

Stromstoß zu, worauf die Steuerhebel auf den siebenten Kontakt weiterrücken. Damit ist die Durchsprechschtung endgültig erreicht, die Teilnehmer sind in Sprechverbindung. Hängt nach Beendigung des Gespräches der rufende Teilnehmer seinen Hörer wieder an, so wird der Strom von  $G^4$  infolge Einschaltung des Sprechstellenkondensators unterbrochen;  $A^4$  und  $B^4$  lassen ihre Anker fallen, und  $G^4$  sendet einen letzten Stromstoß über  $U^4$ , 56 (Ankerkontakt von  $B^4$ ), Relais  $Q^4$ , 55,  $S^4$ , Erde. Die Kontakthebel rücken nun in die achte, die Schlußstellung. Gleichzeitig sendet  $G^4$  über 57 (Ankerkontakt von  $Q^4$ ) einen Strom über  $c^4$  durch das Prüfrelais  $P^2$  (Fig. 1362), was die vorher beschriebene Auslösung des Gruppenwählers I und des Vorwählers bewirkt. Der Leitungswähler kehrt in die Ruhelage zurück, wenn der angerufene Teilnehmer seinen Hörer anhängt; dann wird nämlich das Relais  $Y$  stromlos, was bewirkt, daß  $G^4$  einen Strom über 60 (Ankerkontakt von  $Y$ ), 59, 58 (Kopfkontakt der Schaltwelle) durch die Auslösemagnete  $M^4$  und  $N^4$  schickt. Hat

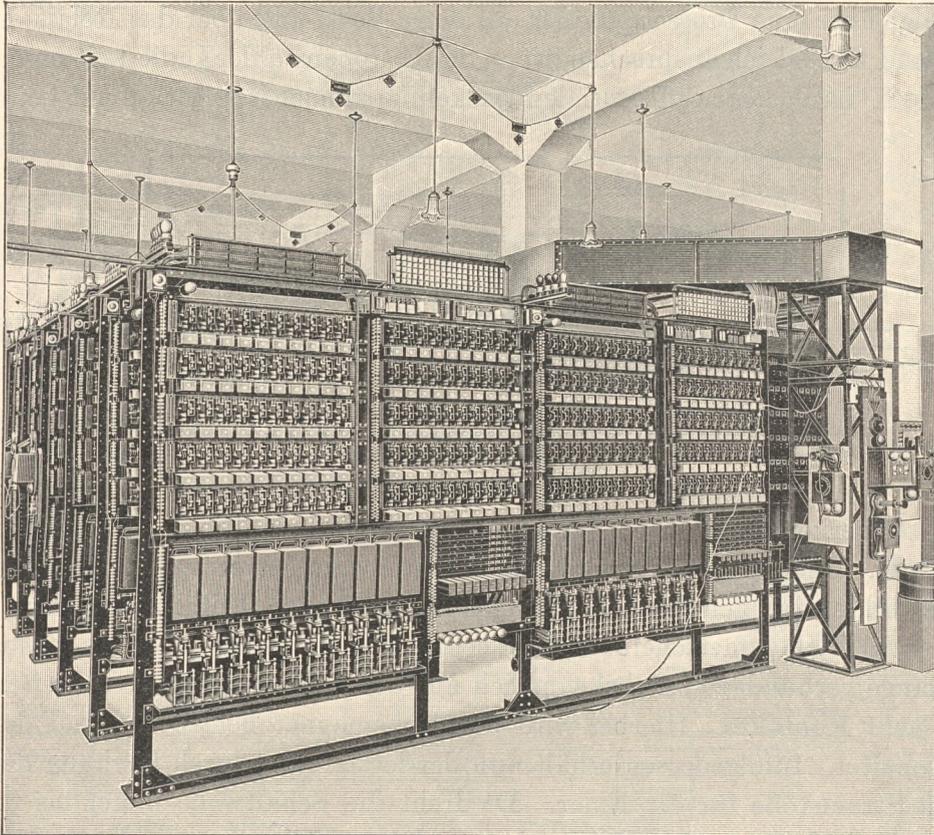


Fig. 1364. Betriebssaal eines Selbstanschlußamtes mit den Wählern und Schaltwerken.

$c^5$  bei der vorher erörterten Prüfung, die bei der dritten Kontaktstellung der Steuerhebel stattfand, eine besetzte Leitung angetroffen, so kann das Relais  $Y$  nicht erregt werden, da entweder die Batterie  $G$  am Vorwähler (Fig. 1358) abgeschaltet ist oder da sie über einen anderen Leitungswähler an Erde liegt. Bei dem Übergang der Steuerhebel in die vierte Stellung sendet daher die Batterie  $G^4$  (Fig. 1363) einen Strom über 60 (Ankerkontakt von  $Y$ ), 61,  $c^4$  durch das Prüfrelais  $P^2$  zur Abschaltung des Gruppenwählers II, was gleichzeitig das Summengeräusch als Besetztzeichen am Gruppenwähler I auslöst. Da auch  $A^4$  und  $B^4$  am Leitungswähler stromlos werden, so lassen beide ihre Anker fallen, und  $G^4$  sendet über 60, 59, 58 (nach oben umgelegt) einen Strom durch die Auslösemagnete  $M^4$  und  $N^4$ , womit der Leitungswähler in seine Ruhelage zurückkehrt, bevor er den Kontakt des in einem anderen Gespräch begriffenen Teilnehmers erreichen kann.

