach GALILEI-MACH die Waage auch



während des Fließens des Strahles im Gleichgewicht, sofern man in jedem Augenblick Beharrungszustand annehmen kann. Das muß so sein! Denn die Schwerkraft erteilt der linken Seite vorher und nachher denselben Impuls pro Zeiteinheit (Kraft = Impulsstrom!¹). Der Satz vom Impuls gilt ebenso ausnahmslos wie der Energiesatz; und wie bei diesem wird man das in jedem Falle durch Untersuchung der Einzelheiten bestätigen:

Die Einstellung der Waage wird bei laufendem Strahl geändert um:

- ↓ Stoß des unten auftreffenden Strahles,
- ↑ Rückstoß des oben ausfließenden Strahles,
- ↑ Gewicht des unterwegs befindlichen Wassers.

Es sei die pro Zeiteinheit ausfließende Masse *m*, die Geschwindigkeit oben *v*₁, unten *v*₂, die Fallzeit *t*₁.

$$\text{Dann ist } v_2 = v_1 + g t_1,$$

Stoß = Masse pro Zeiteinheit mal Geschwindigkeit,

Gewicht = Masse pro Zeiteinheit mal Zeit mal Schwerebeschleunigung,

also die Änderung der Einstellung der Waage:

$$W = \text{Stoß unten} - \text{Rückstoß oben} - \text{Gewicht unterwegs},$$

$$W = m v_2 - m v_1 - m g t_1,$$

und das ist genau Null!

Dr. S. ŠKREB² bestreitet das zweite Glied in dieser Ableitung: „Ein Reaktionsdruck auf eine freie Oberfläche ist wohl unmöglich“ (S. 9). Andererseits setzt er als fehlendes Gewicht noch $\gamma a h$ ein, wobei *h* die Wasserhöhe im oberen Gefäß ist, weil dieses Wasser „keinen Bodendruck ausüben kann“.

Es ist also zu zeigen, wie der Rückstoß $m v_1$ zustande kommt.

$$\text{Es ist } v_1 = \sqrt{2 g h},$$

$$\text{Rückstoß} = m v_1 = \frac{\gamma a v_1}{g} \cdot v_1 = 2 \gamma a h = \text{doppeltes Gewicht des Wassers über } a,$$

wie MACH mit Recht behauptet. Dieser Rückstoß wirkt nicht „auf die freie Oberfläche“, sondern kommt zum Teil dadurch zustande, daß der Bodendruck auf *a* fehlt. Es ist also so weit dasselbe, als wenn ŠKREB das Gewicht $\gamma a h$ fehlen läßt. Außerdem aber fehlt der Bodendruck nicht nur auf *a*, sondern auch noch in der Umgebung des Loches. Indem nämlich das Wasser von allen Seiten mit wachsender Geschwindigkeit auf das Loch zuströmt, ist in der Nähe des Loches der Druck kleiner als der hydrostatische. Aus demselben Grunde ist der Strahlquerschnitt kleiner als der Lochquerschnitt ($\sim 65\%$). *a* ist aber in den Ableitungen als Strahlquerschnitt anzusehen. Das alles macht den Einfluß gerade doppelt so groß!

Indem der Faktor 2 bei ŠKREB fehlt, kommt bei ihm eine Gewichtsvermehrung zustande, im Widerspruch zu dem Impulssatz.

¹ Vgl. z. B. H. BLASIUS, Mechanik III, S. 237/238; ferner diese Zeitschr. 2, 92 und 99 (1889).

² Diese Zeitschr. 49, 8 (1936).

Beschleunigungsmessung.

Von O. Holm in Hamburg.

Erfahrungsgemäß werden Fahrzeuge, Flugzeuge, Schiffe, Bauwerke, Fundamente, Straßendecken usw. durch Erschütterungen und Schwingungen beansprucht und unter Umständen beschädigt. Maßgebend für die Anstrengung des Materials sind die zur Wirkung kommenden Massenkkräfte. Diese hängen von den auftretenden Beschleunigungen ab, so daß ihre meßtechnische Erfassung wünschenswert ist. Die Richtigkeit dieser Feststellung wird nicht beeinträchtigt durch die Tatsache, daß die auftretende Höchstbeschleunigung allein kein Maß für die Bruchgefährdung ist. Die erregten Schwingungsformen und -frequenzen sowie ihre Wirkungsdauer sind auch von Einfluß auf die Materialermüdung.

Die Aufgabe der Beschleunigungsmessung kann sich auf die Registrierung des zeitlichen Verlaufes der Beschleunigungen erstrecken, oder sich mit der Feststellung der Höchstwerte begnügen. Wir wollen zunächst den ersten Fall betrachten.

Grundsätzlich kann die Beschleunigung einer Bewegung nur durch die Trägheitswirkung einer gefederten Masse festgestellt werden, wobei die Federung unter Umständen einen Rückschluß auf die Massenkraft erlaubt. Deshalb bestehen alle Beschleunigungsmesser entsprechend Fig. 1 aus einer federnd aufgehängten Masse 2, einer Feder 3 und einem Teil 1, der an den zu registrierenden Bewegungen teilnimmt. Man kann die Relativbewegungen zwischen 1 und 2 aufschreiben. Der Beschleunigungsmesser ist brauchbar, wenn es sich so einrichten läßt, daß die Relativbewegungen den Beschleunigungen proportional werden.

Die Möglichkeit der Verwirklichung dieses Zieles soll rechnerisch geprüft werden. Bezeichnen wir den veränderlichen Abstand der schwingenden Unterlage von ihrer Nulllage mit x_1 und entsprechend den der federnd aufgehängten Masse m_2 von ihrer Mittellage mit x_2 , so wird ihre Bewegung beschrieben durch die Differentialgleichung:

$$\frac{m_2 d^2 x_2}{dt^2} + k(x_2 - x_1) = 0. \quad (1)$$

Hierbei wird zunächst vorausgesetzt, daß keine Dämpfung vorhanden ist. k ist in der Gleichung der Federungsfaktor in Kräfteinheiten zur Längeneinheit. Um die Gleichung (1) nach $(x_2 - x_1)$ auflösen zu können, muß die Bewegung der Unterlage bekannt sein. Wir nehmen zuerst den einfachsten Fall an, daß x_1 eine Sinusfunktion der Zeit ist:

$$x_1 = a_1 \cdot \sin \omega t. \quad (2)$$

a_1 ist die Schwingungsamplitude, ω die Kreisfrequenz der Schwingung. Zweimaliges Differenzieren der Gleichung nach dt liefert:

$$\frac{d^2 x_1}{dt^2} = -a_1 \omega^2 \cdot \sin \omega t. \quad (3)$$

Wir dividieren Gleichung (1) durch m_2 und ziehen davon Gleichung (3) ab:

$$\frac{d^2 x_2}{dt^2} - \frac{d^2 x_1}{dt^2} + \frac{k}{m_2} (x_2 - x_1) = a_1 \omega^2 \sin \omega t. \quad (4)$$

Die Differenz der Beschleunigungen zweier Punkte ist gleich der Relativbeschleunigung des einen Punktes in Bezug auf den andern. Deshalb kann man schreiben:

$$\frac{d^2 x_2}{dt^2} - \frac{d^2 x_1}{dt^2} = \frac{d^2 (x_2 - x_1)}{dt^2}. \quad (5)$$

Für $\frac{k}{m_2}$ setzen wir in üblicher Weise α_2^2 , so daß α_2 die Kreisfrequenz der freien Eigenschwingung der Masse m_2 ist, also:

$$\frac{d^2 (x_2 - x_1)}{dt^2} + \alpha_2^2 (x_2 - x_1) = a_1 \omega^2 \sin \omega t. \quad (6)$$

Der Einfachheit halber bezeichnen wir den momentanen Abstand der schwingenden Masse m_2 von der Unterlage bzw. dem entgegengesetzten Federende mit x :

$$x = x_2 - x_1. \quad (7)$$

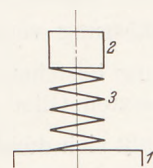


Fig. 1.
Allgemeines
Schema eines
Beschleunigungs-
messers.

Damit erhält Gleichung (6) die Form:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \alpha^2 x = a_1 \omega^2 \sin \omega t. \quad (8)$$

Die Lösung dieser Gleichung, die der Normalform der Gleichung einer erzwungenen Schwingung entspricht, lautet:

$$x = A \cos \alpha t + B \sin \alpha t + \frac{a_1 \omega^2}{\alpha^2 - \omega^2} \sin \omega t. \quad (9)$$

A und B sind Integrationskonstante, die sich aus den Anfangsbedingungen der Eigenschwingung ergeben. Man erkennt ohne weiteres, daß die für eine Beschleunigungsmessung vorauszusetzende, wenigstens ungefähre Proportionalität zwischen x und $\frac{d^2 x}{dt^2}$ nur bestehen kann, wenn die beiden Glieder der freien Schwingung gegenüber dem letzten Glied entweder vernachlässigbar klein werden oder ganz verschwinden. Das läßt sich durch eine Dämpfung des Instrumentes erreichen. Bei einer $\frac{dx}{dt}$ proportionalen Dämpfung erhielte man statt Gleichung (9) die Lösung;

$$x = e^{-\beta t} (A \cos \gamma t + B \sin \gamma t) + \frac{a_1 \omega^2}{\alpha^2 - \omega^2} \sin (\omega t + \varphi). \quad (10)$$

Hierin ist $\gamma = \sqrt{\alpha^2 - \beta^2}$ (schwache Dämpfung!). β ist der Dämpfungsfaktor und φ die durch die Dämpfung verursachte Phasenverschiebung.

Wir wollen voraussetzen, es sei eine Dämpfung solcher Stärke vorhanden, daß die freie Schwingung hinreichend schnell abklingt, so daß das störende Glied verschwindet, jedoch die Phasenverschiebung φ vernachlässigbar klein bleibt, man also schreiben kann:

$$x \approx \frac{a_1 \omega^2}{\alpha^2 - \omega^2} \sin \omega t. \quad (11)$$

Die letzte Forderung ist stets erfüllt, wenn α wesentlich größer ist als ω . Die Phasenverschiebung ist nämlich:

$$\varphi = \arctg \frac{2\beta\omega}{\alpha^2 - \omega^2}. \quad (12)$$

Nur unter diesen Voraussetzungen ist eine Beschleunigungsmessung möglich, denn nur in diesem Fall wird x der Beschleunigung, die gemessen werden soll (Gleichung 3!), proportional. Bezeichnen wir diese mit b_1 , so kann man statt Gleichung (11) auch schreiben:

$$x = \frac{-b_1}{\alpha^2 - \omega^2}. \quad (13)$$

Der Maßstab des Diagrammes eines Beschleunigungsschreibers ohne Vergrößerung durch Hebelübersetzung usw. wäre demnach $(\alpha^2 - \omega^2)$, d. h. 1 cm Diagrammhöhe gleich $(\alpha^2 - \omega^2)$ cm/sek² Beschleunigung. Dieser Maßstab ist also von der Frequenz der Bewegung, deren Beschleunigung gemessen bzw. registriert werden soll, abhängig. Wollte man das Beschleunigungsdiagramm einer Schwingungsbewegung aufschreiben, die aus mehreren Schwingungen verschiedener Frequenzen und Amplituden besteht, so müßte man das vom Apparat geschriebene Diagramm erst durch harmonische Analyse in seine Bestandteile zerlegen, durch Umrechnen und Umzeichnen auf den gleichen Maßstab entzerren und wieder zusammensetzen. Ebenso gut und mit gleicher Genauigkeit könnte man die Beschleunigungen aus dem Schwingungsdiagramm eines Schwingungsschreibers entnehmen. Ein Beschleunigungsschreiber erübrigt sich demnach, wenn er den Verlauf der Beschleunigungen nicht unmittelbar aufschreibt und jede weitere Diagrammentzerrung und Umrechnung überflüssig macht. Diesen Bedingungen genügt er jedoch annähernd, wenn man seine Eigenfrequenz α im Verhältnis zur höchsten Oberwellenfrequenz ω der FOURIERSchen Reihenauflösung der Erschütterungsbewegung, die noch berücksichtigt werden soll, recht hoch annimmt. In diesem Falle wird der Maßstab annähernd gleich α^2 und damit von der Art der Bewegung praktisch unabhängig. Andererseits führt diese Maßnahme dazu, daß man gezwungen wird, außerordentlich kleine Federdehnungen zu registrieren. Ihre Größe ist bestenfalls gleich dem Schwingungs-

ausschlag der Erschütterung multipliziert mit $\frac{\omega^2}{\alpha^2}$, wenn diese eine reine Sinusschwingung mit der Frequenz ω ist; in allen anderen Fällen ist sie dem absoluten Wert nach kleiner, weil α mit Rücksicht auf die Oberschwingungen bei gleicher Genauigkeitsanforderung größer gewählt werden muß.

Wenn wir in Erkenntnis der großen Schwierigkeiten der Aufgabe an unseren Beschleunigungsschreiber nur die sehr bescheidene Anforderung stellen, daß er wenigstens mit 10% Genauigkeit schreibt, so muß schon sein:

$$\alpha^2 \geq 10 \omega^2. \quad (14)$$

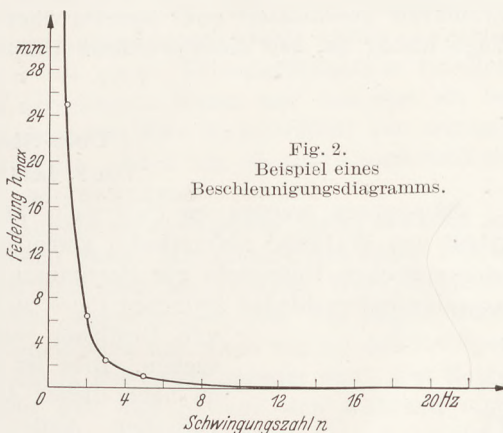
Diese Bedingung wirkt sich auf die Größe des Beschleunigungsdiagrammes so aus, daß beispielsweise das Beschleunigungsdiagramm einer reinen Sinusschwingung wieder eine Sinusschwingung sein müßte, deren Amplitude höchstens $1/10$ so groß wäre wie die der Bewegung. Was das praktisch bedeutet, veranschaulicht das als Beispiel gegebene Diagramm der Fig. 2. Hier ist angenommen, daß bei verschiedenen Frequenzen von Sinusschwingungen die gleichbleibende Höchstbeschleunigung $9,81 \text{ m/sek}^2$ (Erdbeschleunigung) auftritt. Die Schwingungsausschläge nehmen dementsprechend mit der zweiten Potenz der Frequenzen ab und ebenso die höchstzulässigen Diagrammhöhen des Beschleunigungsschreibers. Bezeichnen wir diese mit h_{max} , so muß sein:

$$h_{max} = \frac{9,81}{10 \omega^2} \text{ m} = \frac{98,1}{\omega^2} \text{ cm} = \frac{98,1}{(2\pi n)^2} \text{ cm} = \frac{2,49}{n^2} \text{ cm} \approx \frac{2,5}{n^2} \text{ cm}.$$

Hierin bedeuten ω die Kreisfrequenz der Sinusschwingung und n die sekundliche Schwingungszahl in Hertz.

Bei Gebäuden, die durch vorbeifahrende schwere Lastwagen auf schlechter Straße erschüttert werden, sind an den am meisten in Mitleidenschaft gezogenen Stellen Schwingungsausschläge von etwa 30μ ($1 \mu = 1/1000 \text{ mm}$) gemessen worden. Die Frequenz dieser Erschütterungen liegt im allgemeinen in der Nähe von 20 Hertz. Unter der Voraussetzung, daß es sich um reine Sinusbewegungen handelt, müßte ein Beschleunigungsschreiber, mit dem man die auftretenden Beschleunigungen aufschreiben wollte, die Federung $\frac{30 \mu}{10} = 3 \mu = \frac{3}{10^3} \text{ mm}$ und Bruchteile davon mit hinreichender Genauigkeit anzeigen oder aufschreiben. Diesen Anforderungen vermag kein Instrument zu genügen. Außerdem würde die vorstehend berechnete Empfindlichkeit noch lange nicht genügen, da die Erschütterungsbewegung nicht, wie vorausgesetzt wurde, eine reine Sinusschwingung ist und die Oberschwingungen bei der Beschleunigungsmessung keinesfalls vernachlässigt werden dürfen.

Eine ähnliche überschlägige Berechnung ergibt, daß selbst die Feststellung der bei der Schwingungsbewegung eines Kraftfahrzeuges auf unebener Straße auftretenden Beschleunigungen vom Betrage $0,1 \text{ g}$ in der besprochenen Weise Schwierigkeiten bereitet. 1 m/sek^2 sind für den Insassen schon recht fühlbar. Die Eigenfrequenz des schwingenden Wagenkastens kann zu wenigstens 1,6 Hertz angenommen werden. Das entspricht einem $\alpha = 10 \text{ sek}^{-1}$ und einem $\alpha^2 = 100 \text{ sek}^{-2}$. Bei der oben vorausgesetzten Beschleunigung wäre der Schwingungsausschlag der Sinusschwingung 1 cm. Das Instrument müßte jetzt also Federungen von höchstens 1 mm genau aufschreiben, die Empfindlichkeit müßte unter $0,1 \text{ mm}$ Federung der schwingenden Masse des Instrumentes liegen, wenn die geforderte Fehlergrenze von höchstens 10% nicht überschritten werden



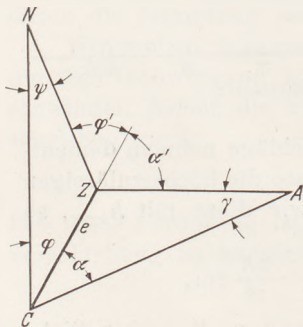
soll. Allenfalls ließe sich dies noch erreichen, doch gibt es auch viel härter gefederte Kraftfahrzeuge, und außerdem möchte man noch kleinere Beschleunigungen aufschreiben können.

