

Technik der Funkentelegrafie mit gedämpften Schwingungen

Natürlich war mir schon lange bekannt, dass die Begriffe „Funk“ und „funken“ (wie auch die Bezeichnung „Funker“) auf die „Funkensender“ in der Frühzeit elektrischer Kommunikationstechnik zurückgehen. Aber mir war bislang nicht vermittelt worden, welche technischen Methoden und Geräte seinerzeit angewendet wurden. Denn in meinem Physikunterricht Mitte der 50er Jahre kamen zwar noch Influenzmaschinen und Funkeninduktoren vor, aber nicht mehr in einer Rolle als Erzeuger elektromagnetischer Wellen. So habe ich denn meine Fachbibliothek danach befragt und bin vielfältig fündig geworden.



RUDOLF GRABAU, Much

Tel.: (0 22 45) 34 71

Heinrich Hertz hatte 1888 erstmals hochfrequente Wellen im Experiment erzeugt und nachgewiesen, dass diese sich im Raum mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten. Anfang des 20. Jahrhunderts strebte man nun danach, Telegraphie(Morse)-Zeichen unter Verwendung dieser elektrisch erzeugten Wellen über eine möglichst große Entfernung zu übermitteln. Hauptsächlich waren die Regierungen der damaligen Kolonialmächte, die Land- und Seestreitkräfte und die Handelsmarinen an der Entwicklung dieses neuen Kommunikationsmittels interessiert, das ohne Drahtverbindung zwischen Sender und Empfänger auskam.

In dieser Zeit hatten der Maschinenbau und die Starkstromtechnik bereits wesentliche Entwicklungsschritte gemacht und so versuchte man demzufolge, mit Metallkonstruktionen und elektrischer Hoch-

spannung elektromagnetische Wellen hoher Energie zu erzeugen, diese möglichst effektiv abzustrahlen und mit den damals verfügbaren technischen Mitteln, vorzugsweise der Feinmechanik, wieder aufzufangen und aufzuzeichnen. Während Hertz mit Meterwellen experimentierte, wurden diese ersten Kommunikationsversuche im Längstwellenbereich unternommen, einfach deshalb, weil man sich zunächst der Eigenresonanz von Vertikalantennen bediente, diese Wellen sich am ehesten mittels einer Funkenstrecke erzeugen ließen und auch annehmbare Reichweiten erbrachten. Die Anwendung hochgespannter elektrischer Energie und offener Funkenstrecken, die nicht nur mit einem Lichtbogen, sondern auch durch erhebliche Lärmentwicklung beeindruckten, gaben dem neuen Kommunikationsmittel auch einen entsprechenden Namen, nämlich „Funkentelegraphie“, später auch „Funkentelephonie“ oder dann einfach „Funk“ – wenn auch heute eigentlich nichts mehr Funken sprüht, jedenfalls im normalen Betriebszustand.

Die ältesten Funkensender

Funkenstrecken

Die ältesten Funkensender gewannen hochfrequente Schwingungen aus Funkenstrecken (Bild 1). Unter Funkenstrecke versteht man eine in die Strombahn eingeschaltete Gasstrecke, die von einem Funken durchschlagen wird, sobald die Spannungsdifferenz zwischen den beiden Polen einen gewissen Betrag (Funkenspannung) überschreitet. Die niedrigste Spannung, bei der die Entladung einsetzt, ist einerseits abhängig von

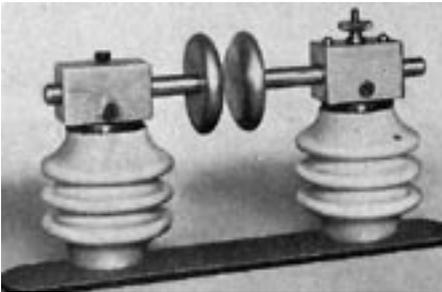


Bild 1: Einfache Pilz-Funkenstrecke, aus [17].

Größe, Gestalt, Material und vor allem Abstand der Elektroden, andererseits von Art, Druck, Temperatur, Feuchtigkeit und Ionisationszustand des Gases. Schaltet man eine Funkenstrecke in einen Schwingkreis aus Induktivität und Kapazität ein, so wird dieser Kreis bei Funkenübergang zu elektrischen Schwingungen angeregt, und

zwar mit einer Frequenz entsprechend seiner Resonanzfrequenz sowie zugleich den Vielfachen davon. Die Energie einer einzelnen Schwingung klingt recht schnell wieder ab, man sprach daher seinerzeit von „gedämpften Schwingungen“.

