

Geschichte und Zukunft der drahtlosen Telegraphie

Autor(en): **Runge, W.T.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Pionier : Zeitschrift für die Übermittlungstruppen**

Band (Jahr): **33 (1960)**

Heft 7

PDF erstellt am: **26.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-562814>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Geschichte und Zukunft der drahtlosen Telegraphie

Professor Dr. W. T. Runge, Leiter des Ulmer Forschungsinstitutes der Telefunken GmbH, sprach im Rahmen eines Presseempfanges während der 14. Deutschen Industrie-Messe Hannover 1960 über die Entwicklungsgeschichte und die Perspektiven der drahtlosen Telegraphie. Den Artikel entnahmen wir mit freundlicher Erlaubnis der Redaktion der Zeitschrift «technica» (Verlag Birkhäuser, Basel).

Die ersten Systeme

Heinrich Hertz verfolgte, als er in den achtziger Jahren den Funken erfand, um Hochfrequenzleistung zu erzeugen, streng wissenschaftliche Ziele und arbeitete mit dem Funken nicht, weil es ihm Spass machte, sondern weil er etwas über die Ausbreitung hochfrequenter Leistung im Raum wissen wollte. Marconi dagegen, der 21jährige junge Mann, der im Jahre 1895 an der Hochschule in Bologna die Hertzschen Experimente sah, überlegte sich, wie er nun wohl damit drahtlose Signale übertragen könnte. Man stelle sich nun vor, mit welcher Begeisterung er seine Erfolge empfunden haben mag, als über eine Entfernung von 500 m seine an der einen Stelle ausgesandten Signale ohne irgendeinen Draht dazwischen an der anderen Seite wahrgenommen werden konnten. Marconi, dem späteren grossen Unternehmer in drahtloser Nachrichtenübermittlung, war es mehr durch einen Zufall als durch systematisches Forschen gelungen, seine ersten Erfolge zu erzielen. Er kombinierte den von Hertz erfundenen Funkensender mit dem von Branly einige Jahre vorher erfundenen Fritter, von dem gleich noch die Rede sein wird, und diese beiden mit dem Luftdraht, den der russische Professor Popow ebenfalls einige Jahre vorher eingeführt hatte: Popow seinerseits für den Zweck, damit heranziehende Gewitter anzuzeigen. Die Ergebnisse, die Marconi hatte, ermutigten ihn und seine Geldgeber, weiterzuexperimentieren bis zu dem Erfolg des Jahres 1901, als es ihm gelang, von Poldhu in England nach Glace Bay in Neuschottland (Kanada) über den Nordatlantik hinweg drahtlose Signale zu übertragen — ein Erfolg, der die Gemüter in der damaligen Zeit sehr erschüttert hat.

Die Technik, die er anwandte, war allerdings bemerkenswert primitiv. Der Fritter, die damalige Seele des Empfängers, war nämlich ein Glasröhrchen, gefüllt mit Metallfeilspänen, in welche zwei Elektroden hineinragten. Über dieses Glasröhrchen war eine Batterie mit einer Klingel oder einem Relais verbunden. Die nur lose sich berührenden Metallfeilspänchen stellen einen sehr schlechten Übergang für den Strom dar, so dass diese Anordnung praktisch stromlos und der Klingelstrom durch den Fritter unterbrochen war. Treffen aber auf der Antenne, in die der Fritter geschaltet ist, hochfrequente Wellenzüge ein, so werden die Hochfrequenzströme, die all diese Berührungsstellen durchfliessen, die Kontakte verschweissen; der Widerstand des Fritters sinkt plötzlich schnell herab, und die Klingel oder das Relais spricht an. Man kann sich denken, dass eine derartige Ansammlung von unzuverlässigen Wackelkontakten, deren Gesamtwirkung nun systematisch als Empfangseinrichtung benutzt werden sollte, nicht gerade das Zuverlässigste war, was man sich vorstellen kann. Vor wenigen Jahren hat Staatssekretär Bredow, der Vater des deutschen Rundfunks, anlässlich des 50jährigen Jubiläums der Küstenstation Norddeich einen Vortrag gehalten, in dem er die technischen Zustände in diesen damaligen heroischen Zeiten schildert. Er war damals der Leiter der Projektierungsabteilung von Telefunken und wir hören von ihm über den Fritter folgende Worte, die ich ihnen genau zitieren möchte: «Fritter: der für alles empfindliche Fritter, nur nicht für die ankommenden Wellen; das hochempfindliche Relais, das die Eigenschaft hatte, sich immer selbsttätig zu verstellen; und schliesslich der Morse-schreiber — das war eine geradezu teuf-

liche Kombination. Meine Herren Fachkollegen, fangen Sie mal an, mit dieser Kombination zu arbeiten. Ich garantiere Ihnen, dass Sie nach drei Monaten eine schwere Managerkrankheit spüren. Und das haben wir in unserer Jugend ertragen müssen».