Die angestellten Betrachtungen liefern die Erklärung dafür, warum praktisch brauchbare Beschleunigungsschreiber für viele Zwecke nicht vorhanden sind. Man versucht deshalb, das Problem dadurch zu lösen, daß man sich mit der Anzeige von Mindestbeschleunigungen begnügt, indem durch Trägheitswirkung ein elektrischer Stromkreis geschlossen oder unterbrochen wird. Wie weit die Aufgabe auf diesem Wege lösbar ist, soll einer weiteren Untersuchung vorbehalten bleiben.

Über Stoppuhren.

Von S. Janß in Wandsbek.

Stoppuhren werden im Unterricht häufig gebraucht. Darum soll hier auf eine Arbeit von WALTER¹ aufmerksam gemacht werden. Namentlich die Verwendung im astronomischen Unterricht zur Bestimmung der Durchgangszeit der Sonne, des Rektaszensionsunterschiedes zwischen Fleck und Sonnenmitte, der Koordinatendifferenzen von Gestirnen veranlaßten mich, eine Stoppuhr zu untersuchen. Dies ist trotz der Arbeit von WALTER notwendig, da nach dieser Arbeit sich die Uhren durchaus individuell verhalten. Außerdem unterscheidet sich meine Uhr von den von WALTER untersuchten dadurch, daß sie zwei Zeiger und zwei Druckknöpfe hat. Bedient man nur den Hauptdruckknopf, so bewegen sich beide Zeiger gemeinsam und werden auch zusammen angehalten. Sind beide Zeiger durch den Hauptdruckknopf in Bewegung gesetzt, so kann man den Nebenzeiger durch den zweiten Druckknopf anhalten; der Hauptzeiger läuft weiter. Durch erneuten Druck auf den zweiten Knopf springt der Nebenzeiger dem Hauptzeiger nach (nicht auf Null) und bewegt sich mit diesem gemeinsam weiter. Das kann bei ununterbrochener Bewegung des Hauptzeigers beliebig oft wiederholt werden; alle mit dem Nebenzeiger gemessenen Momente werden also auf den Beginn der Bewegung des Hauptzeigers bezogen. Dies ist für Messungen mit Ring- und Kreuzstabmikrometern unbedingt notwendig; andere Messungen sind so häufig schneller zu erledigen. Mikrometermessungen waren auch der Anlaß zur Beschaffung einer derartigen Uhr, und für sie lag natürlich ein besonderer Grund zur Untersuchung vor.



Korrektion der Exzentrizität
von Zeigerachse und Teilungs-
mittelpunkt.

Als Mangel findet WALTER zunächst wechselnde Nullstellung; wo diese sich zeigt, muß man die Anfangsstellung vor jeder Messung notieren. Ferner ist zum Teil erhebliche Exzentrizität von Zeigerachse und Teilungsmittelpunkt vorhanden. WALTER findet sie erstens durch je zehnmaliges Abstoppen nach 5, 10, 15 usw. bis 120 sec. Weiter findet er sie durch mikroskopische Messung des Abstandes des Zeigerendes vom Teilungskreis bei den genannten Stellungen, am vorteilhaftesten gemessen in Einheiten des Skalenintervalls. Dadurch ergeben sich Betrag e der Exzentrizität und deren Position φ gegen die Nullstellung (vgl. die Figur), bei WALTER bis zu 1,2 oder 0,24 sec; e ist der halbe Unterschied des größten und kleinsten Wertes des Zeigerabstandes von dem Teilungskreis, φ der Winkel zwischen den Zeigerstellungen bei diesen Extremwerten und der Nullstellung. Aus e und φ kann man dann nach WALTER mit strengen Formeln die Korrektur für jede Zeigerstellung berechnen. Wesentlich bequemer kommt man auf Grund derselben Figur mit den in der Astronomie üblichen und hinreichenden Näherungswerten zum Ziel. Es sei N der Nullpunkt, Z die Zeigerachse, C der Mittel-

¹ WALTER: Z. Instrumentenkde. 47, 583 f. (1927): Über Fehler in den Angaben von Stoppuhren.

punkt der Teilung, A die Zeigerstellung, e die Exzentrizität, φ die Position, $\varphi + \alpha$ die Angabe der Uhr, $\varphi' + \alpha'$ der Drehungswinkel; dann ist $\psi + \gamma$ die Korrektur; davon ist ψ konstant, γ veränderlich. Im Dreieck ACZ ist $\sin \gamma = e \cdot \sin \alpha : ZA$. Da e maximal nicht zwei Skalenteile beträgt, der Radius dagegen die Länge $600 : 2\pi$ oder rund 50 hat, und ZA zwischen r und $r \pm e$ noch nicht um 3% schwankt, kann man mit dieser Näherung $ZA = r$ setzen. Ferner ist γ maximal $e : r$ oder noch nicht 0,03 oder 2° ; dann unterscheiden sich $\sin$ und $\arcsin$ relativ um weniger als 1:4500. Also kann man setzen $\gamma = e \cdot \sin \alpha : r$. Dann wird γ am Radius gemessen. Um γ in Einheiten der Teilung zu erhalten, muß man mit dem Radius multiplizieren, erhält also $\gamma = e \cdot \sin \alpha$. Ebenso findet man den konstanten Betrag $\psi = e \cdot \sin \varphi$. Erforderlichenfalls tabuliert man die für die einzelnen Zeigerstellungen errechneten Werte und beachtet sie bei jeder Ablesung. Die von mir benutzte Uhr zeigt nur eine Exzentrizität von weniger als 0,2 Skalenteilen (0,04 sec); das ist unmerklich. Auch hat sie eine konstante Nullstellung; vielleicht wird sie aber mit der Zeit schwankend.

WALTER findet ferner, daß die einzelne Angabe einer Stoppuhr bis zu etwa 0,4 sec nach beiden Richtungen vom Sollwert abweichen kann. Mir scheint, daß dieser Betrag auch begreiflich ist. Denn zunächst ergeben sich auch bei exaktem Werk Unsicherheiten beim Ein- und Abschalten. Dabei wird angenommen, daß der Zeiger durch den Druckknopf an das gehende Werk gekoppelt wird und nicht wie bei den für Sport üblichen Uhren das Werk durch den Druck erst in Bewegung gesetzt wird. Der Zeiger steht stets während einer relativ langen Zeit still und bewegt sich während einer relativ kurzen Zeit. Schaltet man nun bei derjenigen Unruhestellung ein, bei welcher der Zeiger sich gerade bewegen will, dann zeigt die Uhr sofort zu viel an, und zwar um die Zeit, die der Zeiger erst noch stillzustehen hätte, also fast 0,2 sec. Eine ähnliche Betrachtung ergibt, daß beim Abschalten ein Fehler gleicher Größenordnung, aber mit entgegengesetztem Vorzeichen möglich ist, nämlich dann, wenn beim Druck der Zeiger sich gerade bewegen will, also die letzten 0,2 sec schon fast verflossen sind, aber noch nicht angezeigt werden. Ist demnach auch Addition ausgeschlossen und durch mehrmalige Messung der Ausgleich leicht gesichert, so kann die einzelne Messung doch eine um einen Skalenteil falsche Stellung ergeben.

Darüber hinaus hat die untersuchte Uhr aber noch folgenden Mangel. Beobachtet man nämlich mit der Lupe die Zeigerstellungen während der Bewegung in einem beliebigen Intervall, etwa dem zwischen 10 und 15 sec, so findet man nach dem ersten Einschalten etwa, daß die Ruhstellungen des Zeigers mit den Strichen zusammenfallen; das ändert sich bei den folgenden Umläufen nicht. Nach einem anderen Einschalten ist aber der Zeiger etwa zwischen den Strichen in Ruhe, auch wenn die Nullstellung konstant ist. Vielleicht ist dies auf die Art der Kuppelung zwischen Werk und Zeiger zurückzuführen. Hieraus dürfte folgen, daß die Schätzung der Skalenteile kaum Wert hat, und daß nur Mittelbildung aus häufigen Messungen Sicherheit ergeben kann. Wäre dieser Fehler nicht vorhanden, dann müßte man bei Stellung des Zeigers im Zwischenraum diesen wohl voll mitrechnen, da dann während der kurzen Zeit der Zeigerbewegung nach fast verflossenem Skalenwert abgeschaltet wurde.

Ein weiterer Mangel ist die leicht beobachtbare Ungenauigkeit der Teilung des Kreises; in gleichem Sinne wirkt etwa vorhandene Ungleichmäßigkeit der Zahnräder. Schließlich kann durch die Schwankungen der sog. persönlichen Gleichung die Zeit zwischen Ein- und Abschalten unsicher angegeben werden. Wenn dafür KOHLRAUSCH, Praktische Physik, 17. Auflage, S. 71, mehrere Zehntel annimmt, so scheint das sehr reichlich. Es kommen nämlich nur die Schwankungen der persönlichen Gleichung einer Person in Frage, nicht der absolute Betrag; denn dieser beeinflußt Anfang und Ende im gleichen Sinn und wird dadurch unwirksam.

Alle Fehlerquellen zusammen lassen offenbar, nach Korrektur wegen Nullstellung und Exzentrizität, eine Abweichung um den doppelten Skalenteil vom Sollwert durchaus möglich erscheinen. Trotzdem sind sie bei der untersuchten Uhr durchaus selten.

Ich habe auch untersucht, ob aus der wechselnden Federspannung Unsicherheiten sich ergeben; das scheint nicht der Fall zu sein; nur unmittelbar nach dem vollen Aufziehen sind für einige Minuten Schwankungen angedeutet. Darum dürfte es sich empfehlen, nie voll aufzuziehen, oder erst nach einer Laufzeit von etwa 10 min mit Messungen zu beginnen.

Namentlich mußte aber untersucht werden, welchen Einfluß das häufige Anhalten und Inbewegungsetzen des kleinen Zeigers auf dessen eigene Angaben und die Schlußangabe des Hauptzeigers hat. Die Abweichungen liegen dem Betrage nach sämtlich innerhalb der sonstigen Fehlergrenze und sind durchschnittlich nicht größer, als wenn beide Zeiger gemeinsam laufen.

Es ergibt sich demnach, daß Stoppuhren gewiß kein ideales Zeitmeßinstrument sind; sie sind aber auf alle Fälle erheblich billiger als eine andere Zeitanlage. Im besonderen kann man in Verbindung mit dem Schulfernrohr mit den durch sie erreichbaren Ergebnissen durchaus zufrieden sein. Denn mehr als die Bewegung eines Gestirns um 0,01 mm braucht nicht festgestellt zu werden, und das ergibt in der Äquatorgegend mit dem Zweizöller von etwa 600 mm Brennweite rund 0,2 sec. Diese lassen sich mit 0,2-sec-Uhren bei einigemale wiederholten Messungen sicher bestimmen. Die Wiederholung ist bei astronomischen Messungen fast immer möglich.

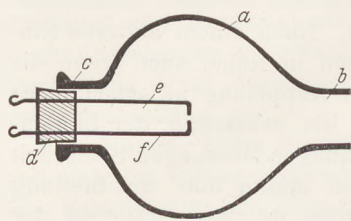
Nach WALTER ergeben 0,1-sec-Uhren die doppelte Genauigkeit; mit ihnen kann man also 0,2 sec mit seltenen Ausnahmen durch eine Messung erhalten. Leider habe ich noch keine 0,1-sec-Uhren mit zwei Zeigern gesehen.

Die Zweizeigeruhr wurde wie bei WALTER mit der Hauptuhr des Physikalischen Instituts der Hamburger Universität verglichen. Für das Entgegenkommen sei den beteiligten Herren auch hier aufrichtig gedankt.

Die Bestimmung der Explosionsgrenzen von Benzin und anderen brennbaren Flüssigkeiten.

Von R. Scharf in Berlin.

Die Bestimmung der Explosionsgrenzen von Benzin, Benzol, Alkohol usw. ist wichtig, wenn man die Wirkungsweise des Explosionsmotors erklären will. O. OHMANN hat bereits in dieser Zeitschrift 38, 193 (1925) Versuche dazu beschrieben¹. Als Nachteil dieser Versuche sehe ich es an, daß die Dosierung des Brennstoffes mittels abgeählter Tropfen unbequem sowohl bei der Ausführung der Versuche wie bei ihrer Auswertung ist, und daß die Zündung mit einem brennenden Holzspan gleichfalls unbequem und nicht ganz ungefährlich für den Experimentierenden ist; außerdem entspricht sie nicht den praktischen Verhältnissen. OHMANN hat am Schlusse seiner Arbeit selbst darauf hingewiesen.



Explosionsgefäß, Maßstab 1 : 7,5.

Um die Tropfendosierung zu umgehen, arbeite ich mit einem größeren Luftvolumen (etwa 2 l); ich kann dann den Brennstoff mit einer in hundertstel Kubikzentimeter unterteilten 1-cm-Meßpipette abmessen. Die Zündung lasse ich, entsprechend den praktischen Verhältnissen, durch einen Induktionsfunken erfolgen; der Experimentierende hat dabei den Vorteil, die Zündung aus größerer Entfernung, hinter einer Schutzscheibe stehend, auslösen zu können.

Als Explosionsgefäß benutze ich eine ROSENFELDSche Explosionspipette² oder den Oberteil eines KIPPSchen Apparates *a* von etwa 2 l Fassungsvermögen (siehe Figur),

¹ Siehe auch: O. BINDER, Einfache Explosionsversuche mit brennbaren Flüssigkeiten. Diese Zeitschr. 28, 97 (1915). F. ZEMAN, Combustion Experiments with Vapors, Gases and Dusts. J. of Chem. Education 12, 483 (1935).

² M. ROSENFELD, Zeitschr. phys.-chem. Unterr. 11, 271 (1898). O. OHMANN, Die Unfallverhütung im chemischen und physikalischen Unterricht, 3. Aufl., S. 131.

deren langer Rohransatz so weit abgesprengt ist, daß der Rohrstutzen *b* eine Länge von etwa 5 cm bei 2,5 bis 3 cm lichter Weite besitzt.

In den anderen, unverändert gebliebenen Tubus *c* wird die elektrische Zündvorrichtung eingesetzt. Diese besteht aus einem Korkstopfen *d* passender Größe, in den zwei Stricknadeln oder Drähte *e*, *f* parallel zueinander eingesteckt sind. Sie sind an dem im Innern des Glasgefäßes liegenden Ende rechtwinklig umgebogen, so daß sie eine Funkenstrecke von 1 bis 3 mm Länge bilden, die sich etwa in der Mitte der Glaskugel befindet. Zum Betriebe der Funkenstrecke wird ein kleiner Funkeninduktor benutzt, der sich sowohl mit Akkumulatoren wie mit niedrig gespanntem Wechselstrom (Transformator!) betreiben läßt.

Zur Ausführung der Versuche wird eine bestimmte Menge Benzin u. ä. (z. B. 0,3 cm³) mittels der Pipette in die Wölbung des trockenen Kolbens gegeben; die Öffnung *b* wird sofort fest verkorkt, und man sorgt durch Drehen und Schwenken des Gefäßes dafür, daß der Brennstoff vollständig verdampft, ohne die Stopfen zu benetzen. Der Kolben wird jetzt annähernd waagerecht auf einen Kork- oder Strohring gelegt, die Stromzuführungen werden an den Drähten befestigt und der Verschlußkorken von *b* gelockert. Nachdem durch eine oder zwei Schutzscheiben für ausreichende Sicherheit gesorgt ist, kann das Gasgemisch gezündet werden, wobei je nach der angewandten Brennstoffmenge der lose sitzende Kork durch die Explosionsgase mehr oder weniger heftig weggeschleudert wird, wenn das Gasgemisch überhaupt zündfähig war.

Für Schutzscheiben möchte ich bei dieser Gelegenheit das „Draht-Spiegelglas“ empfehlen, wie es z. B. bei neueren Fernsprehzellen als Baustoff benutzt wird. Die Scheibe ist ganz klar, und das eingeschmolzte Drahtnetz, das etwa Bienenwabenstruktur besitzt, verhindert die Bildung größerer Splitter. Eine solche Scheibe kostet nicht viel mehr als gewöhnliches Spiegelglas; die eigentlichen splitterfreien Verbundgläser und andere kosten das 4- bis 7-fache davon.

Nach dem ersten Versuch wird das Gasgemisch, d. h. die Verbrennungsgase oder das nicht zündfähige Gemisch, aus dem Kolben wieder entfernt (Föhn, Gebläse oder Wasserstrahlpumpe) und ein neuer Versuch mit planmäßig abgeänderter Brennstoffmenge angesetzt. Die Versuche, von denen in kurzer Zeit eine ganze Reihe ausführbar sind, zeigen, daß es für jeden Brennstoff sowohl eine untere wie eine obere Grenze der Explosionsfähigkeit gibt, und daß bei einem bestimmten dazwischen liegenden Mischungsverhältnis die Explosion die größte Heftigkeit besitzt. Dieses so gekennzeichnete Maximum der Entzündungsgeschwindigkeit fällt allerdings nie mit dem „theoretischen Gemisch“ zusammen, wie man es aus der Verbrennungsgleichung berechnen kann, sondern es ist stets nach der oberen Explosionsgrenze hin verschoben. Der Grund für diese Verschiebung ist die Dissoziation der Verbrennungsprodukte bei der hohen Explosionstemperatur.

Ist man mit den Versuchen in die Nähe der oberen Explosionsgrenze gekommen, so verpufft das Gasgemisch zwar, aber die Explosionsgase sind selbst noch weiter brennbar. Um das dickwandige Gefäß durch die nahe der Mündung ziemlich ruhig brennende Flamme nicht zu gefährden, erscheint es angebracht, dieses Nachflammen durch Aufsetzen eines Stopfens oder Aufdrücken eines Lappens sofort abzubrechen.

