

# Eine universelle radiotelegraphische Empfangsanordnung.

Von

Hans Zickendraht.

## 1. Der Zweck der Anordnung.

Fast möchte es gewagt erscheinen, der Unzahl von Empfängerkonstruktionen noch eine weitere beizufügen, wenn nicht doch ein Bedürfnis für eine ganz bestimmte Anordnung vorläge. Die im Handel befindlichen Apparate sind hauptsächlich für rein telegraphische Zwecke, also für die Nachrichtenübermittlung, für den Empfang von Zeitsignalen u. s. w. gebaut; der im folgenden zu beschreibende Apparat soll aber ausserdem noch speziell dem Physiker dienen, muss also besonders geeignet sein zur Untersuchung der Eigenschaften von Detektoren, zum Studium der den normalen Empfang störenden Parasiten; er muss einen grösseren Wellenbereich umfassen, als dies bei den gewöhnlichen kleinern Stationen der Fall ist, trotzdem muss es möglich sein, den Wellenwechsel rasch vorzunehmen. Endlich soll er auch Demonstrationszwecken dienen, es müssen die gebräuchlichen Schaltungen an ihm in übersichtlicher Weise vorgeführt werden können, ein Umstand, der einen quantitativen Vergleich der verschiedenen Empfangsweisen ermöglicht. Wohl existieren universelle Empfangsapparate,<sup>1)</sup> aber sie verfolgen andere Zwecke, wie der hier beschriebene, auch sind sie meist kostspielig in der Anschaffung, während der unsere sich mit bescheidenen mechanischen Hilfsmitteln herstellen lässt und dadurch auch kleineren Instituten zugänglich wird.

## 2. Grundprinzip und Beschreibung des Empfängers.

Als normaler Empfänger besteht der Apparat aus einem durch Kapazität und Selbstinduktion gebildeten in weitesten Grenzen veränderlichen Schwingungskreis. Speziell der Selbstinduktion ist besondere Ausbildung zu Teil geworden. Sie wird aus zwei auf Presspahn in isolierender Einbettungsmasse gewickelten Flachspulen gebildet,<sup>2)</sup> die sich mit parallelen Windungsebenen in veränderlichem

<sup>1)</sup> Vgl. *Rein*, Radiotelegraphisches Praktikum. 2. Aufl. Springer. p. 56. (Universalempfänger nach Adelmann.)

<sup>2)</sup> Vorzüglich hergestellt von der Firma *Fr. Klingelfuss* in Basel.

Abstände gegenüberstehen und durch Unterteilung, Stöpselanschlüsse und Verschiebbarkeit einen besonders grossen Selbstinduktionsbereich umfassen. Wenn in der folgenden Beschreibung etwas näher auf die Dimensionen und Zahlenwerte der Konstruktionselemente eingegangen wird, so geschieht dies im Interesse derjenigen, die sich die hier niedergelegten Erfahrungen praktisch zu Nutze machen wollen, gleichzeitig genüge ich verschiedenen persönlichen Anfragen über den Aufbau speziell physikalischen Zwecken angepasster Empfangseinrichtungen.

Jede der beiden Flachspulen stellt einen aus ca. 150 Windungen eines 0,5 mm starken seidenisolierten Kupferdrahtes bestehenden Kreisring ( $R = 16$  cm  $r = 5,5$  cm) dar. Der Ohmsche Widerstand beträgt 8,84 Ohm pro Spule. Es hätte nahe gelegen, einen grösseren Kupferquerschnitt (wegen der Widerstandsämpfung) zu wählen, das war jedoch aus konstruktiven Gründen hier nicht möglich. Ein Holzkreuz versteift die obere bewegliche, eine Reihe von Glasisolatoren die untere feste Flachspule. Während die feste Spule in 8 durch Steckkontakte zugängliche Unterabteilungen geteilt ist, können durch einen Kurbelschalter an der obern Spule 15 einzelne Selbstinduktionsbeträge gewählt werden. Tabelle 1 als Beispiel für die Koeffizienten der untern Spule in Zentimetern (mit Niederfrequenz in Brückenschaltung durch Vergleich mit Selbstinduktionsnormalien gemessen).

Tabelle 1.

Spulenteil	0-1	0-2	0-3	0-4	0-5	0-6
Selbstinduktion	65 970	321 000	720 000	1 264 000	2 043 000	2 857 000
Spulenteil	0-7	0-8				
Selbstinduktion	3 986 000	5 079 000				

Man sieht bereits, dass eine derart gewickelte Flachspule geringen Raumbedarf mit grossen Selbstinduktionswerten verbindet, was besonders für den Empfang grosser Wellen wertvoll ist. In ähnlicher Weise nur in 15 Stufen steigt die Selbstinduktion der obern Spule von ca. 27 000 cm auf über 5 000 000 cm an.

Es sind nun folgende Kombinationen möglich :

a) *Kleine Selbstinduktionen* erhält man durch Abgreifen kleiner Spulenteile. Dabei macht sich allerdings das überstehende Spulende störend bemerkbar, ein Fehler, der übrigens auch bei vielen Stationen des Handels nicht vermieden ist. Recht kleine Selbstinduktionen erhält man aber ohne den ebenerwähnten Fehler durch Parallelschalten beider ganz eingeschalteter Flachspulen und zwar derart, dass der Wicklungssinn beider entgegengesetzt ist. Nicht nur setzt sich dadurch der Ohm'sche Widerstand um die Hälfte herab, womit eine Verkleinerung der Dämpfung verbunden ist, sondern man

gewinnt durch die Veränderlichkeit des Spulenabstandes ein vollkommen kontinuierlich wirkendes Variometer. Die Grenzen desselben siehe in Tabelle 2. Kleine Selbstinduktionen werden bei kurzen Wellen gebraucht, welche man am rationellsten unter Verwendung des Serien-(Verkürzungs-)Kondensators empfängt. Wir werden weiter unten näher darauf eintreten.

