©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Neuerungen
in der
drahtlosen Telegraphie.

Von

Prof. Dr. Max Reithoffer.

Vortrag, gehalten am 1. Dezember 1909.

(Mit Experimenten.)

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Ich hatte die Ehre, in diesem Vereine vor zwei Jahren einen Vortrag über die Grundlagen der drahtlosen Telegraphie zu halten. Damals erläuterte ich die Entstehung und das Wesen elektromagnetischer oder, wie man kurz zu sagen pflegt, elektrischer Wellen, beleuchtete an einer Reihe von Experimenten die höchst interessanten Eigenschaften derselben und führte aus, wie sich daraus als praktische Verwertung die drahtlose Telegraphie entwickelte. Nun, auch dieser Zweig der technischen Errungenschaften ist nicht stille gestanden, sondern hat sich fortwährend ausgestaltet, so daß heute einiges von dem, was damals als Bestes gepriesen wurde, als veraltet gilt, und anderes wieder, was damals unvorteilhaft erschien, in den Vordergrund gerückt ist und der Entwicklung dieser Wissenschaft neue Bahnen gewiesen hat. So mag es gerechtfertigt erscheinen, daß ich für meinen heutigen Vortrag wieder dieses Thema zum Gegenstande gewählt habe. Zum leichteren Verständnis und zur besseren Anknüpfung muß ich mich ein wenig wiederholen und auf den damaligen Vortrag zurückgreifen.

Anmerkung. Wegen der Schwierigkeit, die zahlreichen Experimente bildlich darzustellen, mußte darauf verzichtet werden.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Die elektrischen Wellen kommen dadurch zustande, daß aufgestapelte Elektrizität plötzlich zur Entladung kommt. Dies geschieht in der Regel mit Funkenbildung, daher man auch von Funkentelegraphie spricht. Zur Aufstapelung von besonders viel Elektrizität eignen sich vor allem die Apparate, die man elektrische Kondensatoren nennt und für die die allbekannte Leydener Flasche ein Beispiel ist. Werden solche Kondensatoren geladen und hierauf entladen, so entstehen elektrische Schwingungen, d. i. ein mehrfaches, allmählich schwächer werdendes Hin- und Herwogen der Elektrizität, welches auch den umgebenden Raum beeinflußt, ihn abwechselnd positiv und negativ erregt. Diese Erregung pflanzt sich, nicht hörbar, nicht sichtbar, aber doch nachweisbar mit Lichtgeschwindigkeit nach allen Seiten fort und wird elektrische Welle genannt. Für eine gute Ausbreitung der elektrischen Wellen ist es besonders vorteilhaft, lange in die Höhe geführte Drähte mit der Funkenentladung in Verbindung zu bringen, so daß sie elektrisch mitschwingen. Man sagt, diese Drähte, Sendedrähte oder Antennen genannt, „strahlen“ in den Raum besonders gut. Auch an der Empfangsstelle finden solche Antennen Verwendung; sie leiten dort die ankommenden elektrischen Erregungen in die Station zu den wellenempfindlichen Apparaten. Zur Überbrückung großer Entfernungen werden für die Zwecke der drahtlosen Telegraphie oft mächtige eiserne Türme von 60 bis 100 *m* Höhe gebaut, von deren Spitze ein Netz solcher Strahldrähte gespannt ist.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Jeder Funke sendet also einen solchen abklingenden Wellenzug hinaus, welcher eine Reihe von elektrischen Stößen auf die Empfangsantennen ausübt. Man nennt dies gedämpfte Wellen. Nun spielt sich dies alles aber in ganz außerordentlich kurzen Zeiten ab; ein Hin- und Herwogen der Elektrizität während der Funkenentladung in $\frac{1}{400000}$ bis $\frac{1}{200000}$ Sekunde, so daß, wenn selbst 40 Schwingungen bis zur vollständigen Abdämpfung stattfinden, das ganze Phaenomen in $\frac{1}{10000}$ bis $\frac{1}{5000}$ Sekunde vorüber ist. Daher muß eine neuerliche Funkenentladung eingeleitet werden. Wie viel Funken soll man nun in der Sekunde übergehen lassen? Bis in die jüngste Zeit hat man daran festgehalten, nicht mehr als 20 in der Sekunde zu verwenden. Es hängt dies mit der Art des damaligen Empfanges zusammen. Damals arbeitete man mit dem Kohärer als wellenempfindlichem Apparat (Detektor) in Verbindung mit dem aus der Drahttelegraphie bekannten Morse-Schreibapparat. Der Kohärer ist nichts anderes als ein schlechter Kontakt, der durch die Wellen zu einem gut leitenden wird, und der Schreibapparat besteht aus einer Einrichtung, bei welcher ein Farbstift auf einen durchlaufenden Papierstreifen jedesmal eine Marke macht, so oft der Kohärer gut leitet. Das internationale Telegraphenalphabet setzt sich aber aus Punkten und Strichen zusammen. Um einen Punkt zu machen, bedarf es überhaupt nur eines Funkens. Der Strich hingegen kommt dadurch zustande, daß der Telegraphist in der Sendestation eine längere Reihe von Funken erzeugt. Diese müssen nun einander so schnell