Ein weiterer Umstand, der Beachtung verdient, ist das Absetzen von Ruß in dem Kolben, besonders bei „fetten“, d. h. brennstoffreichen Gasgemischen. Führt man nämlich die Versuche mit dem berußten Kolben weiter durch, so erhält man höhere Brennstoffzahlen, als wenn man mit sauberem Kolben arbeitet. Sicherlich macht sich hier eine Adsorptionswirkung des Kohlenstoffs bemerkbar, indem ein kleiner Teil des Brennstoffes durch den Kohlenstoff zurückgehalten und nur der Rest des angewandten Brennstoffes in Dampf umgewandelt wird. Um diese Störungen zu vermeiden, genügt es, wenn man den Rußbelag aus dem Kolben mit einer entsprechend gebogenen, trockenen Reagensglasbürste entfernt.

Zur zahlenmäßigen Auswertung der Versuche müssen die Dichte des flüssigen Brennstoffes sowie der Gesamthalt des Kolbens bestimmt werden. Durch Umrechnung erhält man die untere und die obere Explosionsgrenze und das Optimum in Gramm Brennstoff pro Liter Luft. Will man auf Volumenprozent des gasförmigen Brennstoffes umrechnen, so müssen die Molekulargewichte herangezogen werden. Bei Gemischen wie Benzin und Motorenbenzol muß in diesem Fall eine Bestimmung des mittleren Molekulargewichtes (z. B. nach VIKTOR MEYER) gemacht werden.

Für die drei wichtigsten Motorentreibstoffe sind in der Fachliteratur für die Explosionsgrenzen folgende Werte angegeben¹:

Benzin	2,5 bis 4,8 Vol.-%
Benzol	2,7 „ 6,3 „
Alkohol	4,0 „ 13,6 „

Die von mir angestellten Versuche stimmen mit den Zahlenangaben gut überein. Diese Zahlen gelten allerdings nur für Atmosphärendruck. Im Motor findet dagegen vor der Zündung eine Kompression des Gasgemisches statt, und die Zahlen liegen dann etwas anders. Das Grundsätzliche läßt sich aber, wie ich glaube, durch die beschriebenen Versuche gut zeigen.

¹ WIRTH, Brennstoffchemie, S. 608. Berlin: Georg Stilke.

Berichte.

I. Apparate und Versuche.

Zur Bestimmung der Gravitationskonstante.
Von H. KRÖNCKE in Berlin.

Über Bemühungen, eine Gravitationswaage zur Vorführung im Unterricht zu erhalten, gibt der in dieser Zeitschrift 37. 1 (1924) veröffentlichte Aufsatz von H. KEEFER eine zusammenfassende Übersicht. Seither hat die Drehwaage nach SCHÜRHOZ¹-SPRENGER in Schulen Eingang gefunden. Auf Gravitationsdrehwaagen solcher Bauart beziehen sich die folgenden Überlegungen und Messungen.

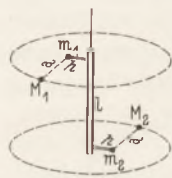


Fig. 1. Übersichtliche Darstellung des Geräts.

Ein drehbar aufgehängtes Gestell (Fig. 1) trägt die beiden kleinen Massen m_1 und m_2 mit dem senkrechten Abstand l . Um die gleiche Achse lassen sich die beiden großen Massen M_1 und M_2 unabhängig von der Drehwaage bewegen. Die Massen sind nur durch ihre Mittelpunkte dargestellt; die Bahnen, in denen M_1 und M_2 bewegt werden können, sind Kreise, die in Fig. 1 perspektivisch als Ellipsen erscheinen. Durch die Massenanziehung zwischen m_1 , M_1 , m_2 und M_2 wird das die Massen m_1 und m_2 tragende Gestell gegen die Torsionskraft der Aufhängung gedreht, was mittels eines Lichtzeigers beobachtet wird.

Das übliche Verfahren, mit dieser Anordnung die Gravitationskonstante G zu bestimmen, behandelt die Vorrichtung als „Waage“. Beim Endausschlag ist die wirksame Massenanziehung gleich der Torsionskraft der Aufhängung, die aus Schwingungsdauer und Trägheitsmoment be-

stimmt wird, multipliziert mit dem Hebelarm. Da diese Ableitung aber etwas umständlich ist, zieht R. W. POHL¹ folgenden anschaulichen und rechnerisch einfachen Weg vor.

Von der Massenanziehung zwischen m_1 und M_2 ebenso wie zwischen m_2 und M_1 wird abgesehen. Dann kann man sich auf die Betrachtung des einen Paares m_1 und M_1 mit dem Abstand a beschränken, da durch das zweite Paar zwar die Massenanziehung, aber auch die bewegte träge Masse verdoppelt wird. Die Masse M_1 befindet sich zunächst in der „neutralen“ Lage A (Fig. 2). Wird sie in die Stellung B gebracht, so setzt sich m_1 in Bewegung: sie dreht sich um D in Richtung auf B zu. Da der Ausschlag nur etwa 1° beträgt, kann die Bewegung als geradlinig angesehen werden: die Masse m_1 „fällt“ in Richtung auf B.

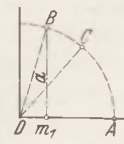


Fig. 2. Wirkungsweise der Vorrichtung.

Die Beschleunigung b dieser Fallbewegung wird bestimmt, indem der während einer im Verhältnis zur ganzen Schwingungsdauer kleinen Zeit zurückgelegte Weg gemessen wird; die Gegenkraft der Torsion darf dann nämlich in erster Annäherung vernachlässigt werden. So ergibt sich die auf m_1 ausgeübte Kraft zu $m_1 \cdot b = G \cdot \frac{m_1 \cdot M_1}{a^2}$ oder

$$G = \frac{a^2 \cdot b}{M_1}.$$

Man erhält so G durchaus in der richtigen Größenordnung; einige Messungen mit der Waage von SCHÜRHOZ ergaben z. B. Werte zwischen $5 \cdot 10^{-8}$ und $6 \cdot 10^{-8}$ (statt $6,68 \cdot 10^{-8}$). Eine

¹ P. SCHÜRHOZ: Zeitschr. math.-nat. Unterr. 66, 174 (1935).

¹ R. W. POHL: Mechanik und Akustik, S. 56. Berlin: Julius Springer 1930.

größere Genauigkeit, auf die POHL bewußt verzichtet, ist nicht zu erwarten; abgesehen von verschiedenen Vernachlässigungen ist die Messung der Beschleunigung b recht ungenau, da die Messung des Weges ebenso wie die der Zeit im Anfang der Bewegung nur mit geringer Genauigkeit möglich ist.

Mit der folgenden Abänderung des Verfahrens kann man aber eine weit bessere Meßgenauigkeit erreichen, ohne an Anschaulichkeit wesentlich einzubüßen. Dabei hat man den Vorteil, daß man, falls es erwünscht ist, auch die zunächst vernachlässigten Faktoren nachträglich sämtlich oder zum Teil in Rechnung stellen kann.

Wir betrachten in Fig. 3 den Lichtzeiger, der zu Beginn auf Null stehen möge. Sobald die Masse M_1 nach B gebracht ist, setzt sich der Lichtzeiger in Bewegung, erreicht den größten Ausschlag A , kehrt um und führt eine schwach gedämpfte Schwingung mit der vollen Periode T aus, wie mit der Zeitachse nach unten angedeutet ist. Sehen wir von der geringen Dämpfung ab, so ist die Lage des Lichtzeigers zur Zeit t durch

$$x = \frac{A}{2} \left[1 - \cos \left(\frac{2\pi}{T} \cdot t \right) \right]$$
 bestimmt. Hieraus ergibt sich die Beschleunigung im Punkte x zu
$$\ddot{x} = 2A \cdot \frac{\pi^2}{T^2} \cdot \cos \left(\frac{2\pi}{T} \cdot t \right)$$
 und damit die Beschleunigung im Anfange der Bewegung ($t = 0$) zu
$$b = 2A \cdot \frac{\pi^2}{T^2}.$$
 Wie oben folgt hieraus

$$G = \frac{A \cdot h}{L \cdot M_1} \left(\frac{\pi a}{T} \right)^2, \quad (1)$$

wenn noch L die Länge des Lichtzeigers und h den Abstand der Masse m_1 von der Drehachse bedeuten, alles in cgs -Einheiten gemessen. Die gleiche Formel erhält man natürlich auf dem alten Wege, wenn man dieselben Vereinfachungen anwendet und die Torsionskraft durch T ausdrückt; nur ist die Ableitung weniger anschaulich.

Hier ist nunmehr die Torsionskraft richtig in Rechnung gestellt; sie steckt in der Schwingungsdauer T . Wie bei POHL fällt die Masse m_1 heraus, was sehr erwünscht ist, weil sie im fertigen Apparat nicht nachprüfbar ist. Die Formel enthält nur Größen, die mit mindestens 1% Genauigkeit in der Schule gemessen werden können. Zur Bestimmung von T beobachtet man den Durchgang des Lichtzeigers durch eine Marke in der Nähe der Mitte der Skala, wo die Geschwindigkeit recht erheblich ist, und mißt die Zeit bis zum nächsten Durchgang in der gleichen Richtung. Die größten Fehlerquellen enthalten die Messungen des Hebelarmes h und des Kugelabstandes a . Beide bestimmt man zweckmäßig durch Projektion eines vergrößerten Bildes (h) bzw. eines Schattenbildes (a) und einfache Rechnung.

Das obige Verfahren weicht auch in folgendem von dem üblichen Weg ab. Die zwischen m_1 und M_1 wirkende Kraft ist nicht am größten, wenn M_1 in B liegt. Würde man M_1 dem Punkte A nähern, also den Winkel BDA verkleinern (Fig. 2), so müßte der Abstand a kleiner und daher die Anziehungskraft größer werden. Zwar ist nur die Komponente senkrecht zu DA wirksam, aber die Rechnung ergibt ein Maximum der wirksamen

Kraft bei einem Winkel $CDA = 53^\circ$. Da der Unterschied der Kräfte senkrecht zum Hebelarm in B und C nur 10% ausmacht und die Empfindlichkeit der Drehwaage von SCHÜRHOFF genügend groß ist, erscheint es zweckmäßiger, die Masse M_1 in B anzubringen (Winkel $BDA = 74^\circ$); die Rechnung wird dadurch merklich vereinfacht, vor allem auch die Bestimmung des unten benötigten Abstandes a_2 zwischen m_1 und M_2 .

Bei der verwendeten Drehwaage war:

$T = 383,5$ sec, $h = 2,435$ cm¹, $a = 10,12$ cm, $L = 890$ cm, $A = 31,5$ cm, $M_1 = 10^4$ g.

Für diese Werte ergibt die Formel (1) $G = 5,93 \cdot 10^{-8}$. Daß dieser Wert zu klein ist, liegt an den verschiedenen Vernachlässigungen, die sämtlich im gleichen Sinne wirken und sich daher auch nicht zum Teil ausgleichen. Man kann sie aber unschwer einzeln abschätzen und durch Zahlenfaktoren in Formel (1) berücksichtigen; die Formel selbst wird dadurch nicht verwickelter.

Der bei weitem größte Fehler entstand dadurch, daß die Anziehung zwischen m_1 und M_2 nicht beachtet wurde, die die entgegengesetzte Drehung hervorzubringen bestrebt ist, wie die zwischen m_1 und M_1 (Fig. 1). Der Abstand zwischen m_1 und M_2 ist $a_2 = \sqrt{a^2 + h^2 + l^2 + h^2} = 22,7$ cm. Unter Berücksichtigung des Winkels, unter dem die Kraft zwischen m_1 und M_2 angreift, ergibt sich die von M_2 herrührende Kraft zu $G \cdot \frac{m_1 M_2}{a^2}$; die

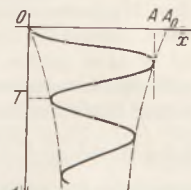


Fig. 3. Bewegung des Lichtzeigers.

gesamte auf m_1 wirkende Anziehungskraft ist daher $G \cdot \frac{m_1 M_1}{a^2} \left[1 - \left(\frac{a_2}{a} \right)^3 \right]$, da $M_1 = M_2$ ist. Mit anderen Worten ist der aus Formel (1) errechnete Wert für G durch $\left[1 - \left(\frac{a_2}{a} \right)^3 \right]$ zu teilen oder mit 1,096 zu multiplizieren, um die Wirkung von M_2 in Rechnung zu stellen. Hierdurch kommt man dem richtigen Wert von G schon so nahe ($6,5 \cdot 10^{-8}$), daß man auf die übrigen ziemlich geringen Einflüsse im allgemeinen nicht einzugehen braucht. Der Vollständigkeit wegen seien sie aber hier erwähnt, um sie schließlich ebenso wie die Zahl π^2 in denselben Zahlenfaktor aufzunehmen.

Der Einfluß des Trägheitsmomentes der Aufhängung ist nicht unmittelbar zu bestimmen, da die Waage selbst nicht zugänglich ist. Die volle Schwingungsdauer ohne die Massen m_1 und m_2 ist aber $T_0 = 45$ sec (ein Fehler von 5 sec wäre ohne Bedeutung). Wie eine einfache Überlegung zeigt, ist dieser Einfluß dadurch in Rechnung zu stellen, daß $T^2 - T_0^2$ an Stelle von T^2 gesetzt wird, oder, was annähernd dasselbe ist, daß die rechte Seite von Formel (1) mit $1 + \left(\frac{T_0}{T} \right)^2 = 1,0137$

¹ Als Mittel der Hebelarme der beiden Massen m_1 und m_2 , deren Einzelwerte 2,42 und 2,45 cm waren.

multipliziert wird. Der Fehler ist also kleiner als 1,4%.

Fast derselbe Fehler entsteht durch Vernachlässigung der Dämpfung der Schwingungen. Eine Messung an 10 aufeinanderfolgenden Schwingungen ergab, daß jeder Ausschlag um 2,8% kleiner war als der vorhergehende Ausschlag nach der gleichen Seite. Der gemessene Ausschlag A ist daher um 1,4% kleiner als der Ausschlag A_0 , der sich ohne Dämpfung ergeben würde, oder die rechte Seite in Formel (1) ist mit 1,014 zu multiplizieren.

Wegen der Kleinheit des Ausschlags scheint es zunächst, daß die Bewegung von m_1 genügend genau als geradlinig angesehen werden darf. Da aber die Kugel m_1 sich um D dreht, dreht sie sich zugleich um ihre eigene Achse. Die Ableitung würde auch für die drehende Bewegung richtig sein, wenn das Trägheitsmoment der Masse m_1 gleich $m_1 h^2$ wäre. Infolge der Drehung der Kugel um ihre Achse ist es aber größer, nämlich $m_1 h^2 + 0,4 m_1 r^2$, wo r der Halbmesser der Kugel m_1 ist. Man kann daher dessen Einfluß in Rechnung stellen, wenn man statt

$$h \text{ den Wert } h \sqrt{1 + 0,4 \left(\frac{r}{h}\right)^2} = h \left[1 + 0,2 \left(\frac{r}{h}\right)^2\right]$$

setzt oder die rechte Seite in Formel (1) mit 1,018 multipliziert.

Schließlich ist zu beachten, daß strenggenommen die Bewegung von m_1 keine Sinusschwingung ist; das wäre sie nur, wenn die zurückführende Kraft linear mit der Abweichung von der Nulllage zunähme. Da aber in dieser Kraft auch die Massenanziehung enthalten ist, die sich quadratisch mit dem Abstand vom Mittelpunkt der Masse M_1 ändert, ist die Bewegung genau genommen eine etwas verzerrte Sinusschwingung, für die daher die Ableitung der Beschleunigung nur mit einem gewissen Fehler zutrifft. Bedenkt man aber, daß die volle Schwingungsweite von m_1 nur etwa 0,4 mm beträgt und daher der Unterschied der Massenanziehung in den beiden Endlagen der Kugel m_1 nur 0,8% ausmacht, so kann man gewiß davon absehen, den hierdurch entstehenden Fehler in Rechnung zu stellen. Der Fehler kann höchstens in der Größenordnung der Beobachtungsfehler liegen, seine Berechnung würde daher den erheblichen mathematischen Aufwand kaum lohnen.

Faßt man noch die sämtlichen Zahlenfaktoren mit π^2 zusammen, so ergibt sich als Formel zur Berechnung der Gravitationskonstante mittels der vorliegenden Drehwaage

$$G = 1,135 \cdot \frac{A \cdot h}{L \cdot M} \left(\frac{a}{T}\right)^2. \quad (2)$$

Durch Einführung der Zahlenwerte findet man $G = 6,73 \cdot 10^{-8}$, also weniger als 1% zu groß.

Ein einfacher Demonstrationsversuch zum Joule-Thomson-Effekt. Von Dr. KARL WINTERBERGER in München.

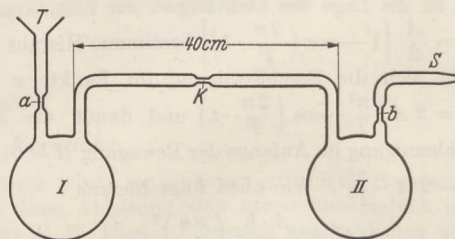
Bei Arbeiten zur Atomgewichtsbestimmung des Germaniums¹ im Atomgewichtslaboratorium

¹ I. Teil veröffentlicht in der Z. anorg. u. allg. Chem. **225** (1935) 81. Der II. Teil erscheint demnächst in der gleichen Zeitschrift.

von Prof. HÖNIGSCHMID am Chemischen Laboratorium der Bayerischen Akademie der Wissenschaften in München wurden bei der Destillation von Germaniumtetrachlorid im Vakuum Erscheinungen beobachtet, die eine sehr anschauliche Demonstration des JOULE-THOMSON-Effektes darstellten.

Da für diesen Effekt, der für Wissenschaft und Technik (Erklärung der Verflüssigung von Gasen nach dem LINDE-System) eine große Rolle spielt, ein einfacher Demonstrationsversuch bisher nicht bekannt war, so soll im folgenden eine mit einfachen Laboratoriumsmitteln herzustellende Versuchsanordnung beschrieben werden, die sich auf die erwähnte Beobachtung aufbaut. Als Substanz erwies sich hierfür an Stelle des teuren und schwer zugänglichen Germaniumtetrachlorids nach einigen Versuchen das billig käufliche Acetylchlorid (CH_3COCl) als geeignet.