b) *Grosse Selbstinduktionen* sind bereits bei ganz eingeschalteten Spulen verwirklicht. Die modernen Sendeanlagen, besonders die unter anderm auch mit Hochfrequenzmaschinen arbeitenden (z. B. Nauen, Eilvese und Brüssel) stellen nun aber sehr hohe Anforderungen an den Wellenbereich des Empfängers, sodass grosse Selbstinduktionen überall da verwendet werden müssen, wo nur kleine Empfangsantennen zur Verfügung stehen. Parallelschaltung beider Flachspulen mit gleichem Wicklungssinne führt da zum Ziele, wobei man die bereits oben genannten Vorteile verminderter Ohm'scher Dämpfung bei Vermeidung des überstehenden Spulenendes genießt. (Messbereich bei Veränderung des Spulenabstandes siehe Tabelle 2.) Wenn es sich aber um sehr grosse Werte der Selbstinduktion handelt, so können beide Spulen (immer bei Variationsmöglichkeit ihres Abstandes) entweder bei gleichem oder entgegengesetztem Wicklungssinne in Serie verwendet werden. Im ersteren Falle ist bei dicht aufeinanderliegenden Spulen die Selbstinduktion ein Maximum und fällt mit Vergrößerung des Abstandes, im letzteren Falle erhält man kleinste Selbstinduktion bei dicht aufeinanderliegenden und steigende bei sich von einander entfernenden Spulen. Grosse Wellen pflegt man mit der bekannten Schwungradschaltung (Parallelkapazität zur Selbstinduktion) aufzunehmen. Es ist dabei aber stets zu bedenken, dass mit zunehmender Parallelkapazität die Kopplung mehr und mehr gelockert und dadurch die Empfangsenergie im Detektorkreis benachteiligt wird.

In Tabelle 2 gebe ich die mit Niederfrequenz unter Vergleichung mit Selbstinduktionsnormalien in Brückenschaltung gemessenen Selbstinduktionswerte wieder, welche den grossen Messbereich, der durch zwei verschiebbare Flachspulen verwirklicht wird, deutlich zeigen.

Tabelle 2.

Kleinste Spulenunterteilung:	26 580 cm <sup>3</sup> )
Spulen parallel entgegengesetzter Wicklungssinn	von 287 600 cm bis 2 442 000 cm <sup>4</sup> )
„ „ gleicher „	„ 1 811 000 cm <sup>4</sup> ) „ 4 900 000 cm
Spulen in Serie entgegengesetzter Wicklungssinn	„ 1 100 000 cm „ 9 802 000 cm <sup>4</sup> )
„ „ „ gleicher „	„ von 10 790 000 cm <sup>4</sup> ) „ 19 410 000 cm

<sup>3</sup>) Ca. 10 Windungen an der Innenseite des Ringes.

<sup>4</sup>) Bei 25 cm Spulenabstand.

Es hat keinen Zweck, mit dem Spulenabstande viel weiter als 25 cm zu gehen, da in dieser Distanz die beiden Spulen, was die Selbstinduktion angeht, sich nur noch wenig gegenseitig beeinflussen. Man erkennt das an dem Umstande, dass bei 25 cm Abstand in Serienschaltung die Selbstinduktion des Systems nahezu gleich der Summe der Selbstinduktionen beider einzelnen Spulen ist, bei gleichem Wicklungssinne etwas darüber, bei entgegengesetztem etwas darunter. Dass sich durch Mitbenutzung der Spulenunterteilungen noch viel mehr Kombinationen ergeben, ist selbstverständlich; man verliert aber dann den Vorzug der Vermeidung des freien Spulenendes.

Wie das eben beschriebene Flachspulvariometer nun zu einer Empfangsanordnung ausgebildet wurde zeigt Fig. 1.

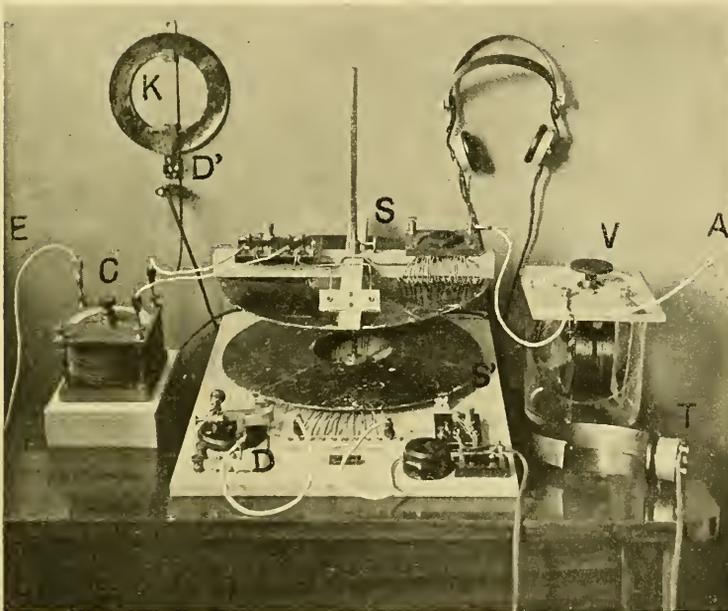


Fig. 1.

Man erkennt zunächst die auf dem Grundbrette mit Glasisolatoren befestigte unbewegliche Flachspule *S* sowie ihre Unterteilungen, welche mittels Steckern einzeln angeschlossen werden können. Man bemerkt ausserdem einen Krystalldetektor *D* sowie zwei ihm parallel liegende Klemmen zum Anschluss anderer Detektoren auf der linken Seite des Grundbrettes. Die rechte Seite trägt einen Schalter, welcher entweder das Telephon *T* oder eine Steckdose zum beliebigen Anschlusse von weiteren Telephonen oder Galvanometern einzuschalten

erlaubt. Das Schema Fig. 2 der ganzen Einrichtung zeigt, dass bei gesteckten Stöpseln etwa wie in Fig. 1 die Apparate auf dem Grundbrette einen geschlossenen Detektorkreis darstellen. Parallel zu Telefon oder Galvanometer liegt ein kleiner unveränderlicher Blockkondensator mit Glimmerisolation.

Von einem korrekt konstruierten Detektorkreis verlangt man vollkommene Aperiodizität,<sup>5)</sup> er soll keine Eigenfrequenz haben, die sich störend hervordrängen könnte. Dieser Forderung konnte bei vorliegender Anordnung nicht genügt werden. Die für die Versuche notwendigen Anschlüsse, Schalter u. s. w., auch die solide und kräftige Detektorkonstruktion bringen eine insgesamt als „Detektorkapazität“ zu berücksichtigende Kapazität und damit eine bestimmte Eigenfrequenz in den Detektorkreis. Um diesem Umstande Rechnung zu tragen, wurde ein besonderer vollkommen aperiodischer Kreis hergestellt, der in Fig. 1 an der Wand links hängend abgebildet ist und aus einer ringförmigen Flachspule K sowie einem kleinen regulierbaren Detektor D' mit einem Minimum von Metallmasse in Verbindung mit einem, in der Figur rechts hängenden Telefon besteht. Solche aperiodische Kreise sind für die verschiedensten Zwecke sehr bequem;<sup>6)</sup> sie lassen sich beim Empfang am Handgriffe leicht über die abgestimmten Spulen halten und soweit drehen oder entfernen, bis eine so lose Kopplung erreicht ist, dass die Rückwirkung vom Detektorkreis auf den schwingenden Kreis vernachlässigt werden darf.