Funkensender alter Art mit direkter Antennenerregung

Das älteste System trägt den Namen GUGLIELMO MARCONI, denn es wurde von diesem 1895 erstmals angewandt. Bei diesem Prinzip eines Senders mit direkter Antennenerregung liegt die Funkenstrecke im Antennenkreis, der nur aus einem linearen, geerdeten Vertikaldraht – nämlich der Antenne – besteht, und zwar unmittelbar über dem Erdungspunkt (Bild 2). Die sich ergebende Wellenlänge ist hierbei $\lambda = 4 \cdot h$, wobei h die Länge des Vertikaldrahtes ist. Die zustande kommenden Schwingungen sind wegen der dem Kreise angehörenden Funkenstrecke sehr stark

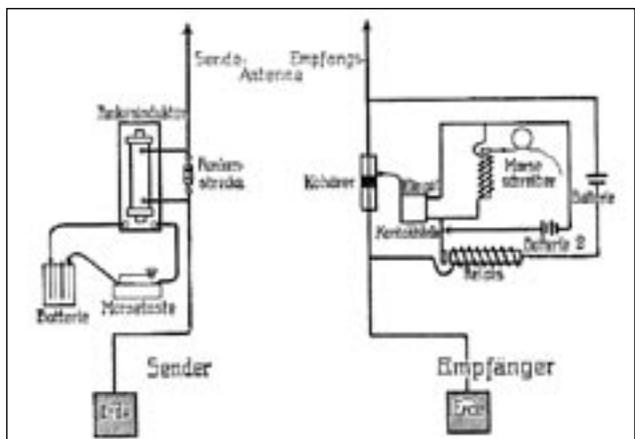


Bild 2: Schaltschema einer Knallfunkenstation nach Marconi (um 1895), aus [18].

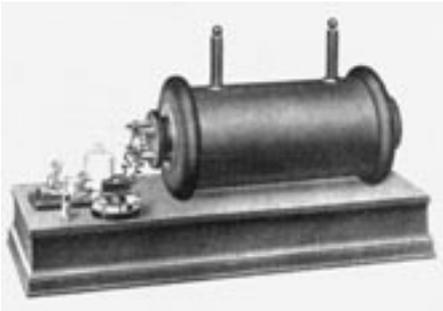


Bild 3: *Funkeninduktor.*

gedämpft, klingen infolgedessen sehr bald ab. Ist beispielsweise $h=150$ m, also $\lambda=600$ m, so erfolgen $f=500.000$ Schwingungen in einer Sekunde. Ist der Vorgang nach 25 Schwingungen beendet, so hat er nur eine Zeitdauer von $1/500.000 \cdot 25 = 1/20.000$ Sekunde. Nach dieser Zeit könnte die zweite Aufladung erfolgen, vorausgesetzt, dass die Funkenstrecke in der gleichen Zeit ihre Leitfähigkeit verloren hat, was allerdings praktisch nie der Fall ist. Die Aufladung bewirkt gewöhnlich ein Funkeninduktor



Bild 4: *Schreibempfänger nach BRAUN (um 1902): Oben links die abstimmbare Drahtspule, rechts Kohärer mit Klopfer, vorn Morse-schreiber und Relais, aus [31].*

(Bild 3), dessen Sekundärwicklung parallel zu der Funkenstrecke liegt. Die Anzahl der Aufladungen pro Sekunde ist dabei gegeben durch die Unterbrechungszahl des Induktors, diese beträgt gewöhnlich etwa 50 pro Sekunde. Eine wesentliche Vergrößerung der Funkenzahl je Sekunde ist wegen mangelhafter Entionisierung der Funkenstrecke nicht möglich; mehr als etwa 100 Ladungen pro Sekunde lassen sich nicht erreichen. Dadurch ist die Wirksamkeit dieses Systems begrenzt.

Der seinerzeit benutzte Empfänger enthielt als wesentlichen Bestandteil einen „Kohärer“, auch „Fritter“ genannt. Hierbei handelte es sich um ein luftleeres Glasröhrchen mit zwei Silberkontakten, zwischen denen etwa ein Millimeter Metallfeilspäne eingefüllt waren (Bild 5). Der Franzose EDOUARD BRANLY hatte im Jahre 1890 herausgefunden, dass Eisenfeilspäne unter Einfluss hochfrequenten Stroms leitend werden. Die Leitfähigkeit konnte durch mechanische Erschütterung des Röhrchens wieder aufgehoben werden. Ein derartiger



Bild 5: *Vergrößerte Darstellung aus Bild 4. Vorn der Kohärer, dahinter der Schwengel des Klopfers zum Auflockern der Metallspäne, aus [31].*

Kohärer war in die Empfangsantenne sowie zugleich in den Kohärerstromkreis eingeschaltet (Bild 2). Der sogenannte Klopfer, entwickelt 1894 von dem Russen ALEXANDER STEPANOWITSCH POPOW, (auf Bild 2 als Schwengel einer Klingel dargestellt und in Bild 5 unschwer erkennbar) diente der selbsttätigen Unterbrechung des Stromflusses durch den Kohärer. Klingel und Klopfer lagen in einem zweiten Stromkreis, der von einem Relais im Kohärerkreis geschaltet wird.

