

Elektrische Schwebungen

bei nieder- und hochfrequentem Wechselstrom.

Von

Prof. Dr. Max Reithoffer.

Vortrag, gehalten den 8. März 1916.

(Mit Experimenten.)

Mit 5 Abbildungen im Texte.

Schwingungen kommen auf fast allen Gebieten von Naturerscheinungen vor. Die bekanntesten Schwingungen sind die der Mechanik, z. B. die Schwingungen eines Pendels oder einer mit Masse belasteten Blatt- oder Spiralfeder. Schwingungen geben einer Saite oder einer Stimmgabel erst Leben; durch Schwingungen der Luft wird unserm Ohr ihr Ton überbracht und die Schwingungen des Trommelfelles vermitteln uns das Hören dieses Tones. Durch Schwingungen des Äthers sendet uns die Sonne Licht und Wärme. Es liegt demnach für die Wissenschaft ausreichende Veranlassung vor, sich mit dem Studium von Schwingungen eingehend zu beschäftigen. Die Physik hat die verschiedenen Erscheinungen beschrieben, ihren Zusammenhang festgestellt und ihre Gesetze erforscht. Auch die Technik tritt ihnen vielfach gegenüber. Dort, wo sie solche braucht und nutzen will, gibt sie uns die Mittel, sie zu erzeugen, zu kräftigen, zu formen und zu regeln, dort, wo sie als unerwünschte Schädlinge auftreten, gilt es, sie zu verhindern oder wenigstens zu dämpfen und zu bändigen. Wie so oft, so findet man auch hier, daß gemeinsame Gesetze für die Schwingungserscheinungen auf den verschiedensten Gebieten

Geltung haben und durch dieselben Formeln ausgedrückt werden, die nur in die Sprache des betreffenden Erscheinungsgebietes übersetzt zu werden brauchen.

Wir wollen uns heute mit elektrischen Schwingungen beschäftigen.

Unter einer elektrischen Schwingung versteht man die periodische Wiederkehr von elektrischen Zuständen, also der Spannung, des Stromes oder der Ladung. Solche elektrische Schwingungen entstehen zum Beispiel in dem Stromkreise eines Mikrophons, auf das gesprochen wird. Die Erschütterungen der Mikrofonmembrane durch die Luftschwingungen der Sprache erzeugen im Mikrophon periodische Widerstandsänderungen, die weiterhin periodische Stromänderungen zur Folge haben. Diese Stromschwingungen werden durch Leitungen an die Empfangsstelle geführt und dort in magnetische Schwingungen umgesetzt, wodurch die Stahlmembrane des Telephons in die entsprechenden mechanischen Schwingungen gerät. Elektrische Schwingungen sind auch die Wechselströme der Wechselstrommaschinen (Generatoren). Durch die Rotation eines Magnetrades mit abwechselnden Nord- und Südpolen werden auf die Drähte eines feststehenden, bewickelten Eisenkörpers, des Ankers, abwechselnd positive und negative Induktionsstöße ausgeübt, so daß der denselben entsprechende elektrische Strom periodisch seine Richtung wechselt. Elektrische Schwingungen entstehen auch beim plötzlichen Ausgleich elektri-

scher Ladungen, bei der Entladung von Leidener Flaschen oder ähnlichen Apparaten, welche geeignet sind, Elektrizität in gespanntem Zustande aufzuspeichern, bei den sogenannten elektrischen Kondensatoren. Da bei solchen Entladungen meist ein Funke auftritt, insoferne als zumeist höhere Spannungen zur Verwendung kommen, so spricht man häufig dann auch von Schwingungserregung durch Funkenentladung, wie bei der drahtlosen Telegraphie oder der Funkentelegraphie, obwohl der Funke dabei nicht das Wesentliche, vielmehr eine unangenehme Beigabe ist.