Die obere verschiebbar angeordnete Spule S ist mit Kurbelschalter zur Unterteilungswahl, mit einem Umschalter für lange und kurze Wellen und zwei an den beiden Enden des jeweils eingeschalteten Spulenteiles angeschlossenen Stöpselbuchsen versehen. Diese liegen vorne also immer in der Nähe der untern Stöpselbuchsenleiste, was für die verschiedenen Schaltungen von Wichtigkeit ist.

Auf der Photographie ist linker Hand ein kleiner selbstgefertigter Drehkondensator mit einem Messbereich von 40 bis 1350 cm Kapazität erkennbar. Obgleich er durch Vergleich mit einem genauen Drehkondensator mit Luftisolation von Lorenz geeicht war, diente er mehr Abstimmungs-, weniger Messzwecken. In der Antenne liegt übrigens ein in Fig. 1 rechts wiedergegebenes Cylindervariometer mit einem Messbereich von 104 800 cm bis 488 200 cm Selbstinduktion. Mit bescheidenen mechanischen Hilfsmitteln lassen sich schon recht brauchbare Apparate herstellen, die bei verschiedenen unten näher zu beschreibenden Versuchen gute Dienste leisteten.

<sup>5)</sup> *Fr. Kiebitz*. Elektrotechn. Ztschr. **33** 132. (1912.)

<sup>6)</sup> *H. Rein*. Radiotelegr. Prakt. p. 172.

„Die Antenne“, Ztschr. der EF Huth Gesellschaft 1. p. 129 (1913).

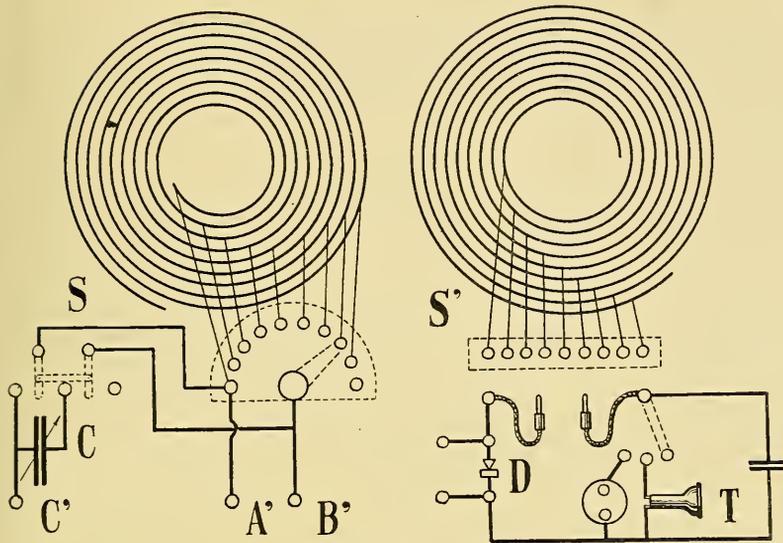


Fig. 2.

Im folgenden sollen nun die verschiedenen Schaltungen beschrieben werden, die sich mit dem Universalempfänger kombinieren lassen. Sie sind alle an einer kleinen Versuchsantenne praktisch ausprobiert und haben im Sommer 1914 bei den Vorversuchen zur Erforschung des Einflusses der Sonnenfinsternis (21. Aug. 1914) auf die Radiotelegraphie dem Verfasser gute Dienste geleistet.

### 3. Die Antenne.

An zwei Holzmasten, deren obere Enden sich in ca. 19 m Höhe über dem Erdboden befanden, war eine fünfdrähtige Schiffsantenne der bekannten F-Form aufgehängt. Den etwas ungünstigen lokalen Verhältnissen entsprechend, konnte die Länge der Horizontaldrähte nur zu 13 m gewählt werden. Die Empfangsapparatur befand sich im zweiten Stockwerk eines Wohnhauses, also immer noch etwa 8 m über dem Erdboden, als Erdung wurde die Gasleitung benutzt. Die Antenne war also sehr klein, der Empfänger ungünstig gelegen, ein Umstand, der vom Empfangsapparate möglichst vorteilhafte Energieausnützung verlangte.

Auf einen Punkt sei noch im besondern hingewiesen: Es ist nicht überall möglich, die Apparate unmittelbar an den Fusspunkt des Luftleiters anzuschliessen, sodass man genötigt ist, die Antenne durch eine im Hause verlegte Leitung zu verlängern. Im vorliegenden Falle musste eine Verlängerung von etwa 10 m Länge angeschlossen

werden, die auf Umwegen teilweise parallel zu geerdeten Leitungsröhren durch mehrere Wände geführt worden war. Es ist von Interesse, den Einfluss solcher Antennenverlängerungen hervorzuheben. Mit Brücke, Niederfrequenz und geeichtem Drehkondensator gemessen ergab sich:

die Antennenkapazität der Luftdrähte allein zu 340 cm  
 die Antennenkapazität mit Verlängerung im Gebäude zu 500 m.

Der beträchtliche Unterschied von 160 cm ist hauptsächlich der Parallelführung mit geerdeten Leitern zuzuschreiben. In einem an das städtische Wechselstromnetz angeschlossenen Hause sind ausserdem alle als Kapazitäten wirkenden grösseren Metallmassen derart von Wechselstrom „verseucht“, dass auch schon aus diesem Grunde von solchen Antennenverlängerungen dringend abzuraten ist. Nur durch besondere Kunstgriffe gelingt es nämlich, den im hochempfindlichen Telephon kontinuierlich hörbaren singenden Ton der Generatoren zum Verschwinden zu bringen. Im Gegensatze zu der Störung durch Parasiten wird gerade der Empfang von Tonstationen durch Wechselstromstörungen empfindlicher beeinflusst, wie dies beim Abhören alter Knarrfunken-Emissionen der Fall ist. Letztere heben sich deutlich vom singenden Untertone ab. Direkter Anschluss der Station am Antennenfusspunkt verbesserte die Verhältnisse erheblich.