Den in der Figur gezeichneten Glasapparat kann jeder Glasbläser leicht herstellen. Die lichte



Apparat zum JOULE-THOMSON-Effekt vor der Füllung.

Weite der Kapillare K soll 0,6 bis 1 mm betragen, ihre Wandstärke soll 1 mm nicht übersteigen, ihre Länge 15 bis 20 mm sein. Die beiden anderen Kapillaren a und b sind ähnlich, ohne daß jedoch hier die Maße genau eingehalten werden müssen. Die lichte Weite des Verbindungsrohrs kann 8 bis 10 mm betragen, der Durchmesser der beiden Kugeln I und II 70 bis 90 mm.

Man füllt durch das Trichterrohr T etwa 100 g Acetylchlorid in das Kugelgefäß I , wobei man die Substanz möglichst wenig mit der Luft in Berührung kommen läßt, da sie durch Feuchtigkeit zersetzt wird. Nach dem Einfüllen schmelzt man mit einer kleinen Gebläseflamme die Kapillare a ab. Durch einen über den Stutzen S geschobenen Saugschlauch wird sodann der Apparat mit einer gut wirkenden Wasserstrahlpumpe evakuiert. Hierbei verdampft ein Teil des Acetylchlorids und verdrängt so alle Luft aus der Apparatur. Nach etwa 10 Minuten schmelzt man, ohne die Tätigkeit der Pumpe zu unterbrechen, auch die Kapillare b ab. Der Apparat ist nun allseitig geschlossen.

Zur Vorführung des Versuchs wird die das Acetylchlorid enthaltende Kugel in ein Becherglas mit heißem Wasser (60° bis 80°) getaucht, während die andere Kugel mit einer Kältemischung abgekühlt wird. Als Kältemischung hat sich am besten Kohlendisäure und Aceton (Temperatur -79°) bewährt, doch kann im Notfall auch eine Eis-Calciumchlorid- oder eine sorgfältig im Dewar-Gefäß bereitete Eis-Kochsalzmischung verwendet werden.

Das Acetylchlorid destilliert nun von der erwärmten in die abgekühlte Kugel. Da hierbei an der Kapillare *K* ein Druckunterschied von etwa 1 at herrscht (der Dampfdruck von Acetylchlorid ist bei 49° eine at, bei -79° praktisch Null), so kühlt sich das Gas beim Durchströmen der Kapillare ab. Diese Abkühlung ist so stark, daß schon wenige Sekunden nach Beginn des Versuches sich auf der der gekühlten Kugel zugewandten Seite der Kapillare ein Reifbeschlag bildet; der Reifring erreicht nach einigen Minuten eine Länge von etwa 15 mm und eine Dicke von einigen Millimetern und bleibt in dieser Stärke etwa 20 Minuten (bis zur Beendigung der Destillation) bestehen. Der Reifbeschlag kann in einem kleinen Hörsaal leicht direkt gesehen, einem größeren Kreis durch Projektion des Schattenbildes sichtbar gemacht werden.

Durch Vertauschen von Kühl- und Heizbad kann der Versuch beliebig oft wiederholt werden; eine Zersetzung der Substanz tritt in der geschlossenen Apparatur nicht auf.

Aus der Gleichung für den JOULE-THOMSON-Effekt:

$$\frac{dT}{dp} = \frac{1}{C_p} \left(\frac{2a}{RT} - b \right)$$

geht hervor, daß die zu erwartende Temperaturabnahme um so größer ist, je größer das Druckgefälle (dp) und die VAN DER WAALSSche Konstante a der Substanz, und je kleiner die Konstante b , die spezifische Wärme C_p und die Temperatur des Vorgangs sind.

München, Chem. Laboratorium der Bayer. Akademie der Wissenschaften.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Neuere Blitzforschung. Von Dr. J. BÖHME in Berlin.

Die Untersuchung von Blitzen und genaue Messung ihrer verschiedenen Eigenschaften ist wegen der kurzen Beobachtungszeit ziemlich schwierig und von vielen Zufälligkeiten abhängig. Schon die genaue Einordnung der Blitze in Flächenblitze mit geringer Stromstärke, Linienblitze mit großer Stromstärke, seltene Kugelblitze und Perlschnurblitze ist mehr oder weniger nur mit Hilfe von photographischen Aufnahmen zu entscheiden. Die Beobachtungen von Kugelblitzen, die lange Zeit für optische Täuschungen gehalten worden sind, können heute wohl nicht mehr infolge der übereinstimmenden Aussagen mehrerer Beobachter¹ angezweifelt werden. JENSEN² gelang es sogar, zum ersten Male photographische Aufnahmen von Kugelblitzen zu machen, die einen Durchmesser von 8 bis 10 m hatten und sich längs elektrischer Leitungen fortbewegten, um schließlich mit einem starken Knall zu verschwinden. Die Dauer solcher Kugelblitze soll mehrere Sekunden betragen.

Die eingehende Kenntnis des Blitzes hat nicht nur ein rein physikalisches Interesse, sondern sie ist auch für die Technik von großem Wert, wenn man an den Bau gut wirkender Blitzableiter oder das Verhalten von Blitzeinschlägen in elektrische Freileitungen denkt; weiterhin hat die Blitzforschung für die Luftfahrt größte Bedeutung. Die Störwirkungen naher Gewitter auf den Rundfunkempfang werden wohl allgemein bekannt sein, doch ist an eine Beseitigung vorläufig kaum zu denken.

Eine Energiegewinnung aus dem Blitz kommt in erster Linie wegen der Kleinheit der Blitzdauer nicht in Frage. Die Spannungen, die zwischen den Wolken und der Erde Blitze hervorrufen, sind sehr groß, vielleicht einige 100 Millionen Volt. Die Stromstärken betragen in den meisten Fällen 10000 bis 30000 Amp (10 bis 30 kA), jedoch sind

auch schon 60 kA gemessen worden¹. Neuerdings behaupten einige amerikanische Forscher, Stromstärken bis zu 200 kA festgestellt zu haben². Die Stromstärken werden im allgemeinen nach einem von A. J. I. TOEPLER vorgeschlagenen Verfahren bestimmt. Man bringt an den zu messenden Stellen (Blitzableiter, Hochspannungsmasten) kleine Stahlstäbchen an, die bei einem Einschlag dem magnetischen Feld des Blitzstromes ausgesetzt sind und somit magnetisiert werden; aus dem remanenten Magnetismus dieser Stahlstäbchen läßt sich die Blitzstromstärke berechnen, nachdem man eine Eichung mit großen Stromstärken, die man im Laboratorium herstellen kann, vorgenommen hat³.

Wie steht es nun mit der Polarität der abgeleiteten Wolkenladungen? Aus über 200 Messungen ergab sich, daß 86% der Blitzschläge aus negativ, 12,5% aus positiv geladenen Wolken teilen kamen, während bei 2 oder 3 Blitzschlägen die Polarität unsicher war. Es überwiegen also die Blitzschläge aus negativ geladenen Wolken teilen⁴.

Die Zahl der Entladungen in einem Gewitter kann mehrere hundert betragen, wobei zu bemerken ist, daß in unmittelbarer Nähe des Gewitters sich nicht so viel Blitze beobachten lassen, wie in größerer Entfernung. Die Blitzdauer wurde als Mittelwert von etwa 800 Beobachtungen zu etwa $2 \cdot 10^{-4}$ sec bestimmt⁵. Das Zeitintervall zwischen zwei aufeinanderfolgenden Teil-

¹ H. GRÜNWALD: Elektrotechn. Zeitschr. 55, 505 (1934).

² P. L. BELLASCHI: Electr. Eng. 54, 837 (1935).

³ Im Jahre 1934 wurden von der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen etwa 20000 Stahlstäbchen für Messungen an Freileitungsmasten eingebaut.

⁴ H. ZADUK: Elektrotechn. Zeitschr. 56, 475 (1935).

⁵ H. NOTO: Proc. Phys. Math. Soc. Japan (3), 16, 177 (1934). Die ersten Messungen über die Dauer von Blitzen stellte CH. WHEATSTONE im Jahre 1834 an.

¹ W. N. JONES: Nature 130, 545 (1932). —
² H. HOLMES: Nature 133, 179 (1934).

³ J. C. JENSEN: Physics 4, 372 (1933).

entladungen, deren Zahl maximal 6 betrug, wurde zu 0,02 sec bestimmt.

Die Teilentladungen zeigen meistens starke Verästelungen; bei Entladung einer negativ geladenen Wolke zur Erde ist die Verzweigung abwärts gerichtet. Es ist auffällig, daß ein von positiven Ladungen ausgehender Blitz viel stärkere Verästelungen zeigt als ein von einer negativen Wolke ausgehender¹.

Wie schon anfangs erwähnt wurde, ist zur objektiven Beobachtung aller dieser Vorgänge die photographische Kamera ein unentbehrliches Hilfsmittel². Um die zeitliche und örtliche Zusammenhängigkeit der Entladungen und Teilentladungen feststellen zu können, benutzt man häufig eine rotierende Kamera, ähnlich dem rotierenden Spiegel, der ein zeitliches Hintereinander in ein räumliches Nebeneinander verwandelt. SCHONLAND und COLLENS³ verwendeten eine rotierende Kamera, deren Rotationsgeschwindigkeit so hoch war, daß sich die Fortpflanzungsgeschwindigkeit von Entladungen annähernd beurteilen ließ. Die Mehrzahl der Einschläge erwies sich als doppelt. Einem sprunghaft abwärts bewegten Einleitungsschlag folgte unmittelbar nach Ankunft am Boden ein intensiver, flammenähnlicher Hauptschlag. Die Einleitungsschläge, die mit Elektronenlawinen verglichen werden, bewegen sich mit einer Geschwindigkeit von etwa $7 \cdot 10^8$ bis $1 \cdot 10^9$ cm/sec, während die Hauptschläge, die als thermisch ionisierte Kanäle angesehen werden, eine Geschwindigkeit bis zu $6 \cdot 10^9$ cm/sec (60000 km/sec) zu besitzen scheinen. Die Beobachtungen von SCHONLAND und COLLENS wurden kürzlich von B. WALTER⁴ eingehend erörtert.

Man hat auf verschiedene Art und Weise versucht, sich Klarheit darüber zu verschaffen, wie der Entladungsvorgang zur Erde vor sich geht; außer experimentellen Beobachtungen und Versuchen sind auch verschiedene theoretische Berechnungen angestellt worden⁵. OLLENDORFF⁶ machte den Ansatz zu einer Theorie der Blitzsäule unter Zugrundelegung der Stickstoffdissoziation in der Luft und der Leitfähigkeit bei elastischen Stößen zwischen Elektronen und neutralen Molekülen. Aus der Abhängigkeit der Abreißstromstärke vom Widerstand der Einschlagstelle berechnet er einen zeitlichen Verlauf einer Entladung. Während OLLENDORFF bei

seinen Überlegungen die Gewitterwolke durch eine Dipolscheibe ersetzt, betrachtet J. FISCHER¹ eine Kreisscheibe, in der auch eine radiale Feldänderung zugelassen wird. Es ist schwer, geeignete theoretische Annahmen zu machen, wenn man die experimentelle Nachprüfung nicht ohne weiteres in der Hand hat.

Die praktische Anwendung der Blitzuntersuchungen führt in erster Linie zu der möglichst einwandfreien Verwendung von Blitzableitern. Für den Blitzableiter ist die richtige Anbringung und Erdung von größter Wichtigkeit. Über die Wirkungsweise der Blitzableiter² bestehen zwei verschiedene Ansichten, wobei die eine die wesentliche Eigenschaft eines Blitzableiters darin sieht, einen Blitzeinschlag überhaupt zu vermeiden, während die andere nur den Zweck anerkennt, das Gebäude im Fall eines Blitzschlages zu schützen. Bei besonders gefährdeten Punkten (z. B. Munitionslager) dürfen die Blitzableiter nicht auf den zu schützenden Gebäuden errichtet werden, sondern sind unabhängig von ihnen anzubringen. Derartige Ableiter werden „Fernblitzableiter“ genannt und wurden von WALTER³ theoretisch und praktisch untersucht. Die geeignete Höhe dieser Ableiter wird zum Teil aus Modellversuchen mit längeren Induktionsfunken ermittelt. Daß einige Gegenden von Blitzeinschlägen besonders bevorzugt sind, liegt oftmals an der guten Leitfähigkeit des Untergrundes, die bedingt ist durch Wasseradern oder gut leitende Gesteine, die sich dicht unter der Erdoberfläche befinden⁴.

Nicht nur die direkten Blitzeinschläge können von Schaden sein, sondern auch von Gewittern hervorgerufene Influenzladungen. So zeigte RÜDENBERG⁵, daß auf elektrischen Freileitungen durch Entladung benachbarter Gewitterwolken Influenzspannungen auftreten, deren Form und Stärke für die Isolationsbeanspruchung maßgebend ist. Die Spannungshöhen solcher Influenzspannungen kann die von der Freileitung geführten Spannungen um ein Vielfaches übertreffen und hängt fast nur von der Änderungsgeschwindigkeit des Luftfeldes über der Leitung und von der Breite der Gewitterzone ab. Die Influenzspannungen betragen meist 150 bis 200 kV, in Ausnahmefällen 500 kV. In einer Freileitung, die an ein 10-kV-Netz angeschlossen war, wurde die Influenzspannung 130 kV gemessen.

Regelrechte Blitzeinschläge in Freileitungen können empfindliche Störungen hervorrufen, besonders wenn die Leitungsmasten nicht genügend geerdet sind, also zu hohen Erdungswiderstand haben. In solchen Fällen können bei Einschlag in die Leitungsmaste Spannungsabfälle auftreten, die zu rückwärtigen Überschlägen von den Masten

¹ J. C. JENSEN: Journ. Franklin Inst. **216**, 707 (1933). B. F. J. SCHONLAND, H. COLLENS u. D. J. MALAN: Nature **134**, 177 (1934).

² B. WALTER: Physik. Zeitschr. **35**, 88 (1934); Meteorol. Zeitschr. **51**, 139 (1934).

³ B. F. J. SCHONLAND u. H. COLLENS: Proc. Roy. Soc. London (A) **143**, 654 (1934).

⁴ B. WALTER: Ann. Physik (5) **22**, 421 (1935); Nature **135**, 150 (1935); siehe auch A. M. CRAVATH u. L. B. LOEB: Physical. Rev. (2) **47**, 259 (1935).

⁵ L. V. BEWLEY: Gen. Electr. Rev. **36**, 516 (1933).

⁶ F. OLLENDORFF: Arch. Elektrotechn. **27**, 169 (1933).

¹ J. FISCHER: Physik. Zeitschr. **35**, 398 (1934).

² J. ZELENY: Science (N. S.) **79**, 269 (1934).

³ B. WALTER: Zeitschr. techn. Physik **14**, 118, 254 (1933).

⁴ L. N. BOGIAVLENSKY: Nature **132**, 99 (1933).

⁵ R. RÜDENBERG: Wiss. Veröffentl. Siemens-Konzern **13** (2), 1 (1934).

zur Leitung Anlaß geben¹. Unter der Annahme, daß in einem Leitungsmast Ströme von 50 kA auftreten können, dürfen die Erdungswiderstände nicht mehr als 15 Ohm betragen.

Schlechter Empfang von Rundfunksendern wird oft durch atmosphärische Störungen hervorgerufen, die ihre Ursache in den Blitzentladungen bei Gewittern haben². Doch ist nicht allein der Blitz für die Störung maßgebend, sondern auch allgemeine Feldstärkeänderungen zwischen Wolken und Erde, die sehr schnell vor sich gehen. Derartige Feldstärkeänderungen untersuchte NORINDER³ mittels besonders konstruierter Kathodenstrahloszillographen, die mit Luftantennenkreisen in Verbindung gebracht wurden. Aus seinen Oszillogrammen geht hervor, daß aperiodische Feldstärkeänderungen mit einer Dauer von nur wenigen Mikrosekunden auftreten, aber auch solche mit einer Dauer von mehreren hundert Mikrosekunden nicht selten sind.

Die Störung der Feldstärke in den einzelnen atmosphärischen Schichten kann auch durch äußere, nicht unmittelbar mit dem Gewitter zusammenhängende Vorgänge hervorgerufen werden, z. B. durch ein Luftfahrzeug, das die Äquipotentiallinien dieses Feldes durchschneidet. Über praktische Erfahrungen an Blitzschlägen im Flugzeuge berichtete KOPPE⁴, der den elektrischen Zustand der die Erde umgebenden Lufthülle mit einem Kondensator vergleicht, dessen eine Belegung eine leitende, etwa 80 km hohe Atmosphärenschicht, die andere die Erdoberfläche ist. Die künstlichen Feldstörungen durch ein Flugzeug können durch eine Schleppantenne so weit erhöht werden, daß hierdurch die Auslösung einer Blitzentladung schon bei einem Spannungsgefälle erreicht wird, das sonst allein zu einer selbständigen Entladung nicht ausreichen würde. Diese

luftelektrischen Entladungen, die vom Flugzeug selbst ausgelöst werden, haben viel geringere Einwirkungen auf das Flugzeug als Blitzeinschläge am Boden.

Während bisher die Blitzforschung in einigen Ländern zum Teil mit nicht ausreichenden Hilfsmitteln betrieben wurde, hat man jetzt in Amerika in den Werken der General Electric Comp. ein besonderes Blitzobservatorium gebaut¹.

Dieses Observatorium in Gestalt eines Kreises von etwa 4 m Durchmesser besteht fast ganz aus Metall, bis auf einen Ring von Glasfenstern, aus denen man eine ungehinderte Aussicht nach allen Seiten auf die umgebende Landschaft hat. Innen ist der Raum geschwärzt, um Reflexionen zu verhüten. In der Mitte läßt sich ein lichtdichter Raum mit Hilfe von schwarzen Vorhängen herstellen; hier befindet sich das Okular eines Periskops, das bis zur Spitze des Gebäudes reicht. Über dem oberen Ende dieses Periskops ist eine versilberte Kugel von 20 cm Durchmesser angebracht, deren Oberfläche Blitze aus jeder Richtung reflektiert. Das Bild der Blitze gelangt über einen schräggestellten Spiegel durch das Periskoprohr in das Okular. Es sind Entfernungen bis zu 32 km sichtbar.