Drückt man die Morsetaste des Senders nieder, so springt zwischen den Polen der Funkenstrecke ein Funke über und erregt die Antenne zu Eigenschwingungen, die sich als Wellen nach allen Seiten ausbreiten. Treffen diese Wellen auf die Empfangsantenne, so machen sie den Kohärer leitend; das Relais wird erregt und schließt den Klopferstromkreis. Der Klopfer unterbricht mechanisch den Kohärerstrom, wobei gleichzeitig im Morseschreiber ein „Punkt“ niedergeschrieben wird. Wird eine längere Wellenserie gegeben, so unterbricht der Klopfer fortwährend den Kohärer, und vom Morsetelegraphen wird eine Reihe aufeinander folgender Punkte – also ein „Strich“ – aufgezeichnet. Wegen des bei der Erzeugung wie beim Hörempfang verursachten Geräuschs bezeichnete man den Marconi-Sender auch als „Knallfunkensender“.

Auch in Deutschland experimentierte man in dieser Zeit mit der Erzeugung elektromagnetischer Wellen: ADOLF SLABY und sein Assistent GEORG GRAF VON ARCO erkannten dabei das Prinzip der Resonanz zwischen Schwingkreisen und die Notwendigkeit zu deren Abstimmung. Sie

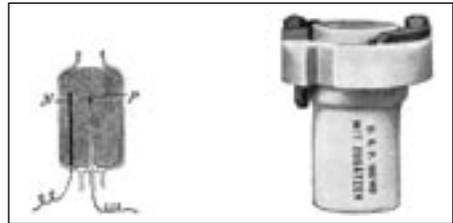


Bild 6: *Schlömilchzelle, aus [10].*

ersetzten auch später den Induktor des antennenerregten Senders durch eine Wechselstrommaschine.

Bei Hörempfang wurde in diesem Zeitabschnitt anstelle des Kohäriers eine „Schlömilchzelle“ verwendet. Hierbei handelte es sich um einen elektrolytischen Detektor: In ein Gefäß mit verdünnter Schwefelsäure tauchen zwei Platinelektroden, von denen eine fast vollständig von Glas umhüllt ist (Bild 6). Durchfließt zusätzlich zu einem (hier hochfrequenten) Wechselstrom ein schwacher Gleichstrom diese Zelle, so wird der Wechselstrom gleichgerichtet und kann in einem Kopfhörer einen Ton erzeugen. Neben diesen beiden hier erwähnten Detektoren wurde mit verschiedenen anderen auf thermischer, magnetischer, metallischer, gasförmiger und chemischer Basis experimentiert [10], von denen einige auch praktische Verwendung fanden, bevor sie alle schon bald von Kontaktdetektoren abgelöst wurden.

Funkensender alter Art mit geschlossenem Schwingkreis

Eine Verbesserung dieses ältesten Senders wurde 1898 durch FERDINAND BRAUN dadurch erreicht, dass er die Funkenstrecke in einem mit dem Antennenkreis gekoppelten,

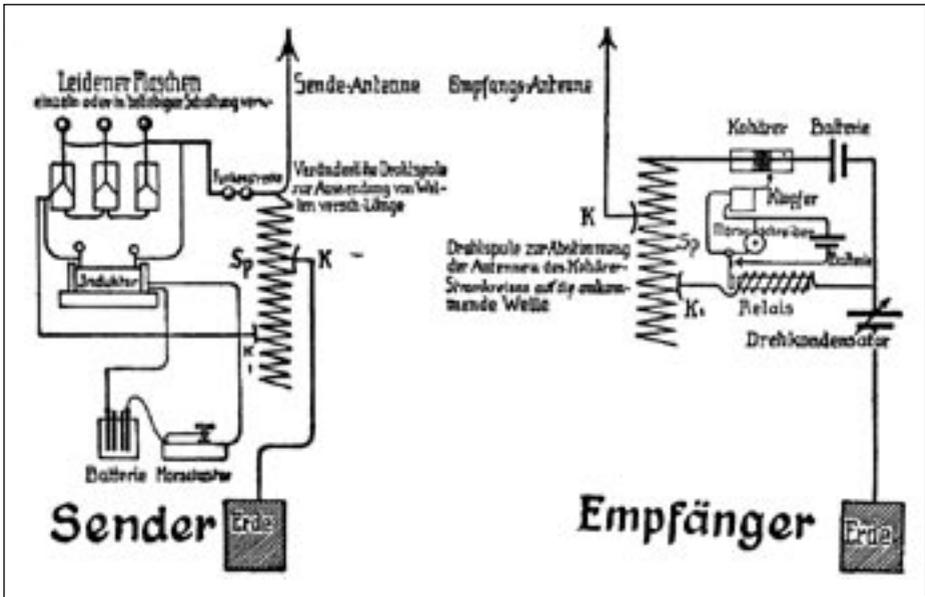


Bild 7: Schaltschema einer Knarrfunkenstation mit gekoppelten Schwingkreisen nach Braun (um 1898), aus [18].