Ein direkter Vergleich der Aufnahme von Paris (Striche zu Messzwecken vor dem Wettertelegramm um Mittag) zeigt, dass die Antennenverlängerung im Hause ausser ihren direkten Störungen noch den Nachteil toter Kapazität mit sich bringt und somit *nichts* zum Empfang beiträgt. Die Biegungen an den Ecken der Verlängerung können sogar zu störenden Wellenreflexionen Anlass geben.

Paris  $\lambda$  = ca. 2200 m Knarrfunken

- a) mit Verlängerung Selbstind. = 1 614 000 cm. Ablenk. 10 Skt.
- b) ohne Verlängerung Selbstind. = 2 012 000 cm. Ablenk. 12 Skt.

Der Versuch ist mit Parallelschaltung beider Flachspulen gemacht. Entsprechend der veränderten Kapazität des Luftleiters muss natürlich die Abstimmung etwas geändert werden. Im obigen Falle b ist damit eine etwas festere Kopplung verbunden, die auch zur Erhöhung der empfangenen Energie beiträgt. Die Ablenkungen sind Mittelwerte der Ablesungen an einem Edelmann'schen Saitengalvanometer mit Permanentmagnet und einem Platinfaden von 2400 Ohm Widerstand. Als Gleichrichter diente ein hochempfindlicher „Perikon“detektor (Zinkit-Kupferkies). Auch das mit einer so kleinen Antenne bei Tage schwer aufzunehmende Zeitsignal und Wettertelegramm von Norddeich (mittags 1 Uhr) kam ohne die Hilfsleitung im Hause vernehmlicher, als mit derselben. Es sind also solche tote Antennenverlängerungen tunlichst zu vermeiden.

Von vielen Seiten ist die Anregung gemacht worden, irgend welche grössere von Erde isolierte Metallmassen im Innern eines Hauses als Luftleiter zu benutzen. Um auch einen solchen Fall zu studieren, brachte ich im Dach eines Wohnhauses unter dem Giebel ebenfalls in ca. 19 m Höhe über dem Erdboden ein 10 m langes, etwa 60 cm breites Drahtgeflecht aus verzinktem Eisendraht an. Ein Vergleich dieser gänzlich im Innern des Hauses liegenden Antenne (von ca. 460 cm Kapazität) mit der vorher beschriebenen Schiffsantenne lieferte folgendes:

- Paris. Morsestriche des Wettertelegramms um Mittag Knarrfunken  $\lambda = 2200$  m mit Schiffsantenne 4—5 Skt. mit Drahtnetz im Dache 0,8 Skt. Ablenkung.
- Nauen. Morsestriche Tonfunken (500 Funken pro Sek.)  $\lambda = 6000$  m mit Schiffsantenne um 8 Skt. mit Drahtnetz im Dache ca. 1 Skt. Ablenkung.

Bei Regenwetter, wo die nasse Dachfläche einen durch die Dachrinnen zur Erde abgeleiteten grossen Schirm für die elektrischen Wellen darstellt, ist der Empfang natürlich noch schlechter. Das hier wiederergebene für die Drahtnetzantenne höchst unvorteilhafte Resultat ist nur als ein sehr roher Vergleich aufzufassen, da die Anlage der Schiffsantenne viel sorgfältiger ausgeführt worden war, wie diejenige der Drahtnetzantenne. Letztere lieferte übrigens auch eine sehr schlechte Abstimmsschärfe. Immer ist mit dem Verlegen einer Empfangsantenne ins Innere eines Hauses ein grosser Energieverlust verbunden.

#### 4. Die verschiedenen Empfangsschaltungen.

a) Die einfachste Schaltung, deren sich die Hersteller billiger Stationen für Liebhaber bedienen, besteht bekanntlich darin, durch eine passende Selbstinduktion die Antenne auf die gewünschte Wellenlänge abzustimmen und den Detektor-Telephonkreis als Nebenschluss zu dieser Abstimm-Selbstinduktion anzuschliessen. Das ist an unsrer Einrichtung leicht zu bewerkstelligen, indem die obere Spule S sowie der Drehkondensator C vollständig entfernt werden. Mittels Antennen- und Erd-Steckern greift man unter Zwischenschaltung des Zylindervariometers V an der Spule S' die gewünschte Selbstinduktion ab, wobei das Variometer zur Feineinstellung dient. Um den Detektorkreis anlegen zu können, sind die Stöpsel, wie Fig. 3 zeigt, mit einer seitlichen Bohrung versehen, sodass an jeden Stecker selbst wieder ein zweiter, an diesen ein dritter u. s. f. angeschlossen werden kann, ein höchst einfacher Kunstgriff, der sich auch sonst

im Laboratorium empfehlen dürfte. Die Schaltung a hat den grossen Nachteil geringer Abstimmsschärfe, weshalb gleichzeitig arbeitende Stationen auch bei beträchtlich verschiedenen Wellenlängen nicht getrennt werden können. Die Energieausnutzung ist hingegen relativ gut zu nennen. (Schaltungsschema Fig. 4.)

b) Eine Verbesserung in mancher Hinsicht wird erzielt, wenn man die Detektorkoppelung veränderlich macht. Das ist natürlich mit der besprochenen Einrichtung ohne weiteres möglich. Die Anordnung erinnert dann an den Spartransformator und es kann die beim Empfang an den Enden der Selbstinduktion auftretende Wechselspannung hinauf oder herunter „transformiert“ werden, je nachdem man den Detektorkreis an weniger oder mehr Windungen anschliesst, als für die Abstimmung der Antenne notwendig sind. Der erstere Fall des „Herabtransformierens“ lockert die Kopplung zwischen An-

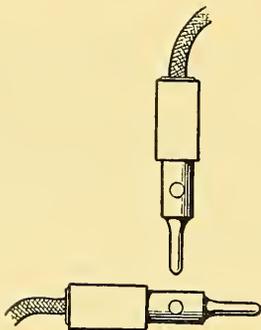


Fig. 3 (Stecker).

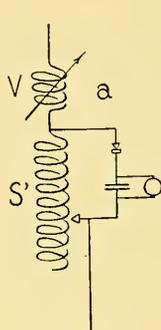


Fig. 4.