Zur photographischen Aufnahme von Blitzen ist eine besonders konstruierte Schnellkamera mit 12 Linsen angebracht, die den gesamten Kreis zu 360° umfassen und somit jeden Blitzstrahl auf einem Filmstreifen registrieren. Um die Linsen gegen Regen zu schützen, ist ein besonderer Ring vorgesehen, durch den komprimierte Luft austritt und jeden Regentropfen zurückschleudert. Diese Vorrichtung wirkt wie ein unsichtbarer Vorhang. Zum Schutz der Beobachter und des Observatoriums vor direkten Blitzschlägen ist das Gebäude gut geerdet und mit großen Stangenblitzableitern versehen.

Welche Ergebnisse und Fortschritte mit diesem Observatorium erzielt werden, kann nur die Erfahrung lehren. Von den Versuchen eines FRANKLIN², der als erster durch direkte Versuche die elektrische Natur des Blitzes nachwies, spannt sich ein weiter Bogen bis zum Blitzobservatorium der General Electric Company.

¹ A. SMITH: Gen. Electr. Rev. 38, 441 (1935).

² B. FRANKLIN 1752.

¹ W. ZWANZIGER: Elektrotechn. Zeitschr. 56, 474 (1935).

² E. V. APPLETON u. F. W. CHAPMAN: Nature 134, 968 (1934); Hochfrequenztechn. u. El. 46, 141 (1935).

³ H. NORINDER: E. N. T. 9, 195 (1932); Journ. Franklin Inst. 218, 717 (1934). H. NORINDER u. R. NORDELL, E. N. T. 12, 305 (1935).

⁴ H. KOPPE: Zeitschr. Flugtechn. 24, 577 (1933).

4. Unterricht und Methode.

Zum Anfangsunterricht in der Geometrie. Von R. PYRKOSCH in Breslau.

Ogleich nun schon Jahrzehnte darum bemüht sind, den Anfangsunterricht in der Geometrie in dem Sinn umzugestalten, daß die starre und abstrakt logische Methode des Euklid durch eine für den kindlichen Geist geeignetere weniger strenge, aber anschaulichere ersetzt wird, die weitgehend von der Bewegung der Figuren Gebrauch macht, so sind die Ergebnisse im allgemeinen noch kaum befriedigend. Auch heute noch gilt, was ÉMILE BOREL in seinen Elementen der Geometrie schrieb, wo er den ersten erfolgreichen

Versuch dieser Art machte, daß erst die Quintessenz der Unterrichtserfahrungen vieler Lehrer die Unterlagen für eine Darstellung liefern würde, die berechtigt wäre, an die Seite der euklidischen zu treten. Um einen Vorschlag beizusteuern, möchte ich im folgenden kurz einen Lehrgang schildern, wie ich ihn mir im Laufe langjähriger Versuche zurecht gelegt habe und der, wie ich glaube, einen wesentlichen Fortschritt gegen eine Darstellung bedeutet, die ich vor Jahren gegeben habe¹.

¹ Vgl. Monatsschrift für höhere Schulen 25, 273 (1926).

Ich gehe dabei von den beiden Zeichendreiecken der darstellenden Geometrie aus, von denen das eine ein gleichschenkliges rechtwinkliges Dreieck, das andere ein solches mit den Winkeln 30° und 60° vorstellt, und die in kleinerer handlicher Form auch zum Zeichnen auf dem Block oder im Heft benutzt werden können. Es ist ja bekannt, daß sie von den Richtlinien der letzten Schulreform nicht nur für die darstellende Geometrie, sondern von Anfang an überhaupt für das Zeichnen beim geometrischen Unterricht eingeführt worden sind, und man kann wohl sagen, daß dieses erst dann in die richtigen Bahnen gelenkt ist, wenn der Schüler sich mit dem Gebrauch der beiden Dreiecke so vertraut gemacht hat, daß sie wie verwachsen mit seinen Händen erscheinen. Dabei will ich durchaus nicht bestreiten, daß es unter den heutigen Umständen für den Lehrer keine leichte Aufgabe ist, eine Quarta oder Tertia so weit zu bringen, aber ein Lehrgang wie der folgende würde viel dazu beitragen.

Mit den beiden Dreiecken wird der rechte Winkel in den Vordergrund gestellt. Dabei ist natürlich vorausgesetzt, daß die geometrischen Grundbegriffe des Punktes, der geraden und krummen Linie, des Winkels überhaupt usw. durch einen vorbereitenden Unterricht hauptsächlich an körperlichen Modellen bereits gewonnen worden sind. Ein Winkel wird als ein rechter erklärt, wenn er sich mit einem der rechten Winkel an den Zeichendreiecken zur Deckung bringen läßt, die selbst kongruent sind, und die Aufgabe, durch einen Punkt zu einer Geraden die Senkrechte zu ziehen, vorläufig dadurch gelöst, daß das eine Dreieck mit der Hypotenuse an die gegebene Gerade und das andere mit einer Kathete an das erste gelegt wird, so daß die andere durch den gegebenen Punkt läuft, worauf man längs dieser die gewünschte Senkrechte zieht. Hieraus folgt der wichtige Satz: Alle rechten Winkel sind einander gleich. Ebenso wird durch Aneinanderlegen der beiden Dreiecke gezeigt, daß zwei rechte Winkel zusammen einen gestreckten bilden, ein rechter Winkel also gleich der Hälfte eines gestreckten ist. Dreht man eines der Dreiecke um eine seiner Katheten a , während man die andere b auf eine ebene Unterlage, etwa die Wandtafel aufsetzt, so bewegt sich diese in der Tafelebene, wodurch die wichtige Vorstellung einer Ebene mit einer auf ihr senkrechten Geraden erhalten wird. Der Endpunkt von b beschreibt bei der Drehung einen Kreis, dessen Definition, mechanische Konstruktion mit dem Zirkel und einfachste Eigenschaften man anschließen wird, im besonderen, daß zu gleichen Zentriwinkeln gleiche Bogen gehören und umgekehrt, worauf die Gradeinteilung des Kreises, die Winkelmessung und die Anwendung des Winkelmessers folgen.

Neben der Drehung der Kathete b um a im Betrage 360° ist die um 180° von besonderer Bedeutung, indem sie jede Lage von b in die entgegengesetzte überführt, woraus z. B. die Gleichheit zweier Scheitelwinkel und die Symmetrie in einer Ebene in bezug auf einen ihrer

Punkte folgt, für die wieder der Kreis das einfachste Beispiel ist.

Ob man an die Drehung einer Ebene um eine zu ihr senkrechte Gerade die Parallelverschiebung oder die Drehung der Ebene um eine in ihr gelegene Gerade anschließt, ist ziemlich gleichgültig. Wir wollen die zweite Drehung vor der Parallelverschiebung nehmen; sie ist etwa mit zwei längs einer Kante zusammenhängenden Pappdeckeln zu veranschaulichen. Wenn die erste Drehung von selbst zum Kreise und zur zentrischen Symmetrie führte, ist mit der zweiten das gleichschenklige Dreieck und die axiale Symmetrie in einer Ebene aufs engste verknüpft. Die dabei auftretenden grundlegenden Begriffe sind die Mittelsenkrechte einer Strecke und die Halbierungsgerade eines Winkels. Bei einem gleichschenkligen Dreieck erweist sich die Mittelsenkrechte der Grundseite als gleichbedeutend mit der Halbierenden des Winkels an der Spitze, woraus nun auch die Gleichheit der Basiswinkel folgt, ferner die Umkehrung des Satzes von den Basiswinkeln und in bekannter Weise der Beweis des Satzes, daß der größeren von zwei Seiten eines Dreiecks auch der größere Winkel gegenüberliegt und umgekehrt.

Da ein gleichschenkliges Dreieck entsteht, wenn man die Endpunkte einer Sehne mit dem Kreismittelpunkte verbindet, muß der Kreis in bezug auf jeden Durchmesser symmetrisch sein. Folglich ist auch die Figur, die aus zwei Kreisen einer Ebene besteht, symmetrisch in bezug auf die Verbindungsgerade ihrer Mittelpunkte. Werden diese mit A und B bezeichnet und schneiden sich die Kreise in C und D , so müssen auch die Dreiecke ABC und ABD in bezug auf AB symmetrisch und folglich kongruent sein, woraus nun leicht die Kongruenz zweier Dreiecke überhaupt folgt, die in den Seiten übereinstimmen.

Aus diesem Kongruenzsatz ergibt sich jetzt die Lösung der Grundaufgabe, einen Winkel zu zeichnen, der einem gegebenen gleich ist, denn sie kommt ja darauf hinaus, zwei gleichschenklige Dreiecke zu konstruieren, die in den Seiten übereinstimmen. Damit kann man nunmehr die Grundaufgaben der Dreieckskonstruktion erledigen, an denen ein oder zwei Winkel beteiligt sind, wobei allerdings diejenige, bei der eine Seite, ein anliegender und der gegenüberliegende Winkel gegeben sind, zurückgestellt werden muß, bis die parallelen Geraden behandelt worden sind. Die entsprechenden Kongruenzsätze ergeben sich dann durch Deckungsnachweis aus der Eindeutigkeit der Lösung, die in dem Falle zweier Seiten und des einer von ihnen gegenüberliegenden Winkels nur dann vorhanden ist, wenn der Winkel der größeren Seite gegenüberliegt.

Wir kommen schließlich zur Parallelverschiebung, wofür die beiden Zeichendreiecke wieder ein einfaches Beispiel liefern, indem wir das eine festhalten, das andere etwa mit einer Kathete an die Hypotenuse des ersten anlegen und dann längs dieser verschieben. Dann erhält

die andere Kathete und die Hypotenuse des beweglichen Dreiecks eine neue Lage, die der ersten parallel genannt wird. Auf diese Weise ergibt sich zugleich die Fundamentalkonstruktion, mit den beiden Dreiecken zu einer gegebenen Geraden durch einen gegebenen Punkt die Parallele zu ziehen. Wie aus der Beschaffenheit der Dreiecke folgt, bildet bei dieser Zeichnung von zwei parallelen Geraden die Strecke, längs der das bewegliche Dreieck verschoben wird, mit den Parallelen die Winkel 30° , 60° , 45° oder 90° . Um zu zeigen, daß dieser Umstand nebensächlich ist, schneidet man einige andere Winkel etwa aus Pappe zurecht und verfährt mit ihnen ebenso wie mit dem beweglichen Zeichendreieck, wobei sich durch einen Punkt zu einer Geraden immer dieselbe Parallele ergibt. Das Ergebnis ist das Euklidische Axiom und der Satz von der Gleichheit zweier Gegenwinkel an zwei von einer dritten Geraden geschnittenen Parallelen, zugleich mit seiner Umkehrung. Als besonderer Fall ergibt sich der Satz, daß eine Gerade, die auf der einen von zwei Parallelen senkrecht steht, auch mit der anderen rechte Winkel bildet. Auf ihm beruht die zweite Fundamentalkonstruktion mit den Zeichendreiecken, durch einen Punkt zu einer Geraden die Senkrechte zu ziehen; sie unterscheidet sich von der entsprechenden Konstruktion der Parallelen nur dadurch, daß das bewegliche Dreieck längs des festen so verschoben wird, daß nicht die zuerst an die gegebene Gerade angelegte Kathete durch den gegebenen Punkt geht, sondern die andere. Aus demselben Satze folgt der Begriff des Abstands zweier parallelen Geraden und die Gleichheit von irgend zwei Abständen, wenn man noch einen Kongruenzsatz zu Hilfe nimmt. Daraus wird weiter geschlossen, daß zwei parallele Geraden einander nicht schneiden können, wie weit man sie auch verlängern mag, obgleich sie in einer Ebene liegen. Hier erscheint also die Eigenschaft der parallelen Geraden als Abschluß, die sonst zum Ausgangspunkt genommen wird, wozu sie sich deshalb nicht eignet, weil sie eine Tatsache zur Begriffsbestimmung benutzt, die durch die Erfahrung nie vollständig bestätigt werden kann. Bei dieser Art des Lehrgangs wird man das Parallelogramm alsbald anschließen. Es wird erklärt als die bei einer Verschiebung von irgend einer Strecke beschriebene Fläche, so daß ein Parallelogramm ein Viereck mit zwei gleichen

und parallelen Seiten ist. Daß in ihm dann die beiden anderen Seiten auch gleich und parallel sind, ergibt sich in der üblichen Weise mit Hilfe eines Kongruenzsatzes ebenso wie der Satz, daß aus der Parallelität je zweier Gegenseiten eines Vierecks ihre Gleichheit folgt und umgekehrt. Nachdem noch, wieder mit Anwendung eines Kongruenzsatzes, bewiesen worden ist, daß sich im Parallelogramm die Diagonalen hälften sowie die Umkehrung, ist noch kurz auf das gleichseitige und gleichwinklige Parallelogramm näher einzugehen, wobei das erstere die Euklidischen Konstruktionen für die Mittelsenkrechte einer Strecke und die Halbierungsgerade eines Winkels liefert, während aus dem Rechteck mit seinen Diagonalen der wichtige geometrische Ort folgt, der als der Kreis des Thales bekannt ist.

Von den einfachsten geometrischen Örtern ist außer der Mittelsenkrechten einer Strecke und der Halbierungsgeraden eines Winkels noch die Mittelparallele zweier parallelen Geraden von Wichtigkeit, da sie beim Dreieck als Verbindungsgerade der Mitten zweier Seiten, beim Trapez als seine Mittellinie und bei der Aufgabe, eine Strecke in eine Anzahl gleicher Teile zu teilen, eine Rolle spielt. Wendet man diese geometrischen Örter auf das Dreieck an, so ergeben sich fast von selbst die Schnittpunkte seiner drei Mittelsenkrechten, Höhen, Winkelhalbierenden und Seitenhalbierenden, so daß eigentlich nur eine wichtige Dreieckseigenschaft etwas isoliert bleibt, nämlich die, daß seine Winkelsumme gleich 180° ist. Sie kann erledigt werden, indem man etwa auf die Grundaufgabe zurückgreift, ein Dreieck aus einer Seite, einem anliegenden und dem gegenüberliegenden Winkel zu konstruieren.

Ebenso wie in dem Vorhergehenden das Dreieck und Parallelogramm den Kern zweier Zusammenhänge gebildet haben, die nicht nur aus lose aneinandergereihten Einzellern bestehen, ist der Kreis der Gegenstand eines dritten, der an die beiden ersten angeschlossen zu werden pflegt und mit dem der eben geschilderte Lehrgang in gewohnte Bahnen einlenkt. Es handelt sich um Tangenteigenschaften und Konstruktionen, die Eigenschaften, die auf der Beziehung zwischen Mittelpunkts- und Umfangswinkel beruhen, und das einem Kreise einbeschriebene Viereck. Das umschriebene ist nebensächlich und kann weggelassen werden.

5. Technik und mechanische Praxis.

Bewegungsverhältnisse der Steuerung von Sternflugmotoren. Von O. HOLM in Hamburg.

Luftgekühlte Flugmotoren, die bis zu gewissen Leistungsgrößen jetzt vorherrschend sind, werden meistens als sog. Sternmotoren ausgeführt, bei denen die Arbeitszylinder in einer Ebene liegen und kreisförmig um die Achse angeordnet sind (vgl. Fig. 1). Da sie allgemein im Viertakt arbeiten, ist die Zylinderzahl stets eine ungerade. Beim Viertaktmotor entfällt nämlich auf je vier Hübe

oder zwei volle Umdrehungen jeweils nur ein Arbeitstakt. Die Arbeitsweise ergibt sich aus den schematischen Darstellungen der Fig. 2 bis 5. Beim ersten Hub bewegt sich der Arbeitskolben nach abwärts und saugt durch das geöffnete Einlaßventil Gemisch an (Fig. 2). Beim zweiten Hub verdichtet der sich nach oben bewegende Kolben das eingeschlossene Brennstoff-Luftgemisch bei geschlossenen Ventilen (Fig. 3). Nach erfolgter Entflammung dehnen sich die hochgespannten

Verbrennungsgase arbeitverrichtend aus, wobei der Kolben nach unten geschoben wird (Fig. 4). Beim vierten Hub werden die Abgase schließlich durch die Aufwärtsbewegung des Kolbens durch das geöffnete Auslaßventil ausgeschoben (Fig. 5).

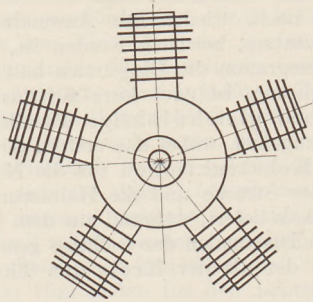


Fig. 1. Schema des Sternmotors.

Von hier ab wiederholt sich der Vorgang. Jedes Ventil muß demnach bei jeder zweiten Motorumdrehung einmal angetrieben, das heißt geöffnet und wieder geschlossen werden. Die Öffnungsdauer der Ventile entspricht hierbei etwa dem

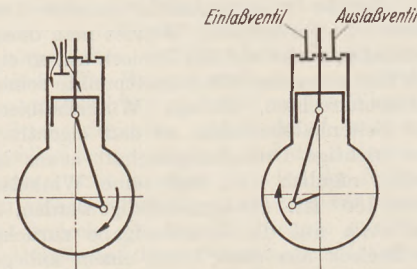


Fig. 2. Saughub.

Fig. 3. Verdichtungshub.