Bei allen Schwingungen hat man als wichtigste Bestimmungsgrößen Periodenzahl und Amplitude in Betracht zu ziehen. Die Periodenzahl gibt an, wie oft in einer Sekunde sich der periodische Verlauf der Erscheinung wiederholt, und die Amplitude gibt die Stärke der Schwingung an, sie nennt den Höchstwert im Schwingungsverlaufe. Die Periodenzahlen der elektrischen Schwingungen bewegen sich zwischen 0·5 bis mehrere Hunderttausend in der Sekunde. In den sich drehenden Ankern der Wechselstrom-Induktionsmotoren treten elektrische Schwingungen auf, deren sekundliche Periodenzahl zwischen 0·5 und 3 beträgt; die Periodenzahlen der Wechselströme unserer elektrischen Zentralen weichen wenig von 50 ab, die Telephonströme besitzen Periodenzahlen von 400 bis einige Tausende und die elektrischen Schwingungen der drahtlosen Telegraphie haben eine Periodenzahl von 50.000 bis eine Million.

Auf allen Schwingungsgebieten kann, gewollt oder ungewollt, der Fall eintreten, daß ein Element gleichzeitig von zwei Schwingungen getroffen und dadurch gezwungen wird, beiden Schwingungsimpulsen zu folgen. Die dabei auftretenden Erscheinungen werden nur dann besonders ausgeprägt, wenn die beiden Schwingungen von gleicher Größe oder doch wenigstens von der gleichen Größenordnung sind. Denn wenn zu einer Schwingung eine vielmal kleinere Schwingung hinzustößt, so wird sie das Bild der ersten Schwingung nicht wesentlich beeinträchtigen. Wir wollen daher für die folgenden Betrachtungen, die sich mit dem Zusammentreffen zweier Schwingungen befassen werden, solche von gleicher Größenordnung voraussetzen. Sind die beiden Schwingungen auch von gleicher Periodenzahl, so ist das Ergebnis ein verhältnismäßig einfaches. Die resultierende Schwingung wird wieder eine regelmäßige Schwingung derselben Periodenzahl sein, stärker oder schwächer als die Einzelschwingungen, je nachdem diese sich in ihren Impulsen unterstützen oder bekämpfen. Am stärksten wird die resultierende Schwingung sein, wenn die beiden zusammentreffenden Schwingungen ganz gleichphasig schwingen, d. h. zur selben Zeit ihr positives und zur selben Zeit ihr negatives Maximum besitzen. Dagegen werden sie sich — gleich starke Einzelschwingungen vorausgesetzt — gegenseitig auslöschen, wenn sie gerade in entgegengesetzter Phase schwingen, d. h. die erste ihr positives Maximum dann hat, wenn sich die zweite im negativen Maximum be-

findet und umgekehrt. In allen Zwischenfällen wird die Amplitude der zusammengesetzten Schwingung zwischen Summe und Differenz der Einzelamplituden liegen.

Haben die beiden Schwingungen jedoch verschiedene Periodenzahlen, dann stellt das Ergebnis keine einfache Schwingung mehr vor. Besonders lehrreich und wertvoll wird die Zusammensetzung, wenn die beiden Periodenzahlen zwar verschieden sind, aber der Unter-

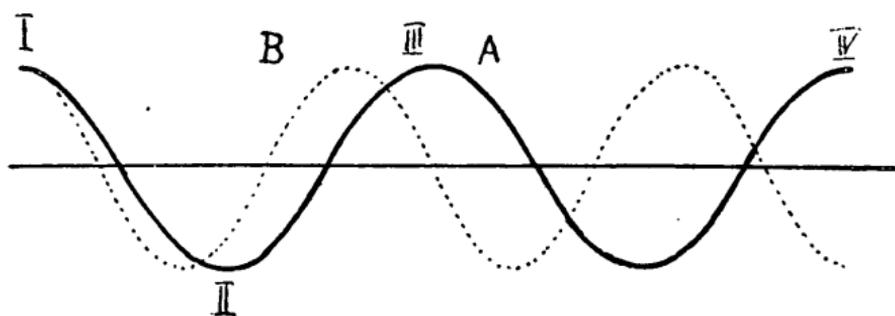


Fig. 1.

schied nur wenige Prozente beträgt. Um zur Erkenntnis dieses Falles zu gelangen, wollen wir schrittweise vorgehen.