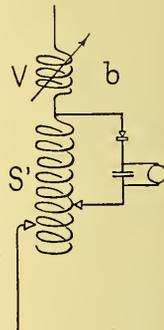


Fig. 5.

tennen- und Detektorkreis, was bei der Wellenselektion von Wichtigkeit ist; der zweite Fall des „Herauftransformierens“ bewirkt eine Spannungserhöhung an den Detektorpolen. Da aber der Nutzeffekt eines Krystallkontaktdetektors sehr von der anliegenden Wechselspannung abhängt, so kann man zuweilen, durch das „Herauftransformieren“, eine Erhöhung der Empfangslautstärke herbeiführen.

Handelt es sich überhaupt darum, unter Verzicht auf Abstimmsschärfe dem Empfangsinstrumente (Telephon oder Galvanometer) einen möglichst grossen Energiebetrag zuzuführen, so gelangt man, wie in der Technik bekannt, oft durch starke Verstimmung des Antennenkreises in Verbindung mit einer bestimmten, im allgemeinen festen Detektorkopplung, zu recht günstigen Verhältnissen.

Schliesslich seien einige Zahlen angegeben, welche zeigen sollen, in welchem Grade die Antennenabstimmung durch die Grösse der Detektorkopplung beeinflusst wird: Die fünfdrähtige Antenne wurde

an Kontakt 4 der untern Spule S', die Erde an Kontakt 0 angeschlossen, also eine Selbstinduktion von 1 264 000 cm als Abstimmmittel in den Luftleiter eingeschaltet. Mittels eines Wellenmessers (grosser Wellenmesser von Telefunken) bestimmte sich die Wellenlänge zu 1800 m, wenn der Detektorkreis über den Enden dieser Selbstinduktion lag. Tabelle 3 gibt die Verstimmung der Antenne wieder, wenn verschiedene Kopplungen gewählt wurden:

Tabelle 3.7)

Detektorkreis über:	0-1	0-2	0-3	0-4	0-5	0-6	0-7	0-8
Wellenlänge in m:	1790	1790	1790	1800	1835	1850	1870	1890

Wie man sieht, beeinflusst der Detektorkreis die Antennenabstimmung bei den ersten (losen) Kopplungen nicht merklich.

c) An Stelle der direkten Schaltung, bei welcher Antennen- und Detektorkreis gemeinsame Teile besitzen, trete nun die rein induktive Schaltung. Die untere Flachspule S' mit dem Variometer wird lediglich zur Antennenabstimmung benutzt, die beiden Detektorstöpsel in die in Fig. 1 vorne sichtbaren beiden Buchsen A' und B' eingeführt und dadurch die obere Flachspule S an den Detektor angeschlossen. Der Kurbelschalter gestattet, die 15 verschiedenen Spulunterteilungen zu benutzen, während in der Verschiebbarkeit der obren Spule S gegenüber der untern S' die weitgehendsten Möglichkeiten zur Variation der Kopplung liegen, extrem lose wie auch sehr feste Kopplungen können auf diese Weise ausgeführt werden.

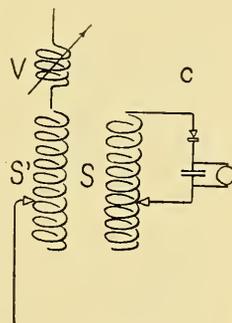


Fig. 6.

d) Die bis hierher beschriebenen Schaltungen arbeiten bloss mit Spulen als Abstimmelementen. Nimmt man Kapazitäten zu Hilfe, so ergeben sich zunächst zwei wichtige fundamentale Anordnungen, die mit dem Universalempfänger leicht zu kombinieren sind. Die induktive Kopplung des Detektorkreises wird beibehalten, nur tauschen die Spulen S und S' ihre Rollen. Die Detektorstecker können nach Wahl in je zwei von den 9 Anschlüssen der untern Spule eingesteckt werden. Die obere Spule S wird dann gemeinsam mit dem Drehkondensator in die Antenne eingeschaltet, indem man den Antennenstecker in die Buchse B', den Erdstecker in eine Buchse C' am Drehkondensator einführt. Je nach der Stellung des links oben auf

7) Bezüglich der Selbstinduktionen, über denen der Detektorkreis liegt, vgl. Tabelle 1.

der Spule S angebrachten Wechselschalters liegt der Drehkondensator der Selbstinduktion S parallel oder hinter derselben, zwei Anordnungen, die in der Technik als Lange-

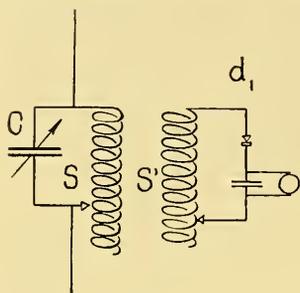


Fig. 7.

und Kurze-Wellen-Schaltung bekannt sind. Der parallel geschaltete Drehkondensator („Schwungradschaltung“) verlängert die Welle, während der Serienkondensator am Antennenfusspunkt bekanntlich eine Verkürzung der Welle bewirkt. Der hier angewandte Kunstgriff, der einen raschen Wechsel beider Anordnungen zulässt, wird bei den normalen „Telefunken“empfängern praktisch verwendet.

Ein Beispiel möge die Verhältnisse bei Anwendung der Schwungradschaltung zahlenmässig veranschaulichen: Aus dem Zylindervariometer und dem kleinen geeichten Drehkondensator wurde ein Schwingungskreis gebildet und durch die bekannte Eichhorn'sche Summererregung in Schwingung versetzt. Man änderte stufenweise Selbstinduktion und Kapazität so, dass am extrem lose gekoppelten Wellenmesser immer die Welle  $\lambda_1 = 600$  m erhalten wurde. Hierauf wurde zunächst der Einfluss einseitiger Erdung dieses Kreises untersucht. Es erfolgte jeweils eine kleine Erhöhung der Wellenlänge ( $\lambda_2$  in Tabelle 4). Bedeutend vergrößert wurde die Welle jedoch beim Anlegen der oben beschriebenen fünfdrähtigen Antenne ( $\lambda_3$  in Tabelle 4), sodass nun ein Vergleich zwischen den beiden Wellen  $\lambda_3$  und  $\lambda_1$  möglich war. Man erkennt, dass auch bei konstantem  $\lambda_1$  die „Verlängerung“ der Antenne durch den Schwungradkreis von Selbstinduktion und Kapazität des geschlossenen Kreises abhängig ist; bei grosser Selbstinduktion und kleiner Parallelkapazität ist die Verlängerung eine beträchtlich grössere, als im Falle grosser Parallelkapazität und kleiner Selbstinduktion. Es sei auch daran erinnert, dass beim Anlegen des Detektorkreises an die Enden der Selbstinduktion mit Zunahme der Parallelkapazität eine Lockerung der Kopplung zwischen Antennen- und Detektorkreis eintritt, wie man leicht am Empfang mittels Saitengalvanometer demonstrieren kann. (Man vergleiche Tabelle 5.) Auch eine Schätzung der Antennenkapazität lässt sich bei dieser Gelegenheit durchführen. Ersetzt man nämlich unter Verwendung eines geeichten Drehkondensators die Antenne mit ihrer Erdung durch eine derart abgeglichene Kapazität, dass die Welle  $\lambda_3$  (Antenne + Schwungradkreis) ungeändert bleibt, so würde die dabei notwendige Zusatzkapazität gleich der Antennenkapazität sein, wenn sich das Luftleitergebilde streng wie ein Plattenkondensator verhielte. Das ist aber nie korrekt der Fall, der Unter-