Drehwinkel 220° der Kurbelwelle. Man kann den Antrieb der Ventile, wie es bei den meisten Motoren geschieht, durch eine sog. Steuerwelle bewirken, die mit unrunder Scheiben zweckmäßiger Form (Antriebsnocken) versehen ist und mit der halben

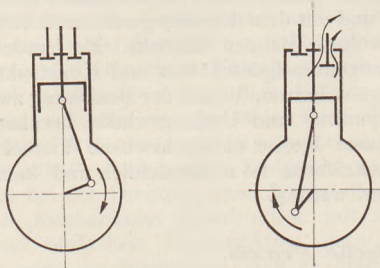


Fig. 4. Verbrennungs-
oder Arbeitshub.

Fig. 5. Auspuffhub.

Kurbellendrehzahl umläuft. Beim Sternmotor müßte man bei solcher Antriebsweise für jeden einzelnen Zylinder eine besondere Steuerwelle vorsehen, die durch im Verhältnis 1 : 2 untersetzte Zahnräder von der Kurbelwelle aus anzutreiben wäre. Eine solche Bauart wäre unzweckmäßig, da man sehr viele Bauteile benötigte und sie deshalb kompliziert wäre. Tatsächlich werden

die Ventile solcher Sternmotoren deshalb von einer gemeinsamen Steuertrommel aus angetrieben, die auf ihrem Umfang mit Nocken-erhebungen versehen ist und mit verminderter Drehzahl um die Kurbelwelle herumläuft. Fig. 6 zeigt schematisch die Art dieses Antriebes. Der gleiche Nocken der Trommel betätigt hierbei nach und nach sämtliche Einlaßventile oder sämtliche Auslaßventile oder beide.

Es leuchtet ohne weiteres ein, daß die Steuertrommel jetzt nicht mit der halben Kurbellendrehzahl umlaufen darf. Erstens würde das

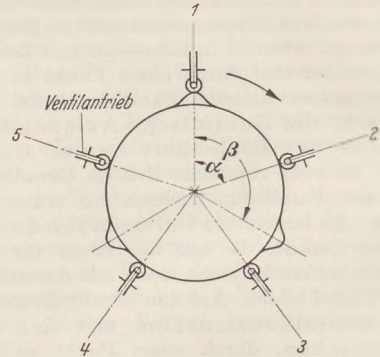


Fig. 6. Schema der Steuertrommel.

zur Voraussetzung haben, daß die Zündungen in den einzelnen Zylindern in der Reihenfolge ihrer Anordnung auf dem Kreis erfolgten, und zweitens läßt sich zeigen, daß selbst dann eine für alle Zylinder gleichartige Steuerung nicht erzielbar wäre.

Wir wollen den letzten Punkt vorwegnehmen. Angenommen, im Zylinder 1 entsprechend Fig. 6, beginne gerade das Ansaugen der neuen Ladung, das Einlaßventil öffne sich. Wenn sich die Kurbelwelle um den Winkel α bis zum nächsten Zylinder weiterdreht, so dreht sich die Steuertrommel voraussetzungsgemäß um den Winkel $\frac{\alpha}{2}$. Sie bleibt also gegenüber der Kurbelwelle zurück, so daß das Öffnen des Einlaßventiles beim 2. Zylinder um den Kurbellendrehwinkel α verspätet erfolgt usw.

Die einzelnen Zylinder zünden nicht in der Reihenfolge ihrer Anordnung. Andernfalls erfolgten jeweils bei einer Umdrehung eine der Zylinderzahl entsprechende Anzahl von Zündungen

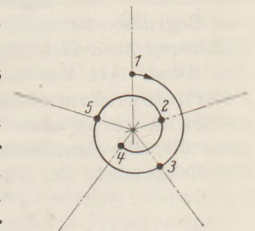


Fig. 7. Zündschema eines
Fünfzylindermotors.

und bei der folgenden Umdrehung überhaupt keine. Umdrehungen mit und ohne Zündungen wechselten sich ab. Man erzielte einen sehr ungleichmäßigen Gang der Maschine und erhebliche Drehzahlschwankungen. Man muß es deshalb so einrichten, daß die einzelnen Zündungen einander in ununterbrochener Reihe und in gleichen zeitlichen Abständen folgen. Das ist nur möglich,

wenn man eine ungerade Zylinderzahl wählt und bei der Festlegung der Zündfolge jedesmal einen Zylinder überschlägt.

Am Beispiel des Fünfzylindermotors möge das erläutert werden. Fig. 7 zeigt das Zündschema einer solchen Maschine. Die Zündfolge ist: 1 3 5 2 4 1 usw. Man erkennt, daß die Kurbelwelle zwischen den einzelnen Zündungen stets gleiche Winkel zurücklegt und der Vorgang nach zwei vollen Kurbelwellenumdrehungen wieder von neuem beginnt. Mit einer geraden Zylinderzahl ist das nicht zu erreichen.

Es soll jetzt untersucht werden, ob sich die Steuerungsaufgabe lösen läßt mit einer Steuertrommel, die eine in irgendeinem Verhältnis zur Kurbelwellendrehzahl verlangsamte Drehzahl hat und auf ihrem Umfang gleichmäßig mit Nocken besetzt ist, die sämtlich nacheinander sämtliche Ventile betätigen, so daß jeder Nocken jedes Ventil einmal geöffnet hat, wenn die Steuertrommel eine Umdrehung gemacht hat.

Wir bezeichnen die Zylinderzahl mit i , die Anzahl der Nocken auf der Trommel mit k , das Verhältnis der Kurbelwellendrehzahl zur Steuertrommel mit φ . Es sei zunächst angenommen, daß Kurbelwelle und Steuertrommel gleichen Drehsinn haben. Den Winkel zwischen zwei aufeinander folgenden Zylinderachsen bezeichnen wir mit α und entsprechend denjenigen zwischen zwei benachbarten Nocken auf der Steuertrommel mit β (Fig. 6).

Wenn die Mitte des 1. Nockens sich in irgendeinem Augenblick mit der Achse des 1. Zylinders deckt, dann muß die Mitte des 2. Nockens mit der Achse des 3. Zylinders zur Deckung kommen, wenn sich die Kurbelwelle um den Winkel 2α weitergedreht hat, weil der dritte Zylinder auf den ersten mit der Zündung folgt. Es muß also sein:

$$2\alpha - \beta = \frac{2\alpha}{\varphi}. \quad (1)$$

Wenn die Kurbelwelle 2 volle Umdrehungen gemacht hat, muß dasselbe Bild wie zu Anfang wieder hergestellt sein, d. h. der letzte Nocken, der vor dem ersten entgegen der Drehrichtung liegt, kommt mit seiner Mitte mit der Achse des ersten Zylinders zur Deckung, also

$$\beta = \frac{720^\circ}{\varphi}. \quad (2)$$

Wir drücken α durch die Zylinderzahl i aus:

$$\alpha = \frac{360^\circ}{i}. \quad (3)$$

Entsprechend liefert die Einführung der Nockenanzahl k :

$$\beta = \frac{360^\circ}{k}. \quad (4)$$

Das Einsetzen in Gleichung (1) und (2) ergibt:

$$\frac{2 \cdot 360}{i} - \frac{360}{k} = \frac{2 \cdot 360}{i \cdot \varphi}; \quad (5)$$

$$\frac{2}{i} - \frac{1}{k} = \frac{2}{i \cdot \varphi}, \quad (6)$$

$$\frac{360^\circ}{k} = \frac{720^\circ}{\varphi}; \quad (7) \quad \varphi = 2k. \quad (8)$$

Aus Gl. (6) und (8) folgt:

$$\frac{2}{i} - \frac{1}{k} = \frac{2}{i \cdot 2k}; \quad (9)$$

$$2k - i = 1; \quad (10) \quad k = \frac{i+1}{2}. \quad (11)$$

Die Anzahl der Nocken auf der Trommel ist also um 1 größer als die halbe Anzahl der Zylinder. Das Unteretzungsverhältnis erhält man aus (8) und (11) zu

$$\varphi = i + 1. \quad (12)$$

Beispiele: a) Dreizylindermotor.

$$\text{Anzahl der Nocken: } \frac{3+1}{2} = 2;$$

Untersetzung: $3 + 1 = 4$, d. h. die Kurbelwelle macht 4 Umdrehungen, wenn die Steuertrommel 1 Umdrehung macht.

b) Fünfzylindermotor.

$$\text{Anzahl der Nocken: } \frac{5+1}{2} = 3;$$

$$\text{Untersetzung: } 5 + 1 = 6.$$

c) Siebenzylindermotor.

$$\text{Anzahl der Nocken: } \frac{7+1}{2} = 4;$$

$$\text{Untersetzung: } 7 + 1 = 8.$$

d) Neunzylindermotor.

$$\text{Anzahl der Nocken: } \frac{9+1}{2} = 5;$$

$$\text{Untersetzung: } 9 + 1 = 10.$$

Andere Zylinderzahlen kommen bei einreihigen Sternflugmotoren nicht vor.

Die Anzahl der Nocken ist klein und läßt sich auf der Steuertrommel gut unterbringen. Unerwünscht ist die große Unteretzung der Kurbelwellendrehzahl ins Langsame, die mehrere große Zahnräder bedingt, und diese lassen sich auf kleinem Raum schlecht unterbringen. Außerdem bedingt die kleine Steuertrommeldrehzahl sehr kurze, steil ansteigende Nocken. Die Steuerung wird deshalb nicht in der beschriebenen Weise ausgeführt, sondern man gibt der Steuertrommel den entgegengesetzten Drehsinn. Wir wollen auch diesen Fall durchrechnen.

Man erhält jetzt statt Gleichung (1):

$$\beta - 2\alpha = \frac{2\alpha}{\varphi}. \quad (13)$$

Nach zwei vollen Kurbelwellenumdrehungen kommt die Mitte des 2. Nockens mit der Achse des 1. Zylinders zur Deckung. Gleichung (2) bleibt deshalb gültig, ebenso die Gleichungen (3) und (4) sowie (7) und (8). Mit ihnen erhält man jetzt:

$$\frac{360}{k} - \frac{2 \cdot 360}{i} = \frac{2 \cdot 360}{i \cdot \varphi}; \quad (14)$$

$$\frac{1}{k} - \frac{2}{i} = \frac{2}{i \cdot \varphi}; \quad (15) \quad \frac{1}{k} - \frac{2}{i} = \frac{2}{i \cdot 2k}; \quad (16)$$

$$i - 2k = 1; \quad (17) \quad k = \frac{i-1}{2}; \quad (18)$$

$$\varphi = i - 1. \quad (19)$$

Hiermit ergibt sich für die verschiedenen Zylinderzahlen folgendes:

Zylinderzahl:	3	5	7	9
Nockenanzahl:	1	2	3	4
Untersetzung:	2	4	6	8

Untersetzung und Nockenzahl sind für den Rückwärtslauf der Steuertrommel etwas kleiner als für den Vorwärtslauf. Deshalb werden die Sternflugmotoren mit einem zum Kurbelwellendreh Sinn entgegengesetztem Drehsinn der Steuertrommel ausgeführt.

Kreisteilvorrichtung für Drehbänke ohne Teilscheibe und eine Hilfsvorrichtung für Gewinde mit größerem Durchmesser. Von H. BEMS in Regensburg.

a) Bei älteren Drehbänken ist die Anbringung einer für zahlreiche Arbeiten unentbehrlichen Teilscheibe meist nicht möglich. Trotzdem aber

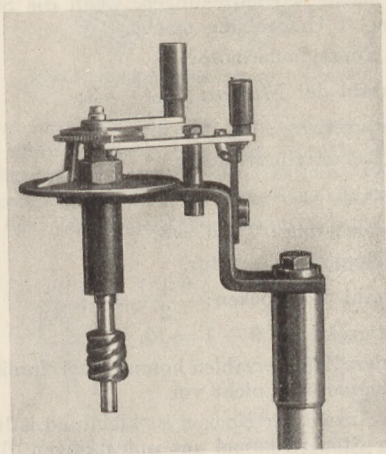


Fig. 1. Der bewegliche Teil der Kreisteilvorrichtung (Schnecke mit Lager, Kurbel, Winkelträger und Rundstab; kleines Zahnrad mit Zeiger, Teilscheibe und Sperrvorrichtung).

besteht die Möglichkeit, alle in Betracht kommenden Arbeiten auszuführen, wenn man eine unschwer herzustellende Hilfsvorrichtung besitzt. Man benötigt hierfür in der Hauptsache ein größeres Zahnrad mit schief gefrästen Zähnen, eine dazu passende Antriebsschnecke mit Achsspindel nebst Kurbel und ein kleines Zahnrad mit Kreisskala (Teilscheibe), Feststellvorrichtung und Zeiger (Fig. 1).

Das große Zahnrad nebst Flansch sowie die Schnecke mit ihrer Achsspindel läßt man zweckmäßig in einer Zahnradfabrik herstellen und dort auch den Flansch auf die Drehbankspindel aufpassen. Als kleines Zahnrad genügt ein nicht abgenutztes Rad von einer Wanduhr, wie man es bei einem Uhrmacher jederzeit erhalten kann. Alles übrige einschließlich der Vorrichtung zur Befestigung an der Drehbank kann der mit mechanischen Arbeiten einigermaßen Vertraute selbst herstellen.

Das große Zahnrad erhält zweckmäßig 90 Zähne und einen um 10 mm größeren Durchmesser als der Schnurwirtel oder die Riemenscheibe der Drehbank. Es wird auf der Drehbankspindel mit der Klemmschraube des Flansches so befestigt, daß der Zahnkranz am Schnurwirtel bzw. an der Riemenscheibe anliegt. In dieser Lage verbleibt

es ein für allemal. Wenn erforderlich, ist im Fuß des Spindelstockes eine Rinne für den Zahnkranz auszufräsen.

Die Achse der Antriebsschnecke erhält ein Lager, das am einfachsten aus einem etwa 40 mm langen, starkwandigen Messingrohr von 16 bis 18 mm $\varnothing$ hergestellt wird, indem man an beiden Enden Lagerzapfen einlötet und sodann dieselben — der Stärke der Achsspindel entsprechend — durchbohrt. Einen dieser Lagerzapfen läßt man etwa 20 mm aus dem Rohr herausragen und schneidet daran ein Gewinde, um das Lager mit einer passenden Mutter an einem zweimal rechtwinklig abgebogenen Stück (6 mm starken) Flacheisen befestigen zu können. Das andere Ende des Winkelstückes wird auf ein Stück Rundeisen aufgeschraubt, das genau in die Hülse der Handauflage der Drehbank paßt. Ein Stellingring sorgt dafür, daß der Rundeisenstab nur bis zu einer gewissen Tiefe in die Hülse eingesteckt werden kann, so daß die Schnecke stets in Achshöhe der Drehbank zu stehen kommt. — Eine zweiseitige Lagerung der Schneckenachse wäre möglich, ist aber nicht erforderlich.

Die Schneckenachse von etwa 8 mm Stärke und 100 mm Länge wird von ihrem oberen Ende bis auf 20 mm oberhalb des ersten Schneckenanges auf 7 mm $\varnothing$ fein abgedreht, entsprechend der Bohrung in den Lagerzapfen. Das nach Einschieben in das Lager über den oberen Lagerzapfen vorstehende Stück erhält ein Gewinde, auf welches 2 Muttern passen. Die erste dient als Stellmutter, die zweite als Gegenmutter und Auflage für das (mit 7 mm durchbohrte und zweckmäßig mit einer aufgelöteten, den Zahnkranz freilassenden Scheibe aus Messing verstärkte) Zahnrad. Letzteres wird durch Aufschrauben der mit dem gleichen Gewinde versehenen Drehkurbel festgeklemmt und diese wiederum durch eine Klemmschraube gesichert.

Die Antriebsschnecke bildet nun mit dem kleinen Zahnrad und der Drehkurbel ein festes Ganzes und, wenn der Rundstab des Winkelträgers in die Handauflagenhülse eingesteckt, letztere an den Spindelstock herangeschoben, die Schnecke in das große Zahnrad eingefügt, dann der Knebel an der Handauflagenhülse festgezogen ist, so kann die Drehbankspindel nur mehr durch die Kurbel der Schneckenachse bewegt werden.

Da beim Ziehen eines Teilstriches die Drehbankspindel sicher festliegen muß, ist noch eine Sperrvorrichtung für das kleine Zahnrad am Winkelträger anzubringen. Sie besteht aus einem Doppelhebel mit dem Sperrstift auf der einen, sowie einem Handgriff und einer Spannfeder auf der anderen Seite.

Zur Erleichterung der Arbeit dient noch eine Kreisskala (Teilscheibe) mit etwa 70 mm $\varnothing$, deren Teilung mit der Zähnezahl des kleinen Zahnrades übereinstimmt. Sie wird aus starkem, ebenen Messing- oder Aluminiumblech hergestellt und mit einer dem Gewindezapfen des Schneckenachsenlagers entsprechenden Bohrung versehen, so daß sie gleichzeitig mit dem Lager auf dem Winkelträger befestigt werden kann. Die Teilung kann

bereits mit der bis jetzt fertig gestellten Teilvorrichtung ausgeführt werden, wobei man allerdings auf dem kleinen Zahnrad zwecks leichteren Abzählens der Zähne mit Blei einige Hilfsziffern anbringen muß. Die Teilstriche werden von 5 zu 5 mit Ziffern bezeichnet, die entweder eingraviert oder leichter geätzt werden.

Schließlich befestigt man noch am kleinen Zahnrad einen Zeiger, der unmittelbar über der

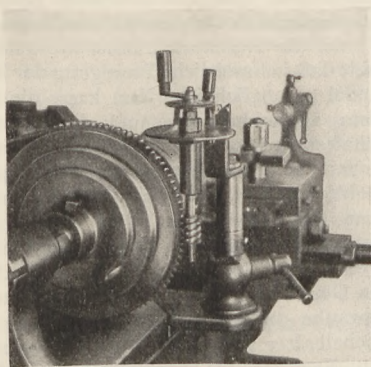


Fig. 2. Die gebrauchsfertige Kreisteilvorrichtung.

Teilscheibe spielt (Fig. 2). Sämtliche Einzelteile müssen so sorgfältig gearbeitet werden, daß an keiner Stelle ein leerer Gang möglich ist.