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

folgen, daß der Schreibapparat an der Empfangsstation wegen der Trägheit seiner Bewegung nicht so rasch mitfolgen kann und statt einer Reihe von schnellen Punkten einen kontinuierlichen Strich zeichnet. Dazu genügen nun 20 Funken in der Sekunde. Ein Mehr wäre schlecht. Erstens würde zu viel Energie vergeudet werden, zweitens würden auch die Funkenelektroden, jene Kugeln oder Plättchen, zwischen denen der Funke überspringt, zu heiß werden und dadurch die Schwingung und Wellenerzeugung verschlechtern. Nun ist diese Empfangsart, so wertvoll sie für die Einführung und Verbreitung der drahtlosen Telegraphie auch war, heute ganz verlassen und durch eine andere viel empfindlichere und verläßlichere ersetzt. Der empfindlichste Stromanzeiger der Elektrotechnik ist das Telephon. Durch die feinsten Wechselströme oder unterbrochenen Gleichströme wird die Stahlmembrane des Telephons abwechselnd angezogen und losgelassen, was sich im Ohre des Beobachters als Geräusch oder Ton fühlbar macht. Natürlich, den raschen Schwingungen der drahtlosen Telegraphie vermag die Telephonmembrane nicht zu folgen; es wäre dies übrigens auch kein wahrnehmbarer Ton, da die Grenze der Hörbarkeit bei 20.000 Schwingungen in der Sekunde liegt. Dieser Schwierigkeit kam nun ein neuer wellenempfindlicher Apparat, ein neuer Detektor zu Hilfe. Es ist dies eine Art Gleichrichter für elektrische Wechselströme. Er besteht aus zwei verschiedenen sich berührenden guten Leitern, von denen einer als feine Spitze, der andere als kleines Plättchen geformt ist. Zarte Ströme, die durch

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

eine solche Vorrichtung geschickt werden, gehen nach der einen Richtung sehr leicht durch, während sie nach der anderen Richtung großen Widerstand finden. Schaltet man neben eine solche Vorrichtung ein Telephon und leitet durch diese Kombination einen Wellenzug, so werden die Impulse der einen Richtung durch den Detektor leicht hindurchfließen, während die der anderen Richtung lieber den Nebenweg durch das Telephon wählen werden. Das Telephon bekommt also nur Strom einer Richtung und zieht seine Membrane an. Ist der Wellenzug vorbei, so läßt es wieder seine Membrane los, um sie gleich wieder beim nächsten Zug anzuziehen. Wir sehen, die Häufigkeit der Membranbewegungen wird jetzt durch die Zahl der einzelnen Wellenzüge, das heißt durch die Zahl der Funken in der Sendestation bestimmt. Wenige sekundliche Funken werden einen tiefen Ton, viele solche einen hohen hervorrufen. Da nun unser Ohr für hohe Töne empfindlicher ist als für tiefe, ist man auf eine große Zahl von Funken übergegangen. Man erzeugt sie am besten mit strenger Regelmäßigkeit, um zugleich einen musikalisch reinen Ton zu erhalten, der sich wieder leicht von atmosphärischen Einwirkungen und unregelmäßigen Störungen unterscheiden läßt. Für eine solche Erzeugung rascher Funken hat man eigene Maschinen gebaut, Wechselstrommaschinen hoher Periodenzahl und zwar 500—1000 Perioden pro Stunde, und die Funkenlänge so gewählt, daß gerade erst das Maximum der Wechselspannung einen Funken auszulösen vermag. Dies geschieht pro Periode zweimal, was eine Funkenzahl