Nehmen wir an, in einem gewissen Augenblicke würden die beiden Schwingungen A und B (Fig. 1) gerade mit ihren positiven Höchstwerten zusammenreffen, dann summieren sie sich zur doppelten Amplitude (I). Nach einer halben Periode (II) sind sie beide negativ, unterstützen sich also wieder, aber die beiden Maxima treten nicht gleichzeitig auf, der Summen-

wert wird etwas kleiner sein als in der zuerst betrachteten Halbperiode. In der nächsten halben Periode (III) sind die Maxima noch mehr auseinandergerückt, die resultierende Schwingung wird noch mehr verkleinert erscheinen. Und so rücken die beiden Schwingungen wegen der Verschiedenheit ihrer Schwingungsfrequenz mehr und mehr auseinander und fangen an, statt sich zu unterstützen, sich entgegenzuarbeiten,

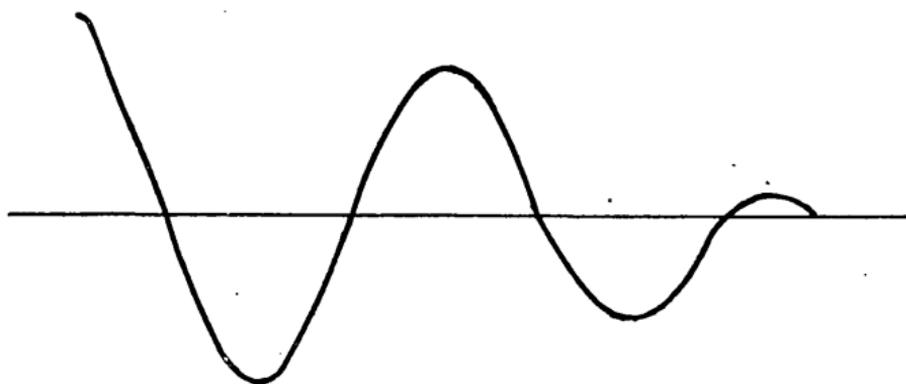


Fig. 2.

bis endlich der Moment kommt, wo die beiden Maxima einander ganz oder fast ganz aufheben (IV). Die Fig. 2 zeigt den bisherigen Verlauf der kombinierten Schwingung. Aber auch dieser Zustand bleibt nicht bestehen, sondern wegen der Taktverschiedenheit können die beiden Schwingungen sich einander wieder allmählich nähern, bis sie wieder dahin gelangt sind, sich gegenseitig zu unterstützen. Das Ergebnis wird also eine Schwingung sein, welche eine mittlere Periodenzahl besitzt und außerdem die Eigentümlichkeit aufweist,

daß ihre Amplitude sich in langsamem Wechsel zwischen großen und kleinen Werten ändert. Eine solche Erscheinung nennt man Schwebungen (Fig. 3).

Eine einfache Überlegung lehrt, daß zwei Schwingungen, die bei ihrem Zusammenwirken in der Sekunde z. B. 5 Schwebungen hervorrufen, in ihren Periodenzahlen gerade um 5 verschieden sein müssen, weil die eine Schwingung die andere fünfmal überholen muß, damit ebenso oft ein Zu- und Abnehmen der resultierenden Amplitude eintritt. In der Akustik sind solche

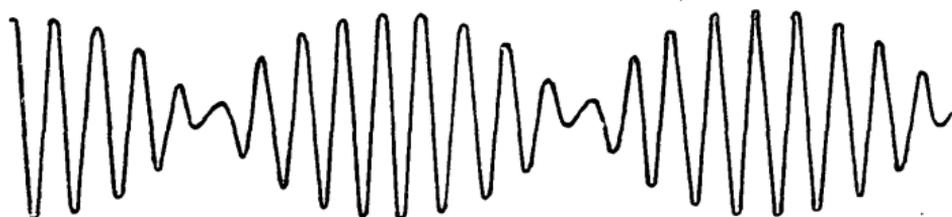


Fig. 3.

