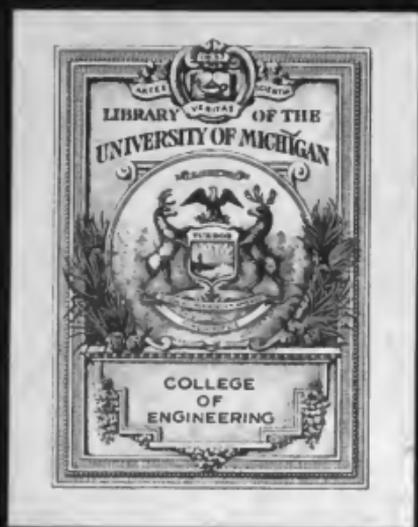


B 417359

Handbuch der Flugzeugkunde Band IX

Niemann
Funkentelegraphie
für
Flugzeuge





Funkentelegraphie
für
Flugzeuge
von
Erich Niemann

Handbuch der Flugzeugkunde

Unter Mitwirkung des
Reichsamtes für Luft- und Kraftfahrwesen
herausgegeben

von

F. Wagenführ

Major und Kommandeur der Flugzeugmeisterei

Band IX:

Funkentelegraphie für Flugzeuge



BERLIN W 62
Richard Carl Schmidt & Co.
1921

Funkentelegraphie

für

Flugzeuge

von

Erich Niemann

Oberleutnant und Kommandeur der Flieger-Funker-Versuchsabteilung
der Flugzeugmeisterei

Mit 343 Abbildungen im Text



BERLIN W 62
Richard Carl Schmidt & Co.
1921

Hare.
Eng.
12-20-1922
Eng. fit.

Alle Rechte, auch das der Übersetzung, vorbehalten
Copyright 1921 by Richard Carl Schmidt & Co., Berlin W 62

Spamersche Buchdruckerei in Leipzig

Zur Einführung.

Die Erfahrungen, die während des Krieges aus den Arbeiten der technisch-wissenschaftlichen Abteilungen der Flugzeugmeisterei gesammelt worden sind, werden der kommenden deutschen Friedensentwicklung der Verkehrsflugzeuge zu großem Nutzen gereichen. Ich habe deshalb auch das Reichsamt für Luft- und Kraftfahrwesen gern in den Dienst der Nutzanwendung des wissenschaftlichen Vermächnisses der Flugzeugmeisterei gestellt und wünsche dem „Handbuch der Flugzeugkunde“ weiteste Verbreitung und besten Erfolg.

Berlin, im Dezember 1919.

August Euler
Unterstaatssekretär.

Vorwort des Herausgebers.

Das heutige Flugzeug ist erst unter der harten Notwendigkeit des Krieges geschaffen worden. Die Fliegertruppe mußte die denkbar höchsten technischen Anforderungen an Flugzeuge, Motoren, Instrumente und die umfangreiche militärische Ausrüstung stellen, da sie einem an Zahl und Hilfsmitteln weit überlegenen Gegner gegenüber stand. Der Flugzeugmeisterei, die für die Beschaffung der Flugzeuge und ihres Zubehörs eingerichtet worden war, erwuchs hieraus die Aufgabe, nicht nur für möglichst reichlichen Nachschub, sondern auch für die technische Weiterentwicklung aller in ihr Arbeitsgebiet fallenden Zweige des Flugzeugwesens zu sorgen, unermüdlich die in Betracht kommenden Versuche zu fördern, die wissenschaftliche Erkenntnis, deren Bedeutung immer mehr hervortrat, zu vertiefen und dann auch die Verfahren für die Prüfung der abgelieferten Erzeugnisse der Industrie dauernd zu verbessern.

Infolgedessen sind nach und nach im Bereich der Flugzeugmeisterei neben den reinen Beschaffungsstellen technisch-wissenschaftliche Fachabteilungen für jeden Zweig des Flugzeugwesens entstanden. Wertvolle Grundlagen dafür fand die Fliegertruppe vor in der zwei Jahre vor dem Kriege begründeten Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt, Adlershof, welche sich mit ihren gesamten Einrichtungen und ihren leitenden Kräften rückhaltlos in den Dienst der Truppe stellte. Weitere Mitarbeiter von anerkanntem wissenschaftlichen Ruf wurden mit Erfolg für die Behandlung der zahlreichen ungelösten Fragen der Flugtechnik herangezogen. Die Ergebnisse ihrer Untersuchungen wurden den beteiligten Kreisen unverzüglich durch Vermittelung der von der Flugzeugmeisterei herausgegebenen „Technischen Berichte“ zur Verfügung gestellt. Diese Berichte sind jetzt nach Aufhebung des Kriegszustandes auch der Öffentlichkeit zugänglich gemacht worden.

Es lag nun das dringende Bedürfnis vor, auch die im Herbst 1918 noch nicht in den „Technischen Berichten“ veröffentlichten Arbeiten zugänglich zu machen und gleichzeitig die umfangreichen Gesamtergebnisse der Forderungen innerhalb der Flugzeugmeisterei, die einen wertvollen Untergrund für alle Weiterarbeit auf diesem Gebiet darstellen, im Interesse der Allgemeinheit möglichst weit zu verbreiten. So ist der Gedanke entstanden, ein größeres Werk sozusagen als „wissenschaftliches Vermächtnis der Flugzeugmeisterei“ zur Förderung der zukünftigen Flugtechnik und als Anregung für die dringend notwendige weitere wissenschaftliche Forschung auf diesem Gebiete herauszugeben. Mit seiner streng wissenschaftlichen und unparteiischen Behandlung aller wichtigen Teile der Flugzeug-

anlage soll dieses „Handbuch der Flugzeugkunde“ insbesondere dem Bau von Flugzeugen für den kommenden Luftverkehr die außerordentlich wertvollen flugtechnischen Erfahrungen und Versuchsergebnisse der Jahre 1914—1918 in zusammengefaßter Form übermitteln. Möge es berufen sein, als Wegweiser dafür zu dienen und damit immer neue brauchbare Lösungen der Aufgabe anzubahnen. Durch die Aufnahme der Ergebnisse von späteren Forschungen soll es aber auch dauernd auf den neuesten Stand der Technik ergänzt werden und dadurch einen bleibenden Wert behalten.

Ich stelle mit Freude fest, daß sich fast alle meine fachkundigen wissenschaftlichen Mitarbeiter mit großer Bereitwilligkeit in den Dienst dieser Sache gestellt haben und daß die beteiligte Industrie, insbesondere der „Verband deutscher Flugzeugindustrieller“, durch Überlassung wertvoller Unterlagen, sowie durch Zuwendung namhafter Geldmittel das Zustandekommen des Werkes wesentlich unterstützt hat.

Ihnen allen, die in solcher Weise insbesondere der zukünftigen Flugtechnik und den ihr verwandten Gebieten gedient und mir so geholfen haben, ein Denkmal für die wissenschaftliche Tätigkeit im Bereich der Flugzeugmeisterei aufzurichten, sei an dieser Stelle für ihre Mitarbeit gedankt.

Berlin, im Dezember 1919.

Wagenführ,
Major und Kommandeur der
Flugzeugmeisterei.

Vorwort des Verfassers.

Bei Eintritt der Demobilisation erging an mich durch den Inspekteur des Flugzeugwesens, Herrn Major Wagenführ, die Aufforderung, die während des Krieges auf Flieger-funkentelegraphisch-technischem Gebiete gesammelten Erfahrungen, die Versuchs- und Konstruktionsergebnisse der F.-T.-Versuchs-Ahteilung der Flugzeugmeisterei des Flugzeugwesens zusammenfassend in einem Werke darzustellen.

Da ich die Flieger-Funkentelegraphie mit aus der Wiege gehoben habe, ihre technische Entwicklung als Leiter und Kommandeur der F.-T.-Versuchs-Ahteilung seit ihrem Bestehen bis Kriegsschluß in meinen Händen lag und ich als Mitglied des F.-T.-Ausschusses der Obersten Heeresleitung an der Organisation der Flieger-funkentelegraphie ständig mitwirken durfte, war mir die Materie vertraut. Ich bin daher dem Rufe gern gefolgt.

Während des Krieges mußten naturgemäß die Entwicklung und die Erfolge unseres Flugzeug-F.-T.-Wesens streng geheimgehalten werden. Jetzt jedoch war der Zeitpunkt gekommen, den Schleier zu lüften und die breite Öffentlichkeit von dem Erstrebten und Erreichten zu unterrichten. Es lag im Interesse unserer aus den Kriegstrümmern sich langsam wieder aufbauenden Friedensluftfahrt, die Erfahrungen des Krieges für ihre künftige Entwicklung als Grundlage zu ver-

wenden. Eine Veröffentlichung der technischen Geschichte der Fliegerfunkerei erschien daher um so erwünschter, als über dieses neueste Gebiet der modernen Technik in der Literatur nur vereinzelte kurze Angaben zu finden sind.

Bei der Zusammenstellung des Materials und beim Abfassen des Textes habe ich mich von dem Gedanken leiten lassen, daß weniger Laien, als Freunde und Fachleute des Flugzeugwesens die Leser des Buches sein werden; insbesondere diejenigen, welche an der Entwicklung unserer Luftfahrt in Zukunft mithelfen wollen.

Ich habe daher die Kenntnis der allgemeinen elektrischen Begriffe und funktelgraphischen Vorgänge, soweit sie vor dem Kriege bekannt waren, vorausgesetzt. Auf Theorie und Praxis, soweit sie nach dem 4. August 1914 entstanden, bin ich jedoch ausführlicher eingegangen.

Da Abbildungen, Konstruktionszeichnungen, Schaltsehemen und Tabellen anschaulicher als Worte sind, habe ich ausgiebig davon Gebrauch gemacht.

Das Werk macht keinen Anspruch auf Vollständigkeit; es soll vielmehr ein wissenschaftlich-technisches Testament sein, das den Stand des in den vier Kriegsjahren Erstrebt und Erreichten in großen Zügen darlegt.

Dieses Buch soll nicht der Öffentlichkeit übergeben werden, ohne meiner ehemaligen Vorgesetzten und der leitenden Wissenschaftler und Ingenieure unserer wissenschaftlichen Institute und Fabriken zu gedenken. Sie haben vorausschauend die Bedeutung der Funkentelegraphie für die Fliegertruppe rechtzeitig erkannt und sind stets für ihre Förderung eingetreten.

Den Offizieren, Unteroffizieren und Mannschaften der ehemaligen F.-T.-Versuchs-Abteilung, die mich alle durch pflichtgetreue Arbeit in der Heimat und am Feinde in der Lösung der der Abteilung gestellten Aufgabe unterstützt haben, sage ich kameradschaftlichen Dank.

Besonderer Dank gebührt Herrn Marinebaurat Engberding, der mir bei der Abfassung und Durchsicht des Werkes die größte Unterstützung zuteil werden ließ.

Charlottenburg, Sommer 1920.

Erich Niemann.

Inhaltsverzeichnis.

Vorwort	Seite VII
--------------------------	--------------

Abchnitt I.

Rückblick auf die Entwicklung der Funkentelegraphie von ihren ersten Anfängen bis Kriegsausbruch und Stand der damaligen F.-T.-Technik.

a) Die ersten F.-T.-Versuche des Luftschiffer-Bataillons Nr. 1 in den Jahren 1897—1904	1
b) Die technische Entwicklung der verschiedenen F.-T.-Systeme in Deutschland	3
1. Das erste Stationsmodell der Siemens-Gesellschaft und der A. E. G.	3
2. Die Gründung der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie „Telefunken“ und die Verschmelzung der Systeme Braun-Slaby	4
3. Die „Poulsen-Methode“	4
4. Die Wien'sche Stoßerregung	4
5. Die Erfindung der Hochfrequenzmaschine	5
c) Die ersten F.-T.-Stationen für Luftfahrzeuge	6
1. Die ersten Hör-Empfangsstationen von Telefunken im April 1912	6
2. Die ersten Sende-Empfangsstationen	7
I. für Lenkluftschiffe und Freiballone	7
II. für Flugzeuge	9

Abchnitt II.

Allgemeine Erfahrungen bezüglich der Konstruktionsgrundsätze beim Bau von Flieger-F.-T.-Geräten während des Krieges.

a) Gewicht und Abmessungen des F.-T.-Bordgeräts	16
b) Bedienung des F.-T.-Bordgeräts	18
c) Mechanische und elektrische Empfindlichkeit	21
d) Organischer Zusammenbau des F.-T.-Bordgeräts mit der Flugzeugzelle und dem Flugzeugmotor	23
e) Schreib-, Sicht- und Hörempfang	24

f) Die Vorteile und Nachteile der verschiedenen F.-T.-Systeme bei ihrer Anwendung für die Flieger-F.-T.	27
g) Besondere Anforderungen an das Flieger-F.-T.-Gerät bei verschiedenen Flugzeugtypen und Bodenstationen	29

Abchnitt III.

Die herabhängenden Flugzeugantennen.

a) Die allgemeine Bauart	40
1. Antennenhaspel	40
2. Antenne	41
3. Antennen-Ei	45
b) Die mechanischen Eigenschaften der 35 m-Antenne	46
1. Form	46
2. Die Arbeitsleistung in horizontaler Richtung	52
c) Die elektrischen Größenordnungen von Antennen verschiedener Länge	53
1. Die 35 m-Antenne im C-Flugzeug	53
2. Die 78 m-Antenne im Riesenflugzeug	53
3. Die 150 m-Antenne im Riesenflugzeug	53
d) Die Richtwirkung der herabhängenden Flugzeugantenne	53
1. Allgemeine Versuchsordnung	53
2. Die drahtlose Apparatur im Flugzeug zur Bestimmung der Richtwirkung	54
3. Das Senderverfahren	54
4. Die Ortsbestimmung	54
5. Die physikalische Meßmethode	56
6. Die Auswertung der Beobachtungen	57
7. Die Meßergebnisse	58

Abchnitt IV.

Die festeingebaute Flugzeugantenne.

a) Die Vorteile der fest eingebauten Antenne gegenüber der herabhängenden Antenne	63
1. Die mechanischen Vorteile	63
2. Die elektrischen Vorzüge und Nachteile	63
b) Antennenanordnungen frei zwischen Tragdeck und Rumpf gespannt (halb feste Anlage) und ihre elektrischen Größenordnungen	64
1. Die aufgesetzte Schirmantenne	64
2. Die umgekehrte Schirmantenne	65
3. Die zweistrahlige, halbstarre Antenne	67
c) Antennenanordnungen dem Flugzeugrumpf fest eingebaut, ihre Ausmaße und elektrischen Größenordnungen	67
d) Energiemessungen und Richtwirkungsuntersuchungen über feste und halb feste Antennen	69

Abchnitt V.

Die Kathodenröhre.

a) Die Bedeutung der Kathodenröhre in ihrer Anwendung für die Flieger-Funkentelegraphie	77
b) Die Wirkungsweise der Kathodenröhre	80

	Seite
c) Die Kathodenröhre als Niederfrequenzverstärker	83
1. Der Vorgang der Verstärkung	83
2. Die Barkhausensche Theorie der Verstärkerrohren	84
3. Die verschiedenen Arten von Niederfrequenzverstärkern	88
I. Allgemeine elektrische Unterschiede entsprechend verschiedener Leistung	88
II. Verschiedene Ausführungsformen	90
4. Methode zur Prüfung der Leistung von Niederfrequenzverstärkern	100
I. Zweck der Versuche	100
11. Die zu prüfenden Niederfrequenzverstärker	101
A. Beschreibung der Typen	101
B. Abmessungen und Gewichte	103
C. Die zugehörigen Batterien	103
III. Die Messung des Verstärkungsfaktors	104
A. Die subjektive Meßmethode	104
B. Die objektive Meßmethode	106
C. Die Bestimmung der Reizschwelle für Flugzeugempfang	117
IV. Die Untersuchung der einzelnen Röhren	121
A. Die Charakteristik der Röhren	121
B. Die Prüfung auf Lebensdauer	122
V. Die Prüfung der Verstärker im Flugzeug	122
VI. Die Prüfung des Verstärkers „Huth L 30“	122
A. Beschreibung	122
B. Die Prüfung der Verstärkungszahl	123
C. Die Untersuchung der Röhren	125
D. Die Prüfung im Flugzeug	125
d) Die Kathodenröhre als Detektor	125
e) Die Kathodenröhre als Schwingungserzeuger	128
1. Der Vorgang der Schwingungserzeugung	128
2. Die historische Entwicklung der Senderöhre	136
3. Theorie der Senderöhren	140
4. Leistungen von Senderöhren verschiedener Ausführung	147
5. Lebensdauer der Senderöhren	148
f) Die Kathodenröhre als Hochfrequenzverstärker	149
g) Die Kathodenröhre als Überlagerer	151

Abschnitt VI.

Mechanische und pneumatische Relais.

a) Allgemeines	154
Zweck, Arbeitsweise und Bauart von mechanischen und pneumatischen Relais	154
b) Das mechanische Relais von Dr. Stille	156
1. Das Nachschaltrelais	156
2. Das Primärrelais	157
c) Das mechanische Nachschaltrelais der Firma Telegrafon G. m. b. H.	159
d) Das Elektro-Pneumatische Relais von Dr. Stille	160

Abchnitt VII.