geschlossenen Schwingkreis anordnete (Bild 7, Versuchsanordnung auf Helgoland Bild 8). Die Dämpfung des Antennenkreises wurde so verringert, die Dauer einer Entladung also entsprechend vergrößert. Die nutzbare Entladungszeit stieg dabei auf ungefähr den doppelten Wert. Da es möglich ist, in dem geschlossenen Schwingkreis eine große Kapazität



und kleine Selbstinduktion zu benutzen, kann man mit der gleichen Spannung eine wesentlich größere Energie zur Entladung bringen. Freilich ist auch hierbei eine Grenze durch die in der Antenne entstehende Spannung gesetzt.

Infolge der geringeren Dämpfung ist die Abstimmung eines solchen Senders am Empfänger wesentlich schärfer. Als Nachteil muss allerdings in Kauf genommen werden, dass es sich hier um ein zweifel-

Bild 8: Betriebsraum mit der Braunschen Versuchseinrichtung auf Helgoland (1900): Links Morseschreiber und Empfänger, hinten Kondensator aus „Leydener Flaschen“ und Funkeninduktor, unter dem Tisch die Stromversorgungsbatterie, aus [4].



Bild 9: *Funkentelegraphenabteilung des deutschen Heeres bei der Betriebseröffnung, aus [4].*

liges System handelt (infolge der Rückwirkung des offenen auf den geschlossenen Kreis). Unter der Voraussetzung, dass die beiden Kreise jeweils auf die gleiche Wellenlänge abgestimmt waren, liegen die beiden hier auftretenden Kopplungswellen umso mehr auseinander, je fester die beiden Kreise miteinander gekoppelt sind. Um annähernd Einwelligkeit zu erreichen, darf die Kopplung daher nicht fester als etwa 5-6% gemacht werden. Dieses System, bei dem ebenfalls ein Funkeninduktor verwendet wurde, bezeichnete man als „Knarrfunken sender“.

Unter Anwendung dieses technischen Prinzips lieferte die „Gesellschaft für drahtlose Telegraphie“, Berlin, im Jahre 1900 die ersten fahrbaren „Funkstationen“ an die preußische Armee. Die Antenne wies eine Länge von 200-300 m auf und musste je nach Windverhältnissen von einem gasgefüllten Ballon oder von einem Drachen getragen werden (Bild 9). Diese mobilen Stationen erzielten unter Verwendung von Schreibapparaten Reichweiten von 30 km, bei Hörempfang sogar 50 km. Bei gleichzeitig durchgeführten Versuchen an Bord von Kriegsschiffen der Kaiserlichen Marine wurden über See Reichweiten von bis zu 150 km



Bild 10: *Militärische Funkstation im Betrieb (etwa 1906): links Protze mit Sender und Stromerzeuger, davor ein Funker, der den Ballon mit Antenne beobachtet, rechts Empfangswagen mit Morseschreiber, aus [3].*

erzielt. Die auf Veranlassung von KAISER WILHELM II. von den Firmen AEG und Siemens gegründete Tochterfirma (später „Telefunken“) produzierte ab 1903 verschiedenartige Stationen mit Antennenleistungen zwischen 100 und 1000 W für Frequenzen zwischen 500 und 1000 kHz, also im Mittelwellenbereich. Die Bilder 4, 9 und 10 zeigen Funkanlagen dieser Zeit.

Tonfunken sender

Wienscher Sender mit Löschfunkenstrecke

Obwohl der zweikreisig gekoppelte Sender ein großer Fortschritt gegenüber dem einkreisigen war, zeigten sich auch Nachteile. Wie bereits erwähnt, entstehen durch die Zweikreisigkeit Kopplungsschwingungen mit zwei verschiedenen Frequenzen, die auch bei ungefähr gleich abgestimmten Kreisen auftreten und selbst bei loser Kopplung noch etwas verschieden voneinander sind. So entstehen Schwebungen, die den Emp-