Fig. 1364 zeigt den Betriebssaal eines größeren Selbstanschlußamtes mit den an eisernen Gestellen befestigten Wählern und Schaltwerken. Das Arbeiten der einzelnen Apparate wird an eingeschalteten Glühlampen überwacht, die anzeigen, wenn Störungen auftreten. Die Überwachung nehmen Mechaniker wahr, die etwaige Fehler sogleich beseitigen.

## C. Radiotelegraphie.

### 1. Allgemeines.

Die *Radio- oder Funkentelegraphie* (*Strahlen-, Wellen-, drahtlose Telegraphie*) hat sich in der kurzen Zeit ihres Bestehens bereits einen beträchtlichen Wirkungskreis verschafft. Im Jahre 1897 machte Marconi die ersten Versuche mit seinen drahtlosen Stationen in England noch über

verhältnismäßig kurze Entfernungen und mit noch wenig durchgebildeten Apparaten, und jetzt sind bereits die Küsten aller am Meer gelegenen Kulturstaaten mit radiotelegraphischen Stationen besetzt, tragen fast alle den Ozean durchquerenden Dampfer großer Schifffahrtslinien sowie sämtliche Fahrzeuge der Kriegsmarinen solche Stationen, und werden über Wasser und Land drahtlose telegraphische Verbindungen über weite Entfernungen hergestellt. Großstationen an der Küste von Irland und Kanada vermitteln einen regelrechten drahtlosen Verkehr zwischen Europa und Nordamerika; fast auf der ganzen Reise zwischen beiden Kontinenten unterhalten die Schiffe Verkehr mit Stationen auf der einen oder anderen Seite des Ozeans. Mühelos können die für große Reichweiten ausgerüsteten Stationen in Nauen bei Berlin, in Petersburg, in Norddeich an der deutschen Nordseeküste, in Paris auf dem Eiffelturm, in Pola an der Küste des Adriatischen Meeres Mitteilungen untereinander austauschen. In den Heeren gehören fahrbare oder tragbare Stationen zu den unentbehrlichen Bestandteilen, und selbst die modernen Luftschiffe erhalten bereits radiotelegraphische Einrichtungen. Trotz dieser hohen Stufe der Entwicklung vermag die Radiotelegraphie noch nicht, der gewöhnlichen Telegraphie über Drahtleitungen ernstlichen Abbruch zu tun. Sie hat sich eben ihr eigenes Anwendungsgebiet geschaffen und dient auf diesem als willkommene Ergänzung der Drahttelegraphie.

Die Radiotelegraphie baut sich auf der Erkenntnis auf, daß die Elektrizität sich auch außerhalb der metallischen Leiter durch Strahlung im freien Raum fortpflanzt, wenn sie in sogenannten *elektrischen Schwingungen* oder *Wellen* erzeugt wird. Solche Schwingungen entstehen, wenn sich ein elektrisch geladener Kondensator, z. B. eine Leidener Flasche, entladet, indem von der einen zur anderen Belegung ein Funke überspringt und damit zwischen der positiven Ladung der einen Belegung und der negativen Ladung der anderen Belegung ein Ausgleich eintritt. Der Entladungsfunke besteht nicht aus einer einfachen plötzlichen Vereinigung der beiden Elektrizitäten, sondern aus einem Hin- und Herbogen der elektrischen Ladungen zwischen den beiden Belegungen. Dieses sogenannte Oszillieren ist dadurch zu erklären, daß die geladenen kleinsten Teilchen der Elektrizität, die Elektronen, wenn sie den Luftzwischenraum der Funkenstrecke zwecks Vereinigung mit den entgegengesetzt geladenen Teilchen durchbrechen, unter dem Einfluß der Selbstinduktion, d. h. der elektrischen Trägheit, über die Gleichgewichtslage hinauschießen, nach ihrer ursprünglichen Belegung wieder zurückgeworfen werden, von neuem den Ausgleich beginnen und wieder zurückschwingen. Man kann diesen Vorgang etwa mit der Bewegung eines Pendels vergleichen, das nach einer Seite gehoben, dann losgelassen und seinen hin und her gehenden Schwingungen überlassen wird. Wie die Ausschläge des Pendels mit jeder Schwingung geringer werden, bis das Pendel zur Ruhe kommt, so nimmt auch die Energie der elektrischen Schwingungen mit jeder Oszillation ab. Die Abnahme der Schwingungsenergie wird durch den Widerstand der Drahtverbindung zwischen Kondensatorbelegung und Funkenstrecke, der Funkenstrecke selbst, durch Umwandlung der elektrischen Energie in Wärme und durch die Ausstrahlung verursacht; man nennt diese Abnahme *Dämpfung*. Die elektrischen Schwingungen gehen so in Form von Wellenbewegungen vor sich. Sind sie stark gedämpft, so verlaufen die Schwingungen in Form der in Fig. 1365 gezeichneten Kurve; sind sie weniger gedämpft, so haben sie die Form der Fig. 1366, und sind sie völlig ungedämpft, so ist ihr Verlauf gleich der Kurve in Fig. 1367. In der gleichen Form, in der sie erzeugt werden, strahlen sie in den freien Raum aus. Die Fortpflanzung elektrischer Wellen im Raum hat zuerst der deutsche Physiker Hertz im Jahre 1887 nachgewiesen. Er bediente sich zur Erzeugung der Schwingungen des *Hertzschen Oszillators* (Fig. 1368), der aus einem Funkeninduktor 1 und den mit dessen sekundärer Wicklung verbundenen Kapazitäten 2 und 3 (Leidener Flasche), sowie der hieran gelegten Drahtverbindung und der