Fernhörer.

a) Allgemeines	164
b) Verschiedene Ausführungsformen von Kopfernörern	165
c) Prüfmethöden von Kopfernörern	168

Abchnitt VIII.

F.-T.-Bordgerät nach dem System des tönenden Löschfunkens.

a) Stromquellen	171
1. Allgemeine Anforderungen an die Leistung der Generatoren	171
2. Die verschiedenen Arten des Antriebes der Generatoren und zwar:	
I. der Antrieb mittels Propeller	173
II. die direkte Kupplung mit dem Flugzeugmotor	176
III. Antrieb durch besonderes Motor-Aggregat	178
3. Prüfung von Einheitsgeneratoren für C-Flugzeuge der Type „Telefunken“ und der Type „Huth“	179
4. Beschreibung des Generators für C-Flugzeuge „Einheitsgenerator“, Type „Idflieg D 17“	182
5. Generatoren für Groß- (G) und Riesen- (R) Flugzeuge	187
6. Spannungsmesser als Tourenzähler	187
b) Das Sendergerät im C-Flugzeug	189
1. Der „Telefunken-Sender“ und „Huth-Sender“	189
2. Abstimmung von „Telefunken“- und „Huth“-Sendern	191
3. Leistungsvergleich zwischen „Telefunken“- und „Huth“-Sendern	198
c) Die ersten brauchbaren Bordempänger	199
d) Das Sende-Empfängergerät für C-Flugzeuge	203
1. Der Sender-Empfänger Type Idflieg D.	203
2. Der Sender-Empfänger mit eingebautem Röhrenverstärker, Type „Telefunken N“	215
e) Das Sende-Empfängergerät für Kampfeinsitzer	217
1. Allgemeines	217
2. Empfänger	227
3. Sender	230
4. Sender-Empfänger	230
f) Das Gerät für Groß-Flugzeuge (G-Flugzeuge) und das Gerät für Riesen-Flugzeuge (R-Flugzeuge)	235

Abchnitt IX.

F.-T.-Bordgerät nach dem System des Röhrensenders.

a) Die Vorteile des ungedämpften Röhrensystems gegenüber dem System der gedämpften Wellen	247
Die ersten Versuchsmodelle	250
b) Röhren-Sende-Empfängergerät für C-Flugzeuge	258
1. Das Telefunkengerät U S E I	258
I. Der Sender-Empfänger	258
A. Allgemeines	258
B. Senderteil	260

	Seite
C. Empfängerteil	262
D. Verstärkerteil	264
E. Gesamtschaltung	264
F. Anordnung der Einzelteile	266
II. Stromquelle	267
A. Allgemeines	267
B. Die 600-Volt Gleichstrommaschine	267
III. Das Einbaugerät	268
Luftdraht mit Haspel	268
Einbauleitungen mit Taste und Strommesser	268
IV. Leistung des Geräts	268
Sender-Leistung	268
a) Im Stand	268
β) In der Luft	270
2. Das Huth-Gerät Type F. R. D 125	270
I. Allgemeines	270
II. Die Antenne	270
III. Der Wellenbereich	271
IV. Die Schaltung	272
V. Der Zusammenbau des Geräts	273
VI. Die Kraftquelle	274
VII. Übersicht über Abmessungen, Gewicht und Leistung der Einzelapparate	276

Abchnitt X.

F.-T.-Bodenstationen als Gegenstationen für Flugzeuge.

a) Die Fieger-Boden-Empfangs-Stationen	277
b) Die Fieger-Boden-Sende-Empfangs-Stationen	279
1. Allgemeines	279
2. Die fahrbare Fieger-Gefechts-Station	280
I. Beschreibung	280
II. Richtwirkung der doppelten T-Antenne der Gefechtsstation	293
3. Die Kraftwagen-Fieger-Hafen-Station	298
c) Störstationen	302
1. Allgemeines	302
2. Der Schleisender der Firma Dr. E. F. Ruth	302
d) Ungedämpfte Röhren-Sende-Empfangsstationen	307

Abchnitt XI.

Die F.-T.-Peilung von Flugzeugen.

a) Allgemeine Versuchsanordnung	308
b) Peilstation und Sendeeinrichtung	308
c) Kreisflüge und Sternflüge	309
1. Kreisflüge. Anpeilen mit Fernrohrbussole	309
2. Sternflüge	310
3. Gedrehte Antenne, versetzte Antenne	312

	Seite
4. Güte der Minima	312
5. Antennenstern, Aufbau und Ergebnis	313
d) Mißweisungen	315
1. Mißweiskurve bei Sternflügen	315
2. Mißweisung und Flughöhe	319
3. Mißweisung und Entfernung	320
4. Mißweisung und Richtempfangerschaltung	321
5. Mißweisung und Wellenlänge	322
6. Mißweisung und Winkel zwischen Antennenschleifen und Schstrahl	322
7. Mißweisung und Standort der Station	324
8. Güte der Minima	325
9. Zusammenhang mit der Theorie	326
e) Praktische Folgerungen und Ausblicke	327
f) Das Kiebitzsche Richtendeckverfahren	328
1. Einleitung	328
2. Allgemeine Rechnung	329
3. Rundflüge, Linkskreis	330
4. Rundflüge, Rechtskreis	331
5. An- und Abflug	331
6. Sternflüge	331
I. Allgemeines	331
II. Beispiele	332
7. Vergleich mit der Erfahrung und Gesamtergebnis	332

Abchnitt XII.

Einwirkung größerer Flughöhen auf das F.-T.-Bordgerät.

a) Kälteuntersuchungen am Sender	334
1. Versuchsanordnung	334
2. Verlauf des Versuches und Ergebnis	335
b) Untersuchung der Funkenstrecke im Vakuum	336
1. Versuchsanordnung	336
2. Verlauf des Versuches und Ergebnis	338
c) Kälteuntersuchungen an Sammlern	343
1. Versuchsanordnung	343
2. Verlauf der Versuche und Ergebnisse	344

Abchnitt XIII.

Flieger-F.-T.-Gerät des Auslandes.

a) Allgemeines	348
b) Der französische Sender B 3	348
c) Der französische Sender mit rotierender Funkenstrecke	351
d) Der französische Sender K 6	353
e) Der englische Sender-Transmitter T Nr. 1	355
f) Der russische Sender Type A 1916	357
g) Der englische Audion-Empfänger-Tuner Aircraft M. K. II, Nr. 10	358

	Seite
b) Der französische Empfänger: Modèle de la télégraphie Militaire, Gaumont, Paris, Nr. 73	361
i) Der russische Empfänger Modell A. U. 1916	361
k) Französischer Propeller konstanter Tourenzahl	364

Abschnitt XIV.

Verschiedene Probleme.

a) Allgemeines	366
b) Die drahtlose Fernübertragung vom Flugzeug	366
c) Die drahtlose Telephonie für Flugzeuge	369
d) Der Flugzeug-Richtfinder	370
e) Anwendung und Organisation der Funkentelegraphie im künftigen Luftverkehr	371
1. Die F.-T. im Dienste der Luftverkehrsgesellschaften	371
I. Wettermeldedienst	371
II. F.-T.-Peilung	373
III. F.-T.-Start- und Landemeldedienst	374
IV. Telegrammverkehr des Passagiers	375
2. Die F.-T. im Dienste des Flugsports	376
3. F.-T.-Verkehr der Luftstreitkräfte	376
4. F.-T.-System und Wellenbereiche	376

Abschnitt XV.

Literaturverzeichnis	378
Register	395

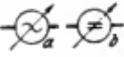
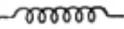
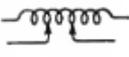
	Abzweigungen		Galvanometer, Nullinstrument
	a) Anschlußklemme b) Kreuzung ohne Kontakt		a) Wechselstr.- } Meß- b) Gleichstrom- } Instr.
	a) Drehschalter b) Taste		Induktionsfreier Widerstand
	Umschalter für drei Stromkreise		Widerstand
	Doppelpoliger Um- schalter für vier Stromkreise		Veränderlicher Widerstand
			Eisenwiderstand
	Doppelpoliger Um- schalter für zwei Stromkreise		Elektromagnet, Drosselspule
	Ampèremeter		Transformatoren
	Voltmeter		Selbstinduktion
	Wattmeter		Stufenweis veränderl. Selbstinduktion

Abb. 1

Schaltungszeichnungen.

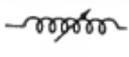
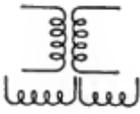
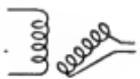
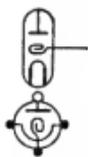
	Variometer		Telephon
	Kopplungen		Mikrophon
			Leuchtröhre
	Veränderl. Kopplung m. drehbarer Spule		Funkenstrecke
	Kondensator		Glühkathoden-Röhre
	Drehkondensator		
	a) Element, Gleichstrom-Quelle b) Batterie		Antenne
	Wechselstr.-Quelle, Summer		Erdung
	Gleichstrommaschine		Isolirtes Gegen- gewicht
	Wechselstrom- maschine		
	Detektor		Künstliche Antenne als (Dreh-) Kon- densator

Abb. 1

Abschnitt I.

Rückblick auf die Entwicklung der Funkentelegraphie von ihren ersten Anfängen bis Kriegsausbruch und Stand der damaligen F.-T.-Technik.

a) Die ersten F.-T.-Versuche des Luftschiffer-Bataillons Nr. 1 in den Jahren 1897—1904¹⁾.

Luftfahrt und Funkentelegraphie, die modernsten Zweige der Technik, sind mit berufen, dem 20. Jahrhundert ihren Stempel aufzudrücken. Von Beginn an standen sie in Deutschland in engen wechselseitigen Beziehungen zueinander, die sich aus den vielfachen gemeinsamen Berührungspunkten ergeben und aus einer inneren Verwandtschaft insofern, als beider Arbeitsfeld der weite Ozean des Luftmeeres ist, von dessen physikalischen Eigenschaften beide in gleichem Maße abhängig sind und bei dessen Durchforschung und Eroberung die eine die Hilfe des anderen nicht entbehren kann.

So ist es erklärlich, daß die amtlichen Stellen und Persönlichkeiten, deren Tätigkeit wir den heutigen Stand der militärischen Luftfahrt in Deutschland verdanken, von vornherein auch zu den deutschen Pionieren der Funkentelegraphie: Braun, Slaby und Arco in engste Fühlung traten und die Bestrebungen der mit diesen Forschern verbundenen Gesellschaften tatkräftig und erfolgreich unterstützten.

Im Sommer 1897 erregte die Nachricht, daß es dem italienischen Ingenieur Marconi gelungen sei, Depeschen auf Entfernungen bis zu 16 km auf elektrischem Wege ohne Verwendung eines fortlaufenden Drahtes zu übermitteln, allgemeines Aufsehen. In Erkenntnis der Wichtigkeit des neuen Verkehrsmittels wurden in Deutschland sofort entsprechende Versuche bei der Marine und der Landarmee in die Wege geleitet. Um die erforderlichen Luftdrähte an Ballonen hochzuführen, nahm man die Hilfe der Luftschiffertruppe in Anspruch. Der damalige Kommandeur der Luftschifferabteilung, Major Klussmann, erklärte sich bereit, die Versuche weiter fortzuführen, wozu die allerhöchste Genehmigung erteilt wurde. Die Truppe trat mit Professor Slaby, der mit seinem damaligen Assistenten, Graf Arco als erster in Deutschland die neue Erfindung weiter verfolgt und praktisch ausgebildet

¹⁾ Vergl. „Telefunken-Zeitung“.

hatte, behufs gemeinsamen Zusammenarbeitens in Verbindung. Mit der besonderen Leitung der Arbeit bei der Luftschifferabteilung wurde der durch die Konstruktion des Drachenballons bekannte und durch seinen tragischen Tod bei einer Ballonfahrt im Februar 1902 der Truppe leider zu früh entrissene Hauptmann Bartsch von Sigsfeld betraut.

Schon im Oktober 1897 gelang es mit Hilfe von Luftdrähten, die durch Fesselballone hochgeführt wurden, auf eine Entfernung von 21 km funkentelegraphische Zeichen zu senden. Im Frühjahr 1898 wurde die erreichbare Entfernung auf 60 km (Berlin-Jüterbog) gesteigert. Als durch diese Versuche die Möglichkeit der Verwendung der F.-T. über Land und weitere Entfernungen unzweifelhaft festgestellt war, ging man an die Konstruktion der ersten fahrbaren Station. Es war klar, daß die F.-T. nicht an feste Punkte gebunden sein durfte, wenn sie für die kämpfende Truppe brauchbar sein sollte. Nutzen bringen konnten nur leicht bewegliche und schnell auf- und abzubauen Stationen, die befähigt waren, der Truppe auch außerhalb gebahnter Wege zu folgen, um die Verbindung miteinander in wenigen Minuten aufzunehmen. Im Sommer 1900 standen der Luftschifferabteilung die beiden ersten fahrbaren Stationen zur Verfügung. Die Kaisermanöver bei Stettin boten Gelegenheit, die F.-T. zum erstenmal in größeren Truppenverbänden an Hand dieser Stationen zu erproben. Obwohl eine Verwendung zunächst nur auf 10–15 km beabsichtigt war, gelang es, Entfernungen bis 28 km ohne Schwierigkeiten und unbeeinträchtigt von der Tageszeit, Wetterlage und Geländebedeckung zu überbrücken. Behufs Durchführung gemeinsamer Versuche mit Professor Braun rückte im Sommer 1901 ein Kommando der Luftschifferabteilung unter Führung des Hauptmanns von Sigsfeld mit 2 fahrbaren Stationen nach Straßburg zur Teilnahme an den Festungsmanövern aus. Gleichzeitig beteiligten sich 3 fahrbare und 2 feste Stationen an den Kaisermanövern in Danzig. Hier fand sich auch zum erstenmal Gelegenheit, mit der Marine in F.-T.-Verbindung zu treten. Es ergab sich dabei, daß eine gegenseitige Verständigung möglich war, obwohl die Marine mit dem System Slaby-Arco, die Armee mit dem System Braun-Siemens arbeitete. Als Reichweite wurden 30 km mit dem Fritter und 50 km mit Hörempfang erzielt. Bei diesen Versuchen wurde insbesondere die Frage der Reichweite, Wellenlänge und der Abstimmung für bestimmte Wellenlängen geklärt.

Die gesammelten Erfahrungen fanden in dem Kaisermanöver 1904 in Mecklenburg praktische Verwendung, wo die gemeinsamen Aktionen von Landheer und Flotte wesentlich dadurch unterstützt wurden, daß beide Teile dauernd durch F.-T. unter sich und mit der Leitung auf Entfernungen bis 100 km in Verbindung standen. Der im Frühjahr des gleichen Jahres ausgebrochene Aufstand in Südwestafrika bot die erwünschte Gelegenheit, die Brauchbarkeit der F.-T. im Ernstfall unter besonders schwierigen Umständen zu erweisen. Drei Stationen nahmen an dem konzentrischen Vormarsch gegen den Waterberg und an den Gefechten um denselben teil. Sie dienten zur fast nie unterbrochenen Verbindung der einzelnen Kolonnen unter sich und mit dem Oberkommando. Die Stationen haben auf Entfernungen bis 150 km sicher gearbeitet. Die zunächst gefürchtete Einwirkung des dortigen Klimas auf die Apparate sowie Störungen durch luftelektrische Erscheinungen in stärkerem Maße traten nicht ein.

b) Die technische Entwicklung der verschiedenen F.-T.-Systeme.

1. Das erste Stationsmodell der Siemens-Gesellschaft und der A. E. G. (Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft.)

Damit hatte die F.-T. ihre gewaltige militärische Bedeutung für den Land- und Seekrieg erwiesen, sie trat aus dem Stadium der Versuche heraus und der Weg zu ihrer weiteren organisatorischen und technischen Entwicklung war geöffnet. Dem Luftschiffer-Bataillon gebührt das Verdienst, der deutschen Armee in jahrelanger mühevoller weit vorausschauender Arbeit die F.-T. geschaffen zu haben. Außer den fahrbaren Feldstationen und den Schiffstationen wurden in den nun folgenden Jahren Luftschiffe und Flugzeuge mit F.-T. ausgerüstet. Damit hatte die drahtlose Telegraphie sich das Gebiet unserer neuesten Technik erobert und ihre alten, in der historischen Entwicklung gegründeten Beziehungen zu der Luftfahrt als deren wertvollstes Hilfsmittel noch fester geknüpft.

Die Entwicklung der F.-T. in Deutschland war unter ungleich schwierigeren Verhältnissen vor sich gegangen wie z. B. in England, obwohl gerade die früheren und zu gleicher Zeit durchgeführten Arbeiten der Deutschen Hertz, Braun, Slaby, Graf Arco wichtiger für die Entwicklung gewesen sind, als die ersten Versuche Marconis. Bei der deutschen Marine waren die Apparate der A. E. G.-Slaby erprobt worden, bei der deutschen Armee die Braun-Siemens-Apparate. 1913 besaß jede der beiden Gesellschaften bereits einen Einheitstyp, das „Stationsmodell“. Durch die scharfe Konkurrenz der zwei Systeme wurde die Entwicklung der deutschen F.-T. nicht behindert, im Gegenteil in hohem Maße gefördert und beschleunigt. Kein Zweig der Technik, außer der Luftfahrt, hat in der Welt eine so bedeutungsvolle und schnelle Entwicklung durchgemacht, kein Problem besitzt solche Perspektiven wie die „Drahtlose“. Aus dem Stationsmodell von 1913 von 1 KW. Primärenergie und 50 km Reichweite hat sich bis zum Jahre 1918 die Großstation Nauen mit 400 KW. und 20 000 km Reichweite entwickelt!