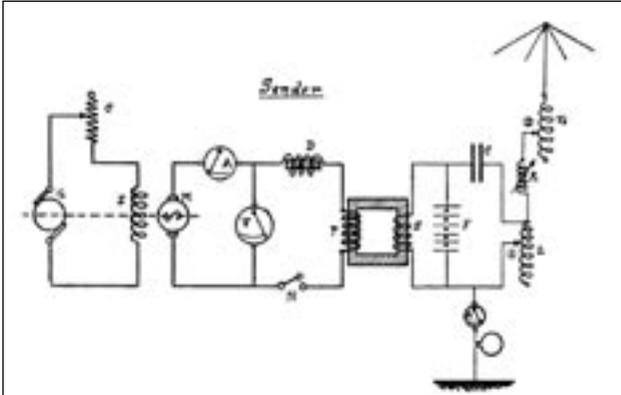


Bild 11: Schaltschema eines Löschkensenders nach WIEN von 1905, bei dem ein 100-V-Gleichstromgenerator eine Wechselstrommaschine (200 V/500 Hz) antreibt. Der Wechselstrom wird in einem Transformator auf etwa 5000 V hochtransformiert. Im Stoßkreis mit der Löschkunkenstrecke *F* entstehen hochfrequente Schwingungen, die über den offenen Schwingkreis angepasst und von der Antenne abgestrahlt werden, aus [9].

fang beeinträchtigen. Dieser Mangel wurde durch die von MAX WIEN 1906 veröffentlichte Löschkunkenstrecke beseitigt. Ersetzt man die einfache Funkenstrecke im Braunschen Sender durch eine Löschkunkenstrecke, so vermeidet man den Nachteil der Zweiwelligkeit. Beim zweikreisigen Sender mit einer gewöhnlichen

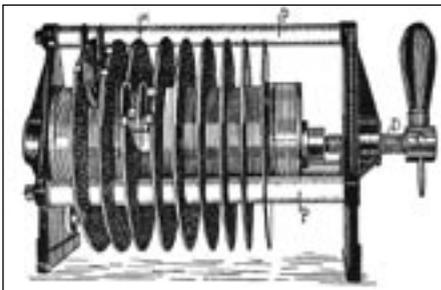
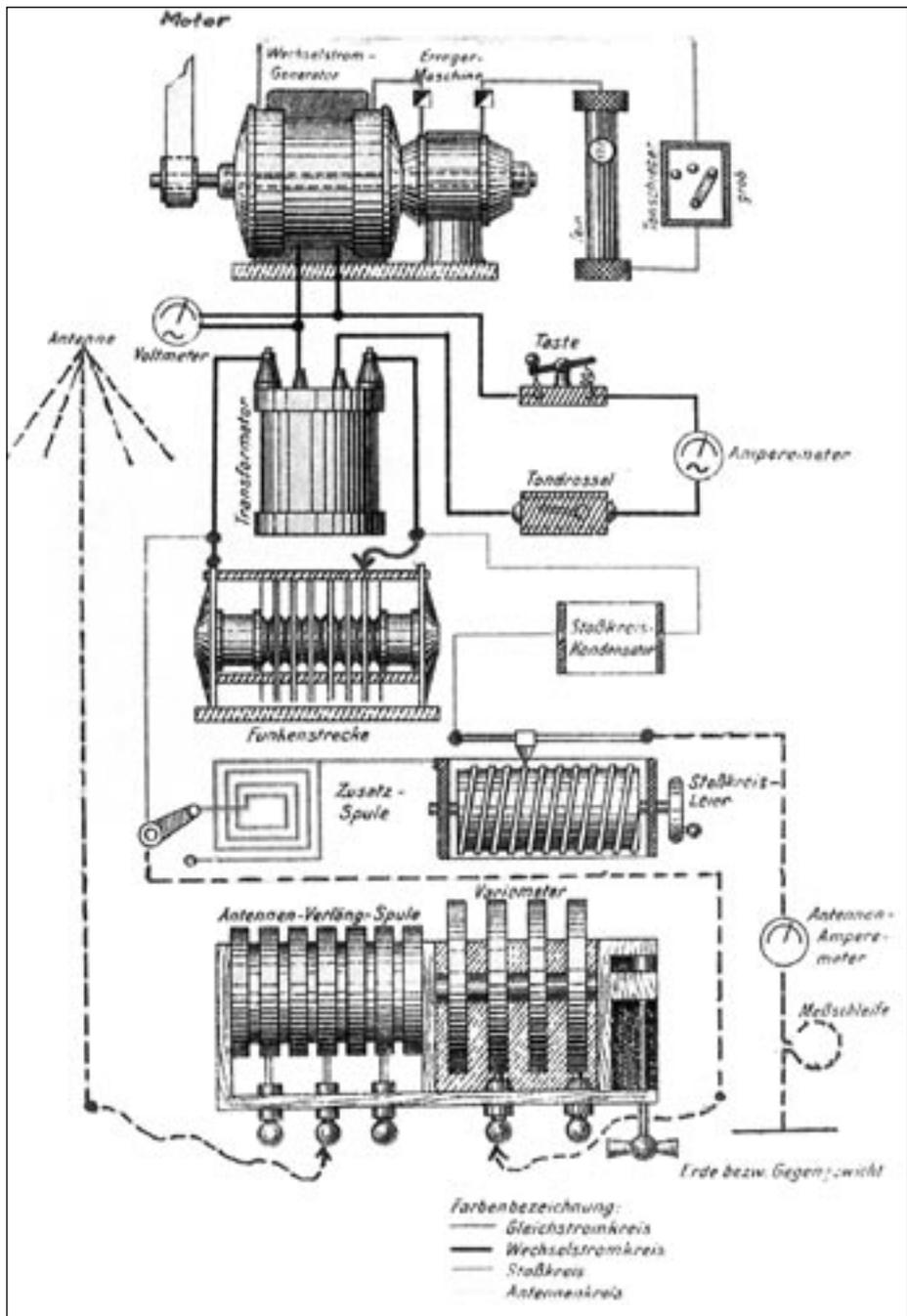