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

von 1000—2000 in der Sekunde ergibt. Der Telegraphist an der Empfangsstelle hält das Telephon ans Ohr und hört flötengleiche Töne, kurze und langgezogene, gleich den Punkten und Strichen des Morse-Alphabetes, und schreibt gleichzeitig die den Zeichen entsprechenden Buchstaben nieder. Dies ist weder eine ungewöhnliche noch besonders schwierige Aufgabe, sie erfordert nur etwas Übung, und dieses „mit dem Ohre lesen“ oder „Gehörlesen“ findet sogar auch ausgedehnte Anwendung in der Drahttelegraphie, z. B. beim Klopferempfang. Freilich fehlt dann die schriftliche Bestätigung des Telegramminhaltes, was aber leicht entbehrlich ist, oder durch Rücktelegraphieren mit Aufschreibung der abgesendeten Telegrammwiederholung ersetzt werden kann.

Die wesentliche Neuerung in der Methode der Wellenerzeugung liegt darin, daß man früher wenige sekundliche, aber ziemlich lange Funken erzeugte, während man jetzt mit sehr vielen, kurzen Funken arbeitet. Neben anderen Firmen hat auch die Gesellschaft für drahtlose Telegraphie in Berlin, eine der führenden Unternehmungen für drahtlose Telegraphie, dieses System angenommen und ausgearbeitet. Hand in Hand mit dieser prinzipiellen Änderung in der Funkengebung gehen Unterschiede in verschiedenen technischen Details, auf die hier natürlich nicht eingegangen werden kann. Nur ein Moment möge hervorgehoben werden.

Es wurde früher hervorgehoben, daß die Antenne dadurch in elektrisches Schwingen versetzt wird, daß sie an den Entladekreis eines Kondensators angeschlossen

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

wird. Es ist diese indirekte Methode die weitaus gebräuchlichste und kann verglichen werden mit dem mechanischen Falle, daß ein Pendel anstatt direkt durch einen Stoß, durch Einwirkungen eines schwingenden zweiten Pendels in Bewegung kommt. Denken wir uns zwei im übrigen frei schwingende Pendel, etwa zwei an Fäden hängende Metallkugeln, miteinander so in Beziehung gebracht, daß die Schwingung des einen kleine Stöße auf das andere ausübt. Dies können wir so erreichen, daß wir einen dünnen Gummifaden zwischen beide Aufhängefäden der Pendel spannen, oder daß wir die Schnüre beider Pendel an einem gemeinsamen, horizontalen Holzstäbchen befestigen, das selbst so aufgehängt ist, daß es kleine Schwingungen vollführen kann. Wenn wir nun eines der Pendel in Bewegung setzen, so werden dadurch kleine Stöße auf das zweite Pendel ausgeübt und dieses allmählich zum Schwingen gebracht. Dies gelingt aber nur dann besonders gut, wenn beide Pendel gleiche Schwingungsdauer besitzen. Das Einhalten dieser Bedingung wird Abstimmung genannt und der Wert derselben wurde auch bei elektrischen Schwingungen bald erkannt und gelangt in der drahtlosen Telegraphie in ausgebreitetem Maße zur Anwendung. Wir nehmen also die beiden Pendel abgestimmt an. Da zeigt sich nun aber eine neue Erscheinung, die selbst bei diesem einfachen Versuche als interessant bezeichnet werden muß. Das erste Pendel, das in Schwingung versetzt wird, bringt allmählich das zweite zum Mitschwingen. Dessen Schwingungen werden immer größer und größer und gleichzeitig