Das erste Siemens-Stationsmodell war als Protzfahrzeug gebaut mit einem Benzinmotor und einer Gleichstromdynamomaschine zur Stromerzeugung, einem in Resonanz erbanten Induktor mit Wehnelunterbrecher, mit einer Sendeschaltung nach dem Braunschens Patent, bei welcher als Kondensator kleine reagenzglasartige Leydener Flaschen und ein ölgebautes Hochfrequenztransformator benutzt wurden. Der Empfang bestand in der Hauptsache in Kohärer-Apparaten.

Das A. E. G.-Modell des Marinesenders arbeitete auch mit Gleichstrom und einer Quecksilberturbinenunterbrechung. Desgleichen mit einem Leydener Flaschen enthaltenden Erregerkreis, der durch einen Selbsttransformator mit dem Luftdraht verbunden war. Als Empfänger diente wieder ein Kohärerapparat, dessen Abstimmung durch „variable“ Schiebepulen bewirkt wurde.

Das Typische für den Stand der damaligen Technik war, daß die Stationen nur mit Niederfrequenz und Gleichstrommeßinstrumenten versehen waren. Das Eintreten der Resonanz wurde durch eine Spannungsmessung festgestellt. Zu gleicher Zeit wurde von der Braun-Siemens-Gesellschaft der Franke-Dontzsche Wellenmesser, der erste der Welt gebaut. Er bestand aus einem variablen Resonanzkreis, bei dem die Abstimmungsveränderung durch einen Öldruckkondensator bewirkt wurde.

der in Verbindung mit einem die Energie quantitativ anzeigenden Hitzdraht-instrument arbeitete. Mit dieser Apparatur konnte man neben Wellenmessungen auch quantitative Dämpfungsmessungen ausführen.

2. Die Gründung der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie „Telefunken“ und die Verschmelzung der Systeme Brann-Slaby.

Um innerhalb Deutschlands zu einem einheitlichen System zu gelangen, um andererseits der Marconi-Gesellschaft im Auslande in dem Ausbau des Weltfunknetzes in wirksamer Konkurrenz gegenüberzutreten zu können, wurde auf Betreiben der Reichsverwaltung von den beiden sich bisher in Deutschland bekämpfenden Konkurrenzfirmen, der A. E. G. und Siemens, die gemeinsame Tochtergesellschaft „Telefunken“ gegründet.

Die technische Arbeit der Folgezeit galt der Verschmelzung beider Systeme zu einem Einheitsmodell. Zur Vergrößerung der Reichweiten wurden die Seude-Energien gesteigert. Als ein recht bedenklicher Übelstand wurde die Störungsempfindlichkeit der Kohärer-Empfänger empfunden. Zu deren Verringerung wurde die Empfangskopplung durchgearbeitet, gleichzeitig wurde unter Beibehaltung der Schwingungskreise des Empfängers der Kohärer durch den Hörempfang mittels elektrolytischer Zelle, später durch Kristalldetektoren ersetzt und gleichzeitig die Funkenzahl am Sender gesteigert. Man erkannte, daß dieses ein Weg war, um ohne Vergrößerung der Antennen mehr Energie im Sender zur Ausstrahlung zu bringen und größere Reichweiten zu erzielen.

3. Die „Poulsen-Methode“ im Jahre 1906.

Bei diesem Stande der Entwicklung kam im Jahre 1906 und 1907 eine große Bewegung in die drahtlose Technik durch das Bekanntwerden der Poulsen-Methode zur Erzeugung ungedämpfter Schwingungen. Die englischen Forscher Thomson und Dudel hatten erkannt, daß auch ein mit Gleichstrom gespeister Lichtbogen unter gewissen Bedingungen in einem angeschlossenen schwingungsfähigen System Schwingungen auftreten läßt. Für die „Drahtlose“ wurde die Anordnung durch den Dänen Poulsen verwendbar gemacht und nach ihm benannt. Der Firma Lorenz gebührt das Verdienst, das Poulsen-System für Zwecke der Marine technisch hervorragend durchgebildet zu haben. Infolge seiner mechanischen Empfindlichkeit und der Notwendigkeit, die Lampe ständig zu überwachen und nachzuregulieren, war diese Stationsart für Zwecke der Armee und Luftfahrt ungeeignet. Es kam nicht, wie man anfangs glaubte, zu einer Beseitigung der Funkenmethode, sondern im Gegenteil, diese neue Konkurrenz gab nur einen gewaltigen Anstoß zu einer Verbesserung der Funken-sender.

4. Die Wien'sche Stoßerregung.

In diese Zeit fällt auch die Entwicklung der Wicnschen Stoßerregung. Die Versuche wurden mit allen nur denkbaren Formen von Funkenstrecken, darunter

auch Quecksilberdampf-Lampen und Vakuum-Funkenstrecken, aufgenommen. Hierbei wurde die Funkenfolge auf ein oder mehrere Tausend pro Sekunde gesteigert. Nach etwa zweijähriger angestrengtester Laboratoriumsarbeit war die erste tönende Löschfunkenstation nach dem Telefunkenystem fertiggestellt, welche mit einem Kilowatt im Luftdraht arbeitete und die Bewunderung und das Erstaunen aller übrigen Stationen erregte, die Gelegenheit hatten, die Signale des ersten tönenden Senders aufzufangen. Die Anordnung einer Serienfunkenstrecke mit guter Kühlung und in Verbindung mit einer hierfür richtig bemessenen Kopplung zwischen Erregung und Luftdraht: Das war das neue Fundament, auf welchem die drahtlose Technik das System der gedämpften Wellen bis zum heutigen Tage zu hoher Vollendung ausgebildet hat.

Das Anwendungsgebiet der F.-T. erweiterte sich; nicht nur für Kriegszwecke bei Heer und Marine fand die F.-T. allgemein Verbreitung; es wurden auch Radio-Groß-Stationen für den internationalen Verkehr und Schiffsstationen für die Handelsmarine eingeführt. Mit dem erweiterten Absatzgebiete vergrößerte sich auch die einschlägige F.-T.-Industrie: Außer Telefunken befaßten sich in Deutschland die Firmen Lorenz, Huth, Deutsche Telefon-Werke, Mix & Genest und die Signalgesellschaft mit dem Bau drahtloser Stationen.

Entsprechend den mannigfachen Bedürfnissen entstanden Stationen mit den verschiedensten elektrischen Leistungen. Zur Erzielung großer Reichweiten wurden die Senderleistungen vergrößert bis zu Primärleistungen von mehreren 100 KW. Da große Reichweiten sich nur mit großen Wellen überbrücken lassen, wurden die Abstimmmittel im Sender und Empfänger für Wellen von 100 bis zu 8000 m Länge dimensioniert. Da bei dem bisherigen gedämpften System die Länge der Antenne wesentlich von der Wellenlänge abhängig ist, mußten den großen Wellenlängen entsprechend ausgedehnte Luftdrahtgebilde konstruiert werden.

5. Die Erfindung der Hochfrequenzmaschine.

Ein weiterer wichtiger Fortschritt bildete die Erzeugung ungedämpfter Schwingungen mittels Hochfrequenzmaschinen.

Die Erfahrung hatte gezeigt, daß der Einfluß des Lichtes auf große Entfernungen zur Anwendung sehr großer Wellenlängen und gleichzeitig zur Benutzung langer Antennen zwingt und ferner, daß für große Entfernungen ganz gewaltige Energiebeträge notwendig sind, wenn auch bei Tageslicht die Funkentelegraphie einwandfrei arbeiten soll. Da diese Anforderung bei Funkensendern zu einer Verminderung der Funkenfolge zwingt und diese wiederum zu einer schlechteren Energieausnutzung, hat die direkte Erzeugung ungedämpfter Schwingungen aus einer Hochfrequenzmaschine erhebliche Bedeutung erhalten. Es wurde eine Hochfrequenzmaschinenanlage durchgebildet nach dem Prinzip, in der Maschine eine relativ niedrige Wechselstromperiode zu erzeugen und die Hochfrequenz durch mehrfache Periodenverdopplungen zu gewinnen. Bei diesem Verfahren gelang es auch zum erstenmal, eine drahtlose Telephonie in rationeller Weise zustande zu bringen und die Frage des Starkstrommikrophons zu lösen bzw. zu umgehen. 1914 gelang auf diese Weise eine gute Gesprächsübertragung von Nauen bis Wien, also auf zirka 600 km, wobei

mit einer dort benutzten verhältnismäßig kleinen Empfangsantenne eine Telephonie-lautstärke von annähernd 10 Parallelohm festgestellt wurde, bei sehr großer Deutlichkeit selbst der Konsonanten. Telefunken baute für Nauen auf Grund dieser Erfolge eine 200 KW. Hochfrequenzanlage.

Allgemein eingeführt und vorhanden waren in Deutschland im Jahre 1914 folgende Systeme:

1. Tönender Löschfunke für gedämpfte Wellen;
2. Poulsen-Stationen für ungedämpfte Wellen;
3. Stationen mit Hochfrequenzmaschinen für ungedämpfte Wellen.

e) Die ersten F.-T.-Stationen für Luftfahrzeuge.

1. Die ersten Hör-Empfangsstationen von Telefunken im April 1912.

Der von der deutschen Reichspostverwaltung im Verein mit der Marine auf den Küstenstationen Norddeich für die Nordsee und in Kiel, Swinemünde und Danzig für die Ostsee eingerichtete Zeitsignal-Sturmwarnungs- und Wetternachrichtendienst hatte in Luftfahrkreisen das Bedürfnis nach einem einfach zu bedienenden, billigen und auch in Laienhand betriebssicheren Hör-Empfangsapparat, der in erster Linie für die Aufnahme der oben aufgeführten Signale bestimmt ist, laut werden lassen.

Die Bedingungen, die ein solcher Apparat erfüllen sollte, waren folgende:

1. Leichtes Gewicht, geringer Raumbedarf, einfache Bedienung, billiger Anschaffungspreis, geringe Unterhaltungskosten.
2. Ein Wellenbereich, der sowohl die Gebrauchswelle der Feuerschiffe und Seewarten (etwa 300 m) als auch die im Schiffsverkehr allgemein übliche Welle (mittlere Welle etwa 600 m) sowie schließlich die Spezialwelle der Großstation Norddeich (große Welle etwa 2000 m) umfaßte.
3. Die Möglichkeit, die oben angeführten Wellen auch bei der kleinsten praktisch vorkommenden Antenne schnell und mit wenigen Handgriffen einzustellen.
4. Schneller und einfacher Ersatz aller der Abnutzung unterworfenen Teile.

Im April 1912 brachte Telefunken einen Hörempfänger, Type E 33 heraus, der obige Anforderungen im wesentlichen erfüllte. Infolge seines geringen Gewichts von nur 3,5 kg erhielt er für Freiballone und Luftschiffe eine besondere Bedeutung.

Da dieser Hör-Empfänger das erste F.-T.-Gerät für Luftfahrzeuge war, soll eine kurze Beschreibung folgen: Der Empfänger war in einem Holzkasten (äußere Abmessungen 20 × 20 × 20 cm) eingebaut, der oben mit einer Hartgummiplatte verschlossen war. Auf dieser Platte befanden sich:

1. Ein Drehknopf mit Feststellvorrichtung, Zeiger und Gradskala zur Betätigung des Drehvariometers des aus Drehvariometer und festem Kondensator bestehenden abstimmbaren Schwingungskreises;
2. ein Umschalter zum Schalten auf kleine, mittlere und große Welle;
3. ein Detektor mit Zusatzstück;

4. zwei Fernhörer-Stöpselbuchsen;
5. ein Drehknopf für den Prüfer;
6. zwei Anschlußklemmen für Antenne und Erde.

Mit diesem Gerät wurden mit Erfolg in Freiballonen und Lenkluftschiffen funken-telegraphische Zeichen aufgenommen, man scheute sich jedoch zunächst, mit Rücksicht auf Explosions- und Feuersgefahr, auch eine Sendereinrichtung mit an Bord zu nehmen.

2. Die ersten Send-Empfangsstationen.

1. Für Lenkluftschiffe und Freiballone.

Aber gerade die Abgabe von Nachrichten von Bord des Luftfahrzeuges nach der Erde hin war diejenige Aufgabe, welche für die Luftfahrt den größten Nutzen bringen mußte. Die Feuersgefahr war einerseits bedingt durch die Funkenbildungen an der Sende-Apparatur und andererseits durch die großen Energiemengen und hohen elektrischen Spannungen, welche in den Sender-Antennen vorhanden waren. Die erstere Gefahr war bei den tönenden Löschfunkensendern kleiner, weil sie mit luftdicht abgeschlossenen Funkenstrecken arbeiteten. Aber auch Verbesserungen der Antennen haben eine fast gefahrlose Benutzung ermöglicht.

Die Antennen-Anordnung richtete sich natürlich nach den konstruktiven Einzelheiten der Luftfahrzeuge. Bei Lenkballonen wurde in der Regel ein Luftdraht aus der Gondel herabgelassen und die Metallteile der Gondel selbst bildeten das Gegengewicht hierfür (D. R. P. Nr. 148 001).

Enthielt die Gondel nicht genügend Metallteile und daher ungenügende Kapazität oder war die Gefahr einer Gasentzündung durch zu große Nähe der die Hochspannung leitenden Teile am Ballonkörper vorhanden, so wurde als Antenne eine Anordnung nach Dr. Beggerow angewandt (D. R. P. Nr. 225 204). Aus der hinteren Gondel wurden 2 parallele Luftdrähte herabgelassen, von denen der eine kürzer war als der andere. Der kürzere bildete mit einem Teil des längeren zusammen eine Art System und der überragende Teil des längeren die eigentlich strahlende Antenne. Auf diese Weise waren die gefährlichen Spannungen und alle Hochfrequenz-Energien führenden Leitungen von dem eigentlichen Schiffskörper weit entfernt.

Bei Freiballonen wurde der Luftdraht 100 oder mehrere 100 m aus der Gondel senkrecht herabgelassen und als Gegengewicht der Ballonkörper mit einem leitenden Netze umgeben. Dieses gewährte auch einen gewissen Schutz gegen statische Ladungen und damit gegen die bei der Landung sehr gefürchteten Gasentzündungen. Die Luftdrahtlänge konnte hier erheblich größer gewählt werden, als bei dem Motorballon und es wurden daher mit relativ kleinen Send-Energien große Reichweiten erzielt. Diese Antennenanordnung nach Mayenburg ist durch das D. R. P. Nr. 232 257 geschützt.

Im Frühjahr 1912 brachte Telefunken das erste Send-Empfangsgerät für Luftschiffe heraus. Den Raumverhältnissen in der Gondel Rechnung tragend, wurden die radiotelegraphischen Apparate in einem Holzschrank, der durch Vertikalwand in eine offene vordere und eine geschlossene hintere Hälfte abgeteilt war, unter-

gebracht. In der vorderen offenen Hälfte befanden sich alle von Hand zu bedienenden Einzelapparate des Senders und Empfängers, während in der hinteren geschlossenen Hälfte diejenigen Teile des Senders, wie Selbstinduktion, Kapazität eingebaut waren, die keiner Wartung und Beobachtung bedurften.

Auf dem Schrank war auf vier Porzellanisolatoren eine Haspel, auf der ein Luftdraht von zirka 200 m Phosphorbronzelitze aufgewickelt war, mit stark isolierter Kurbel, Sperrklinke, Bremse, Zählerwerk und Luftdraht aufmontiert.

Auf der rechten Außenseite befanden sich die Klemmenanschlüsse für Stromquelle und die Stationsbeleuchtung.

Die äußeren Abmessungen des Schrankes waren: Breite 560 mm, Tiefe 330 mm, Höhe 760 mm.

Als Antenne diente eine auf der Haspel aufgewickelte Bronzelitze von zirka 3 mm Durchmesser, die vermittels der isolierten Handkurbel, der gewählten Wellenlänge entsprechend, abgekurbelt und durch passend angeordnete isolierte Laufräder über den Bord der Gondel freischwebend herabgelassen wurde. Ein Zählwerk gab die abgekurbelte Drahtlänge in Metern an.

Ein Luftdrahtumschalter, der im Schrank angebracht war, bewirkte in der Senderstellung ein Blockieren der Empfangsapparate und in der Empfangsstellung dasselbe für die Stromquelle, so daß durch unbeabsichtigtes Niederdrücken der Taste beim Empfang die empfindlichen Teile des Empfängers nicht gefährdet wurden.

Das Gegengewicht wurde von den Metallteilen der Gondel gebildet.

Als Stromquelle wurde ein Wechselstrom-Dynamo mit angebauter Erregermaschine verwendet, deren Leistung zirka 3000 Touren pro Minute und bei einer Periodenzahl von zirka 500 pro Sekunde, zirka 500 Watt betrug. Der Antrieb erfolgte durch den Motor des Luftschiffes je nach Unterbringung des Apparates in der Gondel durch Ketten oder durch ein Vorgelege mit lösbarer Kupplung.