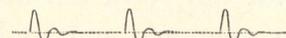


Fig. 1365.



Fig. 1366.

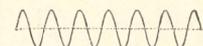


Fig. 1367.

Verlauf stark gedämpfter (Fig. 1365), schwach gedämpfter (Fig. 1366) und ungedämpfter (Fig. 1367) Schwingungen.

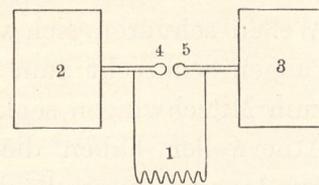


Fig. 1368. Oszillator.

Funkenstrecke 4, 5 besteht. Daß von diesem elektrische Schwingungen ausgestrahlt werden, bewies Hertz an einem davon entfernt aufgestellten *Resonator*, das ist ein metallischer Ring, der mit einer mikroskopisch kleinen Funkenstrecke versehen ist. Wenn nämlich bei 4, 5 ein elektrischer Funke überspringt, sind auch an der kleinen Funkenstrecke des Ringes schwache Funken wahrnehmbar. Bei einer der Hertz'schen Versuchsanordnungen (Fig. 1369) bringt man die Funkenstrecke in den Brennpunkt eines metallischen Hohlspiegels 5; die ausgestrahlten Wellen werden dann nach dem metallischen Planspiegel 6 hin gerichtet und von diesem wieder zurückgeworfen, so daß stehende Wellen erzeugt werden. Die ausgezogene Linie bezeichnet die von 7 ausgehende, die punktierte die von 6 reflektierte Welle. Zwischen den Knotenpunkten 1, 2, 3, 4 schwingen die Ätherteilchen auf und ab. Sucht man die Strecke mit dem oben erwähnten Resonator ab, so zeigt er an den Knotenpunkten keine Fünkchen, wohl aber innerhalb der Wellenbäuche, und zwar am stärksten an den Stellen der weitesten Ausbuchtung. Die Entfernung zwischen den Knotenpunkten 1 und 3 oder 2 und 4 heißt die *Wellenlänge*; die Zeit, in der die Bewegung von 1 bis 3 oder von 2 bis 4 fortschreitet, d. h. in der sie vom Wert Null zum höchsten positiven Wert steigt, bis Null fällt, den höchsten negativen Wert erreicht und wieder zum Wert Null zurückkehrt, heißt die *Periode*; die Zahl der Perioden in einer Sekunde heißt die *Frequenz*; der senkrechte Abstand zwischen dem höchsten positiven und höchsten negativen Wert die *Amplitude*.

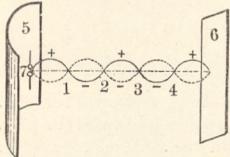


Fig. 1369. Hertz'sche Versuchsanordnung.

Die Schwingungsdauer  $T$  (Periode) hängt ab von der Kapazität  $C$  und von der Selbstinduktion  $L$  der Schwingungsbahn (d. h. des durch die Funkenstrecke 4, 5 in Fig. 1368 unterbrochenen Drahtes), entsprechend der für die Radiotelegraphie grundlegenden Formel  $T = 2\pi\sqrt{C \cdot L}$  (wo  $\pi = 3,14159 \dots$ ). Während der Funkenentladung ist die Spannung an der Funkenstrecke gleich