Diese rückblickenden Bemerkungen machte Bredow bei einem Bericht über den Anfang der Station Norddeich, die nämlich auch unter Einsatz aller Kräfte nicht dahinzubringen war, die von der Deutschen Reichspost gestellte Reichweitenforderung zu erfüllen, so dass sie nicht angenommen werden konnte. Es war aber gerade um die Zeit, als der bis dahin übliche Knallfunken durch den sehr viel leistungsfähigeren von dem Jenaer Professor Max Wien im Jahre 1905 erfundenen Löschkfunken ersetzt wurde mit einer sehr viel höheren musikalischen Funkenfolge und einem auch noch nach heutigen Maßstäben hervorragenden Wirkungsgrad bei der Erzeugung von Hochfrequenzenergie. Und der Fritter, über den Bredow seine bitteren Worte äusserte, wurde damals ersetzt durch den Kontaktdetektor, an den das Telefon angeschlossen war, so dass man die Morsezeichen hören konnte und nach Gehör niederschrieb. Das Ohr ist ein ganz erstaunlich empfindliches und dabei höchst betriebs-sicheres Instrument. Die Reichweite ging sprunghaft in die Höhe, die Anlage wurde abgenommen, und ein schwerer und deprimierender geschäftlicher Rückschlag verwandelte sich in einen grossen technischen Erfolg.

Mit Löschkfunken, Detektor und Kopfhörer war die Funktelegraphie plötzlich zu einem technisch ernst zu nehmenden zuverlässigen und betriebs-sicheren Nachrichtenmittel geworden.

Röhrensender und Verstärkerröhren

Aber wie in vergangenen geologischen Zeiten, zur Blütezeit der Riesenreptilien, die die Welt beherrschten, damals schon unscheinbar und unbemerkt die ersten kleinen Säugetiere in den Bäumen herumsprangen, aus denen sich im Laufe der Jahrtausende unsere heutige Säugetierwelt, einschliesslich des Menschen-geschlechts, entwickeln sollte, so wuchs bereits seit etwa 1910 die Glühkathodenröhre heran, erst nur ein Hilfsmittel für den Empfang, dann als Verstärkerröhre und schliesslich als Schwingungserzeu-

ger und leistungsstarke Senderöhre. Und nach dem Ersten Weltkrieg kam dann die grosse Umwälzung. Die Röhre verdrängte den Funkensender und den Kontaktdetektor im Laufe der nächsten zehn Jahre vollständig.

Für den Sender bedeutete der Übergang zur Röhre die Erzeugung kontinuierlicher Schwingungen und die Möglichkeit, diese Schwingungen zu modulieren, also nicht nur mit der Morsetaste Telegraphenzeichen zu geben, sondern jede mögliche Form von Nachrichten zu übertragen. Noch grösser aber war die Umwälzung beim Empfänger. Im Empfänger bedeutete die Verstärkung mit der Glühkathodenröhre die Möglichkeit, sehr viel schwächere Signale aufzunehmen, als bisher möglich gewesen war. Man muss sich doch vergegenwärtigen, dass bis dahin die Leistung die als Schalleistung den Kopfhörer verliess, um vom Ohr wahrgenommen zu werden, tatsächlich ein Teil jener Leistung war, die vom Sender ausgestrahlt und von der Empfangsantenne aus dem Luftraum aufgenommen wurde. Nahm die Antenne zuwenig Leistung auf, dann war das Signal so schwach, dass das empfindliche Ohr diesen Schall nicht mehr hören konnte. Er lag dann unter der Hörschwelle. Das bedeutete also erstens grosse Empfangsantennen, zweitens starke Sender und drittens nur mässige Reichweiten, damit die von der Empfangsantenne aufgenommene Leistung eben zur Wahrnehmung durch das Ohr ausreichte.