Bild 12: Mehrteilige Löschkunkenstrecke, aus [18], [22].

Funkenstrecke im Primärkreis zündet diese erneut nach Durchgang durch das Schwebungsminimum. Mit der Löschkunkenstrecke vermeidet man die nochmalige Zündung, der Primärkreis bleibt abgeschaltet, und der Sekundärkreis schwingt mit seiner Eigenschwingung aus (Bild 11). Bei Telefunken erkannte GRAF ARCO sehr bald die Wichtigkeit dieser Erfindung und setzte eine weiterentwickelte Serienlöschkunkenstrecke ein. Bei dieser sind mehrere Funkenstrecken hintereinander angeordnet

(Bild 12), und die Funkenlänge ist sehr gering (nur etwa 0,2 mm). Durch Verwendung großer Metallmassen guter Wärmeleitfähigkeit erreicht man eine bessere Kühlung, die durch Anblasen mit einem Ventilator noch verbessert werden kann. Die Entionisierung der Funkenstrecke geht hier sehr schnell vonstatten, sodass die sekundliche Funkenzahl gegenüber den Knallfunken sendern bis auf etwa 2000 pro Sekunde gesteigert werden kann, ohne dass eine Rückwirkung des Antennenkreises auf den geschlossenen Schwingkreis (Stoßkreis) stattfindet. Durch die zehnmal höhere Funkenzahl wird die sekundlich umgesetzte Energie bei derselben

Bild 13: Übersichtsschaltung eines Löschkensenders (etwa 1909), aus [31].



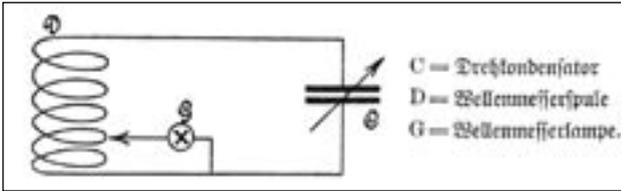


Bild 14: *Prinzipschaltung eines Wellenmessers (Absorptionskreis).*

Spannung auf den zehnfachen Betrag erhöht.

Die Speisung des Senders erfolgt in diesem Falle gewöhnlich durch einen Wechselstromgenerator in Verbindung mit einem Hochtransformator. Die Maschinenspannung wird im allgemeinen so einreguliert, dass in jeder Periodenhälfte ein Überschlag an der Funkenstrecke erfolgt. In Deutschland war die Verwendung von 500-Hz-Maschinen, das heißt 1000 Entladungen pro Sekunde, üblich (Bild 13). Für besondere Anwendungsfälle wurden auch speziell konstruierte Funkeninduktoren benutzt.

Der geschlossene Schwingkreis wirkt nur stoßweise auf den Antennenkreis ein. Er ist bestimmend für die Wellenlänge, da er in seiner Eigenfrequenz ausschwingt. Um eine maximale Wirkung zu erzielen, müssen beide Kreise aufeinander abgestimmt sein. Die Kopplung der beiden Kreise kann allerdings wesentlich fester sein als beim Braunschen Sender, der günstigste Wert liegt meist bei etwa 20%. Die Vorteile dieses Systems liegen, außer in der Möglichkeit, bei gleicher Spannung größere Energien umzusetzen, in der Einweglichkeit, der schärferen Abstimmung und darin, dass ein solcher Sender im Empfänger als musikalisch reiner Ton zu hören ist (daher der Name „Tonfunksender“), und der auch

bei atmosphärischen Störungen viel besser aufgenommen werden kann als bisher. Auch konnten wegen höherer Abstimmbarkeit (also geringerer Bandbreite je Sender) im gleichen Frequenzbereich wesentlich mehr

Löschfunksender als Knallfunksender nebeneinander arbeiten.