Die Teilungsmöglichkeiten sind abhängig von den Zähnezahlen der beiden Zahnräder und dem Vorschub der Schnecke. Letzterer beträgt bei einer Kurbelumdrehung für eine eingängige Schnecke 1 Zahn, für eine doppelgängige 2 Zähne oder $\frac{1}{90}$ bzw. $\frac{1}{45}$ des Kreises. Hat nun das kleine Zahnrad 80 Zähne, so kann der Kreis in $90 \cdot 80 = 7200$ bzw. in $45 \cdot 80 = 3600$ Teile geteilt werden. (Bei normalen Drehbänken ohne gekröpfte Wangen dürften 1800er Teilungen noch gut ausführbar sein.) Selbstverständlich ist es aber auch mit dieser Teilvorrichtung nicht möglich, etwa jede beliebige Teilung auszuführen; die Teilungszahl muß vielmehr auch hier in 7200 bzw. 3600 ohne Rest aufgehen. Der Quotient ergibt die Zähnezahl, um die das kleine Zahnrad für jeden Teilstrich gedreht werden muß, und dieser, dividiert durch 80, die Zahl der Kurbelumdrehungen. Durch Wahl einer anderen Zähnezahl für das kleine Zahnrad lassen sich auch anderweitige Teilungsmöglichkeiten erreichen (Fig. 3).

Nach Vollendung der Teilvorrichtung ist der Besitzer einer älteren Drehbank in der Lage, diese selbst ganz erheblich leistungsfähiger zu machen, wenn er die beiden Supportspindeln mit kleinen Trommeln versieht, die je eine der Ganghöhe dieser Schraubenspindeln entsprechende Teilung besitzen. Allerdings gilt dies nur für Steigungen von 1,5 oder 2 mm. Mit Hilfe einer 60er oder 80er Teilung, wobei jeder 4. Teilstrich länger gezogen und mit Zahlen bezeichnet wird, lassen

sich beim Längs- und auch beim Plandrehen die erforderlichen Maße mit einer Genauigkeit von 0,05 mm sicher einhalten, vorausgesetzt, daß kein leerer Gang vorliegt. — Versieht man die Reitstock-Pinole mit einer Millimeterteilung und bringt einen Zeiger an, so kann jede Bohrtiefe eingehalten werden. — Für Längsteilungen auf ebenen Werkstücken, z. B. für Skalen und Nonien, wird das Werkstück auf dem Support aufgespannt und im Drehbankfutter ein mittels Schraube verstellbarer Teilstichel befestigt. Die Teilung ergibt sich durch die Bewegung der Supportspindeln und wird an den Trommeln abgelesen.

Zur Erzielung höchster Genauigkeit sollte bei der Teilarbeit jedes Rückwärtsdrehen der den Vorschub des Werkstückes (nicht des Stichels) bewirkenden Kurbeln vermieden werden.

b) Gewinde mit größerem Durchmesser werden gewöhnlich auf einer Leitspindel- oder auf einer Patronendrehbank in bekannter Weise geschnitten. Auf einer einfachen Supportdrehbank lassen sich solche nicht herstellen. Es gibt zwar Feinmechaniker, die imstande sind, mit Hilfe eines Strehlers und der Handauflage Gewinde zu schneiden; aber diese schwierige Kunst gelingt nicht immer, und oft geht bei dem Versuch wertvolles Material zugrunde.

Ich versuchte nun, einen Weg zu finden, um auf einer einfachen Supportdrehbank mittels Strehlers mit Sicherheit solche Gewinde zu schneiden, und ich fand schließlich, daß dies wohl möglich ist, wenn man eine Hilfsvorrichtung benutzt, die es gestattet, das Gewinde bis auf

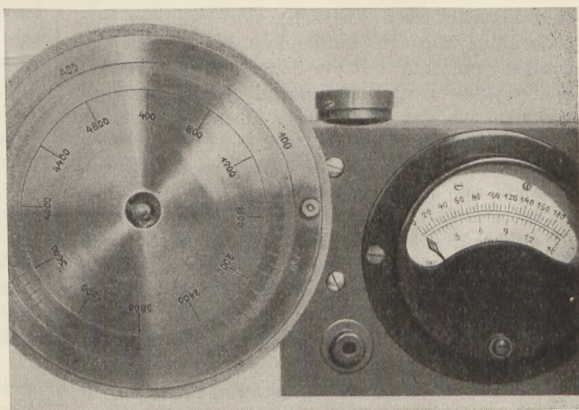


Fig. 3. Einige ausgeführte Teilungen (links: Skala für einen Tourenzähler; rechts: Skala für ein Voltmeter; oben: Skala für eine Supportspindel).

eine Tiefe von einigen Zehntelmillimetern vorzuschneiden. Ist das geschehen, so kann man das Gewinde mit dem Strehler ohne Schwierigkeit fertig schneiden. Bei richtiger Haltung folgt der Strehler willig dem vorgeschnittenen Gewindegang (Fig. 4).

Ich ließ mir in einer mechanischen Werkstatt 6 Schraubenspindeln von je 120 mm Länge und 12 mm $\varnothing$ herstellen und darauf die Gewinde mit den üblichen Ganghöhen 0,5, 0,75, 1,00, 1,25, 1,50

und 2,00 mm schneiden; ferner ließ ich für jede Spindel eine passende Mutter von 35 mm Länge und 20 mm äußerem $\varnothing$ bei kreisförmigem Querschnitt fertigen. Von jeder Spindel drehte ich das eine Ende konisch so zu, daß es in einen mit konischer Bohrung von 9,5 mm größtem $\varnothing$ und mit Klemmschraube ausgestatteten Einsatz für meine Reitstock-Pinole paßte (Einpassen in die

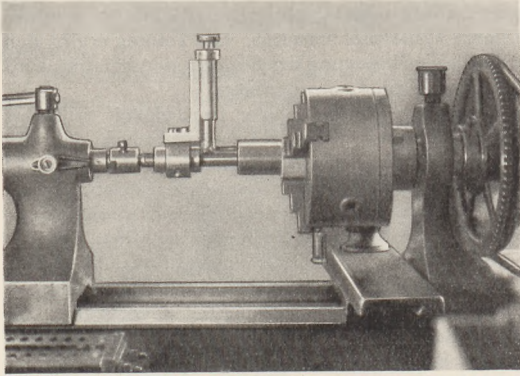


Fig. 4. Einstellung der Hilfsvorrichtung für ein Rohr-Innengewinde mit größerem Durchmesser.

Pinole selbst war untunlich, da deren Konus mehr als 12 mm $\varnothing$ aufweist und die nicht entbehrliche Klemmschraube sich nicht anbringen läßt). Die anderen Enden der Spindeln drehte ich wie Körnerspitzen unter einem Winkel von etwa 70° zu. Dann fertigte ich einen Klemmring mit 20 mm innerem und 30 mm äußerem $\varnothing$ (derartige Ringe sind als Stellringe käuflich), der jede der vorgenannten Muttern aufnehmen kann, und befestigte auf ihm mittels zweier Schrauben ein Winkelstück aus Messing, auf dessen längeren Schenkel ich den Hohlkörper eines verstellbaren Stichelhalters auflötete.

Der Hohlkörper des Stichelhalters besteht aus einem 55 mm langen Stück Messingrohr mit 12 mm äußerem und 10 mm innerem $\varnothing$. Dieses Rohr ist an einem Ende mit einer Führung für die mit einem Triebknopf ausgestattete Stellschraube (5 mm $\varnothing$) versehen, welche in den eigentlichen Stichhalter eingreift. Letzterer besteht aus einem 45 mm langen und 10 mm starken Messingrundstab, der eine Bohrung mit Gewinde für die Stellschraube besitzt. Das axial nicht durchbohrte zweite Ende besitzt eine zur Achse senkrechte Bohrung für den Stichel und eine zugehörige Klemmschraube. Damit der Halter sich nicht verdrehen kann, ist das Messingrohr bis auf die beiden Enden mit einem 3 mm breiten Schlitz versehen, in dem ein Führungsschraubchen des Stichelhalters gleitet.

Das Stahlstäbchen (2,5 mm²), aus dem ich den Stichel herstellte, habe ich zunächst bei Rotglut rechtwinklig abgebogen, dann einen keilförmigen Zahn von 1,5 mm Länge angefeilt, schließlich gehärtet und geschliffen.

Der Zahn schneidet nach beiden Seiten, also vor- und rückwärts. Für das Vorschneiden von Innengewinden wird er von der Schraubenspindel

ab nach auswärts, für Außengewinde nach einwärts gestellt.

Beim Gebrauch wird zunächst am vorderen Ende des Rohrfutters oder an der Spitze der herzustellenden Schraube eine Bohrung hergestellt, wie bei einem zwischen den Spitzen abzdrehenden Werkstück. Dann wird der Reitstock, in dessen Einsatz die entsprechende Schraubenspindel (mit Mutter und Stichelhalter) festgeklemmt ist, so weit herangeschoben, daß die konische Spitze der Schraubenspindel in die vorerwähnte Bohrung eingreift, und die Reitstock-Pinole so weit vorge-schraubt, daß jede seitliche Bewegung der Schraubenspindel unmöglich ist. Nun kann die Mutter mit dem aufgeschobenen und festgeklebten Stichhalter an das Werkstück herangedreht und sodann mit der Stellschraube die Stichelspitze so eingestellt werden, daß sie beim Weiterdrehen auf dem Schraubenkörper oder in dem Rohrstutzen gerade eine feine Schraubenlinie zieht. Nach 10 bis 20 Umgängen — je nach der gewählten Gewindesteigung — wird angehalten, die Stellschraube um ein Geringes angezogen, und der Stichhalter wieder bis zum Anfang zurückgedreht. Nach ein- bis zweimaliger Wiederholung dieses Spieles ist das Gewinde tief genug vorgeschnitten. Der Reitstock mit dem Stichhalter wird zurück-, die Handauflage aber an das Werkstück herangeschoben und das Gewinde mit dem Strehler fertig geschnitten.

Natürlich muß Vorsorge getroffen werden, daß während des Vorschneidens die Drehbankspindel nicht in Umdrehung versetzt werden kann. Man

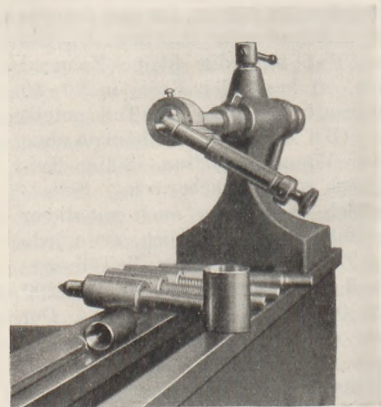


Fig. 5. Stichelstellung für ein Rohr-Innengewinde mit kleinerem Durchmesser (unten: Schraubenspindeln mit Muttern; fertige Gewinde).

muß also die Schnur- oder Riemenlaufscheibe bzw. das Backenfutter oder die Planscheibe mit der einen Hand festhalten oder sie mit Draht oder auf sonstige geeignete Weise festlegen. Wenn übrigens die Spindel nicht sehr leichten Lauf hat und die Stichelspitze nur schwach angestellt wird, ist diese Vorsicht unnötig.

Zum Fertigschneiden des Gewindes kann auch der Support benutzt werden, wenn man die Spindel des Oberteiles vollständig herausnimmt und, wenn die Schlittenführung des Oberteiles

so leicht eingestellt ist, daß letzteres nach Einspannen des Strehlers sich mit Hand ganz leicht und ohne Widerstand verschieben läßt. Sowie jedoch beim Verschieben sich ein fühlbarer Widerstand bemerkbar macht, ist dieses Verfahren nicht zugänglich.

Bei Innengewinden kann ohne weiteres ein kleinster Durchmesser von etwa 22 mm eingestellt werden. Sollen Gewinde mit geringerem Durchmesser bis etwa 18 mm geschnitten werden, so müßte das Ende der Schraubenspindel mit der konischen Spitze auf eine Länge von 15 bis 20 mm bis auf eine Stärke von etwa 8 mm abgedreht werden. Sollen Gewinde mit noch geringerem Durchmesser geschnitten werden, so ist es erforderlich, einen — übrigens leicht herzustellenden — gekröpften Stichel zu verwenden oder eine recht kurze Schraubenspindel — also 30 bis 40 mm Gewindelänge — zu verwenden, die dann nur einseitig im Reitstock befestigt ist und am Werk-

stück keine Führung hat (Fig. 5). Wer also öfter sehr enge Gewinde zu schneiden hat, läßt sich die Spindeln gleich in der angegebenen Länge herstellen; sie genügen trotzdem auch für alle übrigen Arbeiten, müssen jedoch fest in der Reitstock-Pinole sitzen oder unter Umständen mittels hölzerner Rohrklemme gehalten, oder mittels angeklebtem Drehherz am Reitstock befestigt werden. Ich habe sogar mit meinen 120 mm langen Spindeln ohne Schwierigkeiten bei freistehender Konusspitze Innengewinde von 15 mm $\varnothing$ geschnitten. Beim Schneiden von Innengewinden mit sehr kleinen Durchmessern muß jedoch untersucht werden, ob die vorhandenen Strehler hierfür verwendbar sind. Sie erfordern nämlich eine bestimmte Weite der Bohrung, die nicht unterschritten werden kann.

Schließlich wäre auch noch zu beachten, daß bei Rohren mit sehr geringer Wandstärke die Gewinde nicht ausgeschnitten werden können.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Technisches Rechnen. Eine Sammlung von Rechenregeln, Formeln und Beispielen zum Gebrauch in Werkstatt, Bureau und Schule. Von V. HAPPAH. Werkstattbücher, Heft 52. 60 Seiten mit 66 Abbildungen im Text. Berlin: Julius Springer 1935. Preis RM 2,—.

An guten Zusammenstellungen mathematischer und technischer Formeln ist kein Mangel. Unter ihnen fällt die vorliegende ausgezeichnete Sammlung durch die Fülle von Stoff auf, der in knappster, dabei äußerst verständlicher und methodisch oft reizvoller Form dargeboten wird. Wenn der Mathematiker auch einige Sätze etwas exakter und die Symbole 0 und ∞ etwas korrekter gehandhabt wissen möchte, so wird die Schrift doch gerade dem Praktiker, an den sie sich in erster Linie wendet, ein wertvolles und sehr handliches Hilfsmittel sein, das sich besonders in den vielseitigen Fortbildungslehrgängen, die für Ingenieure und Techniker abgehalten werden, gerade wegen seiner methodischen Systematik ausgezeichnet bewähren wird. Sehr geschickt ist der Abschnitt über graphisches Rechnen und empirische Funktionen angelegt, der mit elementarsten Hilfsmitteln die wesentlichen Grundverfahren darstellt. Abschnitt III (Anwendung auf besondere Probleme der Werkstattpraxis) wird auch dem Unterricht der höheren Schule manche Anregung geben können. Die Abbildungen zeichnen sich trotz ihrer äußerst kleinen Abmessungen durch instruktive Deutlichkeit aus und „sprechen“ durch Schriftgrad und Linienführung. *Schwerdt.*

Elektrische Gasentladungen. Ihre Physik und Technik. Von A. v. ENGEL und M. STEENBECK. Bd. 2: Entladungseigenschaften; Technische Anwendungen. VIII, 352 Seiten mit 250 Textabbildungen und 20 Tabellen. Berlin: Julius Springer 1934. Brosch. RM 32,—; geb. RM 33,50.

Der erste Band des vorliegenden Werkes, der die Grundgesetze der Gasentladungen behandelte,

ist bereits an dieser Stelle [46, 224 (1933)] ausführlich gewürdigt worden. Dieser zweite Band behandelt die Entladungseigenschaften und die technischen Anwendungen der Gasentladungen. Die Verfasser hatten sich zur Aufgabe gestellt, die Entladungseigenschaften aus dem Zusammenwirken der einzelnen Elementarprozesse nicht nur qualitativ zu verstehen, sondern möglichst bis zu quantitativen Aussagen zu gelangen; z. B. aus den Einzelvorgängen eine Entladungscharakteristik vorauszuberechnen. Aus dem großen Gebiete der Gasentladungen wurden daher besonders diejenigen Arbeiten und Ergebnisse herangezogen, die für diesen Zweck geeignet waren. Diese freiwillige Beschränkung des Stoffes entspricht durchaus dem Sinne des Werkes, das in letzter Linie immer das herausstellt, was für die technische Beherrschung der Gasentladungen von Wichtigkeit ist. Der Charakter des Werkes ist darum mehr der eines Nachschlagewerkes für den Gasentladungspraktiker, als etwa der eines Lehrbuchs. Das ist durchaus zu begrüßen, da für die Einführung in die Physik der Gasentladungen ja bereits das vorzügliche Lehrbuch von R. SEELIGER vorliegt, ein Werk von der Art des jetzt vollständig erschienenen aber noch fehlte und sehr erwünscht war. In dem zweiten Teile des Bandes werden die technischen Anwendungen der Gasentladungen behandelt, wobei immer besonders darauf eingegangen wird, wie der Entladungsvorgang dem angestrebten technischen Zwecke dient. Im ersten Kapitel sind die stationären Entladungen behandelt: Unselbständige Entladungen; Ströme in hochionisierten Gasen (Plasmaströme); Mechanische Kräfte der Ionenströmung; Selbständige Entladungen; Dunkelentladung; Glimmentladung; Theorie des Kathodenfalls; Theorie der ungeschichteten positiven Säule und Theorie des Anodenfalls. Es folgen: Ähnlichkeitsgesetze in stationären Entladungen; Zahlenangaben über Glimmentladungen und Bogenentladung. Das

zweite Kapitel: Ausgleichvorgänge in Gasentladungen, behandelt Stabilität und Instabilität, sowie den zeitlichen Verlauf der Zündung. Der zweite Teil des Bandes berichtet über die technischen Anwendungen: Dunkelentladungen zur Strahlungsmessung; Entladungen zur Spannungsmessung; Korona an Freileitungen; Elektrische Gasreinigung; Glimmentladungsstrecken; Entladungslichtquellen; Stromrichterentladungen; Schweißlichtbogen; Schalter- und Sicherungsentladungen. Man erkennt an dieser Inhaltangabe, welche Fülle von Material hier verarbeitet ist. Die strenge Systematik der Einteilung erleichtert die Benutzung des Buches als Nachschlagewerk. Die zahlreichen Abbildungen sind ebenso vorzüglich und praktisch, wie diejenigen im ersten bereits besprochenen Bande. Leider ist aber die Art der Literaturzusammenstellung nicht erfreulich. Das 18 (!) Seiten umfassende Verzeichnis ist so angeordnet, daß für einzelne Teilabschnitte der beiden Bände jeweils die den Verfassern besonders wichtig erscheinenden Originalarbeiten zusammengestellt sind. Wer diese Arbeiten nicht bereits kennt, benötigt zu diesem Verzeichnis noch die Physikalischen Berichte, um das herauszufinden, was er näher kennen lernen möchte. Viel praktischer wäre ein alphabetisch geordnetes und nummeriertes Literaturverzeichnis gewesen, wobei man die Nummer jeder Arbeit leicht im Text an der richtigen Stelle hätte einfügen können. Dieses Verzeichnis hätte sich dann noch ergänzen lassen durch Zusammenstellung der Nummern des Literaturverzeichnisses, die für jeden Teilabschnitt in Frage kommen. Aber auch bei einer zweckmäßigeren Anordnung des Literaturverzeichnisses würde man noch vermissen, daß die Literatur nicht in der üblichen Weise im Text verarbeitet und erörtert wurde. Gerade in einem solchen Spezialwerk für Gasentladungsphysiker wäre es mehr angebracht gewesen, die Stellungnahme der Verfasser zu begründen, als in autoritativer Form Feststellungen zu machen. Diese Mängel sind aber weniger erheblich gegenüber dem großen praktischen Wert, den das Werk für alle diejenigen hat, die mit technischer oder wissenschaftlicher Fragestellung auf dem Gebiete der Gasentladungen arbeiten.