Mit der Verstärkung konnte man nun ausserordentlich viel kleinere Signale noch bis zur Wahrnehmbarkeitsgrenze bringen. Zunächst glaubte man, man würde nun überhaupt unbegrenzt schwache Signale noch wahrnehmen können. Man kann ja im Prinzip unbegrenzt weit verstärken, indem man das bereits verstärkte Signal eben immer noch weiter verstärkt. Ganz haben sich diese anfänglichen Vorstellungen allerdings nicht erfüllt. Man stiess bald auf eine Grenze der Verstärkung, nämlich das Wärmerauschen. Körperwärme ist ja nichts anderes als die ungeordnete Bewegung aller kleinsten Teilchen der Materie, einschliesslich der Elektronen, der kleinsten Ladungen. Und die bewegten Elektronen erzeugen Hochfrequenzenergie. Die Wärme also erzeugt eine hochfrequente Leistung, die gleichzeitig mit den gewünschten Signalen empfangen und als Rauschen ge-

hört wird. Das wusste man bereits seit der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts, und man konnte auch die hochfrequente Leistung dieser Wärmebewegung berechnen. Die Physiker wussten, dass diese Leistung $4 \cdot 10^{-21}$ W/Hz beträgt. Das bedeutet nun, dass ein Signal, das man empfangen will, in seiner Leistung so hoch liegen muss, dass nach hinreichender Verstärkung, wenn das Signal hörbar wird, das Wärmerauschen noch nicht hörbar geworden ist. Würde nämlich das Signal unter dem Wärmerauschen liegen, so könnte man so weit verstärken, wie man wollte, man würde das Wärmerauschen deutlich hören, ehe das Signal daraus hervorträte, und bei weiterer Verstärkung würde das Geräusch immer stärker bleiben als das Signal. Solange man also mit dem Signal nicht oberhalb einer Grenze liegt, die durch das Wärmerauschen gezogen ist, lässt sich auch bei beliebiger Verstärkung das Signal nicht mehr vom Wärmerauschen trennen. Diese untere Leistungsgrenze, die das Signal überschreiten muss, um überhaupt aufgenommen werden zu können, liegt bei etwa 10^{-16} Watt. Das ist ein ausserordentlich kleiner Wert: 10^{-16} ist eine Eins durch eine Eins mit 16 Nullen. Man braucht also ein Zehntausendstel von einem Billionstel von einem Watt. Das kann man sich nicht mehr vorstellen. Was 10^{-16} Watt sind, kann man aber durch folgende Betrachtung etwa vorstellbar machen: In der Schule lernt man, dass eine Pferdekraft die Leistung ist, die nötig ist, um 75 kg Gewicht je s um 1 m hochzuheben. Ein Watt ist ungefähr der 750ste Teil davon, das heisst mit einem Watt kann man 1 kg Gewicht je s um etwa 10 cm heben. Nun: 10^{-16} Watt, das ist also ein Zehntausendstel von einem Billionstel Watt, ist die Leistung, die erforderlich ist, um 1 mg Gewicht in 100 Millionen Sekunden, also in drei Jahren, um 1 mm zu heben. Man stelle sich also eine Spinne vor, die sich damit beschäftigt, eine an einem Spinnfaden frei herabhängende Beute, eine Mücke von 1 mg Gewicht, in die Höhe zu ziehen. Nehmen wir an, sie arbeite sehr langsam, so langsam, dass sie die Mücke in drei Jahren erst um 1 mm gehoben hat. Diese Spinne leistet 10^{-16} Watt. Eine derartige Leistung aus dem Strahlungsfelde aufzunehmen ist notwendig, damit das dann mit Verstärkerröhren verstärkte Signal zum Schluss hinreichend hoch über dem

Rauschen liegt, um störungsfrei aufgenommen werden zu können.

Die Bedeutung der Einführung der Röhre in die drahtlose Telegraphie lag also an beiden Seiten. Am Sender ermöglichte sie die Modulation, am Empfänger ermöglichte sie den Bau wesentlich einfacherer, wesentlich empfindlicherer Empfänger, die auch in der abgegebenen Lautstärke nicht mehr begrenzt waren, so dass sie also mühelos einen Lautsprecher speisen konnte. Damit waren die technischen Voraussetzungen für den Rundfunk gegeben, und der drahtlose Empfänger wurde zum Hausgerät.

Die Entdeckung der kurzen Wellen

Anfang der zwanziger Jahre ereignete sich aber noch ein zweiter grosser Fortschritt in der drahtlosen Telegraphie, den man nicht erwartet hatte, und das war die Entdeckung der grossen Reichweiten der kurzen Wellen. Bis dahin hatte man aus der Erfahrung gelernt, dass man für grosse Reichweiten möglichst lange Wellenlängen verwenden musste. Das hing — wie man genau wusste — damit zusammen, dass die drahtlosen Wellen bei ihrer Ausbreitung am Erdboden oder an der Wasseroberfläche Verluste erleiden, und diese Verluste werden um so kleiner, je länger die Welle wird. Zwar werden die notwendigen Antennenabmessungen immer grösser und grösser, um die langen Wellen tatsächlich noch abstrahlen zu können. Man ging also zur Erzielung grosser Reichweiten bis zu Wellenlängen, deren weitere Verlängerung nur dadurch verhindert wurde, dass man grössere Antennen eben nicht mehr bauen konnte — bis zu Wellenlängen um etwa 15 km.