Null, dort befindet sich demnach ein Wellenknoten; an den Enden des Drahtes bildet sich ein Wellenbauch. Verbindet man den einen Pol der Funkenstrecke mit der Erde, so entfällt auf die verbleibende Drahhälfte ein Viertel der Wellenlänge; letztere beträgt demnach das Vierfache der Länge dieses Drahtes. Außer der Schwingung mit dieser Wellenlänge entstehen Oberschwingungen, die Wellenlängen von  $\frac{3}{4}$ ,  $\frac{5}{4}$  usw. derjenigen der Grundschwingung haben. Die elektrischen Wellen schnüren sich von dem Oszillator ab und pflanzen sich im Weltäther nach allen Richtungen senkrecht zum Schwingungsdraht fort, indem immer eine Ätherschicht die benachbarte zum Mitschwingen senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung erregt. Die ausgesendeten elektrischen Ätherwellen haben die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Lichtwellen (300000 km in der Sekunde) und unterscheiden sich von ihnen nur durch Wellenlänge und Frequenz. (Das Produkt aus beiden ergibt wie beim Licht 300000 km.) Die Wellenlänge des roten Lichtes beträgt bei 450 Billionen Schwingungen in der Sekunde 0,00067 mm; die kleinsten bekannten elektrischen Schwingungen haben eine Frequenzzahl von ca. 10 Millionen und eine Wellenlänge von ca. 3 cm. Die elektrischen Ätherwellen gehen durch Nichtleiter der Elektrizität ungehindert hindurch, werden dagegen durch Leiter reflektiert, polarisiert oder absorbiert.

Wie eine angeschlagene Stimmgabel eine zweite, auf denselben Ton abgestimmte durch Resonanz zum Mittönen bringt, so rufen die Schwingungen eines elektrischen Oszillators durch die ausgestrahlten Ätherwellen in einer entfernten metallischen Schwingungsbahn wieder Schwingungen hervor, sofern die Empfangsvorrichtung dieselben elektrischen Bedingungen bietet wie der Oszillator. Dies ist der Fall, wenn bei beiden der Faktor  $C \cdot L$ , d. h. das Produkt aus Kapazität und Selbstinduktion (in obiger Formel  $T = 2\pi\sqrt{C \cdot L}$ ), gleich ist. Oszillator und Empfänger haben dann gleiche Eigenschwingung, „*sie befinden sich in Resonanz.*“ Verstimmt man den Empfänger, indem man seine Kapazität oder Selbstinduktion ändert, so werden die Wirkungen der elektrischen Ätherwellen auf ihn geschwächt oder ganz aufgehoben.

**Schaltungen.** Da der Hertz'sche Oszillator für die Ausstrahlung in den freien Raum nicht die geeignete Form hat, wird der eine Pol der Funkenstrecke mit einem hoch in die Luft ragenden Draht (*Antenne*) 1 (Fig. 1370) und der andere mit der Erde 2 verbunden. Die telegraphischen

Zeichen werden durch Niederdrücken der Taste 3 erzeugt, die den Stromkreis der Stromquelle 4 über die primären Windungen des Induktors 5 schließt. Bei dieser zuerst von Marconi angewendeten Schaltung durchlaufen die vom Oszillator erzeugten Schwingungen den Luftdraht in seiner ganzen Länge. Die zwischen Draht und Erde entstehenden elektrischen Kraftlinien stehen senkrecht auf der Erdoberfläche; die vom Draht ausgehende wellenförmige Bewegung verläuft in der oberen Hälfte im Luftraum, in der unteren in der Erde, woraus sich die größere Fernwirkung über gutleitende Wasserflächen als über Land erklärt. Die Schwingungen bei der *Marconischaltung* sind stark gedämpft, was ihre Wirkung auf den Empfänger sehr beeinträchtigt; auch reicht die Kapazität des Sendedrahtes nicht aus, um anhaltendere schwach gedämpfte Schwingungen zu liefern. Für die Herstellung solcher eignet sich mehr der von Braun angegebene *geschlossene Schwingungskreis*, den man durch Einschaltung großer *Kapazität* in Gestalt von Leidener Flaschen (oder auch Ölkondensatoren, die große Mengen elektrischer Energie aufzunehmen vermögen), einer *Selbstinduktion* in Form einer Drahtspule, und der Funkenstrecke in einen Stromkreis erhält. Wird die Flaschenbatterie durch einen Induktor geladen, so tritt der Entladungsfunke erst bei hohem Spannungsgrad ein, und es entstehen kräftige Schwingungen, deren Amplitude nur allmählich abnimmt. Damit der geschlossene Schwingungskreis Energie nach außen abgibt, wird er nach Braun mit dem offenen Marconisender gekoppelt, und zwar direkt oder induktiv. Die Schwingungen des geschlossenen Kreises werden dadurch der offenen Strombahn aufgezwungen, von der sie in den Äther übergehen. Das Resonanzprinzip erfordert, daß beide Schwingungskreise auf gleiche Wellenlänge abgestimmt werden. Zur Erleichterung der Abstimmung verwendet man veränderliche Selbstinduktionsspulen. Bei der Braunschen Senderanordnung *mit induktiver Koppelung* (Fig. 1371) bilden die Selbstinduktionsspulen 6 und 7 einen Transformator, der die Schwingungen des geschlossenen Schwingungskreises auf die Strombahn des Luftdrahtes überträgt; 8 ist eine regelbare Selbstinduktionsspule zur Abstimmung, 9 die Kapazität aus Leidener Flaschen (die übrigen Ziffern wie in Fig. 1370). Eine *Selbstinduktionsspule für Großstationen* zeigt Fig. 1372. Bei *direkter Koppelung* wird der Luftdraht mittels verschiebbaren Kontakts unmittelbar mit der Spule 6 (Fig. 1371) verbunden. Um die Dämpfung der Schwingungen möglichst zu verringern, muß der Widerstand der Drähte und insbesondere der Erdleitung gering gehalten werden. Bei schlechter Erdverbindung bedient man sich eines sogenannten *Gegengewichts*, eines auf der Erdoberfläche ausgebreiteten Drahtnetzes, dessen Kapazität der des Luftdrahtes entspricht. Werden beide Spulen 6 und 7 dicht zusammengebracht, so ist die Koppelung *eng*; werden sie voneinander entfernt, so ist sie *lose*. Im ersten Fall ist die Energieübertragung höher, die Schwingungen der geschlossenen und offenen Strombahn beeinflussen sich aber so, daß sie nicht mit der Eigenschwingung der Systeme übereinstimmen, sondern unrein werden, was scharfe Abstimmung verhindert. Bei loser Koppelung erhält man schwächere, aber reine Wellen, die genauere Abstimmung ermöglichen.