Schwebungen allgemein bekannt. Sie treten z. B. auf, wenn die drei Saiten, die zu einem Tone eines Klaviers in den oberen Lagen gehören, nicht ganz gleich gestimmt sind. Die Schwebungserscheinung wird in der Akustik auch dazu benutzt, um eine Stimmgabel nach einer Normalstimmgabel zu eichen. Aus der Zahl der gezählten Schwebungen, die hörbar werden, wenn beide Stimmgabeln gleichzeitig tönen, wird nun die Größe der Abweichung ihrer Schwingungszahlen erkannt. Wenn sich z. B. beim Vergleich mit einem Normal- a von 435 ganzen Schwingungen zwei

Schwebungen in der Sekunde ergeben, so besitzt die zu eichende Stimmgabel 433 oder 437 Schwingungen. Einen solchen akustischen Versuch will ich jetzt vorführen, wobei ich jedoch nicht zwei Stimmgabeln, sondern zwei tönende Röhren benütze. Ich habe zwei Glasröhren nebeneinander aufgestellt, von denen die eine 1 m, die andere nur 90 cm lang ist, aber durch ein darüber geschobenes angepaßtes Metallrohr auf 110 cm verlängert werden kann. Da die Tonhöhe einer solchen Röhre, wenn sie zum Tönen gebracht wird, von der Länge der darin schwingenden Luftsäule abhängt, so kann ich die eine der beiden Röhren durch Verschiebung des Metallrohres höher oder tiefer stimmen als die zweite Röhre oder auch mit ihr gleich machen. Zum Tönen werden die beiden Luftsäulen durch hineingesteckte Gasflammen gebracht. Das Auftreten von Schwebungen bei Verstimmung ist ganz deutlich zu hören; die Schwebungen folgen einander langsam, wenn die beiden Töne wenig voneinander verschieden sind, und schnell, so daß ein Triller zustande kommt, wenn die Verstimmung größer ist.

Nun kommt auch in der Elektrotechnik der Fall vor, daß zwei elektrische Schwingungen in bezug auf ihre Abstimmung miteinander verglichen werden sollen. Im Betriebe der Wechselstromzentralen ist es eine häufige Aufgabe, an das Netz, auf das schon Wechselstrommaschinen arbeiten, noch eine Wechselstrommaschine hinzuschalten. Dies tritt z. B. jeden Abend ein, wenn mit Zunahme des Lichtverbrauches die Belastung der

Zentrale wächst. Wenn die Maschinen, die die Stromlieferung besorgen, schon nahe an der Grenze ihrer Leistungsfähigkeit angelangt sind, muß eine neue Maschine zur Mitwirkung herangezogen werden. Man nennt dies Parallelschalten. Selbstverständlich ist dazu in erster Linie notwendig, daß die zuzuschaltende Maschine in ihrer Spannung den bereits arbeitenden Maschinen gleich sei, sonst würden die Maschinen ineinander arbeiten; die Maschine mit der höheren Spannung würde Strom in die Maschine mit der schwächeren Spannung geben. Das Einregulieren auf gleiche Spannung läßt sich mit den vorhandenen Meßinstrumenten und Apparaten leicht durchführen. Jetzt gilt es aber auch, die neue Maschine auf eine solche Tourenzahl zu bringen, daß die Periodenzahl ihres Wechselstromes mit der bereits vorhandenen genau übereinstimmt. Zu diesem Zwecke benützt man wieder die Beobachtung der Schwebungen. Man schickt beide Wechselströme gleichzeitig in einen Apparat, der auf Wechselströme eine Wirkung zeigt. Ein solcher Apparat ist z. B. das Telephon. Oder man kann auch statt dieses einen Elektromagneten nehmen, auf dessen Pol man eine Eisenmembrane legt. Wir machen den Versuch in dieser Art. Es stehen mir zwei Wechselströme zur Verfügung. Der eine ist der von der Stadt aus ihrer Zentrale gelieferte; den kann ich naturgemäß in seiner Periodenzahl nicht beeinflussen. Den ändern Wechselstrom erzeuge ich mir selbst aus einer kleinen Maschine, die hier auf dem Tische steht. Durch Regeln