Ein Voltmeter, sowie Spannungs- und Tourenregulatoren und Sicherungen wurden im Schrank untergebracht.

Der Sender bestand aus Transformator, Löschfunkenstrecke, Erregerkapazität und Selbstinduktion, Luftdrahtverlängerungsspule, Ampèremeter, Taste und Umschaltevorrichtung für drei verschiedene Wellenlängen. Kapazität, Selbstinduktion und Verlängerungsspule befanden sich in der hinteren verschlossenen Hälfte des Schrankes, die übrigen Teile waren in übersichtlicher und leicht zugänglicher Weise in der vorderen Hälfte angeordnet.

Der Sende-Erregerkreis ließ sich auf mehrere Wellen, die im Bereich von 300 bis 1200 m lagen, abstimmen. Für die verschiedenen Wellen wurden entsprechende Luftdrahtspulen, die Anschlußstüpsel für bestimmte Wellenlängen hatten, in die Antenne eingeschaltet. Die genaue Abstimmung wurde dadurch erzielt, daß man den Antennendraht mehr oder weniger weit herabließ. Der Antennendraht wurde durch Marken (d. h. durch verschiedene Farben, die mit den Anschlüssen der Erreger und Kopplungswindungen übereinstimmten) für die entsprechenden Wellen gekennzeichnet. Falls ein Luftschiff also in geringer Höhe fuhr, kamen nur die kleinen Wellen in Betracht.

Als Empfänger diente ein komplettes Hör-Empfangs-System, Spezialtype für Luftschiffe. Die einzelnen Teile des Empfängers waren: Variable Selbstinduktion,

Detektor, Telephon nebst Blockkondensator und eine Blockierung für den Detektor. Für das Telephon waren zwei Stöpsellöcher vorgesehen. Alle diese Teile waren gleichfalls in dem oben angegebenen Apparateschrank enthalten.

Der Empfänger erhielt die gesamte Selbstinduktion, die zur Vergrößerung der Antenneneigenschwingung nötig war, zum gleichzeitigen galvanischen Koppeln des Detektors. Die Detektorkopplungsschwingungen ließen sich durch Anwendung verschiedener Stöpsel ändern, die Anzahl der Antennenverlängerungswindungen war für alle Wellen ungefähr dieselbe, so daß nur die Detektorkopplungswindungen eingestellt zu werden brauchten.

Die Reichweite der Station in Verbindung mit einer fahrbaren Militärstation betrug 100--200 km.

Das Gewicht der kompletten Station belief sich auf:

Apparateschrank mit Luftdrahthaspel	zirka 70 kg
Wechselstrom-Dynamo mit Erregermaschinen.	<u>zirka 50 kg</u>
	Sa. 125 kg

II. Für Flugzeuge.

Die großen Fortschritte auf dem Gebiete der drahtlosen Telegraphie und die Erfolge und Erfahrungen mit den oben geschilderten Stationen für Freiballone und Lenkluftschiffe ermöglichten es Telefunken, noch im Laufe des Jahres 1912, als erste deutsche Firma eine Station zu konstruieren, die vermöge ihres geringen Gewichts und Raumbedarf sich besonders für Flugzeuge eignete. Während bisher zur Übermittlung der gemachten Beobachtungen das Flugzeug immer wieder zu seiner Befehlsstelle zurückkehren mußte, war der Beobachter nunmehr in der Lage, seine Aufzeichnungen während des Fluges an die fahrbaren Gefechts- bzw. stationären Stationen weiterzugeben.

Somit wurde die Funkentelegraphie das Mittel, die Beobachtung des Fliegers auf schnellstem Wege in Waffenwirkung umzusetzen.

Die zur Verwendung gelangende Stationstypen richtete sich nach dem Verwendungszweck des Flugzeuges.

Sollte das Flugzeug nur zur Beobachtung für eine feuernde Batterie dienen und blieb es stets in der Nähe der Stelle, der es seine Beobachtung übermitteln sollte, so kamen Stationen für kleine Reichweiten von ca. 25 km mit Batteriebetrieb in Frage. Sollte das Flugzeug hingegen weite Beobachtungsflüge ausführen, so kamen größere Stationen von 100 und mehr Kilometern Reichweite in Frage. In diesem Falle lieferte eine Dynamomaschine den zum Betrieb erforderlichen Strom. Bei kleinen Stationen speiste der Strom einiger Elemente oder einer kleinen Akkumulatorenbatterie einen Induktor mit Hammerunterbrecher, dessen hochgespannter Strom die Kapazität des Senders auflud. Das Gewicht einer derartigen Station betrug etwa 25 kg.

Die Hauptkonstruktionsteile waren folgende: Die Antenne war auf einer Trommel aufgewickelt, die in unmittelbarer Nähe des Beobachters am Flugzeug angebracht war. Von dieser Haspel führte der Antennendraht aus Phosphorbronze in einem Kupferrohr längs eines Trägers des Fahrgestells zu einem Punkte, bei dem

keine Gefahr vorhanden war, daß der abgewickelte Draht in den Propeller geraten oder beim Landen mit dem Erdboden in Berührung kommen konnte. Das Ende des Drahtes war mit einer Bleikugel beschwert, um ein leichtes Abwickeln desselben herbeizuführen und um den Draht in abgewickeltem Zustande stets gespannt zu halten. Der Draht selbst war in Abständen von 5 zu 5 m mit Reißstellen versehen. Diese Reißstellen, deren Zerreißfestigkeit nur ca. 4 bis 5 kg betrug, sollten in dem Fall, daß der Antennendraht sich bei niedrigen Flügen irgendwo am Erdboden verwickelte, zerreißen und auf diese Weise verhindern, daß das Flugzeug selbst durch einen Ruck in Gefahr geriet. Das obere Ende des Antennendrahtes war metallisch mit der Haspel verbunden. Durch eine Stöpselschnur war letztere beim Senden an den Sender, beim Empfang an den Empfänger angeschaltet.

Als Gegengewicht dienten sämtliche Metallteile des Flugzeuges, die Spanndrähte, das Fahrgestell, der Motor, die Kühler usw. Zur Erzielung größerer Reichweiten wurde gegebenenfalls die Kapazität des Gegengewichtes noch durch besonders ausgespannte Drähte bezw. durch Metallverkleidungen der Tragflächen vergrößert. Der Sender (ausschließlich der Batterie) war in einem Holzkasten eingebaut. Zur Inbetriebsetzung war es nur erforderlich, die Verbindungsleitung zwischen der Haspel und dem Sender herzustellen. Auf der Deckplatte befanden sich zu diesem Zwecke zwei Stöpsellöcher, in welche die Verbindungsschnur für Antenne und Gegengewicht eingestöpselt wurde.

Die Regulierung der Kopplung zwischen der Antenne und dem Primärkreis, sowie die Verlängerung der Selbstinduktion der Antennenverlängerungsspule erfolgte durch zwei auf dem Senderkasten befindliche Handgriffe. Die Handgriffe ließen sich einzeln feststellen, so daß man beide Griffe einzeln wie auch gemeinsam drehen konnte. Neben dem Stöpsel für den Anschluß der Verbindungsleitungen zur Luftdrahthaspel befand sich eine Heliumröhre als Welleninduktor, zur Einstellung der Resonanz zwischen Primär- und Sekundärkreis.

Auf der Grundplatte des Senders war gleichzeitig der Empfänger angeordnet. Der Anschluß der Antenne an den Empfänger geschah ebenfalls dadurch, daß die Stöpselschnur der Luftdrahthaspel in das Stöpselloch des Empfängers eingeführt wurde.

Auf der Empfängerplatte befand sich eine Schiebepule zur Veränderung der Abstimmung der Antenne. Parallel zu dieser Luftdrahtverlängerungsspule war der Detektor und das Telefon geschaltet. Parallel zu dem Telefon war ein Blockkondensator angeordnet.

Das Kopftelephon war in einer mit weichem Filz ausgepolsterten Fliegerhaube eingebaut. Durch die Schallisolation des Filzes sollte erreicht werden, daß die im Telefon hörbaren Zeichen trotz des Geräusches des Flugzeugmotors wahrgenommen werden konnten.

Alle praktischen Versuche, im Flugzeug zu empfangen, scheiterten jedoch zunächst an zwei Tatsachen. Die vorhandenen stellbaren Kristalldetektoren waren mechanisch zu empfindlich, um den Vibrationen des Flugzeugkörpers während des Fluges gewachsen zu sein. Die Lösung dieser Schwierigkeit brachte erst der mit Hilfspannung betriebene Karborunddetektor. Ferner war die Empfangslautstärke

selbst bei Aufwand großer Sende-Energien bei den Bodenstationen viel zu gering, um ohne Lautverstärker (mechanische Relais und Kathodenrelais) im Flugzeuge gehört zu werden. Erst im Sommer 1915 gelang es, alle diese Schwierigkeiten zu beheben.

Außer der oben kurz beschriebenen Bordstation mit Batteriebetrieb und Reichweite von ca. 25 km brachte die Telefunken-Gesellschaft im gleichen Jahre noch eine größere Apparattypen für eine Reichweite von 100 km heraus. Als Antenne diente wie bei der kleineren Type ein auf einer Haspel aufgewickelter Bronzedraht. Dieser wurde in einem Kupferrohr an einem Träger des Fahrgestells nach unten geführt. Als Gegengewicht dienten der Flugzeugrumpf und Motor mit ihrer gesamten Metallmasse. Der Sender war nach dem System der tönenden Löschklingen gebaut und für das wahlweise Senden von drei verschiedenen Wellen eingerichtet. Die gesamte Sender-Empfängereinrichtung war in einem Kasten fest eingebaut, der aus Aluminiumrahmen mit Rohrplatten- oder Holzfournierverkleidung hergestellt war. Die zum Betriebe des Senders erforderliche Energie wurde von einer fünfhundertperiodischen Wechselstrommaschine geliefert, die vom Flugzeugmotor vermittels einer biegsamen Welle angetrieben wurde. Im Getriebe war gleichzeitig eine Kupplung vorgesehen, welche gestattete, die Dynamomaschine nach Belieben ein- und auszuschalten. Die Kupplung wurde mittels Seilzuges vom Sitze des Beobachters aus bedient. Das Gesamtgewicht dieser Anlage betrug ca. 45 kg.

Außer der Telefunken-Gesellschaft hat auch die Firma „Dr. Erich F. Huth G. m. b. H.“, Berlin sich bereits in den Jahren 1912/13 mit dem Bau drahtloser Stationen zunächst für Freiballone und später für Flugzeuge und Motorluftschiffe befaßt¹⁾.

Zur ersten praktischen Erprobung ihrer Apparate wurde der Firma am 2. September 1911 vom Berliner Verein für Luftschiffahrt der Ballon „Hewald“ zur Verfügung gestellt. Die Fahrt unter Führung des Herrn Hauptmann d. Res. Dr. Elias ging von Tegel nach der Insel Wollin. Die Anbringung des Gegengewichtes erfolgte, nachdem der Ballon zur Hälfte gefüllt war. Ein Kupferdraht von 1 mm Durchmesser wurde längs des Ballonäquators, ein zweiter 1,5 m tiefer im Netzwerk befestigt. Beide Drahtkreise wurden sechsmal miteinander verbunden und die zusammengedrehten Drähte in die Gondel eingeführt, wo sie an die Empfangsapparate gelegt wurden. Die Antenne bestand aus 2 mm starker biegsamer Kupferlitze. Sie war auf einem isolierten Rade aufgewickelt und hatte eine Länge von 150 m. Das Handrad wurde außen direkt unter dem Bordrand der Gondel befestigt. Die vollständig ausgekurbelte Antenne hatte eine Kapazität von 260 cm. Als Empfänger wurde die Type Huth E 10 von den äußeren Abmessungen 17,5 · 19,6 × 20,0 cm benutzt. Dieser Apparat war ein Primärempfänger für die Wellenlänge 200–2500 m, mit zwei einstellbaren, wahlweise zu benutzenden Kontakt-detektoren. Ferner war zum Einstöpseln des Telefons ein Buchsenpaar vorhanden und ein zweites zum Anschluß einer Prüfeinrichtung. Diese Prüfeinrichtung gestattete, den Empfänger jederzeit auf eine bestimmte Wellenlänge einzustellen und auf seinen betriebsfähigen Zustand zu kontrollieren. Während der ganzen

¹⁾ Vergl. Firma Dr. E. F. Huth, Zeitschrift „Antenne“ 1903.

Fahrt wurden die von der Berliner Hafenstation der Firma Dr. Erich F. Huth bei verschiedenen Wellenlängen gegebenen Zeichen mit außerordentlicher Lautstärke aufgenommen.

Eine Ausführungsform einer Flugzeug-F.-T.-Station der Firma Dr. Erich F. Huth, welche zuerst auf einem Wright-Doppeldecker erprobt wurde und sich elektrisch und mechanisch auch bewährte, sei hier kurz beschrieben. Sender und Empfänger sind in einem Holzkasten von den Abmessungen $14 \times 23 \times 19$ cm untergebracht. Der Deckel des Kastens ist mit einem Schlitz versehen, aus dem die Taste hervorragt, so daß auch bei geschlossenem Kasten telegraphiert werden kann. Der Sender ist mit tönenden Funken ausgerüstet. Seine Hauptbestandteile sind:

1. Induktor und Unterbrecher,
2. Funkenstrecke,
3. Taste.

Der Unterbrecher besteht aus einer Membrane, die exzentrisch zu dem Eisenkern des Induktors liegt und an zwei Punkten ihres Umfanges festgehalten wird. Man erreicht auf diese Weise eine so rasche Funkenfolge, daß die Funken tönend werden.

Die Taste ist mit einer Schaltungsvorrichtung versehen, welche den Empfänger beim Senden automatisch abschaltet. Es kann also niemals vorkommen, daß der Detektor durch die Senderfunken der eigenen Station zerstört wird. Der Empfänger ist nach Art des vorher beschriebenen Apparates für Freiballone gebaut und besteht im wesentlichen aus Empfangsspulen, Blockierungskondensator, zwei Detektoren und einem Telephon. Sein Empfangsbereich geht gleichfalls von 200–2500 m Wellenlänge.

Die Kraftquelle ist eine leichte Gleichstromdynamo, die mit der Welle des Flugzeugmotors gekoppelt wird. Auch Akkumulatoren oder Trockenelemente können benutzt werden.

Ein gut isoliertes Antennenrad nimmt den Antennendraht auf. Letzterer wird durch ein Isolierrohr bis an das Schwanzende des Flugzeuges geführt, wo er über eine Rolle abgelenkt. Um ein schnelles Ablaufen zu bewirken, ist am Ende des Drahtes eine Metallkugel angebracht. Das Antennenrad wird unter hoher Übersetzung durch Kettenübertragung vom Passagiersitz aus angetrieben. Das Rad läßt sich daher in beliebiger Entfernung vom Sitze anbringen, und der Luftdraht kann beim raschen Landen schnell aufgewickelt werden. Das Gewicht der Station betrug ca. 25 kg, die Senderreichweite ca. 75 km.

Die Firma Dr. Erich F. Huth brachte 1912/13 auch noch eine größere Stations-type heraus. Sie bestand ebenfalls aus einem Sender und Empfänger, der Kraftquelle und dem Antennenrade. Letzteres war dasselbe wie für die vorher beschriebene kleinere Type. Sender und Empfänger waren in ein Gestell eingebaut, welches in einen Lederkoffer von den Abmessungen $42 \times 37 \times 17$ cm paßte. Die Form war schmal und hoch gehalten, so daß der Apparat bequem auf dem Flugzeuge neben dem Beobachter untergebracht werden konnte. Auf der Deckplatte waren die einzelnen Teile: Funkenstrecke, Antennenampèremeter, Taste, Knopf der Abstimmspule, Stöpselöcher für Detektoren und Telephon sichtbar. Die Taste war drehbar; in der Stellung „Senden“ waren sämtliche Empfangsteile abgeschaltet

und die Detektoren gesichert. Der Sender arbeitet mit drei verschiedenen Wellenlängen. Die Kraftquelle war ein Wechselstromgenerator von 0,3 KW-Leistung mit angebauter Gleichstrommaschine für Selbsterregung. Das Gewicht dieser Station betrug 4,3 kg, die Senderreichweite ca. 150 km.

Ein F.-T.-Empfang während des Fluges bei voll laufendem Motor war jedoch nicht möglich, da die Lautstärke zu gering war, um den Lärm des Motors zu überhören. Der Empfang ließ sich erst mit der Benutzung von Lautverstärkern ermöglichen, wie sie während des Krieges gebaut worden sind.

Auch für Motorluftschiffe wurden F.-T.-Stationen gebaut und von der Firma Dr. Erich F. Huth zwei verschiedene Ausführungsformen verwendet. Entweder die zuletzt beschriebene größere Flugzeugtype (0,3 KW) oder Stationen von 0,5 KW und mehr Leistung. Letzteren wurde die Schalttafel vorn gegeben und dadurch folgende Vorteile erzielt: Die Montage der Station wurde außerordentlich einfach, alle Apparate konnten übersichtlich und leicht zugänglich angeordnet werden, es trat große Raumersparnis gegenüber anderen Formen ein, und die Station ließ sich schließlich unter schwierigen Verhältnissen in dieser Form in das Luftschiff besser einbauen.