Der *Empfänger* für die elektrischen Ätherwellen bildet gewissermaßen die Umkehrung des Senders. Die ankommenden Wellen erregen im Luftdraht gleiche elektrische Schwingungen, wie sie der Sender erzeugt. Um diese wahrnehmbar zu machen, bedarf es besonderer *Wellenanzeiger*

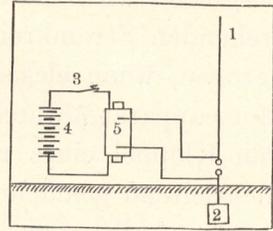


Fig. 1370. Antenne, die stark gedämpfte Wellen ausstrahlt.

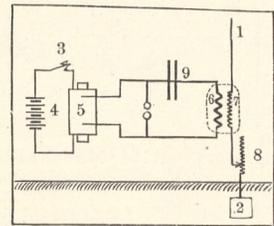


Fig. 1371. Antenne, die schwach gedämpfte Wellen ausstrahlt.

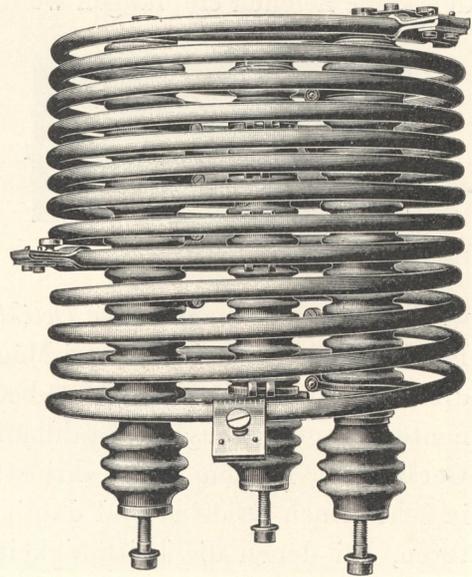


Fig. 1372. Selbstinduktionsspule für Großstationen.

Funkenstrecke 4, 5 besteht. Daß von diesem elektrische Schwingungen ausgestrahlt werden, bewies Hertz an einem davon entfernt aufgestellten *Resonator*, das ist ein metallischer Ring, der mit einer mikroskopisch kleinen Funkenstrecke versehen ist. Wenn nämlich bei 4, 5 ein elektrischer Funke überspringt, sind auch an der kleinen Funkenstrecke des Ringes schwache Funken wahrnehmbar. Bei einer der Hertz'schen Versuchsanordnungen (Fig. 1369) bringt man die Funkenstrecke in den Brennpunkt eines metallischen Hohlspiegels 5; die ausgestrahlten Wellen werden dann nach dem metallischen Planspiegel 6 hin gerichtet und von diesem wieder zurückgeworfen, so daß stehende Wellen erzeugt werden. Die ausgezogene Linie bezeichnet die von 7 ausgehende, die punktierte die von 6 reflektierte Welle. Zwischen den Knotenpunkten 1, 2, 3, 4 schwingen die Ätherteilchen auf und ab. Sucht man die Strecke mit dem oben erwähnten Resonator ab, so zeigt er an den Knotenpunkten keine Fünkchen, wohl aber innerhalb der Wellenbäuche, und zwar am stärksten an den Stellen der weitesten Ausbuchtung. Die Entfernung zwischen den Knotenpunkten 1 und 3 oder 2 und 4 heißt die *Wellenlänge*; die Zeit, in der die Bewegung von 1 bis 3 oder von 2 bis 4 fortschreitet, d. h. in der sie vom Wert Null zum höchsten positiven Wert steigt, bis Null fällt, den höchsten negativen Wert erreicht und wieder zum Wert Null zurückkehrt, heißt die *Periode*; die Zahl der Perioden in einer Sekunde heißt die *Frequenz*; der senkrechte Abstand zwischen dem höchsten positiven und höchsten negativen Wert die *Amplitude*.