der Tourenzahl kann ich die Periodenzahl dieser Maschine ändern. Lasse ich den städtischen Strom allein auf den Elektromagneten einwirken, so schwingt die Membrane und wir hören einen durch das Schlagen von Metall auf Metall etwas rasselnden Ton. Schicke ich den Strom der Maschine durch die Windungen des Elektromagneten, so hören wir einen anderen Ton, dessen Höhenlage ich durch Änderung der Tourenzahl beeinflussen kann. Schalte ich beide Ströme gleichzeitig auf den Elektromagneten, so wird deutlich ein Anschwellen und Abnehmen des Tones vernehmbar und durch Regulieren der Tourenzahl kann ich es dahin bringen, daß die Schwebungen ganz langsam auftreten und endlich verschwinden. In den Wechselstromzentralen verwendet man jedoch meist ein optisches Mittel zur Aufsuchung des Gleichganges der beiden Schwingungen, des sogenannten Synchronismus. Zu diesem Zwecke schickt man die beiden Wechselströme durch eine Glühlampe. Wirken sie beide summierend ein, so leuchtet die Lampe hell auf, wirken sie entgegengesetzt, so bleibt die Lampe dunkel. Die Schwebungen kennzeichnen sich dadurch, daß die Lampe, wie Sie eben jetzt sehen, bald hell beleuchtet, bald dunkel wird. Dieses langsame Aufleuchten der Lampe zeigt dem Maschinenwärter an, daß seine Maschine in der Nähe des Synchronismus läuft, und er kann sich jetzt den geeigneten Moment aussuchen, um seine Maschine zuzuschalten. Da die Drehstrommaschinen nichts anderes sind als Wechselstrommaschinen, die gleichzeitig drei

Wechselströme von gleichen Periodenzahlen erzeugen, aber mit verschobenen Zeitpunkten der Nullwerte und Maxima, so kann dieses Schwebungsverfahren auch für das Parallelschalten der Drehstromgeneratoren Verwendung finden. Tatsächlich wird diese Methode in den Zentralen fast ausschließlich angewendet; die Schaltbrettwärter gehen dabei ganz mechanisch vor.

Auch in der Hochfrequenztechnik gibt es einen Fall, wo die Schwebungen zu Beobachtungszwecken herangezogen werden. Eine besondere Methode von drahtloser Telegraphie beruht auf der Anwendung von ungedämpften Schwingungen, über die ich in diesem Vereine schon gesprochen habe. Eine gedämpfte Schwingung entsteht in der Akustik, wenn eine Saite angezupft wird. Die Saite schwingt, kommt aber bald zur Ruhe. Eine ungedämpfte Schwingung dagegen entsteht, wenn man die Klappe einer Orgelpfeife öffnet. So lange sie mit der Windlade, in der sich Druckluft befindet, verbunden bleibt, wird die Pfeife mit gleichmäßigem Ton ertönen, werden die Schwingungen in ihrer Stärke aufrecht bleiben. Dem Anzupfen einer Saite entspricht auf dem elektrischen Schwingungsgebiete die Entladung einer geladenen Leidener Flasche, wie sie in der Funkentelegraphie zur Anwendung kommt. Die ungedämpften elektrischen Schwingungen sind nichts anderes als Wechselströme hoher Frequenz, die entweder mittels einer besonderen Wechselstrommaschine erzeugt werden, wie es Alexanderson, Goldschmidt oder die Gesellschaft für draht-

lose Telegraphie in Berlin macht, oder mittels der Methode von Poulsen. Da die aufgezählten Maschinen außerordentlich teuer sind und auch erst nur vereinzelt gebaut worden sind, so werde ich ungedämpfte Schwingungen nach der Poulsen-Methode erzeugen. Ich will mit einigen Worten an diese Methode erinnern. Poulsen nimmt einen Gleichstrom-Lichtbogen und schaltet an seine beiden Pole, also parallel zum Lichtbogen, einen elektrischen Schwingungskreis, be-

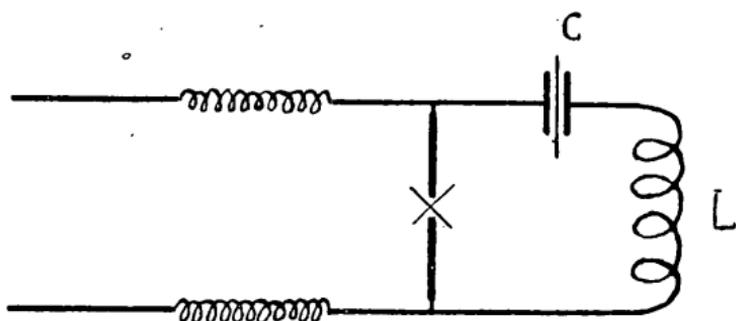


Fig. 4.