Nun war aber nach dem Ersten Weltkrieg gebrauchtes Kriegsgerät billig zu kaufen. Auch die amerikanischen Radioamateure kauften sich Röhren und fingen an, damit zu spielen. Mit der Röhre ist die Darstellung von Wellenlängen aller Grössenklassen sehr viel einfacher als mit Funken. Sie spielten auf allen Wellenlängen, und ihre Spieleereien waren für den drahtlosen Nachrichtenverkehr eine erhebliche Plage. Die amerikanischen Verwaltungsbehörden rangen sich daher zu einem grossen Entschluss durch. Trotz der für dieses Land sprichwörtlichen Freiheit wurde den Amateuren verboten, auf allen Wellen oberhalb von 100 m überhaupt zu arbeiten. Nur die für den

drahtlosen Verkehr nach damaligen Begriffen völlig unbrauchbaren Wellen unter 100 m wurden ihnen freigegeben.

Es ist öfters vorgekommen, dass durch Verwaltungsakte grosse Erkenntnisse in der Elektrotechnik vorbereitet oder gefördert worden sind. So hat in den Frühzeiten der Starkstromtechnik einmal eine deutsche Behörde verfügt, Elektrizität sei eine fremde bewegliche Sache. Dieser Beschluss diente dazu, um die Gesetze über Diebstahl auf den Diebstahl elektrischer Leistung anwenden zu können. Die Behörden griffen damit der physikalischen Erkenntnis der Physiker um Jahrzehnte voraus, denn diese entdeckten das Elektron als messbare Korpuskel erst später. Der eben dargestellte Verwaltungsakt in den USA zwang also die Amateure, sich auf den Wellen unter 100 m zu betätigen. Und zu ihrem grossen Erstaunen entdeckten sie alsbald, dass sie mit ganz kleinen Leistungen von wenigen Watt unter Umständen den ganzen Kontinent überqueren konnten. Sie erzielten Reichweiten, die völlig ausgereicht hätten, um den Atlantik zu überbrücken. Die Kurzwellen waren entdeckt worden.

Es zeigte sich, dass die hohe Atmosphäre durch Sonnenstrahlung stark ionisiert ist und für diese Wellen leitend wird, so dass die Wellen, anstatt am Erdboden entlang zu streichen, durch den freien Luftraum gehen und oben gespiegelt werden. Auf diese Weise können sie, ohne wesentliche Verluste zu erleiden, bei sehr fernen Zielen noch mit beträchtlichen Leistungen ankommen und mit der Röhre bequem empfangen werden. Diese kurzen Wellen liessen sich überdies auch gut bündeln, gerichtet abstrahlen wie mit Scheinwerfern. Die Richtantennen entstanden. Damals hatte Otto Böhm bei Telefunken die Tannenbaum-Antenne geschaffen, die bis heute noch der wirkungsvollste Typ der Kurzwellen-Richtantenne ist. Die sehr hohe Trägerfrequenz dieser Wellen liess auch sehr viel schnellere Nachrichten zu. Man war frei geworden von dem bisherigen gemässigten Morsetempo der Längstwellensender. Man konnte mit Schnelltelegraphie telegraphieren, ja man konnte sogar mit den noch viel schnelleren Signalen normaler Telephonie arbeiten. Die Betriebsgesellschaften machten sich diese Eigenschaften alsbald zunutze. Überall wurden Kurzwellensender und -empfänger gebaut. Der transatlantische

Telegraphieverkehr wuchs ungeheuer, und transatlantische Telephonie im öffentlichen Dienst wurde alsbald eingerichtet. Die Geophysik, die sich für alle physikalischen Erscheinungen der Erde interessiert, fand in der Ionosphäre einen äusserst interessanten Gegenstand ihres Studiums. Damals wurden an dem Ausbreitungsverhalten kurzer Wellen die ersten Vorstellungen gesammelt über diese äussere Hülle unserer Atmosphäre, und Aufschlüsse über den Aufbau der Atmosphäre und über die Strahlung der Sonne wurden gewonnen, die erst heute durch die Erforschung mit Satelliten vertieft werden.