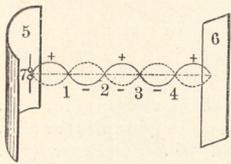


Fig. 1369. Hertz'sche Versuchsanordnung.

Die Schwingungsdauer  $T$  (Periode) hängt ab von der Kapazität  $C$  und von der Selbstinduktion  $L$  der Schwingungsbahn (d. h. des durch die Funkenstrecke 4, 5 in Fig. 1368 unterbrochenen Drahtes), entsprechend der für die Radiotelegraphie grundlegenden Formel  $T = 2\pi\sqrt{C \cdot L}$  (wo  $\pi = 3,14159\dots$ ).

Während der Funkenentladung ist die Spannung an der Funkenstrecke gleich Null, dort befindet sich demnach ein Wellenknoten; an den Enden des Drahtes bildet sich ein Wellenbauch. Verbindet man den einen Pol der Funkenstrecke mit der Erde, so entfällt auf die verbleibende Drahtlänge ein Viertel der Wellenlänge; letztere beträgt demnach das Vierfache der Länge dieses Drahtes. Außer der Schwingung mit dieser Wellenlänge entstehen Oberschwingungen, die Wellenlängen von  $\frac{3}{4}$ ,  $\frac{5}{4}$  usw. derjenigen der Grundschwingung haben. Die elektrischen Wellen schnüren sich von dem Oszillator ab und pflanzen sich im Weltäther nach allen Richtungen senkrecht zum Schwingungsdraht fort, indem immer eine Ätherschicht die benachbarte zum Mitschwingen senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung erregt. Die ausgesendeten elektrischen Ätherwellen haben die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Lichtwellen (300 000 km in der Sekunde) und unterscheiden sich von ihnen nur durch Wellenlänge und Frequenz. (Das Produkt aus beiden ergibt wie beim Licht 300 000 km.) Die Wellenlänge des roten Lichtes beträgt bei 450 Billionen Schwingungen in der Sekunde 0,00067 mm; die kleinsten bekannten elektrischen Schwingungen haben eine Frequenzzahl von ca. 10 Millionen und eine Wellenlänge von ca. 3 cm. Die elektrischen Ätherwellen gehen durch Nichtleiter der Elektrizität ungehindert hindurch, werden dagegen durch Leiter reflektiert, polarisiert oder absorbiert.

Wie eine angeschlagene Stimmgabel eine zweite, auf denselben Ton abgestimmte durch Resonanz zum Mitschwingen bringt, so rufen die Schwingungen eines elektrischen Oszillators durch die ausgestrahlten Ätherwellen in einer entfernten metallischen Schwingungsbahn wieder Schwingungen hervor, sofern die Empfangsvorrichtung dieselben elektrischen Bedingungen bietet wie der Oszillator. Dies ist der Fall, wenn bei beiden der Faktor  $C \cdot L$ , d. h. das Produkt aus Kapazität und Selbstinduktion (in obiger Formel  $T = 2\pi\sqrt{C \cdot L}$ ), gleich ist. Oszillator und Empfänger haben dann gleiche Eigenschwingung, „sie befinden sich in Resonanz.“ Verstimmt man den Empfänger, indem man seine Kapazität oder Selbstinduktion ändert, so werden die Wirkungen der elektrischen Ätherwellen auf ihn geschwächt oder ganz aufgehoben.

**Schaltungen.** Da der Hertz'sche Oszillator für die Ausstrahlung in den freien Raum nicht die geeignete Form hat, wird der eine Pol der Funkenstrecke mit einem hoch in die Luft ragenden Draht (*Antenne*) 1 (Fig. 1370) und der andere mit der Erde 2 verbunden. Die telegraphischen