schied der so gemessenen Kapazität gegenüber der wirklichen kann geradezu als Massstab dafür gelten, wie weit der Unterschied zwischen „offenem“ und „geschlossenem“ Kondensator geht.<sup>8)</sup>

Tabelle 4.

Schwungrad Kreis $\lambda_1 = 600$ m		$\lambda_2$	$\lambda_3$		Antennen-	$\lambda_3$
Selbstindukt.	Kapazität	Erdung	Antenna, Erde	$\lambda_3/\lambda_1$	Ersatzkapazität	Berechnet
569 600 cm	160 cm	625 m	1250 m	2,08	570 cm	1281 m
492 600 "	185 "	615 "	1152 "	1,92	560 "	1203 "
396 200 "	230 "	615 "	1100 "	1,83	570 "	1115 "
312 400 "	290 "	610 "	1115 "	1,86	550 "	1017 "
222 200 "	405 "	600 "	940 "	1,57	570 "	924 "
150 600 "	605 "	600 "	860 "	1,43	570 "	835 "
100 100 "	910 "	600 "	770 "	1,28	570 "	764 "
85 200 "	1070 "	610 "	750 "	1,25	580 "	745 "

Eine einfache Regel<sup>9)</sup> lautet dahin, zur Berechnung der Antennenwelle aus der Welle des Schwungradkreises, in letzterem zur Kondensatorkapazität noch die Antennenkapazität zuzuzählen und damit nach der Thomson-Kirchhoff'schen Gleichung die Antennenwelle zu rechnen. Die letzte Zahlenreihe der Tabelle 4 zeigt, dass die Regel für angenäherte Berechnung recht brauchbar ist.

Besonders interessante Verhältnisse treten ein, wenn die Eigenwelle des Schwungradkreises nahe der Eigenwelle der unverlängerten Antenne gewählt wird. Auf diese und ähnliche Versuchsbedingungen soll in einer weiteren Untersuchung näher eingetreten werden.

Die „Kurze-Wellen-Schaltung“, welche den Verkürzungskondensator als wesentliches Element enthält, bietet zuweilen auch bei längern Wellen den Vorteil grösserer Energieausnutzung. Die Kopplung ist umso lockerer, je grösser die Selbstinduktion und damit je kleiner die Verkürzungskapazität ist. In Tabelle 5 ist ein Vergleich der beiden Schaltungsweisen an Hand eines praktischen Beispiels gezogen.

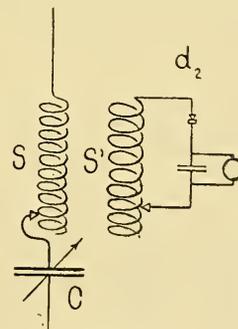


Fig. 8.

<sup>8)</sup> Vgl. etwa H. Rein, Radiotelegraphisches Praktikum, p. 53.

<sup>9)</sup> J. Zenneck, Lehrbuch der drahtlosen Telegraphie, 1913, p. 197.

Tabelle 5.

a) Lange-Wellen-(Schwungrad-)Schaltung. Morsestriche eines Pariser Zeitungsberichtes.

Selbstinduktion	Kapazität	Ablenkung am Saitengalvanometer
1 338 000 cm	170 cm	3-4 Skalenteile
1 043 000 "	480 "	2-3 "
764 000 "	740 "	2-3 "
522 200 "	1340 "	1,7-2 "

b) Kurze-Wellen-Schaltung. Morsestriche desselben Pariser Telegrammes.

Selbstinduktion	Kapazität	Ablenkung am Saitengalvanometer
2 613 000 cm	1060 cm	2,2-3,3 Skalenteile
3 143 000 "	705 "	2-3 "
3 743 000 "	435 "	1-2,2 "
4 409 000 "	340 "	1-2 "
5 117 000 "	290 "	1-1,7 "

In beiden Fällen war rein induktive Kopplung zwischen Antennen und Detektorkreis verwendet worden, die Antennenabstimmungsspule befand sich in konstanter Entfernung (3,5 cm) von der Detektorkreisspule. Die angegebenen Selbstinduktionswerte sind die mit der Brücke gemessenen, sie können daher hier nicht als absolut gelten, da in Tabelle 5 die Änderung des Selbstinduktionskoeffizienten mit Wellenlänge und Abstand von der gegenüberliegenden Spule wie auch die Spulenkapazität nicht berücksichtigt sind. Trotzdem ist die Lockerung der Kopplung durch Vergrössern der Kapazität im Falle a) durch Verkleinerung derselben im Falle b) deutlich zu sehen.

e) Die „Wellenmesser“-schaltung. Eine Schätzung der Wellenlänge einer aufgenommenen Station ist auf folgendem Wege möglich. Unter Verwendung der untern Spule und des Variometers sucht man die betreffende Station auf, indem man den Detektorkreis induktiv so lose wie irgend möglich koppelt. Es geschieht dies am besten durch eine möglichst grosse Distanz zwischen unterer und oberer Spule, dann ist der Antennenkreis auf die zu schätzende Welle abgestimmt. (Zu beachten sind die unter b und in Tabelle 3 niedergelegten Beobachtungen!) Aus der oberen Spule, an welcher man den Detektor und das Telephon (resp. Galvanometer) belässt, und dem Drehkondensator wird sodann ein geschlossener Schwingungskreis gebildet und durch Variation der Schwin-

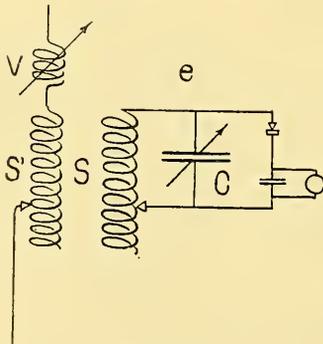


Fig. 9.

gungselemente abgestimmt, worauf eine Schätzung der Wellenlänge aus Selbstinduktion und Kapazität möglich ist, vorausgesetzt, dass man durch extrem lose Kopplung der beiden Kreise die gegenseitige Verstimmung auf ein Minimum herabgesetzt hat.