Eine andere Ausführungsform eines kompletten Sende-Empfangsapparates ist die 0,5 KW-Station, Type L (S 6, E 11). Die äußeren Abmessungen des Gehäuses dieser Type waren: $48 \times 30 \times 40$ cm. Das Gewicht einschließlich der im Inneren eingebauten Kondensatoren und Transformatoren betrug nur 27 kg, Sender und Empfänger bildeten zwei in sich völlig abgeschlossene Teile, der Sender den oberen, der Empfänger den unteren, die nur durch die Schalterkopplung miteinander in Verbindung standen. Nach Lösung dieser Kopplung konnte man jeden Teil für sich an den vorhandenen Handgriffen aus dem Gehäuse herausnehmen.

Die Station arbeitete nach dem von Prof. Wien angegebenen System der Stoß-erregung mit tönenden Funken. Die für den Sender erforderliche Primärenergie von 500 periodigem Wechselstrom lieferte ein Umformeraggregat, angetrieben durch den Luftschiffmotor. Der Empfangswellenbereich betrug 200—2500 m. Die Reichweite der Station ergab sich bei Tage auf durchschnittlich 200 km.

Bei der Aufzählung aller Arbeiten auf dem Gebiete der Entwicklung der Flieger-funkentelegraphie muß noch besonders auf die sehr wertvollen Versuche hingewiesen werden, die in den Jahren 1912/13 die Torpedo-Inspektion Kiel unter Leitung von Herrn Dr. Harwig auf Wasserflugzeugen gemeinsam mit der Signal-Gesellschaft Kiel, unter Leitung ihres Direktors H a n n e m a n n, und den Albatros-Werken Berlin unter Leitung ihres Begründers und Direktors Herrn Wiener anstellten. Bei diesen Versuchen handelte es sich darum, Antenne und Gegengewicht möglichst günstig auf Wasserflugzeugen unterzubringen. Insbesondere sollten diese Flugzeuge auch noch nach Notlandungen auf dem Wasser in der Lage sein, funkentelegraphische Zeichen zur Herbeirufung von Hilfe abzugeben. Es konnte also als Antenne kein herabhängender Draht benutzt werden, und es ergab sich somit aus der Eigenart des schwimmenden Wasserflugzeuges von selbst die Notwendigkeit, kleine Masten von ca. 6 m Höhe als Antennenträger zu benutzen. Als Gegengewicht wurden die gesamten Metallteile des Flugzeuges verwendet und, um eine größere Kapazität zu erzielen, alle diese Metallteile elektrisch leitend miteinander verbunden bzw.

besondere Litzendrähte in die Peripherie der Flugzeugzelle und der Schwimmer verlegt.

Obwohl an maßgebender Stelle und von technisch weitblickenden Persönlichkeiten alsbald die gewaltige Bedeutung der Funkentelegraphie für die gesamte Luftfahrt, und zwar für Kriegs- wie Friedenszwecke erkannt wurde, so scheiterte die Einführung vor dem Kriege doch an dem Widerstande der Flugzeugführer und Beobachter. Es blieb lediglich bei der Herstellung von einzelnen Musterexemplaren und kläglichen, vereinzelt praktischen F.-T.-Flugversuchen. Die Funkentelegraphie war der Allgemeinheit ein noch zu unbeschriebenes Blatt, der Flieger wollte zu den Gefahren des Fluges nicht auch noch die eines „elektrischen Hinrichtestuhles“ hinzugesellen. Gründliche Wandlung hat hier erst der Krieg geschaffen. Die gewaltigen Vorteile der Übermittlung der Artilleriebeobachtung mittels der Funkentelegraphie anstatt mit Leuchtpistole und Meldeabwurfmaschine wirkten bahnbrechend. Die damalige „Prüfanstalt und Werft der Inspektion der Fliegertruppen“ richtete mit umfangreichen Mitteln im Herbst 1915 eine besondere F.-T.-Versuchsabteilung ein.

Diese F.-T.-Versuchsabteilung hat während des Krieges in gemeinsamer Arbeit mit der einschlägigen Industrie und den Wissenschaftlern vom Fach alle Versuche bis zum Bau betriebsfertiger Bordstationen durchgeführt und diese Geräte zunächst in der Heimat und später am Feinde praktisch erprobt. Um diese Arbeiten gründlich zu leisten, hat die Abteilung stets versucht, alle Erfahrungen, die zur Förderung der Aufgaben beitragen konnten, in sich zu vereinen; sie wurde daher das Sammelbecken der Erfahrung auf F.-T.-technischem Gebiete, sowohl der Front wie der heimischen Industrie und der wissenschaftlichen Institute.

Unsere Luftstreitkräfte haben während der langen Dauer des Krieges bewiesen, was deutsche Wissenschaft und Technik zu leisten vermag. Die ruhmvollen, unvergänglichen Leistungen unserer Feldflieger erkennt der siegreiche Gegner mit Achtung an. Die Technik erst gab unseren Piloten die Mittel, solche Taten zu vollbringen. Die Funkentelegraphie ist ein Teil dieser Technik. Dem Artillerie- und Aufklärungsfieger war sie eine unentbehrliche Hilfe, er verdankt ihr in erster Linie seine großen Erfolge. Die nachfolgenden Kapitel werden Aufschluß geben, wie die Technik dies Ziel erreicht hat.

In der Entwicklung der F.-T. haben wir vor dem Gegner stets einen Vorsprung gehabt. Obwohl ihm nach Eintritt Amerikas in den Krieg die Hilfsquellen der ganzen Welt zur Verfügung standen, ist es ihm nicht gelungen, qualitativ unsere Konstruktionen Gleichwertiges entgegenzustellen. Deutsche Flieger waren es, die als erste die F.-T. zum Artillerieeinschießen verwendeten. Wir waren es wiederum, die bereits im Sommer 1915 an der Ostfront bei der 9. Armee zum ersten Male mit F.-T.-Wechselverkehr praktisch am Feinde arbeiteten. Deutschland war es, welches als erstes bereits im Sommer 1916 an der Westfront bei Douai eine mit F.-T.-Wechselverkehr ausgerüstete Artilleriefiegerabteilung einsetzte, als es dem Gegner noch nicht gelungen war, den Empfang im Flugzeug praktisch durchzuführen. Wir waren es wiederum, die als erste ein einheitliches F.-T.-Einbaugerät schufen und für die verschiedenen Flugzeugtypen serienweise Spezialkonstruktionen herausbrachten. Deutsche Riesen- und Großkampfflugzeuge warfen über Paris und

London Bomben und fanden bei Nacht und Nebel mit Hilfe der F.-T.-Peilung sicher ihr Ziel. Gleiche Erfolge vermag der Gegner uns nicht gegenüberzustellen. Deutsche Jagdstaffeln benutzten im Frühjahr 1917 als erste die F.-T. als ihre Kommandosprache. Eine deutsche Artillerie-Fliegerabteilung arbeitete bereits im Sommer 1917 an der Front mit ungedämpften Kathoden-Röhren-Sende-Empfängern für Zwecke der drahtlosen Telegraphie und Telephonie. Diese Tatsachen sollen hier nochmals vor aller Welt festgehalten werden.

So wurde auf dem Gebiete der Flieger-Funken-Telegraphie Pionierarbeit geleistet mit dem Ergebnis, daß alsbald jeder Flugzeugtyp entsprechend seinen militärischen Aufgaben mit einfachem und betriebs sicherem F.-T.-Bordgerät ausgerüstet werden konnte.

Abschnitt II.

Allgemeine Erfahrungen bezüglich der Konstruktionsgrundsätze beim Bau von Flieger-F.-T.-Geräten während des Krieges.

a) Gewicht und Abmessungen des F.-T.-Bordgerätes.

Im Frieden hatte die Fliegertruppe damit gerechnet, in 2000 m Flughöhe der feindlichen Luftabwehr vom Boden einigermaßen entzogen zu sein. Durch die ersten Kriegsflüge wurde man eines Besseren belehrt. Zahlreiche Infanterie- und Artillerietreffer in der Maschine zwangen dazu, größere Flughöhen aufzusuchen. Die steigende Bedeutung der Luftaufklärung für taktische und strategische Zwecke, die Weiterentwicklung des Flugzeuges vom Aufklärungsorgan zum Angriffs- und Kampfmittel hatte eine im gleichen Maße wachsende Vervollkommnung der Luftabwehrmittel auf dem Erdboden zur natürlichen Folge. Daraus ergab sich wiederum die Notwendigkeit, dem eigenen Flugzeug immer größere Steigfähigkeit und Geschwindigkeit zu geben. Erreichbar war dies nur durch ständige Verbesserung der technischen Konstruktion insgesamt und in allen ihren Einzelheiten.

Auch an die Konstruktion des F.-T.-Bordgerätes wurden demgemäß ganz neue Anforderungen gestellt. Der Grundsatz: Möglichste Kleinheit und Leichtigkeit und dabei doch größte Leistung und Betriebssicherheit wurde zum Leitstern des Flugzeug-F.-T.-Konstruktors.

Aus diesen Forderungen ergab sich auch die Notwendigkeit des Baues von Spezial-F.-T.-Gerät für die verschiedenen Flugzeugtypen. Vom Standpunkt einer gewinnbringenden Fabrikation ist der Bau von Spezialtypen unvorteilhaft. Große Serien derselben Ausführung lassen sich billiger und schneller herstellen, als eine jeweils geringe Zahl verschiedener Typen. Dieser Nachteil mußte jedoch von der F.-T.-Industrie mit in den Kauf genommen werden, wenn sie der Fliegerei wirklich leistungsfähiges Gerät schaffen wollte. Die Erfahrung der letzten vier Kriegsjahre zeigte, daß bei dem augenblicklichen Stand der Technik mit einem für alle Flugzeugtypen verwendbaren Einheitsgerät Höchstleistungen, wie sie der Flieger braucht, nicht erzielt werden können. Der Bau von F.-T.-Spezialtypen wurde zur Lebensnotwendigkeit.

Die Forderungen nach leichtem Gewicht führten zu ganz neuen Konstruktionsprinzipien, zur Verwendung von Leichtmetallen und Leichtholz als neuartigen Konstruktionselementen gegenüber dem Material der bisher üblichen stationären und

fahrbaren Bodenstationen. Die dringenden Forderungen nach leichtem Gewicht gingen oft so weit, daß z. B. beim Gerät für Kampfeinsitzer die Betriebssicherheit darunter leiden mußte. Die bisher übliche Trennung von Sender, Empfänger und Lautverstärker, die aus elektrischen Gründen sowie wegen der leichteren Bedienbarkeit und Auswechselbarkeit bisher selbstverständlich war, mußte einem organischen Zusammenbau dieser drei Teile weichen. Dieselben Gründe der Gewichtsersparung führten sogar dazu, daß bei einzelnen Typen für Sender und Empfänger gleiche Teile des inneren Schwingungskreises benutzt wurden.

Um zu kleinen Abmessungen zu gelangen, wurde außer dem organischen Zusammenbau von Sender, Empfänger und Lautverstärker auch die Verkleinerung der einzelnen Konstruktionselemente auf ein Mindestmaß notwendig. Es wurden besondere Kondensatoren, Selbstinduktionen, Funkenstrecken, insbesondere später Miniatur-Spezialröhren für Flugzeug-F.-T.-Gerät entwickelt. Zwischen den auf dem F.-T.-Gebiet führenden Firmen „Telefunken“ und „Dr. Erich F. Huth“ entstand ein richtiger Wettbewerb im Herausbringen von F.-T.-Stationen kleinster Abmessungen. Es war anfangs nicht ganz einfach, die Ingenieure von dieser Notwendigkeit zu überzeugen. Meist genügte dann aber ein einziger Mitflug in dem mit Maschinengewehr, Bomben, Flugzeugkamera, Leuchtpistole, Munition, Kartenmaterial, Atmungsgerät, Heizgerät, Zielfernrohr, Borduhr, Höhenmesser, Druckpumpe, Ansehnlvorrichtung und etwas Proviant und Verbandmaterial ausgerüsteten Beobachtersitz, um den anschaulichen Beweis zu erbringen, daß für eine große F.-T.-Station in dem engen Raume nicht mehr Platz vorhanden war.

Ursprünglich wurden die Flugzeuge erst dann mit F.-T. ausgerüstet, wenn sie die Werft fix und fertig verlassen hatten. Sender, Empfänger, Generator und Einbaumaterial wurden also nachträglich in die fertige Maschine eingebaut. Dieses Verfahren erwies sich als unzweckmäßig. Es wurden hierbei oft nicht nur die Holme und sonstige wichtige Teile des Flugzeuges durch Bohren und Nageln beschädigt, sondern die gesamte Art der Anordnung bildete mehr oder weniger ein technisch mangelhaftes Flickwerk. Es ergab sich für den Flugzeugkonstrukteur die Notwendigkeit, die F.-T. von vornherein als einen organischen Bestandteil der Gesamtkonstruktion zu betrachten. Die F.-T. wurde ebenso wie die Anbringung von Maschinengewehr, Bomben- und Flugzeugkamera beim ersten Entwurf eines Flugzeuges mit berücksichtigt und die Ausgestaltung des Führer- bzw. des Beobachtersitzes dementsprechend gewählt, wodurch neben günstigster Bedienungsmöglichkeit auch besonders an Gewicht und Raum gespart wurde. Desgleichen wurde dadurch die Betriebssicherheit insofern erhöht, als man alle stromführenden Leitungen zur Vermeidung von Induktionen entsprechend führen und sie von den leicht explosiven Benzintanks, der Munition und den Betriebsstoffleitungen besser fernhalten konnte. Die Grenze in dem Bestreben, möglichst geringes Gewicht und Umfang des F.-T.-Gerätes zu erreichen, ist lediglich durch die verlangte Leistung und den Grad der Betriebssicherheit gegeben. Die Anforderungen an die Betriebssicherheit werden bei einem Kampfflieger naturgemäß kleiner sein können, als bei einem künftigen Verkehrsflugzeug für Personen- und Postverkehr, wo man unter allen Umständen größtmögliche Sicherheit verlangen wird und muß, selbst auf Kosten der Nutzlast des Flugzeuges.

b) Die Bedienung des F.-T.-Bordgerätes.

Die Einfachheit der Bedienung ist neben geringem Gewicht und Umfang die zweite Lebensfrage für die Brauchbarkeit eines F.-T.-Bordgerätes. Die Funkentelegraphie ist für den Flieger nicht Hauptzweck, sondern Nebenzweck. Wie verschieden sind z. B. vergleichsweise die Anforderungen, die an den Funker einer Radio-Großstation, einer Station in vorderster Linie der Infanterie, an den Bordfunker eines Riesenflugzeuges und an den Jagdflieger gestellt werden. Der Mann an der Radio-Großstation sitzt weit ab von jeder feindlichen Schußwirkung auf bequemem Stuhl vor seiner weitläufig und übersichtlich aufgebauten F.-T.-Station. Sein Empfangsraum ist schallsicher abgedämpft, um jedes störende Geräusch fernzuhalten. Der Funker kann hier seine ganze Aufmerksamkeit dem F.-T.-Dienst widmen und wird durch nichts abgelenkt oder unterbrochen. Etwas schwieriger gestaltet sich die Sachlage bereits für den Mann am Funkerkleingerät im Schützengraben in vorderster Linie. Er befindet sich in fortgesetzter nervöser Spannung infolge der um ihn einschlagenden Granaten. Seine Antenne wird ihm häufig mehrfach am Tage zerschossen. Das Getöse des Trommelfeuers erschwert den Empfang ungemein, oder macht ihn zeitweise zur Unmöglichkeit. Die kleinen Apparaturen sind in wetterfesten Kästen einmontiert und es ist schwierig und erfordert viel Mühe und Sachkenntnis, bei Betriebsstörungen den Fehler zu finden. Aber immerhin ist eine solche Lage noch einfach zu nennen, gegenüber der des Fliegers. Der Funker im Riesenflugzeug sitzt mit seiner Station unmittelbar neben den 1000 PS und mehr entwickelnden Motoren, deren Geknatter jede Verständigung selbst von Mund zu Ohr unmöglich macht. Der Flugzeugrumpf ist durch das Arbeiten der Motoren in dauernder Vibration. Ein Erschweren der präzisen Einstellung und die Möglichkeit des Entstehens der in der F.-T. so gehaßten Wackelkontakte ist ständig gegeben. Rechts und links von ihm Benzintanks mit hunderten von Litern leichtexplosiven Betriebsstoffs, unter ihm die schwerkalibrigen Bomben, neben ihm die Maschinengewehre, die er gleichzeitig mit der F.-T.-Station bedienen muß. Fortgesetztes Artillerieabwehrfeuer von unten und Angriffe feindlicher Flieger aus der Luft her erhalten ihn ständig in Spannung und erschweren den Funkerdienst.

Aber noch ganz anders der Jagdflieger! Als Einzelner oder im Geschwaderverbande bekämpft er den Gegner auf der Erde und in der Luft. Vor sich den knatternden Motor und die beiden Maschinengewehre, das Auge ununterbrochen auf den Gegner gerichtet, fliegt er durchschnittlich im 150–200 km-Tempo, bald in jähem Sturzflug, bald steil aufsteigend, bald einen Salto schlagend, um sich dem Gegner zu entziehen, dahin. Für ihn ist das Fliegen und das Arbeiten des Motors Gefühlsache, sein Auge ist vollkommen durch den Gegner in Anspruch genommen, die Füße betätigen das Seitensteuer, die Hände den Steuerknüppel und die Motorenhebel und Maschinengewehre. Jeder Nerv und jede Muskel sind aufs Höchste gespannt.