Zeichen werden durch Niederdrücken der Taste 3 erzeugt, die den Stromkreis der Stromquelle 4 über die primären Windungen des Induktors 5 schließt. Bei dieser zuerst von Marconi angewendeten Schaltung durchlaufen die vom Oszillator erzeugten Schwingungen den Luftdraht in seiner ganzen Länge. Die zwischen Draht und Erde entstehenden elektrischen Kraftlinien stehen senkrecht auf der Erdoberfläche; die vom Draht ausgehende wellenförmige Bewegung verläuft in der oberen Hälfte im Luftraum, in der unteren in der Erde, woraus sich die größere Fernwirkung über gutleitende Wasserflächen als über Land erklärt. Die Schwingungen bei der *Marconischaltung* sind stark gedämpft, was ihre Wirkung auf den Empfänger sehr beeinträchtigt; auch reicht die Kapazität des Sendedrahtes nicht aus, um anhaltendere schwach gedämpfte Schwingungen zu liefern. Für die Herstellung solcher eignet sich mehr der von Braun angegebene *geschlossene Schwingungskreis*, den man durch Einschaltung großer *Kapazität* in Gestalt von Leidener Flaschen (oder auch Ölkondensatoren, die große Mengen elektrischer Energie aufzunehmen vermögen), einer *Selbstinduktion* in Form einer Drahtspule, und der Funkenstrecke in einen Stromkreis erhält. Wird die Flaschenbatterie durch einen Induktor geladen, so tritt der Entladungsfunke erst bei hohem Spannungsgrad ein, und es entstehen kräftige Schwingungen, deren Amplitude nur allmählich abnimmt. Damit der geschlossene Schwingungskreis Energie nach außen abgibt, wird er nach Braun mit dem offenen Marconisender gekoppelt, und zwar direkt oder induktiv. Die Schwingungen des geschlossenen Kreises werden dadurch der offenen Strombahn aufgezwungen, von der sie in den Äther übergehen. Das Resonanzprinzip erfordert, daß beide Schwingungskreise auf gleiche Wellenlänge abgestimmt werden. Zur Erleichterung der Abstimmung verwendet man veränderliche Selbstinduktionsspulen. Bei der Braunschen Senderanordnung mit *induktiver Koppelung* (Fig. 1371) bilden die Selbstinduktionsspulen 6 und 7 einen Transformator, der die Schwingungen des geschlossenen Schwingungskreises auf die Strombahn des Luftdrahtes überträgt; 8 ist eine regelbare Selbstinduktionsspule zur Abstimmung, 9 die Kapazität aus Leidener Flaschen (die übrigen Ziffern wie in Fig. 1370). Eine *Selbstinduktionsspule für Großstationen* zeigt Fig. 1372. Bei *direkter Koppelung* wird der Luftdraht mittels verschiebbaren Kontakts unmittelbar mit der Spule 6 (Fig. 1371) verbunden. Um die Dämpfung der Schwingungen möglichst zu verringern, muß der Widerstand der Drähte und insbesondere der Erdleitung gering gehalten werden. Bei schlechter Erdverbindung bedient man sich eines sogenannten *Gegengewichts*, eines auf der Erdoberfläche ausgebreiteten Drahtnetzes, dessen Kapazität der des Luftdrahtes entspricht. Werden beide Spulen 6 und 7 dicht zusammengebracht, so ist die Koppelung *eng*; werden sie voneinander entfernt, so ist sie *lose*. Im ersten Fall ist die Energieübertragung höher, die Schwingungen der geschlossenen und offenen Strombahn beeinflussen sich aber so, daß sie nicht mit der Eigenschwingung der Systeme übereinstimmen, sondern unrein werden, was scharfe Abstimmung verhindert. Bei loser Koppelung erhält man schwächere, aber reine Wellen, die genauere Abstimmung ermöglichen.

Der **Empfänger** für die elektrischen Ätherwellen bildet gewissermaßen die Umkehrung des Senders. Die ankommenden Wellen erregen im Luftdraht gleiche elektrische Schwingungen, wie sie der Sender erzeugt. Um diese wahrnehmbar zu machen, bedarf es besonderer *Wellenanzeiger*

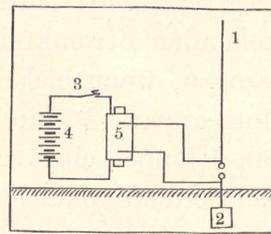


Fig. 1370. Antenne, die stark gedämpfte Wellen ausstrahlt.

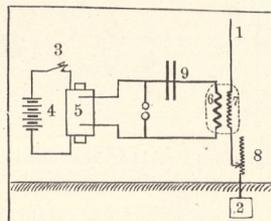


Fig. 1371. Antenne, die schwach gedämpfte Wellen ausstrahlt.

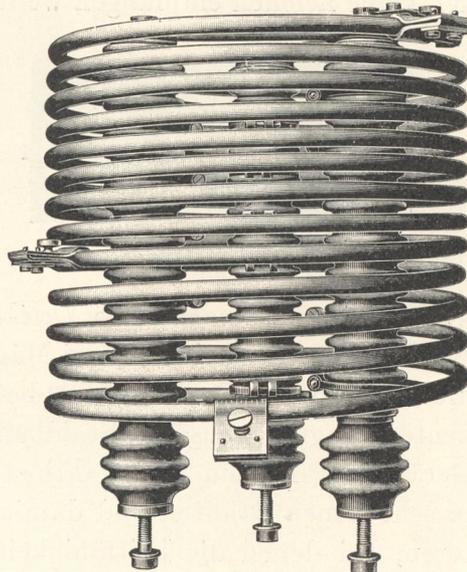


Fig. 1372. Selbstinduktionsspule für Großstationen.