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

beobachten wir, daß das erste Pendel in seiner Bewegung mehr und mehr abnimmt. Endlich steht es sogar ganz still, während das zweite Pendel kräftig schwingt, nahezu so kräftig, wie zu Beginn das erste. Die ganze Bewegung ist auf das zweite Pendel übergegangen, oder wie wir es physikalisch ausdrücken können, die ganze Energie ist auf das zweite Pendel gewandert. Verfolgen wir den Versuch weiter, so bemerken wir gar bald eine Rückbildung des ganzen Vorganges. Das zweite Pendel wird ruhiger und ruhiger, bis es zum Stillstand kommt, während das erste wieder zu seinem vollen Schwunge kommt. Und so wiederholt sich das Spiel fort und fort, es findet ein fortwährendes Hin- und Herwandern der Energie statt, bis schließlich durch die kleinen unvermeidlichen Verluste endlich alles zur Ruhe kommt. Würden wir aber das erste Pendel in dem Augenblicke, als es zum ersten Male zur Ruhe kommt, am Weiterschwingen verhindern, etwa dadurch, daß wir es abheben oder festhalten, oder dadurch, daß wir den Faden durchschneiden, so schwingt das zweite Pendel allein ungestört weiter, bis es endlich nach einem langen Zug von Schwingungen zur Ruhe kommt.

Bei den neuen kleinen, gut gekühlten Funkenstrecken tritt nun etwas ein, was dem Abschneiden der primären Pendelschnur gleichkommt. Wenn die ganze Energie aus dem Kondensator-Schwingungskreis in die Antenne übergegangen ist, kann sie nicht mehr zurückwandern, weil die Funkenstrecke nur schwer überbrückt werden kann. Die Folge davon ist, daß jetzt die ganze

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

elektrische Energie in der Antenne ausschwingt und daher viel mehr zur Ausstrahlung kommt, also länger gezogene Wellenzüge entstehen. Auch dieser Vorteil des neuen Systemes spielt nur eine Rolle bei dem neuen Detektor. Der frühere, der Kohärer, sprach entweder an oder versagte. Was an Energie nach dem Augenblick seines Ansprechens kam, blieb wirkungslos. Bei dem neuen Detektor, wohl fälschlich Thermodetektor genannt, tritt hingegen eine summierende Wirkung auf. Je länger der Wellenzug ist, um so mehr gleichgerichteter Wechselstrom geht durch das Telephon, desto stärker wird die Membrane angezogen, so daß auch hierin ein Vorteil des neuen Systemes liegt.

Endlich kann bei der neuen Methode, die wegen des empfangenen Tones die Methode des Tönefunkens genannt wird, eine neuerliche Abstimmung angewendet werden. Unsere gewöhnlichen Telephone sind so eingerichtet, daß sie so ziemlich alle Töne, hohe wie tiefe, gleich stark wiedergeben. Man kann aber ein Telephon so einrichten, daß es auf einen Ton bestimmter Höhe ganz besonders stark anspricht. Ein Versuch wird dies beweisen. Ich habe hier eine kleine Wechselstrommaschine, mit der ich Wechselstrom verschiedener Periodenzahl bis hinauf zu 1800 pro Sekunde erzeugen kann. In den Stromkreis derselben schalte ich zwei Telephone und treibe die Maschine an, erst langsam, dann immer schneller und schneller. Dadurch erzeuge ich erst langsame, dann immer schnellere Wechselzahl. Es ist nun ganz scharf zu hören, wie bei einer bestimmten

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Wechselzahl, also bei einer bestimmten Tonhöhe das eine Telephon laut aufschreit, während es bei anderen Tonhöhen fast verstummt; desgleichen das zweite Telephon bei einer anderen Tonhöhe. Sie sind also auf verschiedene Töne abgestimmt. Würde also von einer Station gleichzeitig mit verschiedenen Tönen (Funkenzahlen) telegraphiert werden, so würden trotzdem die beiden Telephone getrennt ihre Nachrichten empfangen.