stehend aus einem Condensator C (Leidener Flasche oder Glasplatten beiderseits mit Metall belegt) und einer Spule L (Fig. 4). In diesem Kreise entstehen beim Einschalten des Lichtbogens elektrische Schwingungen, welche auf die elektrischen Größen (Spannung) des Lichtbogens so rückwirken, daß die Schwingungen unterstützt und aufrecht erhalten werden, gradeso wie durch die Spannungsänderungen der Luft an der Zunge einer Orgelpfeife die Schwingungen der Luftsäule im Pfeifenfuß aufrecht erhalten werden. Wie hier aus einem

Gleichströmen von Luft Schwingungen der Luftsäule erhalten werden, so liefert die Poulsensche Methode aus dem Gleichstrom des Lichtbogens einen elektrischen Wechselstrom oder ungedämpfte Schwingungen. Für verhältnismäßig langsame Schwingungen (bis 20.000) hat man dies schon lange früher gekannt; Poulsen hat nur die ganze Methode ausgebildet und für beliebig rasche Schwingungen und für technischen Betrieb und große Leistungsabgabe geeignet gemacht. Einen solchen Lichtbogen-Generator¹⁾ für ungefähr 5 KW Lichtbogenleistung will ich hier vorführen. Wir sehen (Fig. 5) einen mächtigen Elektromagneten, mit Spulen versehen, dessen Pole oben, in einer fest verschraubten Metallkammer enden. In diese Kammer ragen von vorne und rückwärts zwei Elektroden (eine aus Kupfer, eine aus Kohle), zwischen denen der Lichtbogen brennt. Zur Zündung des Lichtbogens dient der Knopf rechts oben. Durch Druck auf denselben bringt man die beiden Elektroden zur Berührung, beim Loslassen wird die vordere Elektrode durch eine Feder ein wenig zurückgedrückt, wodurch der Lichtbogen gebildet wird. Durch die Einwirkung der Kraftlinien der beiden Magnetpole wird die Flamme des Lichtbogens abgeblasen, d. h. es wird ein langer, weitausgebauchter Lichtbogen bei geringer Elektrodendistanz erhalten. Dadurch wird in dem Lichtbogen viel Energie

¹⁾ Erzeugnis der Telephonfabriks-A.-G. vormalis Berliner in Wien, welche die Poulsen-Patente in Österreich besitzt.