Aus diesen kurzen Andeutungen erhellt, wie grundverschieden, ganz abgesehen von der elektrischen Leistung, die Anforderungen sind, die bezüglich der äußeren Ausgestaltung und Bedienbarkeit an eine Flugzeugstation im Gegensatz zu einer

Bodenstation zu stellen sind. Auge, Hände, Füße und die Nerven des Fliegers sind durch andere Tätigkeiten so vollkommen in Anspruch genommen, daß die Bedienung der F.-T.-Bordstation mit einem oder wenigen einfachen Griffen durchzuführen sein muß. Die Flugzeug-F.-T.-Station kann bezüglich Leichtigkeit der Bedienung gar nicht einfach genug sein. Je weniger Handgriffe, um so idealer ist das Gerät. Die Kriegserfahrung lehrt, daß, ebenso wie heute die Bedienung des Fernsprechers für jeden Laien selbstverständlich ist, das Flugzeug-F.-T.-Gerät so einfach in der Konstruktion gehalten sein muß und kann, daß es jeder Flieger ohne Vorkenntnisse nach kurzer Anweisung bedienen kann.

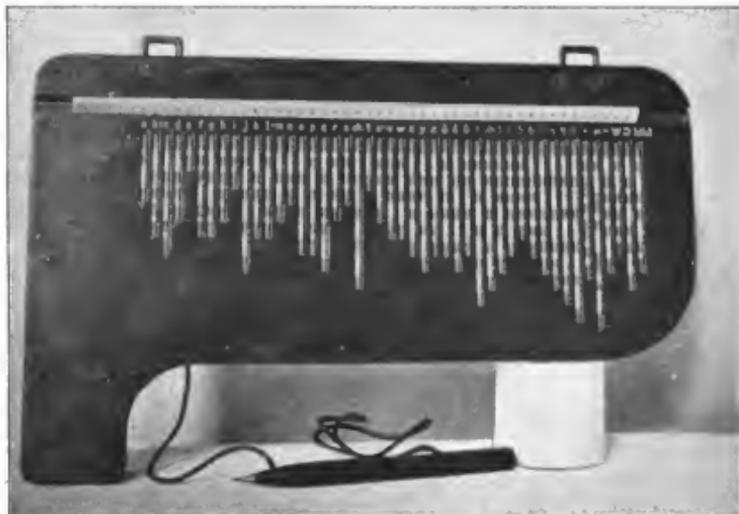


Abb. 1a. Automatischer Zeichengeber für Artillerieflieger (Bauart Telefunken).

Leider sind wir diesem Ideal während der ganzen Dauer des Krieges nur langsam und schrittweise näher gerückt. Erst der Übergang zum ungedämpften Röhren-Sende-Empfangsgerät schuf die technische Möglichkeit, die oben angeführten Grundsätze restlos durchzuführen. Zum schließlichen Erfolge hat der Umstand viel beigetragen, daß die Durchbildung des Gerätes hauptsächlich in den Händen von Ingenieuren und Militärs lag, die ständig praktisch in der Heimat und am Feinde den Flugdienst ausübten und denen es nach jedem Fluge erneut zur Gewißheit wurde, daß das F.-T.-Gerät noch längst nicht einfach genug in der Bedienung sei und man nicht eher rasten und ruhen dürfe, bis alle Bedienungsriffe bis auf einen einzigen verschwunden seien, nämlich die Taste mit Zwischenhöreinrichtung.

Das Bemühen, die Bedienung des F.-T.-Bordgerätes möglichst zu vereinfachen, hat dazu geführt, sogenannte automatische Zeichengeber, wie sie Abb. 1a und 1b

zeigen, zu bauen. Bei der Ausbildung der Flugzeugbeobachter ging nämlich sehr viel Zeit mit dem Erlernen der Morsezeichen verloren und beim späteren Flugdienst an der Front wurde es erforderlich, täglich Funkübungen abzuhalten, um die Flugzeugfunker in der notwendigen Übung des Telegraphierens zu erhalten. Die beifolgend abgebildeten von der Telefunken-Gesellschaft gebauten automatischen Zeichengeber sollten diesem Übelstande abhelfen. Die Arbeitsweise der Zeichengeber ist aus den Abbildungen ersichtlich. Bei dem in Abb. 1a dargestellten Apparat fährt der Beobachter mit einem Stift in einer Rille entlang, die jedesmal einem bestimmten Buchstaben entspricht. In der Rille sind Kontakte eingelassen. Die Berührung dieses Stiftes mit einem solchen Kontakt entspricht einem Druck der Morsetaste. Die Länge des Kontaktes und die Schnelligkeit, mit welcher der Stift



Abb. 1b. Automatischer Zeichengeber für Artillerieflyger (Bauart Telefunken).

über den Kontakt gleitet, entspricht der Dauer des Tastendruckes. Die über der Buchstabenreihe angebrachte verschiebbare Leiste gestattet gleichzeitig ein einmaliges Chiffrieren. Der in Abb. 1b dargestellte Apparat ist lediglich für Zwecke des Artillerieeinschießens bestimmt. Die beiden auf der Vorderseite befindlichen Griffe werden auf das zu funkende Signal gestellt, alsdann der Hebel links niedergedrückt und der mittels Uhrwerk aufgezugene Zeichengeber funkt alsdann das Signal selbständig durch. Beide Apparate werden in den Tastkreis des Senders eingeschaltet.

Einfachheit in der Bedienung läßt sich technisch durch die Wahl eines geeigneten Systems erreichen und durch eine enge Begrenzung der Anforderungen, die man an das Gerät stellt. Bau von Spezialtypen ist daher das Hauptfordernis; denn es ist klar, daß um so mehr Bedienungsriffe benötigt werden, je größer der Wellen-

bereich, die Abstimmungsstärke und die Reichweite gewählt werden müssen. Bei Stationen für Kampfeinsitzer, Infanterie- und Artilleriefieger ist es beispielsweise erfahrungsgemäß richtig, lieber auf eine bestimmte Anzahl von Bedienungsgriffen zu verzichten und dafür die innere Konstruktion des Gerätes komplizierter zu gestalten. Bewährt hat sich das Verfahren, zwei verschiedene Gruppen von Bedienungsgriffen zu unterscheiden, nämlich solche, die vom Fachpersonal vor dem Fluge auf dem Boden eingestellt werden und solche, die während des Fluges lediglich der Flieger zu bedienen hat. Die erstgenannte Gruppe von Bedienungsgriffen ist unter abschraubbaren Deckplatten so versteckt anzuhängen, daß man sie während des Fluges nach Aufschrauben der betreffenden Platten weder sieht und dadurch das Auge verführt, noch daß man an sie herankommen kann. Die während des Fluges zu bedienenden Griffe wie der Sende-Empfangsumschalter, Welleneinstellung, Energieeinstellung, Abstimmgriffe für Sender und Empfänger sollen übersichtlich, aber gleichzeitig so verdeckt angebracht sein, daß sie der Flieger beispielsweise bei einem Luftkampf oder beim Photographieren auch nicht unabsichtlich berühren und dadurch verstellen kann. Die Griffe selbst müssen stark und klobig ausgebildet sein, so daß man sie mit dicken Fausthandschuhen, wie sie die Besatzung beim Fliegen in großen Höhen tragen muß, noch bequem bedienen kann. Um ein Verstellen infolge der Vibration des Fliegens zu verhindern, sind sie mit Feststellvorrichtungen zu versehen. Bei der Beschriftung ist alles Unwesentliche und alle Fachausdrücke fortzulassen. Die Aufschriften sollen dem Laien verständlich sein und sind so groß zu wählen, daß man sie im Dämmerlicht bequem lesen kann. Für Sender, Empfänger und Lautverstärker sind verschiedene Farben zu wählen, z. B. schwarz, weiß und rot. Das Gerät, das obige Anforderungen am besten erfüllt, ist in den später geschilderten beiden ungedämpften Sende-Empfangsgeräten für Artillerieflugzeuge, erhaut von den Firmen „Telefunken“ und „Dr. Erich F. Huth“, zu erblicken.

c) Mechanische und elektrische Empfindlichkeit.

Die Betriebssicherheit des F.-T.-Bordgerätes hängt im wesentlichen von seiner mechanischen und elektrischen Empfindlichkeit ab. Die Betriebssicherheit muß unter Berücksichtigung der weiter oben angeführten Grundsätze betreffend Gewicht, Raumbedarf und einfache Bedienung auf das technisch jeweilige Höchstmaß gesteigert werden. Solange ein F.-T.-Gerät unter ungünstigen Flugverhältnissen nicht fehlerfrei arbeitet, sollte es nie eingehaut werden oder zur Einführung gelangen. Insbesondere muß betont werden, daß die Sicherheit des F.-T.-Betriebes im Flugzeug, soweit es sich um den Verkehr mit dem Erdboden handelt, zu 50% von der Betriebssicherheit der zugehörigen Bodenstation abhängt. Deshalb ist dem Bau von Flieger-F.-T.-Bodenstationen bezüglich Betriebssicherheit die gleiche Sorgfalt zu widmen, wie den Bordstationen selbst. Das beste F.-T.-Bordgerät nutzt nichts, wenn nicht eine entsprechend zuverlässig gebaute Gegenstation auf der Erde vorhanden ist. Die gegenseitige Abhängigkeit von Bord- und Bodenstation hat einen erheblichen Einfluß auf die Sicherheit des Betriebes und entsprechend auf die Art des Baues beider Stationen. Soll z. B. eine bestimmte Ent-

fernung vom Flugzeug zur Erde überbrückt werden, so muß man die Sendeenergie vom Flugzeug um so größer wählen, je schlechter die Empfangsempfindlichkeit der Bodenstation ist. Umgekehrt muß die Empfangsempfindlichkeit um so größer sein, je schlechter die Sendefähigkeit der zugehörigen Bodenstation ist. Bord- und Bodenstation sind daher zwei unzertrennliche Faktoren, die nie getrennt behandelt werden dürfen und elektrisch stark voneinander abhängig sind. Auf alle Fälle hat die Erfahrung als Grundsatz gelehrt, daß zugunsten der Betriebssicherheit und zugunsten der oben behandelten besonderen Verhältnisse im Flugzeuge die technisch-konstruktiven Schwierigkeiten stets vom Flugzeug auf die Bodenstation abzuwälzen sind.

Ob eine Bordstation einwandfrei arbeitet, läßt sich nur durch praktische Erprobung im Fluge feststellen. Die Prüfung im Stande gibt elektrisch und mechanisch ein falsches Bild und genügt nur in den wenigsten Fällen.

Wie bereits früher erwähnt, bildet das F.-T.-Gerät im Flugzeug nur einen Teil der gesamten elektrischen Anlage, zu der außerdem im wesentlichen noch die Kreislergeräte (Kreislerneigungsmesser und Kreislerkompass), die Beleuchtungsanlagen, das elektrische Heizgerät, das elektrisch gesteuerte Maschinengewehr, die elektromagnetische Bombenabwurfvorrichtung und die elektrische Zündvorrichtung (Zündkerzen) des Flugzeugmotors gehören. Sollen zwischen diesen verschiedenen Leitungen keine gegenseitigen Induktionen, Kurzschluß oder sonstige Betriebsstörungen vorkommen, so muß die gesamte Anlage nach einheitlichem Plan entworfen und ihre Montage schon während des Baues des Flugzeuges berücksichtigt werden. Zu ganz unmöglichen Zuständen, die nicht nur den Betrieb der einzelnen Apparate verhindern, sondern die Sicherheit des Flugzeuges geradezu gefährden, hatte es geführt, als man zunächst in ein fertiges Flugzeug nachträglich die einzelnen Apparate der gesamten elektrischen Anlage einmontierte. Hierbei waren häufig unmittelbar neben den Benzinleitungen elektrische Kabel verlegt. Riß bei harten Landungen ein solches Kabel, so entstand Kurzschluß, das Benzin fing Feuer und die Maschine verbrannte. Sorgfältige Montage nach einheitlichem Plan bildete also hier ein wesentliches Erfordernis.

Die Erschütterungen des Flugzeuges beim Start und bei der Landung, insbesondere jedoch die ständige Vibration aller Teile während des Fluges stellen an die mechanische Unempfindlichkeit des F.-T.-Bordgerätes ganz erhebliche Anforderungen. Es darf daher nur hochwertiges festes Material zum Bau verwendet werden. Alle Anschlüsse sind durch doppelte Schrauben zu sichern und zu verlöten. Der Sender, Empfangs- und Lautverstärker müssen durch besondere Aufhängevorrichtungen gut abgedefert werden. Hochempfindliche Konstruktionselemente, wie z. B. die Detektoren, die Senderröhren oder die Verstärkeröhren sind besonders abzufedern. Da der Flieger steile Sturzflüge und Saltos mit der Maschine ausführt, muß die Befestigung des F.-T.-Bordgerätes derartig sein, daß sie bei beliebiger Lage des Flugzeuges unverändert bleibt. Nebel, Regen und Kälte dürfen die Stationen nicht beeinflussen. Das Material darf nicht quellen, nicht rosten; die Elemente dürfen nicht einfrieren. In dem späteren Kapitel wird im Einzelnen geschildert werden, wie diese allgemeinen Grundsätze für die mechanische und elektrische Unempfindlichkeit praktisch ihre Lösung gefunden haben.

d) Organischer Zusammenbau des F.-T.-Bordgerätes mit der Flugzeugzelle und dem Flugzeugmotor.

Es ist bereits darauf hingewiesen, wie aus Gründen der Betriebssicherheit und zugunsten von geringem Gewicht und Umfang die F.-T.-Station organisch mit den übrigen Flugzeugteilen verbunden ist. Dieses Erfordernis hat den Flugzeugkonstrukteur und den F.-T.-Ingenieur zu einem engen Zusammenarbeiten gezwungen. Der Funker wurde vor ganz neue Aufgaben gestellt. Bisher hatte man, um die einzelnen Teile besser auswechseln zu können, bei Land- und Marinestationen den Sender, Empfänger und den Lautverstärker einzeln montiert und alsdann übersichtlich in ein Fahrzeug bzw. in einen Stationsraum eingebaut. Diese Bauart hat für die F.-T.-Technik anerkannte Vorteile, sie läßt sich jedoch bei Flugzeugen nicht durchführen und würde dem Prinzip widersprechen, das Flugzeug auf möglichst geringes Gewicht zu bringen. Eine Flugzeug-F.-T.-Station soll einerseits in sich (Sender, Empfänger und Lautverstärker) ein in einem einzigen Kasten untergebrachtes Ganzes darstellen und die gesamte F.-T.-Anlage wiederum nur einen organischen Teil der gesamten elektrischen Zentrale im Flugzeug bilden.

Im allgemeinen wird an Bord zu folgenden Zwecken elektrischer Strom benötigt:

Gleichstrom für Beleuchtungszwecke für Positionslampe, Scheinwerfer und Instrumentenbeleuchtung.

Gleichstrom oder Wechselstrom für Heizzwecke, und zwar für Kabinen, Besatzung, Steuerorgane, Teile des Motors, Maschinengewehr, Elemente und Akkumulatoren.

Dreiphasenstrom für Kreiselanlagen, und zwar für den Lagenweiser,

Kreiselkompaß und für evtl. Stabilisatoren, z. B. des Reihenbildners.

500 periodiger Wechselstrom oder Gleichstrom von 500—750 Volt Spannung zum Betrieb des drahtlosen Senders.

Gleichstrom in den Grenzen von 35—100 Volt zum Betrieb der Anodenbatterien von Lautverstärkern.

Gleichstrom von 6—12 Volt für die Heizspannung der Kathodenröhren.

Gleichstrom oder Wechselstrom für die Maschinentelegraphen.

Gleichstrom für das Flugzeugtelefon.

Gleichstrom für die elektrische Bombenabwurfvorrichtung.

Wollte man für jeden dieser Zwecke eine besondere Stromquelle einbauen, so würde das notwendige Mindestmaß an Gewicht und Umfang nicht erreicht werden. Deshalb wurde es erforderlich, Generatoren zu bauen, die auf ein und derselben Achse eine Gleichstrommaschine, eine 500 periodige Wechselstrommaschine und gegebenenfalls noch einen 333 periodigen Drehstromgenerator tragen, derartig, daß die verschiedenen Stromarten gleichzeitig getrennt abgenommen werden konnten.

Um bei den Flugzeugen eine möglichst hohe Horizontalgeschwindigkeit zu erzielen, mußte jeder unnötige Luftwiderstand vermieden werden. Ursprünglich brachte man die F.-T.-Generatoren mit Propellerantrieb am Fahrgestell bzw. oberem Spannturm oder seitlich am Rumpfe (letzteres besonders bei Wasserflugzeugen), an. Versuche ergaben jedoch, daß diese Art der Montage die Fluggeschwindigkeit ganz

erheblich beeinträchtigte. Infolgedessen ging man dazu über, mittels Keilriemen oder direkter Kupplung den Generator vom Flugzeugmotor direkt anzutreiben und ihn so einzubauen, daß er ganz in den Flugzeugrumpf hineinzuliegen kam. Dieses Verfahren hat sich bewährt, es entspricht dem Grundsatz des organischen Zusammenbaues, macht aber naturgemäß besondere Vorrichtungen am Motorgehäuse und an der Motorachse notwendig. Während des Krieges, wo innerhalb der Flugzeugmeisterei die Entwicklung des gesamten Flugzeuges einheitlich in einer Hand lag, war ein derartiger Zusammenbau ohne besondere Schwierigkeiten durchzuführen.