Hiedemann.

Die elektrischen Maschinen. Bd. III: Berechnung und Bemessung. Von Dr. Ing. M. LIEBSCHITZ. Unter Mitarbeit von Dr. Ing. H. RAYMUND. VIII und 409 Seiten, 307 Abb. im Text. Leipzig und Berlin: B. G. Teubner 1934. Preis in Ganzleinen geb. RM 22,50.

Der vorliegende Band will die für die Berechnung und Bemessung der elektrischen Maschinen maßgebenden Gesichtspunkte vermitteln, wobei er sich auf die vorhergehenden Bände¹ stützt, in denen die allgemeinen Grundlagen und der besondere Unterbau der Konstruktion und Isolierung behandelt wurden. Eine Kenntnis dieser beiden ersten Bände ist zwar wünschenswert, jedoch nicht unbedingt erforderlich für das Ver-

ständnis und den Gebrauch des dritten Bandes. Es werden vielmehr in ihm in Einzelanwendung auf die Maschinenberechnung noch einmal die nötigsten Grundlagen und theoretischen Zusammenhänge vermittelt.

Das 1. Kapitel behandelt den magnetischen Kreis, das 2. die Streuung. Im 3. Kapitel werden die Verluste, getrennt nach Eisen-, Reibungs- und Kupferverlusten, besprochen. Es folgen Kapitel über die Erwärmung bzw. Kühlung der Motoren, Maschinendiagramme, die einzelnen Maschinenarten vom Transformator bis zur Wechselstrom-Kommutatormaschine. Den Hauptgegenstand dieser letzten Kapitel bilden sehr ausführliche Berechnungsbeispiele mit allen praktisch wichtigen Einzelheiten.

Das Buch ist für den Studierenden und den in der Praxis stehenden Ingenieur gleich wertvoll. Für letzteren vor allem dadurch, daß man an einer beliebigen Stelle anfangen und das Buch gleichsam von hinten nach vorn lesen kann. Erleichtert wird das durch die Zusammenstellung der verwendeten Formelzeichen und das ausführliche Literaturverzeichnis am Schluß des Werkes.

Holm.

Der Aufbau der Atomkerne. Natürliche und künstliche Kernumwandlungen. Von LISE MEITNER und MAX DELBRÜCK. IV, 62 Seiten. Mit 13 Abbildungen. Berlin: Julius Springer 1935. Preis geh. RM 4,50.

L. MEITNER ist in weiten Kreisen nicht nur als eine hervorragende Forscherin auf dem Gebiete der Radioaktivität und der Kernphysik, sondern auch als eine Meisterin der Darstellung bekannt. Das vorliegende Büchlein entspricht dem ganz und gar. Es will „ohne irgendwelchen Anspruch auf Vollständigkeit dem an dem Gebiet interessierten Physiker und Chemiker die modernen Probleme der Kernphysik und Kernchemie an der Hand typischer Beispiele nahe bringen“. Der erste Teil behandelt die experimentellen Ergebnisse der Kernforschung: Auf einen Überblick über die 4 „Grundeinheiten“ (Proton, Neutron, negatives und positives Elektron) folgt eine Darstellung der künstlichen Kernzertrümmerung durch α -Strahlen, Neutronen, Protonen und Deutonen (Deutonen sind bekanntlich die Kerne des Wasserstoffisotops mit der Masse 2) nebst den zugehörigen Energiebeziehungen. Sodann werden die Erscheinungen der sog. künstlichen Radioaktivität besprochen, also die Prozesse, bei denen sich infolge der Wechselwirkung zwischen dem stoßenden Teilchen und dem Kern nicht sogleich ein neuer stabiler Kern bildet, sondern ein instabiler, der erst durch einen nachfolgenden radioaktiven Zerfall zu einem stabilen Endprodukt führt. Verfasser zeigen die verschiedenen derartigen Prozesse auf (wir kennen z. B. allein 5 Prozesse, die zu dem radioaktiven Al^{28} führen; ähnlich kann das gewöhnliche Al^{27} in Na , Mg , Si , P übergeführt werden) und besprechen die Folgerungen, die sich für den Atomkern daraus ergeben.

Im zweiten Teil kommt vor allem der Theoretiker (MAX DELBRÜCK) zu Worte. Denn zu einem

¹ Vgl. 45, 234 und 88 (1932).

wirklichen Erfassen der Vorgänge im Kern sind quantenmechanische Vorstellungen nötig. Die sehr schwierige Aufgabe, ohne Mathematik in diese Gedankengänge einzuführen, wird recht gut gelöst; der Leser gewinnt wirklich einen Einblick in die derzeitigen theoretischen Vorstellungen über den

Atomkern allgemein, über Radioaktivität, α - und β -Zerfall und über die Bedeutung der γ -Strahlen.

Das auch mit guten Figuren ausgestattete, flüssig und leicht verständlich geschriebene Werkchen kann jedem Physiker und jedem Chemiker bestens empfohlen werden. *E. Lamla.*

Vereine und Versammlungen.

Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts in Wien.

Bericht über die Vereinstätigkeit im
41. Vereinsjahr (Schuljahr 1934/35).

A. Vorträge.

13. Oktober 1934. Frau Dr. EMMA ZILLNER: Kulturhistorisches vom Waschen und von Waschmitteln. Moderne Waschmittel und deren Herstellung. Physikalische und chemische Einwirkung der Waschmittel auf die Wäsche.

20. Oktober 1934. Prof. Dr. RUDOLF BERANEK: Die Lehre von den dynamischen Kräften; Schulversuche für die Unterstufe.

27. Oktober 1934. Frau Univ.-Dozentin Dr. FRANZISKA SEIDL: Beugung des Lichtes an Ultrashallwellen.

17. November 1934. Univ.-Dozent Dr. FRANZ RAAZ: Kristalle und Röntgenstrahlen.

24. November 1934. Dr. RUDOLF ORTHNER, Linz a. d. Donau: Das Michelsonphänomen und seine Konsequenzen für die Deutung optischer und elektrischer Erscheinungen.

1. Dezember 1934. Univ.-Dozent Prof. Dr. HANS BAUER: Von Madame Curie zur heutigen Atomphysik.

15. Dezember 1934. Hofrat Dr. KARL BRUNO: Versuche über Strahlungen aus Flammen im elektrischen Felde und über deren Wirkung auf einzellige Lebewesen.

12. Januar 1935. Elektromechaniker FERDINAND OHME: Vorführung elektrischer Schulversuche.

19. Januar 1935. Univ.-Dozent Prof. Dr. HANS BAUER: Atomzertrümmerung (Kernumwandlung) und künstliche Radioaktivität.

26. Januar 1935. Ingenieur HANNS KOCH: Probleme neuzeitlicher Verkehrsbeleuchtung.

2. Februar 1935. Frau Univ.-Dozentin Dr. FRANZISKA SEIDL: Versuche zur Interferenz und Beugung des Lichtes.

16. Februar 1935. Elektromechaniker FERDINAND OHME: Wechselstromversuche über den Einfluß der Frequenz auf induktiven Widerstand, kapazitiven Widerstand und Resonanz.

23. Februar 1935. Chefkonstrukteur Ing. JOSIP SLISKOVIC: Entwicklung der BRAUNschen Röhre und deren Anwendung mit besonderer Berücksichtigung des Unterrichtes.

2. März 1935. Prof. Dr. techn. Ing. WLADIMIR MAXYMOWICZ: Die Chemie der Ameisensäure in Schulversuchen.

9. März 1935. Prof. Dr. JOSEF KLIMA, Waidhofen a. d. Thaya: Die Analyse der Luft und ihre Bedeutung für den Anfangsunterricht in der

Chemie. Vorführung und Kritik der Versuchsanordnungen, die mit verschiedenen Stoffen vorgeschlagen werden; Kritik der theoretischen Ableitungen aus diesen Versuchen.

11. März 1935. Univ.-Prof. Dr. HERMANN MARK: Schweres Wasser.

16. März 1935. Festversammlung zur Feier des 40jährigen Bestandes des Vereines¹. Univ.-Prof. Dr. HANS THIRING: Die Entwicklung der Physik in den letzten vierzig Jahren.

23. März 1935. Prof. Dr. KARL HERMANN SCHWARZ: Feier des 100. Geburtstages des Univ.-Prof. Dr. JOSEF STEFAN.

6. April 1935. KRAUS-Feier zur Erinnerung an die beiden gründenden Mitglieder Reg.-Rat KONRAD KRAUS und Dr. I. KRAUS. Schulrat JOSEF DEISINGER: Schulversuche aus der Meteorologie. LEGPOLD DOBROWOLNY: Bleistift und Elektrizität. JOSEF EDELMAIER: Chemische Schulversuche. Schulrat HANS KELLERMANN und LUDWIG ANTONICEK: Elektrische Weichen der Wiener Straßenbahn. PAUL KOLLER: Zur Behandlung der Seife in der Schule. JOSEF KURT: Ein einfacher Kurzwellensender.

27. April 1935. Univ.-Dozent Prof. Dr. HANS BAUER: Licht in Wechselwirkung mit Elektronen und Molekülen. Der Photo-, Compton- und Smekal-Raman-Effekt.

11. Mai 1935. Univ.-Prof. Dr. ROBERT ETTENREICH: Neue Demonstrationsversuche zur Wechselstromlehre. Langsame Schwingungen, denen das Auge noch folgen kann.

18. Mai 1935. Prof. Dr. techn. Ing. WLADIMIR MAXYMOWICZ: Chemie der Oxalsäure in Schulversuchen.

22. Mai 1935. Dr. F. LAUSCHER: Neuere Physik und Technik in der Meteorologie.

25. Mai 1935. Direktor HEINRICH PABISCH: Im Reiche der Wohlgerüche. Natürliche und künstliche Riechstoffe.

5. Juni 1935. Dr. M. TOPERSZER: Über die Tätigkeit der Wiener Erdbebenwarte.

26. Juni 1935. Dr. A. ROSCHKOTT: Zum Verständnis der Wetterkarte.

B. Besichtigungen.

6. Oktober 1934. Kraftstation des Hochbehälters Galizinstraße und Hebewerk Steinhof der Wiener Hochquellenleitung (Schulrat HANS KELLERMANN).

17. Oktober 1934. Ravag-Jubiläumsausstellung; moderne Fernseheinrichtungen.

¹ Vgl. den Bericht in dieser Zeitschr. 48, 236; 1935.

8. November 1934. Apollowerke Wien-Simmering der Österr. Georg Schicht A. G.

17. November 1934. Röntgenlaboratorium des mineralogisch-petrographischen Instituts der Wiener Universität (Dr. FRANZ RAAZ).

27. November 1934. Apollowerk Wien-Penzing der Österr. Georg Schicht A. G.

11. Dezember 1934. Fabrik Günther-Wagner, Wien X.

12. Januar 1935. Neue Hauptschule der Stadt Wien XIII, Veitingergasse; physikalische und chemische Sammlungen, Schülerübungsräume, Starkstromanlage, Rundfunkeinrichtung.

15. Januar 1935. Optische Werke C. Reichert, Wien XVII; Vorführung neuer Apparate.

14. Juni 1935. Gaswerk Wien-Simmering der Stadt Wien.

16. Juni 1935. Bundes-Lehrerbildungsanstalt und Flugfeld in Wiener Neustadt; Bau und Vorführung von Segelflugzeugmodellen und Segelflugzeugen (Prof. Dr. WERNER DORN).

Vereinsleitung.

Obmann: O. ö. Universitätsprofessor, Vorstand des chemischen analytischen Laboratoriums, Dr. ADOLF FRANKE.

Obmann-Stellvertreter: Hofrat Dr. KARL BRUNO und Studienrat FRIEDRICH BRANDSTÄTTER.

Geschäftsführer: Regierungsrat KARL MÜLLNER; Wien IV, Schelleingasse 39.

Vereinszeitschrift: Physik und Chemie; Hauptschriftleiter: Studienrat Dr. RUDOLF BERANEK; Wien VI, Amerlingstraße 6.

Berliner Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts.

Bericht über das Jahr 1935 (54. Vereinsjahr).

Den Vorstand bildeten die Herren GIRKE, KLAMROTT und HAASE.

Sitzungen.

5. Februar. Experimentalvortrag. Dr. F. MOELLER: Nachweis der Wechselstromgesetze mit Hilfe eines kleinen Röhrengenerators. (Aufbau und Wirkungsweise des Generators mit veränderlicher Frequenz in den Grenzen von 3 bis 10000 Hertz. Die Wechselspannung an den Enden einer Spule in ihrer Abhängigkeit von der Frequenz und der Induktivität. Blindwiderstand einfacher und gekoppelter Spulen. Nützliche und schädliche Eigenschaften des Eisens. Spannungstransformation. Der Abstoßungsversuch nach E. THOMSON. Blindwiderstand eines Kondensators. Kapazität und Induktivität im Wechselstromkreise. Resonanzversuche).

14. Februar. Gemeinsame Sitzung der Berliner Vereine zur Förderung des mathematischen,

physikalischen und biologischen Unterrichts und der Vereinigung der Schulchemiker. Prof. Dr. H. FRANCK: Chemische Probleme der heutigen Ernährungswirtschaft.

2. April. Experimentalvortrag. Studienrat Dr. P. HENCKEL: Experimente zur Flugphysik im Schulunterricht.

24. Mai. Experimentalvortrag. Dr. H. KRÖNCKE: Vorführung einiger physikalischer Versuche (Gravitationswaage, Linsen veränderlicher Brennweite, Schneidentöne, Obertöne von Pfeifen, Bestimmung der Dielektrizitätskonstante.)

27. August. Experimentalvortrag. Studienrat L. SIEVERT: Licht und Strahlung. (Versuche zur Physik der Glühlampe. Objektive Photometrie und LAMBERTSche Gesetze. Die spektrale Augenempfindlichkeit. Das photomechanische Lichtäquivalent. Gasentladungslampen. Der absolut schwarze Körper. Resonanzstrahlung. Die STOKESsche Regel.)

24. September. Gemeinsame Sitzung des Vereins zur Förderung des physikalischen Unterrichts und der Vereinigung der Schulchemiker. Vortrag mit Versuchen und Lichtbildern. Dr. H. BECK, Lektor für die Technik der wissenschaftlichen Photographie an der Universität Berlin: Die Photographie mit unsichtbaren Strahlen. (Nachweis der Infrarot- und Ultraviolettstrahlung. Sensibilisierung des Bromsilbers für sichtbares und unsichtbares Licht. — Die Infrarot-Photographie: Dunkelphotographie [Aufnahme eines Bildnisses], Landschaftsphotographie [Nebelversuch], Nachteffektaufnahmen, Anwendungen in Wissenschaft und Technik. — Ultraviolett-Photographie: Die Strahlung der Quarzlampe, Photographie von Lumineszenzerscheinungen, Anwendungen in der Kriminalistik. — Röntgenphotographie: Das Aufnahmемaterial. Ausführung einer Röntgenaufnahme mit schulmäßigen Mitteln. Moderne Röntgeneinrichtungen. Anwendungen.)

29. Oktober. Experimentalvortrag. Prof. Dr. L. BERGMANN (Breslau): Versuche über Lichttelephonie, Bildübertragung, Fernsehen, Ultraschall und elektrische Kopplungsschwingungen.

26. November. Experimentalvortrag. Oberstudiendirektor Dr. H. PETZOLD: Versuche über Energie und Leistung von Explosivstoffen. (Charakter eines Explosivstoffes, Menge der Explosionsgase, freiwerdende Wärmemengen, Zeitdauer der Explosionen, Verpuffung und Detonation, Arbeitsfähigkeit, Brisanz.)

13. Dezember. Gemeinsame Sitzung der Berliner Vereine zur Förderung des mathematischen und physikalischen Unterrichts und der Vereinigung der Schulchemiker. Vortrag mit Lichtbildern. Oberstleutnant a. D. JUSTROW: Einfluß und Bedeutung der neuesten technischen Entwicklung auf die Kriegführung. R. Girke.