Es bringt also die neue Methode eine Reihe von Vorteilen. Aber man darf sich zu keinem Mißverständnis verleiten lassen. Trotz der Anwendung des Telephons zum Empfangen ist dies keine drahtlose Telephonie. Es werden eben nur Töne und keine Sprache übertragen. Dies wäre auch mit allen den Funkensystemen nicht möglich. Denn durch sie werden immer nur einzelne Wellenzüge ausgesendet. Die Verbindung zwischen Gebe- und Empfangstation ist eine unterbrochene. Für die Übertragung der Sprache ist aber eine dauernde Brücke zwischen den beiden Stationen notwendig, sonst wird die Sprache zerrissen und überdies von dem Tone, der den Unterbrechungen entspricht, überdeckt.

Eine solche ständige Brücke durch den Äther hat zuerst der dänische Physiker Poulsen geschlagen. Sie ist nur durch die Aussendung kontinuierlicher Wellen möglich. Schon der Engländer Duddell hat gezeigt, wie man aus einem Gleichstrom-Lichtbogen elektrische Schwingungen ableiten kann. Er legte einfach parallel zu demselben einen elektrischen Schwingungskreis, bestehend aus einigen Windungen Drahtes und einem elektrischen

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Kondensator. Diese Erscheinung ist bekannt als „singender Lichtbogen". Die Schwingungen bringen nämlich den Lichtbogen zu pfeifenden Tönen. Aber erst Poulsen gelang es, diese Schwingungen so rasch zu machen, wie sie für die drahtlose Telegraphie und Telephonie erforderlich sind, 100.000—400.000 in jeder Sekunde, dadurch, daß er den Lichtbogen durch Wasserstoff oder Wasserstoff enthaltende Gase kühlte. Diese Schwingungen erhalten sich unter gewissen Bedingungen gleichmäßig in ihrer Stärke. Man nennt sie daher richtig im Gegensatze zu den früher betrachteten ungedämpfte Schwingungen. Wird wieder eine Antenne damit erregt, so entstehen kontinuierliche, ungedämpfte Wellen. Diese können nun nicht nur zur drahtlosen Telegraphie verwendet werden, sondern auch zur drahtlosen Telephonie.

Das Hilfsmittel dazu ist wie in der Drahttelephonie das Mikrophon. Bei der Telephonie mit Draht werden durch das Mikrophon Intensitätsänderungen eines Stromes erzeugt, die dann übertragen werden und in derselben Weise die Telephonmembrane auf der Empfangsseite bewegen. Bei der drahtlosen Telephonie wird durch das angesprochene Mikrophon die Stärke der ausgesendeten kontinuierlichen Wellen beeinflußt. An der Empfangsstelle werden die ungedämpften Wellen durch den Thermodetektor gleichgerichtet und in ein Telephon geleitet. Den Schwingungen des Wellenzuges kann die Telephonmembrane nicht folgen, aber sie wird entsprechend der Stärke derselben angezogen. Wird nun durch