Abb. 2. Fliegerhaube mit Vorrichtung zum Einsetzen der Telefone (gebaut von Telefunken).

e) Schreib-, Sicht- und Hörempfang.

Als im Sommer 1916 durch die Konstruktion eines leichten, einfach zu bedienenden Flugzeugbordempfängers durch die Firma „Dr. Erich F. Huth“, in Verbindung mit einem Zweiröhrenverstärker der „Telefunken-Gesellschaft“ der erste Empfang im Flugzeug gelang, ergab sich von selbst die Frage, in welcher Form für den Beobachter der Empfang am besten auszunutzen sei. Der damalige Stand der Technik erlaubte folgende Möglichkeiten: Sichtempfang derartig, daß die ankommenden Morsezeichen durch Ausschlag eines Zeigers oder durch Aufleuchten von Glühlämpchen kenntlich gemacht wurden. Auch konnte man Glühlampen verschiedener Farben wählen, von denen jede einem vorher verabredeten bestimmten Signal entsprach. Die zweite Art, der Schreibempfang, ließ den ankommenden Funkspruch

entweder mittels eines Morseschreibers zu Papier bringen, oder er wurde vermittels eines Telegraphons auf einen Draht magnetisch fixiert bzw. auf Platte oder Walze mittels Stifts wie beim Grammophon festgelegt. Die dritte Art endlich, der direkte Hörempfang, war die bisher in der Funkentelegraphie allgemein übliche Methode, wie sie auch bei den allerersten Empfangsversuchen im Flugzeug zur Anwendung gelangte.

In der damaligen Zeit wurde der F.-T.-Wechselverkehr am dringendsten für den Artilleriefieger, also für zweiseitzige C-Flugzeuge benötigt. Aus der Tätigkeit des Artilleriebeobachters während des Fluges ergaben sich für die Wahl der Empfangsart folgende Grundsätze:

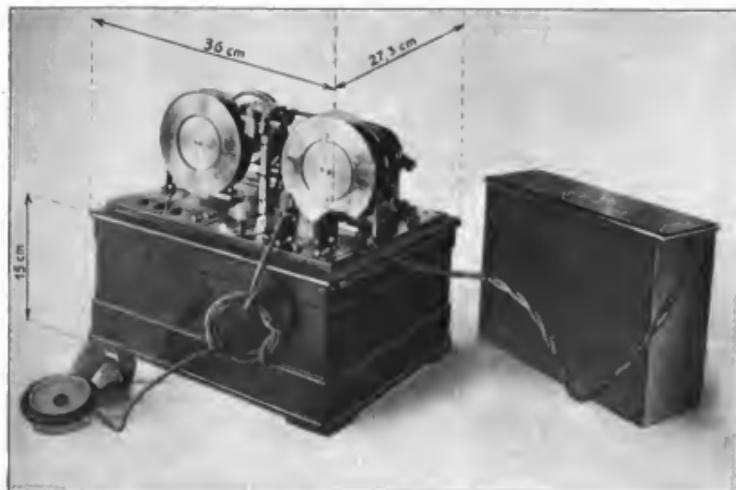


Abb. 3a. Telegrafon mit Batt. für F.-T.-Empf. in Riesenflugzeugen (geb. von Dr. Stille).

Der Empfang mußte so sein, daß der Beobachter in jeder Stellung im Flugzeug aufnehmen konnte. Der Einbau der F.-T.-Apparate sollte beim Beobachten der Artilleriewirkung und bei einem evtl. Luftkampf nicht hinderlich sein. Die Bedienung des F.-T.-Gerätes durfte den Flieger in keiner Weise bei der Erfüllung seiner militärischen Aufgaben während des Fluges hindern.

Der Sichtempfang hatte naturgemäß den Nachteil, daß der Pilot während des Empfanges sein Augenmerk nicht auf den Gegner, sondern auf die F.-T.-Station lenken mußte. Aus diesem rein militärischen Grund schied daher diese Art von vornherein aus. Der Schreibempfang hatte den gleichen Nachteil, wenn er auch nicht fortgesetzt die Aufmerksamkeit in Anspruch nahm. Außer diesem rein flugtechnischen Nachteil sprachen jedoch auch gewichtige F.-T.-technische Erwägungen mit. Sowohl der Sicht- wie der Schreibempfang benötigten zum einfachen Empfangsgerät eine ganze Reihe von Hilfsapparaten, die nicht nur das Gewicht der Gesamt-

anlage unerwünscht vermehrt, sondern auch Anlaß zu Fehlerquellen gaben. Sicht- und Schreibempfang schied daher auch mit Rücksicht auf das notwendige geringe Gewicht, kleinen Umfang und Betriebssicherheit des Bordgerätes aus.

Der Hörempfang ließ sich in zwei verschiedenen Formen durchführen, einmal durch Einbau eines Telefons in den Sturzhelm (s. Abb. 2), andererseits durch Einbau einer Hupe mit vorgeschaltetem Relais. Um jedoch zu erreichen, daß die Hupe das laute Knattern des Motors übertönte, wurden erhebliche Energiemengen benötigt, die wiederum starke Relais und eine Komplizierung der Anlage zur Folge hatten. Nach kurzen Versuchen ging man daher zur Durchbildung des direkten Hörempfanges mittels Telefons über, einem Verfahren, das sich späterhin auch

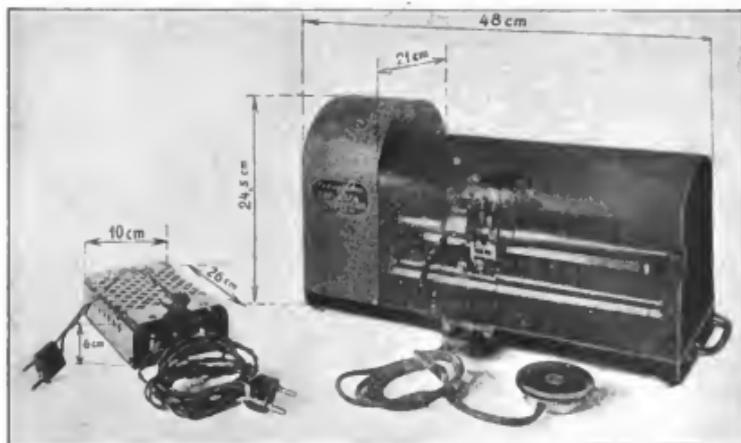


Abb. 3b. Radiograf für F.T.-Empfang im Riesenflugzeug (gebaut von Firma F. Schuchardt).

für Kampfeinsitzer, Groß- und Riesenflugzeuge bewährte. Im Riesenflugzeugbau versuchte man späterhin noch, neben Abhören auch mit Schreibempfang, insbesondere mit Poulentelegrafon zu arbeiten, weil der F.T.-Wart gleichzeitig Maschinengewehrschütze war und der Fall eintreten konnte, daß der während eines Luftkampfes ankommende Funkspruch nicht abgehört wurde (s. Abb. 3a und 3b). Desgleichen versuchte man, um dem Jagdflieger das Erlernen der Morsezeichen zu ersparen, im Einsitzer mit Siebtempfang zu arbeiten, und zwar vermittelt Aufleuchtens verschiedenfarbiger Birnen. Aber diese Methode hat sich nicht bewährt, weil aus erklärlichen Gründen bei keiner Flugzeugtype die Gewichtsersparnis eine so große Rolle spielt, wie beim Einsitzer. Das Gewicht der F.T.-Apparatur für Einsitzer durfte möglichst 10 kg nicht übersteigen. Eine Sichtempfangsanlage wog aber reichlich 30 kg und kam daher aus Gewichtsriicksichten für praktische Verwendung nicht in Frage.

f) Die Vorteile und Nachteile der verschiedenen F.-T.-Systeme bei ihrer Anwendung für die Flieger-Funken-Telegraphie.

Die drahtlose Telegraphie hat in den rund 20 Jahren ihres Bestehens eine Reihe von Entwicklungsepochen durchlaufen. Sie begann, nach den ersten Versuchen Marconis, mit der sogenannten Knall-Funkenstrecke, bei der eine unregelmäßige und verhältnismäßig kleine Anzahl von Funkenentladungen pro Sekunde stattfand. Am Empfänger wurde zur Aufnahme der in Morsezeichen unterbrochenen Wellen der Fritter oder Kohärer verwandt, mit dem eine Niederschrift auf Papierstreifen des normalen Morseapparates erfolgte, wie dies in der Linientelegraphie zum Teil auch heute noch geschieht. Infolge der Unzuverlässigkeit und Unempfindlichkeit des Fritters als Wellenanzeiger verließ man ihn bald, um auf Hörerempfang überzugehen, bei dem ein unvollkommener Kontakt z. B. das Mikrophon als Detektor Verwendung fand. Das war scheinbar ein Rückschritt, der die Einführung des Hörempfanges in Heer und Marine erschwerte. Da hierdurch jedoch die Reichweite vergrößert und die Betriebssicherheit erhöht wurde, konnte die Funkentelegraphie auf eine breitere Basis gestellt werden. In noch höherem Maße trug hierzu die Einführung des Braunschenschen Schwingungskreises bei, der bald von allen Systemen aufgenommen wurde, weil er ermöglichte, der Antenne mehr Energie zuzuführen, und somit größere Reichweiten zu erreichen. Allerdings mußte die Zweiwelligkeit, die dem Braunschenschen Sender eigentümlich war, mit in Kauf genommen werden. Sie verschlechterte auch die Betriebsbedingungen, was sich um so nachteiliger bemerkbar machte, als bei der Weiterentwicklung der Funkentelegraphie höhere Anforderungen in Bezug auf die Selektivität der Empfänger gestellt werden mußten.

Ein neuer Entwicklungsabschnitt in Bezug auf Sender wurde dadurch erreicht, daß die großen Energiepausen zwischen den in Abständen aufeinander erfolgenden Funkenentladungen durch Erhöhung der sekundlichen Funkenfolge verringert wurden. Die Schwingungsenergien nahmen immer mehr einen nahezu kontinuierlichen Charakter an. Vollkommen ungedämpfte Schwingungen wurden mit dem Lichtbogensender durch Poulsen erreicht. In der Praxis wurden die an seine Verwendung geknüpften Erwartungen jedoch nicht erfüllt, denn es erwies sich als unmöglich, Frequenz und Amplitude gleichmäßig und konstant zu erhalten, und zwar auch dann, wenn die Lampe ständig bedient und nachreguliert wurde. Erst fast ein Jahr später konnte durch Beschränkung des Wellenbereiches auf Wellen über 2000 m sowie durch Verbesserung der Schaltung und Konstruktion ein solcher Fortschritt erzielt werden, daß auch der Poulsen-Sender zu praktischer Bedeutung gelangte.

Im Flugzeug muß aus flugtechnischen Gründen die Antenne möglichst kurz sein.

Die Drahtlänge einer Antenne entspricht einer Viertelwellenlänge $L = \frac{\lambda}{4}$, Wellen über 1000 m scheiden für Flugzeug F.-T. also vorläufig praktisch aus. Da andererseits bei kleineren Wellen der Poulsen-Sender ständige Bedienung und Überwachung erfordert, kommt er aus diesem Grunde für Flugzeugzwecke überhaupt nicht in Frage, zumal heute mittels Röhrensender betriebssichere, mit geringem Energieaufwand ungedämpfte Schwingungen und kleinste Wellen erzeugt werden können.

Für den Empfang bedeutete das damalige Poulsen-System sogar einen Rückschritt, weil an Stelle des bisherigen Gleichrichters (Kontaktdetektors) der Ticker oder Schleifer gesetzt werden mußte, um die kontinuierlichen Schwingungen am Empfänger in Gleichstromstöße für das Telefon umzuwandeln. Der Schleifer gab infolge seiner mechanisch beweglichen Teile Anlaß zu Betriebsstörungen und schied für Flugzeugzwecke infolge seiner mechanischen und elektrischen Empfindlichkeit völlig aus.

Die Zweiwelligkeit des Braunschen Senders wurde beseitigt durch die Anwendung der Stoßerregung (tönender Löschfunke). Der Wirkungsgrad der Anlage erreichte 50% und mehr, die Dämpfung wurde bis zur Eigendämpfung der Antenne vermindert. Die Morsezeichen wurden als musikalische Töne aufgenommen, die sich leicht von atmosphärischen Störungen, ebenso wie von Sendern mit anderer Funkfrequenz unterscheiden ließen.

Bei dem Masseneinsatz von Flugzeugen auf engem Raum und der daraus sich ergebenden notwendigen großen Störfreiung war der Tonfunken sender zunächst also das gegebene System für Flugzeuge. Er erlaubte, kleine Wellen innerhalb 100—500 m mit großer Energie herzustellen, gestattete durch einfaches Umschalten schneller Wellen- und Energiewechsel und bot durch Wahl verschiedener Funkfrequenzen, also verschiedener Tönhöhen die Möglichkeit, die verschiedenen Flugzeuge in gewissen Grenzen störungsfrei voneinander arbeiten zu lassen. Das tönende Löschfunken system gelangte wegen dieser Vorteile daher zur Einführung.

Für Großstationen gelang es, in der Durchbildung der Hochfrequenzmaschinen einen Sender für kontinuierliche Schwingungen zu schaffen; dies bedeutete einen ungeheuren Fortschritt, indem damit zum erstenmal unbegrenzte Mengen hochfrequenter Energie erzielt werden konnten.

Bei der Hochfrequenzmaschine hängt die Wellenlänge von der Umlaufzahl des Generators ab und schwankt mit dieser. Den hohen Anforderungen des Empfängers an Wellenkonstanz ist man auf das vollkommenste durch Anwendung sehr fein arbeitender automatischer Apparate zur Tourenkonstanthaltung gerecht geworden. Während man bei dem älteren primitiven Empfänger noch 1% Schwankung als zulässig ansah und damit in ungünstigen Fällen die Energieakkumulierung im Empfänger auf nur 30 Schwingungen begrenzte, ergaben die neueren Anlagen mit automatischer Regulierung höchstens noch Schwankungen von $\frac{1}{10}$ %. Es wurden auch Anordnungen gewählt, bei denen in der Maschine eine niedrige Frequenz hergestellt wurde und die eigentliche Hochfrequenz in ruhende Transformationen — meist in mehreren Stufen — umgeformt wird. In diesen Transformationen ergab sich ein vorzügliches Mittel, die kontinuierliche Hochfrequenzenergie in eine solche mit einer zweiten Periodizität, und zwar von der Frequenz eines hörbaren Tones umzuformen, d. h. solche Einrichtungen können gleichzeitig tönend senden und für drahtlose Telephonie ausgenutzt werden. Die zahlreich vorhandenen, für tönende Funken hergestellten Empfangsapparate behielten auf diese Weise ihren Wert. Ein moderner Maschinensender beschränkt sich auch bezüglich der Wellenskala nicht mehr auf einige feste Wellen. Neben der Verdoppelung, Verdreifachung, Versechsfachung, d. h. jeder beliebigen Vervielfachung der Grundperiode der Maschine, läßt sich jede so hergestellte Wellenstufe kontinuierlich um ca. 20% verlängern.

Der Nachteil der Hochfrequenzmaschine ist jedoch der gleiche, wie der des Bogenlampensenders. Ihr fehlen die kurzen Wellen, wie sie für Flugzeugzwecke erforderlich sind. Deshalb scheidet auch diese Methode für die Flugtechnik aus, ganz abgesehen davon, daß eine Hochfrequenzanlage an Gewicht und Umfang viel zu schwer ist, um selbst in Riesenflugzeugen Verwendung finden zu können.

Eine ganz neue, bis dahin ungeahnte Möglichkeit, ungedämpfte Wellen bei der drahtlosen Telegraphie zu verwenden, bot sich infolge der Durchbildung der Kathodenröhre als Sendeorgan. Sie wurde hierbei zu einem Umformer von Gleichstrom in Hochfrequenzenergie. Dieser Weg hat sich als der dankbarste herausgestellt. Was der Lichtbogensender nicht gehalten hat und was auch mit der Hochfrequenzmaschine infolge der Unregelmäßigkeit der Tourenzahl ihres Antriebsmotors nicht vollkommen erreichbar ist: Die Erzeugung einer Frequenz und Amplitude von mathematischer Gleichförmigkeit, leistet der Kathodenröhrensender ohne weiteres. Man gelangte dadurch zu einer bisher ungeahnten Abstimmhschärfe, die es ermöglichte, mit so nahe beieinander liegenden Wellen zu arbeiten, daß eine größte Masrierung von F.-T.-Stationen auf engstem Raum stattfinden konnte, wie sie z. B. das Fliegen im Geschwaderverbande oder der Einsatz mehrerer Artillerieflieger, Infanterieflieger und Aufklärungsflieger im Rahmen einer Division notwendig machte. Auch in der Möglichkeit der Erzeugung beliebig kleiner Wellen befriedigt der Kathodenröhrensender vollauf und ist deshalb besonders für Flugzeugzwecke geeignet. Die beste Ausnutzung der ungedämpften Sende-Energie wird durch die Möglichkeit der Akkumulierung der Schwingungen am Empfänger, sowie mittels des Überlagerungs-Empfanges erzielt. Die Durchbildung des Senders und Empfängers sowie deren Ausrüstung mit Kathodenröhren erfolgte Hand in Hand. Diese Konstruktion kam besonders in der Audion-Rückkopplungsschaltung zur Anwendung. Hier wird der Energieverlust der Schwingungskreise durch die Energienachlieferung der Audione ausgeglichen.