(*Detektoren*). Als ein solcher wurde der Branly'sche *Kohärer* oder *Fritter* von Marconi eingeführt. Der Fritter (8 in Fig. 1373), ein luftdicht abgeschlossenes Glasröhrchen mit lose geschichteten Metallspänen (aus Silber, Nickel, Stahl usw.) und zwei Metallpolen, leitet für gewöhnlich den elektrischen Strom nicht, verliert aber seinen hohen Widerstand, wenn er elektrischen Strahlungen ausgesetzt wird. Mit dem Luftdraht 1 verbunden und in den aus Element 3 und Relais 5 bestehenden Stromkreis geschaltet, leitet er den Strom. Der Anker des Relais wird daher angezogen, wenn elektrische Schwingungen auf den Luftdraht treffen. Das Relais betätigt einen Morseapparat 7 durch Batterie 4. Nach Aufhören der Schwingungen wird der Fritter 8 durch den Klöppel eines mit im Stromkreis von 5 gelegenen Klopfers 6 erschüttert und so wieder nichtleitend gemacht; 2 ist die Erdleitung. Um die Empfängerschaltung in Resonanz mit der Senderschaltung zu bringen (auf die Wellenlänge des Senders abzustimmen), benutzt man verschiedene Schaltungsweisen, so nach *System Telefunken* (Fig. 1374) durch Verschiebung des Kontakts 3 an der Selbstinduktionsspule 4 und durch Veränderung der Kapazität des Kondensators 5 (6 und 7 sind unveränderliche Kondensatoren). Durch den von den veränderlichen Selbstinduktionsspulen 8 und 9 gebildeten Schwingungstransformator 10 werden die Schwingungen auf den geschlossenen Schwingungskreis übertragen, in dem der Fritter 11 und ein konstanter Kondensator 12 liegt. Dieser Stromkreis wird ebenfalls in Resonanz mit dem Luftdraht gebracht. Die Koppelung zwischen den Spulen 8 und 9 wird durch großen Abstand beider zwecks scharfer Abstimmung lose gehalten; die Kapazität des geschlossenen Kreises läßt sich durch den regelbaren Kondensator 13 ändern (1 Antenne, 2 Erdleitung).

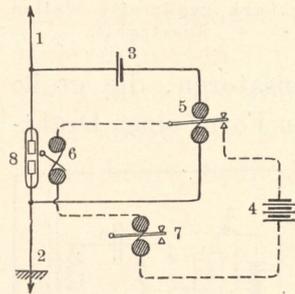


Fig. 1373. Alte Marconi-station (Empfänger).

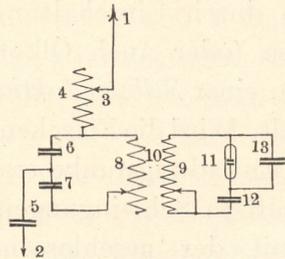


Fig. 1374. Empfangsschaltung nach System Telefunken.

Zur Überwindung des Fritterwiderstandes ist ein bestimmter Spannungsgrad nötig, ohne den keine Zeichen empfangen werden; deshalb verwendet man statt des Fritters oder mit ihm zugleich empfindlichere Wellenempfänger, die auch schwächere Wellen anzeigen, aber meist nur ein Abhören der Morsezeichen mit dem Telephon gestatten. Hierher gehören *elektrolytische Zellen* (z. B. die *Schlömilchzelle* des Systems Telefunken, *Flüssigkeitsbarreter* von Fessenden und andere), in denen die durch schwachen galvanischen Strom erregte Gasentwicklung unter Einfluß der elektrischen Schwingungen verstärkt wird; ferner der *magnetische Detektor von Marconi* (Fig. 1375) und die *Hitzdraht-Wellenempfänger*.

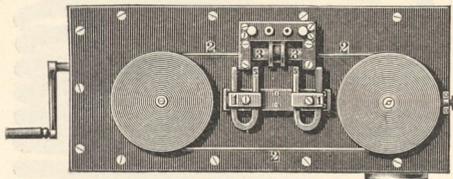


Fig. 1375. Magnetischer Detektor von Marconi.

Bei ersterem wird ein an zwei Magneten 1 vorbeigeführtes Stahlband 2 durch zwei mit dem Luftdraht gekoppelte Drahtspulen 3 beeinflusst; die auftreffenden Schwingungen verändern den remanenten Magnetismus des Stahlbandes und verursachen im angeschalteten Fernhörer knackende Geräusche. In den Hitzdrahtinstrumenten rufen die Schwingungen Temperaturveränderungen in sehr feinen Drähten und damit Widerstandsschwankungen hervor. Auch gibt es Wellendetektoren, bei denen die Leitfähigkeit eines eingeschlossenen erhitzten Gases durch die Wellen geändert wird, z. B. bei dem *Glühlampendetektor* von Fleming. Für den Schreibempfang verwendet man meist noch den Fritter.

## 2. Radiotelegraphische Systeme.

Die Unterschiede zwischen den radiotelegraphischen Systemen bestehen nur in Verschiedenheiten der Schaltungen und der Apparate, insbesondere der Funkeninduktoren, Stromunterbrecher des Primärkreises der Induktoren, Schwingungstransformatoren und Kondensatoren.

Die Ermittlung der Längen der ankommenden Wellen erfolgt mittels *Wellenmesser*, die auf dem Prinzip der Resonanz beruhen; sie lassen an einem Hitzdrahtthermometer die Wirkung