Es muss allerdings darauf geachtet werden, dass in jeder Periodenhälfte tatsächlich nicht mehr als eine Funkenentladung stattfindet, ebenso muss eine Überlappung der einzelnen Wellenzüge vermieden werden. Bei $\lambda = 6000$ m (das heißt $T = 1/50.000$ Sekunde) dauern zum Beispiel 50 Schwingungen $1/1000$ Sekunde. Verwendet man 1000 Funken pro Sekunde, so beginnt hier bei üblichem Abklingen der Schwingung der zwei-



Bild 15: *Praktische Ausführung eines Wellenmessers späterer Jahre. Rechts der Drehkondensator mit Eichmarken für drei Kopplungsspulen (Frequenzbereiche), aus [10] beziehungsweise [8].*

te Entladungsvorgang in dem Augenblick, in dem die Amplitude des ersten auf 0,37% der Anfangsamplitude abgesunken ist. Die erste Schwingung läuft also in die zweite hinein; dadurch wird der Wirkungsgrad verschlechtert und der Ton unsauber. Später ist daher versucht worden, durch gleichphasige Kombination mehrerer Entladungskreise (Taktfunken-System) Schwingungen von annähernd gleichmäßiger Amplitude zu erzeugen. Obwohl es gelang, dem gewünschten Ziel ziemlich nahe zu kommen, hat dieses System dennoch keine praktische Bedeutung erlangt, weil inzwischen andere Methoden gefunden worden waren, die vollkommen ungedämpfte Schwingungen lieferten.

Eine Hauptschwierigkeit am Anfang war die Beschaffung geeigneter Messinstrumente. Als Strommes-



Bild 17: *Kristalldetektor, aus [13].*

ser konnten Hitzdrahtinstrumente benutzt werden, damals Wattmeter genannt, die aber nur gestatteten, den Effektivwert zu bestimmen. Dieser hängt bei gedämpften Schwingungen nicht allein von der Stromamplitude, sondern auch von der Funkenzahl und der Dämpfung ab. Als Wellenmesser wurden veränderliche Schwingungskreise mit (neu erfundenen) Drehkondensatoren und einsteckbaren Induktivitäten benutzt, wobei ein Strommesser in diesem Kreis zur Resonanzanzeige benutzt wurde (Bilder 14 und 15).

Wegen seiner Robustheit und seiner hohen Betriebssicherheit hatte der Löschfunkensender ein sprunghaftes Ansteigen der drahtlosen Stationen zur Folge und wurde für militärische Stationen auch noch Jahre nach Ende des Ersten Weltkrieges benutzt. Bild 16 zeigt einen Löschfunkensender von 2,5 kW Antennenleistung.

BRAUN experimentierte in diesen Jahren mit Kristallen als Empfangsgleichrichter. Die Kristalle wurden in eine Elektrode eingespannt, mit einer feinen Drahtspitze als Gegenelektrode musste eine möglichst empfindliche Stelle auf dem Kristall

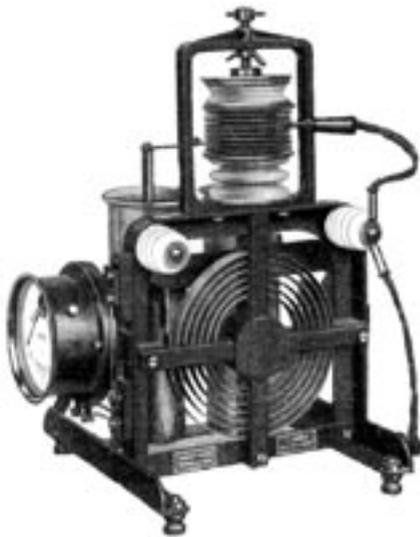


Bild 16: *2,5-kW-Löschfunkensender (Wellenbereich 300 bis 1500 m) der Firma Telefunken, aus [22].*