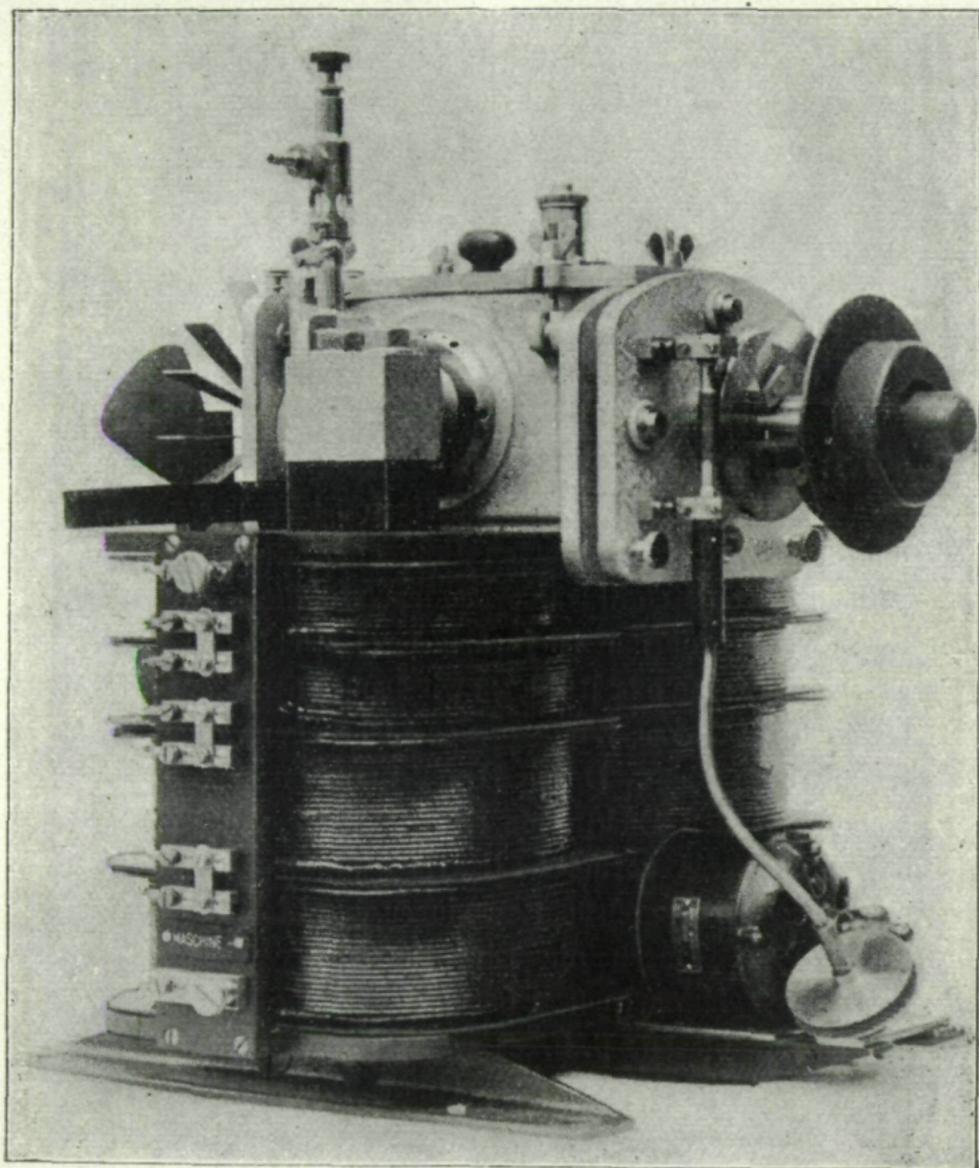


Fig. 5.

bei großer Stabilität stecken. Würde man einen Lichtbogen hoher Spannung, also auch großer Leistung, ohne Magnetfeld bilden wollen, so müßten die Elektroden großen Abstand erhalten, was ein leichtes Abreißen des Lichtbogens und große Labilität zur Folge hätte. Zur Kühlung des Lichtbogens wird Leuchtgas, Wasserstoff oder Alkohol verwendet, der durch den Rohransatz oben links zugeführt wird. Außerdem sieht man noch in dem Bilde rechts unten einen kleinen Motor, durch den ein kleiner Ventilator (links rückwärts) zur Kühlung der Magnetwicklungen betätigt wird, und der gleichzeitig durch mehrfache Übertragung die Kohlenelektrode zwecks gleichmäßigen Abbrandes in langsame Rotation versetzt (mittels der biegsamen Welle rechts vorne). Ich setze den Generator in Betrieb, wobei die Stromaufnahme ungefähr 10 A bei 440 Volt beträgt, und kann jetzt die erhaltenen Schwingungen zu verschiedenen Versuchen benützen, wobei mir ziemlich viel Leistung zur Verfügung steht. Die Sprühercheinungen an Strahlspulen werden weitaus glänzender und prächtiger, wenn man sie mit solchen ungedämpften Schwingungen erregt, als mit den ungedämpften Schwingungen der Funkenentladungen. (Versuche.)

In einer Radiostation, die mit solchen ungedämpften Schwingungen arbeitet, werden die hochfrequenten Wechselströme in die Antenne geschickt. Durch sie werden elektrische Wellen im Äther erregt, welche sich nach allen Seiten ausbreiten und zur Antenne der

Empfangsstation gelangen. In dieser werden dadurch Wechselströme induziert, welche in das Arbeitszimmer der Station geleitet werden. Diese Ströme sind natürlich außerordentlich schwach. Wie soll man sie wahrnehmen?