Bei dieser Gelegenheit sei noch eine Bemerkung über die Selbstinduktionswerte unsrer Flachspulen angefügt: Es ist natürlich nicht angängig, die mit Brücke und Niederfrequenz gemessenen Selbstinduktionswerte der Flachspulen zur Wellenmessung zu verwenden, da erstens die Selbstinduktion mit steigender Frequenz abnimmt und ferner die Spulenkapazität berücksichtigt werden muss. Da die beiden Einflüsse in entgegengesetzter Richtung wirken, die steigende Frequenz die Selbstinduktion herab, die Spulenkapazität sie gleichsam heraufsetzt, so entsteht ein bestimmter beide Einflüsse enthaltender Wert des Selbstinduktionskoeffizienten, für welchen noch einige Beispiele folgen sollen.

Gemäss der Thomson-Kirchhoff'schen Gleichung gilt für einen geschlossenen Kreis, welcher die Selbstinduktion  $L$  und die Kapazität  $C$  enthält,

$$\begin{aligned} \text{Schwingungsdauer } T &= 2\pi \sqrt{LC} \quad \text{oder} \\ \text{Wellenlänge } \lambda &= 2\pi v \sqrt{LC} \end{aligned}$$

Für die Praxis, welche meist die Selbstinduktionen und Kapazitäten in Zentimetern, die Wellenlänge in Metern ausdrückt, gilt

$$\lambda_m = 0,06283 \sqrt{L_{cm} C_{cm}} = \beta \sqrt{LC}$$

Sei  $C$  die Spulenkapazität beim Selbstinduktionskoeffizienten  $L$ , so gilt angenähert

$$\lambda' = \beta \sqrt{L(C+c)}$$

Denkt man sich die Spulenkapazität durch eine Erhöhung der Selbstinduktion  $L$  auf den Wert  $L'$  kompensiert, so kann man schreiben:

$$\begin{aligned} L(C+c) &= L'C \\ L' &= L \left(1 + \frac{c}{C}\right) \end{aligned}$$

Andererseits ist

$$\begin{aligned} \lambda &= \beta \sqrt{L'C} \quad \text{woraus} \\ L' &= \frac{\lambda^2}{\beta^2 C} \end{aligned}$$

So sind aus den Kapazitätswerten in Spalte 2 der Tabelle 4 die Selbstinduktionen in Spalte 1 für  $\lambda = 600$  m berechnet, sie enthalten

also, vorausgesetzt dass man den dort verwendeten Kondensator als von der Frequenz unabhängig betrachten darf, den Einfluss der Frequenz ( $5 \times 10^5$  Schwingungen oder  $\lambda = 600$  m) sowie die Spulenkapazität. Tabelle 6 veranschaulicht den Unterschied zwischen den berechneten Selbstinduktionen  $L'$  und den mit Brücke und Niederfrequenz erhaltenen Werten  $L$  für das kleine Zylindervariometer.

Tabelle 6.

Drehungswinkel.	0°	20°	40°	60°	90°	120°	140°	180°
Selbstindukt. $L$	86 900	100 000	153 100	211 600	296 000	374 000	436 700	518 000
Selbstindukt. $L'$	85 200	100 100	150 600	222 200	312 400	396 200	492 600	569 600

Bei hohen Selbstinduktionswerten, wo der Wicklungssinn der beiden Spulen derselbe ist, überwiegt der Einfluss der Kapazität über denjenigen der Frequenz, während sich bei den kleinen Selbstinduktionen die verkleinernde Wirkung der Frequenz geltend zu machen beginnt. Für angenäherte Wellenmessungen lässt sich also besonders bei kleinen Induktionswerten die Brückeneichung des Zylindervariometers verwenden. Tabelle 7 gibt die selben Verhältnisse für eine der beiden Flachspulen bei verschiedenen Wellenlängen.

Tabelle 7.

Wellenlänge	6000 m	5000 m	4000 m	3000 m	2000 m
Selbstinduktion $L$	5 117 000	5 117 000	5 117 000	5 117 000	5 117 000
Selbstinduktion $L'$	5 771 000	5 809 000	5 749 000	5 845 000	6 537 000

Der Unterschied ist recht beträchtlich und nimmt erst bei sehr grossen Wellenlängen soweit ab, dass  $L$  mit  $L'$  ohne groben Fehler vertauscht werden kann. Komplizierter wegen des freien Spulendes werden die Verhältnisse, wenn Teile der Flachspule derselben Untersuchung unterworfen werden, immer zeigte sich  $L'$  grösser wie  $L$ , das war auch der Grund, weshalb die Wellenschätzungen nach der Methode *e* regelmässig zu klein ausfielen, wenn die mit der Brücke gewonnenen Selbstinduktionswerte zur Berechnung von  $\lambda$  benutzt wurden.

f) Im oben beschriebenen Falle spielt der Umstand eine wichtige Rolle, dass an den zur Berechnung der Welle benutzten Messkreis der Detektor und das Telephon oder Galvanometer angeschlossen werden müssen. Man kann die Anordnung so auffassen, wie wenn parallel zum Drehkondensator noch eine kleine Kapazität und hauptsächlich ein grosser Ohm'scher Widerstand geschaltet wäre. Es steht ausser Zweifel, dass dadurch die Konstanten des Kreises beeinflusst

werden.<sup>10)</sup> Auf folgende Art wird diesem Übelstande begegnet: Anstatt den Resonanzindikator wie oben an den Messkreis zu legen, lässt man ihn in sehr loser Kopplung am abgestimmten Antennenkreise, wo er, wie Tabelle 3 zeigte, in diesem Falle keine Verstimmung hervorruft. Nun wird der zweite nur aus Selbstinduktion und Kapazität bestehende geschlossene Messkreis lose mit dem Antennenkreise gekoppelt und auf die Schwingung des letztern abgestimmt. Man bemerkt dann, dass bei einer bestimmten Welle des Messkreises eine vollständige „Auslöschung“ der Schwingungen im Antennenkreise eintritt, d. h. das Empfangstelephon schweigt oder das Galvanometer wird stromlos. Dieses Verfahren der Auslöschschaltung stellt also eine Nullmethode dar. Ein Beispiel möge es weiter illustrieren:

Wellenmessung an einem Pariser Zeitungstelegramm. Mit Variometer und unterer Flachspule wird die Antenne auf die Pariser Welle abgestimmt. Dabei wird, um jede verstimmende

Rückwirkung zu vermeiden, der früher erwähnte kleine aperiodische Kreis in losester Kopplung als Indikator verwendet. Hierauf stellt man mittels oberer Spule und Drehkondensator auf Auslöschung des Empfangs ein und erhält:

Selbstinduktion	2 490 000 cm	Kapazität	480 cm	$\lambda = 2172$ m
oder	„	„	770 cm	$\lambda = 2121$ m

Die Selbstinduktionswerte sind hiebei nicht die mit Brücke gemessenen, sondern in der oben entwickelten Weise auf Spulenkapazität und Frequenz korrigiert.

Auf die nähern Bedingungen der Auslöschschaltung kann erst nach weiterem genauem Studium eingetreten werden.

g) Hier schliessen sich nun alle Schaltungen an, welche auf dem eingangs beschriebenen aus beiden Flachspulen kombinierten Variometer beruhen. Das Grundprinzip der Schaltung selbst, die mit der unter b entwickelten identisch ist, bietet nichts neues. Deswegen sei hier bloss der mit unsrer Anordnung und der kleinen fünfdrähtigen Antenne erzielbare Wellen-Messbereich angeführt und dabei an die Daten der Tabelle 2 erinnert.

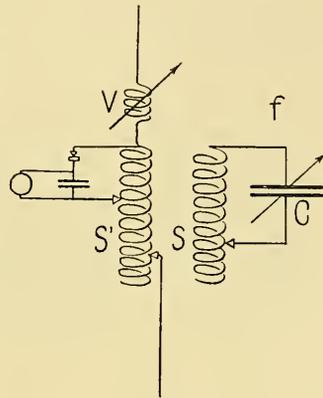


Fig. 10.

<sup>10)</sup> Vgl. z. B. H. Rein, loc. cit. p. 25.

Tabelle 8.

		Spulenabstand 0,5 cm	25 cm
Spulen parallel	entgegengesetzter Wicklungssinn	875 m	2450 m
" "	gleicher	3650 m	2670 m
Spulen in Serie	entgegengesetzter Wicklungssinn	ca. 1700 m	ca. 5000 m
" "	gleicher	> 7000 m	ca. 5000 m

Die Angaben der Tabelle 8 galten für den Fall, dass der Detektorkreis über den Enden des Variometers liegt. Natürlich kann auch loser gekoppelt werden, auch kann der Drehkondensator parallel oder in Serie zu dem Variometer nach Art von e zu weiteren Kombinationen dienen.

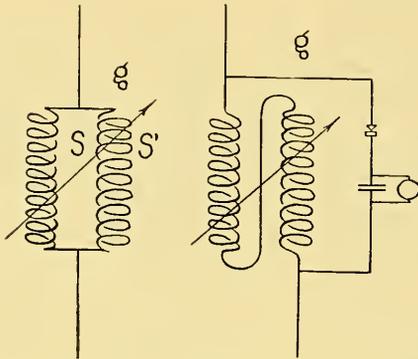


Fig. 11.

Wie man sieht, ist mit den hier aufgezählten die Zahl der mit dem Apparat möglichen Empfänger-Schaltungen noch nicht erschöpft. Es sei noch hervorgehoben, dass unter Verwendung einer kleinen in einem Hörsale angebrachten Antenne, die mit Summer bei verschiedenen Wellen erregt wird, die ganze Reihe der verschiedenen Schaltungen leicht demonstriert werden kann.

Man ersetzt zu diesem Zwecke das Telephon durch irgend ein empfindliches Demonstrationsgalvanometer. Recht vorteilhaft erwies sich z. B. ein kleines empfindliches Zeigerinstrument von Hartmann und Braun, welches mit dem Episkope an den Schirm projiziert wurde. (Demonstration der Empfangsapparatur vor der Basler Naturforschenden Gesellschaft, Juni 1914.)

Die Leistungsfähigkeit als radiotelegraphische Station ist durch den Empfang des Norddeicher Zeitsignals in Basel mit der beschriebenen kleinen Antenne beim vollen Sonnenschein eines Sommertages wohl am besten erwiesen. Nachts wurden unter vielen andern gehört: Saintes Maries de la Mer (an der Rhonemündung), Rochefort zuweilen französische Panzer etc. Bei Tage: Paris (grosse und kleine Station), Norddeich, Nauen, Strassburg, Metz, Köln, Belfort, Epinal etc.

Leider haftet verschiedenen hier mitgeteilten Ergebnissen der Mangel der Unvollständigkeit an. Der Ausbruch des europäischen Krieges (August 1914) und mit ihm das Verbot radiotelegraphischer Untersuchungen hat der weiteren Ausgestaltung vorliegender Arbeit ein unerwünschtes Ziel gesteckt. Sie enthält, dessen ist sich der Verfasser wohl bewusst, wenig eigentlich neues, ihr Zweck war aber,

wie bereits in der Einleitung ausgeführt, ein einfaches und brauchbares Instrumentarium für Vorlesungs- und Forschungszwecke zusammenzustellen und dasselbe in verschiedenen Richtungen auf seine Verwendbarkeit zu prüfen.

### Zusammenfassung.

1. Es wird eine universelle radiotelegraphische Empfangsanordnung beschrieben, wobei durch Angabe von Einzelheiten eine Wiederholung der damit möglichen Versuche erleichtert wird.
2. Zwei parallel verschiebbare Flachspulen bilden ein Selbstinduktionsvariometer mit grossem Messbereich.
3. Beurteilung der Wirkung „toter“ Antennenverlängerungen auf den Empfang.
4. Prüfung des Universalempfängers an Hand der verschiedenen ausführbaren Schaltungen. (Schwungradschaltung, Wellenmessung und Auslöschschaltung werden besonders untersucht.)

Manuscript eingegangen Ende August 1914.

---

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft zu Basel](#)

Jahr/Year: 1914

Band/Volume: [25 1914](#)

Autor(en)/Author(s): Zickendraht Hans

Artikel/Article: [Eine universelle radiotelegraphische Empfangsanordnung 150-167](#)