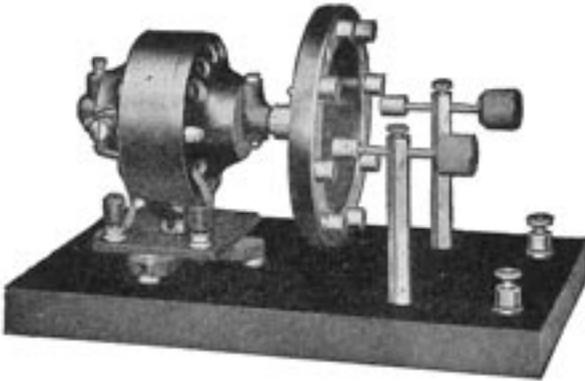


Bild 18: *Rotierende Funkenstrecke, aus [13].*

gesucht werden (Bild 17). In diesem als „Detektor“ bezeichneten Bauteil verwendete man Pyrit, Silizium oder Molybdän – besonders empfindlich und robust erwies sich Carborund, welches wegen seiner symmetrischen Kennlinie allerdings eine regelbare Vorspannung benötigte. Ab 1906 verdrängte der Kristalldetektor, meist als „Zelle“ bezeichnet, sowohl den Kohärer als auch die Schlömilchzelle, was zeitlich auch mit dem Übergang



Bild 19: *Kleinfunk 17 im Ersten Weltkrieg (etwa 1917). Die beiden tretenden Funker brachten 250 W an ihren Sender, aus [31].*

vom Schreibempfang (Morseschreiber) zum Hörempfang (Kopfhörer) zusammenfiel. In größeren Stationen verwendete man häufig Mehrfachzellen, bei denen durch Umschalten der Detektor mit dem besten Ausgangssignal ausgewählt werden konnte.

Sender mit rotierender Funkenstrecke

Eine rasche Entionisierung erreicht man auch bei einer rotierenden Funkenstrecke, die gewöhnlich direkt auf der Achse der Wechselstrommaschine angebracht wird (Bild 18). Für einen derartigen Sender – wie er auch von Marconi gebaut wurde – gilt im Allgemeinen dasselbe wie für den Wienschen Löschkfunkensender. Einen wesentlichen Unterschied bildet lediglich die Art des Tones, der bei Synchronismus ebenfalls durchaus rein war, aber mehr trompetenartigen Klang hatte.

Bedienung eines Löschkfunkensenders

Für die effektive Abstrahlung der ausgesandten Welle ist der Antennenkreis maßgeblich. Da sich dieser beim Arbeiten des Senders aber in Resonanz mit dem Stoßkreis befinden muss,

sind die beiden Kreise stets auf die gleiche Frequenz abgestimmt. Die Antenne ist allerdings, besonders bei nicht ortsfesten Stationen, Veränderungen unterworfen. Darum pflegt man nur den Stoßkreis zu eichen. Um eine bestimmte Welle zu erhalten, stellt man daher diese im Stoßkreis ein und stimmt dann den Antennenkreis auf den Stoßkreis ab. Der Antennenkreis enthält dazu einen Strommesser, der die Stärke der hochfrequenten Schwingungen anzeigt. An diesem erkennt man das Eintreten der Resonanz (größte Energieaufnahme). Bei Sendern geringerer Leistung hat man das Antennenamperemeter bisweilen auch durch ein Glühlämpchen ersetzt. Auch Ton und Farbe des Funkens zeigten die Resonanz an – in diesem Fall ist er zischend und bläulich, während er sonst mehr prasselnd und grünlich war.

Die Abstimmung eines Senders musste zunächst bei geringer Energie erfolgen. Bei einem Sender mit acht Funkenstrecken nimmt man zum Beispiel zuerst nur eine Funkenstrecke in Betrieb und erregt den Stromerzeuger entsprechend schwach. Man rechnete pro Funkenstrecke rund 1000 Volt. Erst wenn die Abstimmung, das heißt die Energieübertragung aus dem Stoßkreis in den Antennenkreis, gewährleistet war, durfte man auf größere Energiestufen übergehen. Ist der Sender fertig abgestimmt,



Bild 20: *Fahrbare leichte Funkenstation 19 der Schweizerischen Funkertruppe (Telefunken Gfuk 18: 400-W-Löschfunktensender 0,4 TV 150-1600 m, Röhren-Audion-Empfänger E 213 a), aus [27].*

wird ein sauberer Ton eingestellt: Die Erregung des Wechselstromgenerators wird dazu so lange verändert, bis der Ton, der mit Hilfe eines „Tonprüfers“ (eines aperiodischen Detektorkreises) unmittelbar am Sender abgehört wird, sauber und frei von krächzenden Nebengeräuschen ist. Außer der richtigen Erregung des Generators ist dazu eine bestimmte Einstellung der im Maschinenkreis liegenden Eisendrossel (der „Tondrossel“) notwendig (siehe auch Bild 13).

Bild 19 zeigt eine militärische Funkenabteilung im Betrieb, Bild 20 eine etwas spätere Version aus derselben Gerätefamilie. ■

Fortsetzung im nächsten Heft mit „Funkentelegraphie und -telephonie mit ungedämpften Schwingungen“ sowie einem Verzeichnis verwendeter Literatur.