Im Telephon, das ja sonst das feinste Stromanzeigeelement ist, können wir so hohe Schwingungen, da sie über der physiologischen Hörbarkeitsgrenze liegen, nicht hören. Um dies doch zu ermöglichen, benützt man den Kunstgriff, daß man durch einen Kontaktapparat, den Tikker, das Telephon in raschem Wechsel an- und abschaltet und so eine geringere Anzahl von Impulsen pro Sekunde aus dem Empfangskreis in das Telephon herausholt. Dann hört man im Telephon ein Geräusch, das kurz oder lang dauert, je nachdem die Sendestation Punkt oder Strich nach dem Mörseschen Telegraphen-Alphabet gibt. Es ist aber auch in neuester Zeit eine Methode ausgearbeitet worden, die sogenannte Interferenzmethode, welche auf Schwebungen beruht. Zu diesem Behufe erzeugt die Station, welche ein Telegramm mit ungedämpften Schwingungen aufnehmen will, selbst solche Schwingungen von etwas verschiedener Periodenzahl mit einem kleinen Poulsen-Generator. Wenn z. B. die erwarteten Schwingungen die Periodenzahl 200.000 pro Sekunde haben, so macht sie sich Schwingungen von 201.000. Am besten ist es übrigens, so wie ich es hier auch machen werde, wenn sich die Empfangsstation durch einen Regulierapparat die Möglichkeit schafft, die

Periodenzahl der Ortsschwingungen zwischen 150.000 und 250.000 zu verändern. Wenn nun die ankommenden und die Ortsschwingungen zusammentreffen, so entstehen Schwebungen, also Schwingungen von einer mittleren Periodenzahl mit pulsierender Amplitude. Noch immer könnten wir wegen der hohen Periodenzahl nichts im Telephon hören. Wenn wir aber diese hochfrequenten Wechselströme gleichrichten, so erhalten wir einen gezackten Gleichstrom mit langsam im Schwebungstakt wachsender und abnehmender Amplitude. Den kleinen Zacken kann die Telephonmembrane nicht folgen, so macht die Membrane Schwingungen mit der Schwebungsperiodenzahl, also z. B. mit 1000. Es wird ein pffirtiger Ton gehört oder vielmehr, weil die Ortsperiodenzahl nicht ganz konstant bleibt und eine Änderung um 0.1% , z. B. von 201.000 auf 201,200 schon eine Änderung der Schwebungsfrequenz um 20% von 1000 auf 1200 bewirkt, ein etwas auf- und absteigendes Pfeifen, ähnlich einem Vogelgezwitscher. Ich zeige den Versuch, wobei ich freilich die primären Schwingungen nicht aus der Ferne empfangen, sondern wegen der Kriegszeiten gezwungen bin, sie gleichfalls hier im Saale zu erzeugen. Ich nehme von zwei Poulsen-Generatoren die Schwingungen, lasse sie zusammenwirken, reguliere und Sie hören das Schwebungsgezwitscher. Aus Punkt und Strich eines solchen Gezwitschers setzt sich dann das aufzunehmende Telegramm zusammen.

In diesem furchtbaren Kriege haben die Engländer auch versucht, Deutschland und seine Verbündeten vom überseeischen Nachrichtendienste auszuschalten, dadurch, daß sie die nicht in ihrem Besitze befindlichen Überseekabeln entweder unter ihre Zensur stellten oder einfach zerstörten. Den Äther allerdings mußten sie freigeben und mittels dieses stehen zwei deutsche Radio-Großstationen, eine in Nauen bei Berlin, die andere in Eilvesee bei Hannover, mit Amerika, wo zwei dazu gehörige Gegenstationen schon in Friedenszeiten errichtet worden waren, im Nachrichtenverkehr. So ist es möglich, die Wahrheit über den Ozean gelangen zu lassen und englische Lügenmeldungen an den Pranger zu stellen.

Geben wir uns der Hoffnung hin, daß die Ätherwellen bald die Nachricht von dem endgiltigen Sieg unserer gerechten Sache über den Ozean tragen und daß das Vogelgezwitscher, wie wir es eben gehört haben, die Wiederkehr des Friedens verkünde, damit Wissenschaft und Technik sich wieder der Fortsetzung ihrer erfolgreichen Kulturarbeit widmen können.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1916

Band/Volume: [56](#)

Autor(en)/Author(s): Reithoffer Max

Artikel/Article: [Elektrische Schwebungen bei nieder- und hochfrequentem Wechselstrom. 343-362](#)