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

das Mikrophon, entsprechend den Lautschwingungen der Sprache, die Stärke der Wellen beeinflußt, so wird die Telephonmembrane an der Empfangsseite mehr oder weniger angezogen und macht also dieselben Schwingungen, so daß die Sprache übertragen wird. Die Poulsen-Gesellschaft hat von ihrer Station Lingby in Dänemark solche drahtlose Telephonie über größere Entfernungen versucht und heute bereits Erfolge über eine Entfernung von 350 *km* erzielt. Von den Beteiligten wird angegeben, daß die Reinheit der Übertragung eine viel bessere ist als in der Drahttelephonie, was sich theoretisch damit erklären läßt, daß die Fehler der Kabel und Leitungen und die damit verbundene Sprachverzerrung in Wegfall kommt. Natürlich haben sich auch andere Gesellschaften für drahtlose Telephonie mit dem gleichen Probleme beschäftigt und können auf eine Reihe schöner Erfolge verweisen. Die Gesellschaft für drahtlose Telegraphie in Berlin verwendet zur Erzeugung von ungedämpften Schwingungen Bogenlampen, bei denen an Stelle des Lichtbogens, wie bei Poulsen, die positive Elektrode gekühlt wird, die zu diesem Zwecke nicht eine Kohle ist, sondern ein hohler Kupferzylinder, der innen Wasser enthält.

Zur Erläuterung der besprochenen Erscheinungen mögen folgende Versuche dienen:

Ich schicke die zu untersuchenden elektrischen Schwingungen durch eine Spule und lasse sie auf eine zweite in der Nähe befindliche Spule einwirken. Diese gehört einem besonderen schwingungsfähigen Stromkreise

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

an, der zweckmäßig auf die betreffende Schwingung abgestimmt ist. Jetzt entstehen auch in diesem Stromkreise lebhafte elektrische Schwingungen, drahtlos übertragen. Bringen wir nun in geeigneter Weise ein kleines evakuiertes Glasröhrchen damit in Verbindung, eine Art Geißler-Rohr, am besten mit verdünntem Heliumgas gefüllt wegen der großen diesem eigentümlichen Helligkeit, so wird es durch die elektrischen Schwingungen zum Leuchten gebracht. Um nun zu untersuchen, ob die einwirkenden Schwingungen beständige oder unterbrochene sind, bewegt man das Heliumröhrchen rasch. Am zweckmäßigsten ist es, hiefür das Röhrchen radial auf einer schwarzen Scheibe zu befestigen und diese durch einen Elektromotor in rasche Umdrehungen zu versetzen. Tun wir dies, so sehen wir, daß bei Einwirkung der durch Funkenentladung erzeugten Wellen das Röhrchen nur in einzelnen Momenten leuchtet, in den Zwischenpausen aber völlig dunkel bleibt. Es werden also hier nur interrupte Schwingungen erzeugt, einzelne durch die Funken ausgelöste Schwingungszüge, die im allgemeinen ziemlich unregelmäßig einander folgen. Man kann es übrigens durch die Art der Funkengebung so einrichten, daß die Funkenentladungen einander zeitlich regelmäßig folgen. Machen wir dasselbe Experiment am Poulsen-Lichtbogen, dem Generator für ungedämpfte elektrische Schwingungen, so erzeugt unser Heliumröhrchen einen kontinuierlichen, leuchtenden Kreisring, ein Beweis, daß die Schwingungserregung zu keiner Zeit unterbrochen ist. Wenn wir nun diese Schwingungserregung mit dem ange-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

sprochenen Mikrophon beeinflussen, so treten der Sprache entsprechende rhythmische Veränderungen der Schwingungen auf und wir sehen in das leuchtende Band schwarze Striche hineingezeichnet, immer andere, je nach der Art und Tonhöhe des in das Mikrophon hineingesprochenen oder gesungenen Lautes, eine Art leuchtendes Bild der Sprache.

Überall, wo die Wissenschaft auf neuen Wegen den Naturgesetzen nachgeht, offenbart sich eine Reihe von neuen Wundern. So eröffnet uns auch der Ausbau der Hertzschen Wellen eine neue Wunderwelt. Die technische Wissenschaft macht alle diese Wunder der modernen Kultur nutzbar und dienstbar. Allen technischen Disziplinen voran aber schreitet, die Fackel des Fortschrittes hochhaltend, die Elektrotechnik.

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: 1910

Band/Volume: 50

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

Artikel/Article: Neuerungen in der drahtlosen Telegraphie. 181-196