Die Weiterentwicklung der Röhre brachte im Laufe der zwanziger und dreissiger Jahre die Erschliessung kürzerer und kürzerer Wellen, höherer und höherer Frequenzen. Aber wenn man mit der Wellenlänge einmal etwa unter 10 m geht, mit der Frequenz über 30 Mio Schwingungen pro s, dann hört die Ionosphäre auf, wirksam zu sein, und nun wird also die Reichweite wegen eben der erheblichen Bodenverluste, die früher zu der Verwendung so langer Wellen geführt hatten, schlechter und schlechter. Die Wellen unter 10 m erreichen nicht mehr Reichweiten, die wesentlich über den Horizont hinausgehen. Dafür haben sie andere interessante Eigenschaften. Die sehr hohen Trägerfrequenzen dieser Wellen gestatten, ausserordentlich schnelle frequenzbreite Nachrichten zu befördern. Die zuerst erschlossenen Ultrakurzwellen, die Wellen im Meterwellenbereich, gestatten die Ausbreitung von Fernsehsignalen. Die darunterliegenden Wellen im Bereich zwischen 1 m und 10 cm, die Dezimeterwellen, lassen sich ganz hervorragend bündeln. Ihre sehr hohen Träger gestatten vorzüglich die Übermittlung sehr breiter Frequenzbänder. Man kann mit ihnen lange Nachrichtenstrecken aufbauen, die nur noch etwa alle 50 km, nach einer Sichtweite, einen Empfänger und von da aus wieder einen Sender brauchen. So entstand der Richtfunk. Die darunterliegenden Zentimeterwellen mit Frequenzen oberhalb von drei Mia Schwingungen/s sind noch viel schärfer zu bündeln, werden sehr ausgesprochen reflektiert an allen Hindernissen, auf die sie treffen, und liefern die Grundlage für die Radartechnik.

Bei noch kürzeren Wellen, bei den Millimeterwellen, wird dann die Aus-

breitung der hochfrequenten Wellen doch schon sehr lichtähnlich. Die Atmosphäre wird trüb. Nebel, Regen und Schnee behindern die Ausbreitung. Mit diesen Frequenzen lässt sich für drahtlose Zwecke nichts Rechtes anfangen. Diese Wellen aber, die Millimeterwellen, mit ihrer enormen Trägerfrequenz, 50 Milliarden Schwingungen/s, sind eine einzigartige Möglichkeit zur Beförderung wirklich grosser Nachrichtenmengen. Auf diesen sehr hohen Trägern lassen sich bis zu 80000 Fernsprechanäle gleichzeitig befördern oder für je 100 Fernsprechanäle ein Fernsehkanal. Um diese Beförderungsmöglichkeiten ausnutzen zu können, hat man erfolgreich versucht, diese Welle mit ihrer enormen Bündelungsfähigkeit einzufangen und fortzuleiten in metallischen Hohlrohren, gefüllt mit einer völlig störungsfreien und klaren, sozusagen keimfreien, künstlichen Atmosphäre aus Stickstoff. Das ist dann ein Kabel von bisher ganz unerhörter Nachrichtenkapazität. Um diese Telephoniesignale verzerrungsfrei zu befördern, wandelt man sie zunächst in Telegraphiezeichen um, die sich unverzerrt überall weiterverarbeiten lassen. Millionenmal in der s tastet man die Augenblicksstärke des Sprechsignals ab, misst den vorgefundenen Wert und telegraphiert die diesem Wert entsprechende Zahl. Am anderen Ende werden diese Telegraphiezahlen wieder in einen entsprechenden Stromstoss umgesetzt, die — aneinandergereiht — ein getreues Abbild der eingegebenen Sprechsignale liefern. Kommen nur die Telegraphiezeichen fehlerfrei durch, so treten bei dieser Übertragung keinerlei Verzerrungen auf.

Da schliesst sich der Kreis. Nachdem der Funk so lange durch den freien Raum eigene Wege gegangen war, steht am Ende, am unteren Wellenende der drahtlosen Telegraphie, wieder die Fortleitung im Kabel. Und die auf dem Draht übliche Telephonie verwandelt sich in Telegraphiezeichen.

Bei den Millimeterwellen hört die Verarbeitung der Hochfrequenz in elektrischen Schaltungen auf. Noch weiter darunter sind die Wellen nicht mehr hochfrequente, sondern Wärmestrahlung, welche die Trübungen der Atmosphäre nicht mehr durchdringt. Da steht also, was die Wellenlänge betrifft, für unsere Betrachtung der Schlußstrich. Weiter geht es nicht.

(Fortsetzung folgt)