Größte Energieausnutzung, geringes Gewicht, geringer Umfang, Betriebssicherheit und große Störenbefreiung zeichnen also das ungedämpfte Röhrensystem besonders aus und machen es für Flugzeugzwecke hervorragend geeignet. Der Vorteil dieser modernsten Geräte zeigte sich ganz besonders während des letzten Abschnittes des Weltkrieges, in dem es gelang, die Anzahl der an der Front eingesetzten, gleichzeitig und unabhängig voneinander mit F.-T. arbeitenden Flugzeuge auf ein Vielfaches zu bringen, entgegen den Möglichkeiten mit dem minderwertigen früheren tönenden Löschfunkensystem.

Nach diesen günstigen Erfahrungen dürfte der alte Tonfunkensender allmählich zu Grabe getragen werden. Dem ungedämpften Röhrensystem gehört die Zukunft!

g) Besondere Anforderungen an das Flieger-F.-T.-Gerät bei verschiedenen Flugzeugtypen und Bodenstationen.

Es ist bereits früher erwähnt worden, wie notwendig es war, entsprechend den verschiedenen militärischen Aufgaben und verschiedenen Flugzeugtypen besondere Spezialgeräte herauszuhringen, um in jedem Falle eine Höchstleistung der Apparate

zu erreichen. Zwar sprechen hiergegen alle Vereinheitlichungs-Bestrebungen zugunsten von Serienlieferungen und zugunsten eines schnellen und einfachen Ersatzes, sowie einer vereinfachten Ausbildung des Flieger-Funkerpersonals. Die Zwecke jedoch, welche die F.-T. bei den einzelnen Flugzeugen zu erfüllen hatte,



Abb. 4. F.-T.-Taste (Zwischenhöreinrichtung) am Steuerknüppel von Einsitzern (Bauart Telefunken). F.-T.-Taste mit Zuführung sitzt rechts oben, in der Mitte der Druckknopf für Motorkurzschluß und M.-G.-Hebel.

die Gewichtsgrenzen, die Möglichkeit eines Einbaues und die Art der Bedienung waren so verschiedenartig, daß unbedingt zu einer Spezialisierung geschritten werden mußte.

Am schwierigsten lagen die Verhältnisse beim Kampfeinsitzer. Das Gewicht der gesamten Anlage sollte möglichst 10 kg nicht überschreiten. Es ist verständlich, welche technischen Schwierigkeiten zu überwinden waren, um dieser Zahl im

Gesamtgewicht von Generator, Sender, Empfänger und Lautverstärker, sowie Einbaumaterial nahezukommen. Das gesteckte Ziel konnte annähernd nur dadurch erreicht werden, daß sorgfältig mit jedem Gramm gespart wurde und das Gerät nur mit einer einzigen oder höchstens 3—4 von Fall zu Fall einstellbaren festen Wellen und einer einzigen Tonhöhe arbeitete. Um die Geschwindigkeit der Maschinen nicht zu hemmen, mußte der Generator unmittelbar mit dem Motor



Abb. 5. Sende-Empfänger, Type N, für C-Flugzeuge, Vorderansicht mit abgenommener Deckplatte (gebaut von Telefunken).

gekuppelt werden. Zur Platzersparnis wurde Sender, Empfänger und Lautverstärker organisch in einem Kasten vereinigt und alle Konstruktionselemente auf Miniaturform verkleinert. Auf Sekundärkreis mußte im allgemeinen verzichtet werden. Um einfache Bedienung zu erreichen, und jedes Schalten während des Fluges zu vermeiden, wurde die Taste als Druckknopf und gleichzeitig als Zwischenhöreinrichtung ausgebildet und am Steuerknüppel unmittelbar neben den Hebeln für die beiden Maschinengewehre und die Zündung montiert (s. Abb. 4).

Um das F.-T.-Gerät den starken Induktionswirkungen des Zündmagneten, die sich oft maschinengewehrmäßig im Telefon hörbar machten, zu entziehen, wurde der Einbau möglichst weit ab vom Motor, nämlich hinter dem Rücken des Piloten

und gleichzeitig umgeben von dünnen Kupferplatten zur Abschirmung vor Induktionen notwendig. Die direkte Betätigung des Abstimmorgans war daher im allgemeinen ausgeschlossen und konnte nur mittels Bowdenzugübertragung geschehen.

Durch alle diese besonderen Erfordernisse verlor das Gerät fast das sonst übliche Aussehen einer F.-T.-Station, kam aber dem anzustrebenden Ideal in seiner Ein-



Abb. 6. Sender-Empfänger, Type Insp. d. Fliegertruppen D, tönender Löschfunken, mit aufgesetztem Zusatzgerät für Zwischen-Kreis-Empfang.

fachheit erheblich nahe. Die Lautverstärkerbatterien mußten infolge der großen Flughöhe mit besonderem Kälteschutz versehen werden und lagerten meist neben dem Benzintank. Um dem Piloten ein bequemes Einstöpseln des Telephons zu ermöglichen, wurde von den Stöpselbuchsen des Apparates eine besondere Leitung nach vorn verlegt.

Erheblich einfacher lagen die Verhältnisse bereits in den doppelsitzigen C-Flugzeugen. Es wurde versucht, dem Beobachter in der kurzen Zeit seiner Ausbildung

auch einige F.-T.-Kenntnisse beizubringen, so daß dem Gerät für C-Flugzeuge immerhin schon 3—4 Bedienungsriffe gewährt werden konnten (s. Abb. 5). Sie beschränkten sich im allgemeinen auf Ein- und Auskuppeln des Generators, Umschalten von Senden auf Empfang, Senderabstimmung, Empfangsabstimmung und Wellenschalter. In ganz besonderen Fällen, z. B. bei strategischer Fernaufklärung der Fliegerabteilung des Armeeoberkommandos bzw. beim Einschießen von schwerstem Flaehfeuer konnte mittels Zusatzgerät zum Primärkreis noch ein Sekundärkreis (soweit es sich um tönende Löschfunken handelte) hinzutreten (s. Abb. 6). Auch wurde mit verschiedenen Tonstufen gearbeitet, um größte Störfreiheit zu erreichen. Platz- und Gewichtfragen machten auch hier einen organischen Zusammenbau von Sender, Empfänger und Lautverstärkern in allen Fällen notwendig. Um die Möglichkeit zu besitzen, während des Fluges die Güte des Empfanges zu prüfen, erwies sich in vielen Fällen der verdeckte Einbau einer Wellenprüfeinrichtung als zweckmäßig. Der Empfang im Telephon mußte so laut sein, daß der Beobachter auch stehend gut hören konnte. Um sich im Luftkampf nicht in die Telephonzuleitungsschnur zu verwickeln, wurde diese gewöhnlich längs des Körpers bis zum Bein heruntergeführt und in einer besonderen Stöpselvorrichtung am Boden gestöpselt (s. Abb. 7).

Während in den ersten beiden Kriegsjahren der Generator mittels Propeller angetrieben und am Fahrgestell bzw. oberen Spannturm befestigt wurde, ging man später, wie beim Einsitzer, zum direkten Antrieb durch den Flugzeugmotor über. Solange man nach dem System des tönenden Löschfunkens arbeitete, gelangten herabhängende Antennen zur Verwendung, die jedoch besonders für den Infanterieflieger und Schlachtflieger beim Fliegen in geringen Höhen, sowie im Geschwaderverbande für andere Flugzeuge ein erhebliches Gefahrmoment bildeten. Es



Abb. 7. Fliegeranzug mit eingebauten Telefonen, gleichzeitig elektrisch geheizt.

erschien deshalb erstrebenswert, mit allen zur Verfügung stehenden Hilfsmitteln die Antennen zu verkürzen bzw. auf fest in das Flugzeug eingebaute Luftdrahtgebilde überzugehen. Völlig erfüllt wurde dieser Wunsch erst durch den Röhrensender-Empfänger. Eine solche fest eingebaute Antenne wird auch in Zukunft.



Abb. 8. F.T.-Kabine im Riesenflugzeug mit Sender-Empfänger älterer Ausführung.

für Einsitzer und C-Flugzeuge anzustreben sein. Bei Groß- und Riesenflugzeugen wird sie dagegen nicht immer anwendbar sein, weil die Strahlungsfähigkeit von fest eingebauten Antennengebilden zu gering ist, um den großen Aktionsradius dieser Flugzeugtypen überbrücken zu können. Da sich Großflugzeuge und Riesenflugzeuge übrigens meist in größeren Höhen bewegen, sind sie auch nicht so sehr auf kurze Luftdrahtgebilde angewiesen und können ohne Gefahr Antennen bis zu 100 m Länge bzw. Schirmantennen verwenden, die von kleinen aufgesetzten

Masten getragen werden. Auch in Großflugzeugen hat sich das direkte Kuppeln der F.-T.-Dynamo mit dem Flugzeugmotor bewährt. Bei allen direkten Kuppelungen muß erfahrungsgemäß besonderes Augenmerk darauf gerichtet werden, daß der Generator gut gekühlt wird und sich nicht, was bei der Nähe des Motors besonders leicht eintreten kann, zu stark erhitzt. Die Temperaturkurve derartiger Generatoren erfordert daher bei der Abnahme besondere Beachtung.

Ein Ein- und Auskuppeln ist in allen Fällen zweckmäßig, um den Dynamo vor unnötiger Abnutzung zu bewahren. Da in Großflugzeugen ein besonderer F.-T.-Wart, der, gleichzeitig Maschinengewehrschütze ist, zur Bedienung der Station zur Verfügung stand, war es möglich, die Großflugzeugstation in der äußeren Aus-



Abb. 9. Riesenflugzeug, Flugzeugbau Staaken, mit besonderer F.-T.-Kabine im Rumpf ausgerüstet.

führung etwas komplizierter und dadurch variabler und leistungsfähiger zu gestalten.

Beim Löschfunkensystem gestatteten die reichlicheren Raumverhältnisse bei Groß- und Riesenflugzeugen den Lautverstärker vom Senderempfänger zu trennen; jedoch wird auch hier künftig mit Rücksicht auf einfache Bedienung, ähnlich wie beim Röhrengerät, auf einen organischen Zusammenbau von Senderempfänger und Verstärker nicht verzichtet. Bei diesen Typen ist für die Empfangsseite aus Gründen besserer Selektivität die Benutzung von Sekundärempfängern das Gebührende.

Am einfachsten liegen die Verhältnisse im Riesenflugzeug. Sie ähneln hier den Anlagen im U-Boot und in Tanks. In den meisten Fällen war eine besondere F.-T.-Kabine vorgesehen (s. Abb. 8 u. 9). Es war dies um so mehr notwendig, als gerade für Riesenflugzeuge die F.-T. wegen der F.-T.-Peilung eine Lebensfrage bildet. Besondere Schwierigkeiten waren für den Antrieb der F.-T.-Dynamo zu über-

winden. Das Schleudern der Motoren ließ eine direkte Kupplung oder Übertragung mittels Keilriemen nicht zu. Derartige Verbindungen waren meist nach kurzer Betriebsdauer unbrauchbar. Propellerantrieb erwies sich wegen des zu großen



Abb. 10. „Boschaggregat“ mit eingebauter F.T.-Dynamo im Riesenflugzeug.

Luftwiderstandes als unzweckmäßig. Man ging daher zum Einbau eines besonderen Motoraggregats über und fand in der Konstruktion der Firma Bosch, dem vorzüglichen allgemein bekannten „Boschaggregat“ eine brauchbare Lösung (s. Abb. 10).

Entsprechend der Tätigkeit der Fliegertruppe hatten sich für die F.-T. folgende Aufgaben ergeben:

1. Kampfeinsitzer: Verbindung untereinander und im Geschwaderverbände. Das Führerflugzeug sendet, die übrigen Geschwaderflugzeuge empfangen. Ferner Verbindung zwischen Führerflugzeug und Flughafen mittels Wechselverkehrs.

2. Doppelmotorige C-Flugzeuge der Feldfliegerabteilung (F) und der Artillerie-Fliegerabteilung (A). Verbindung untereinander mittels Wechselverkehrs und Verbindung mit der Flughafenstation und den Stationen der fechtenden Truppe.

3. Zweimotorige Großflugzeuge der Bombengeschwader. Verbindung des Staffelführers mit den Staffelflugzeugen (einseitig) und Verbindung des Staffelführers mit dem Geschwaderkommandeur (wechselseitig). Ferner Verbindung des Staffelführers und des Geschwaderkommandeurs mit dem Flughafen bzw. Station der höheren Truppenführung. Sodann Verbindung des Geschwaderführers oder Staffelführers mit dem Geschwaderführer eines Jagdflugzeuggeschwaders bzw. mit Riesenflugzeugen (wechselseitig).

4. Mehrmotorige Riesenflugzeuge: Verbindung untereinander und mit Flughafenstationen (wechselseitig). Ferner die Möglichkeit des Verkehrs mit Großflugzeugen, C-Flugzeugen und Kampfeinsitzern, sowie mit F.-T.-Stationen der höheren Truppenführung.

Aus obigen Verkehrskreisen erhellt die Notwendigkeit, daß die einzelnen Flugzeugtypen nicht nur unter sich, sondern auch mit andern Flugzeugtypen und Bodenstationen Verkehrsmöglichkeit besitzen müssen. Dementsprechend wurden die Wellenbereiche in folgenden Grenzen gewählt:

Kampfeinsitzer	Welle 100— 300 m
C-Flugzeuge	„ 150— 500 m
Großflugzeuge	„ 300— 500 m
Riesenflugzeuge	„ 300—1600 m

Die entsprechenden Gegenstationen auf dem Erdboden verfügten über folgende Wellenbereiche: Die sogenannten Fliegergefechtsstationen bei der fechtenden Truppe insonderheit bei der Artillerie:

Sendewelle	140— 525 m
Empfangswelle	140—2000 m

Ferner die Flughafenstationen für Kampfeinsitzer, C- und G-Flugzeuge:

Sendewelle	300—1600 m
Empfangswelle	150—2000 m

Hafenstationen für Riesenflugzeuge:

Sendewelle	300—1600 m
Empfangswelle	150—2000 m

Die Leistung der Generatoren hat erfahrungsgemäß folgende Größe ergeben:

Kampfeinsitzer: Für tönende Löschfunkenstationen werden in Einsitzer- und Doppelsitzerflugzeugen im allgemeinen Gleichstrom- Wechselstromgeneratoren folgender Bauart verwendet.

Bei 4500 Umdrehungen: 250 Watt Wechselstrom von 500 Perioden für F.-T. und gleichzeitig getrennt abzunehmen 200 Watt Gleichstrom, von ca. 50 Volt Spannung für Heiz- und Beleuchtungszwecke. Gewicht ca. 9 kg.

Für Großflugzeuge werden zwei der obengenannten Motoren auf dieselbe Achse gesetzt und dadurch die doppelte Leistung von 500 Watt Wechselstrom und 400 Watt Gleichstrom erzielt.

Für Riesenflugzeuge Gleichstrom- und Wechselstromgeneratoren von folgender Leistung:

Bei 1600 Umdrehungen 1000 Watt Wechselstrom von 500 Perioden für F.-T. und gleichzeitig 800 Watt Gleichstrom von 50 Volt Spannung für Heiz- und Beleuchtungszwecke. Gewicht ca. 25 kg.

Bei Riesenflugzeugen wird gegebenenfalls auf die gleiche Achse noch ein Drehstromteil für Dreiphasenstrom von 333 Perioden gesetzt.

Bei F.-T.-Bordstationen für Röhrensender wird im allgemeinen eine Gleichstromdynamomaschine zur Erzeugung von Schwingungsenergie verwandt. Dieselbe Maschine liefert ferner 250 Watt Gleichstrom von 50 Volt für Heiz- und Beleuchtungszwecke.

Zur Vermeidung gegenseitiger Beeinflussung der beiden Stromkreise sind die Hoch- und Niederspannungswicklungen bei getrennten Ankern auf der gleichen Achse untergebracht. Bei 4500 Umdrehungen liefert die Maschine auf der Hochspannungsseite $600 \text{ Volt} \times 0,1 \text{ Ampère} = 60 \text{ Watt}$.

Außer dem Generator für die Sende-Energie wird an Bord noch eine Batterie (35–100 Volt je nach Art des Lautverstärkers) zur Speisung des Anodenstromes der Empfangsaudione und der Verstärkerrohre mitgeführt. Desgleichen ein 6-Voltsammler (Blei-Akkumulator) zur Heizung der Glühkathoden sämtlicher Röhre.

Bei dem Bau geeigneter F.-T.-Boden-Gegenstationen für Flugzeuge galt es zunächst, Sender zu schaffen, die über den niedrigen Wellenbereich bis 150 m abwärts verfügten. Als im Sommer 1915 der erste Empfang im Flugzeug einsetzte, verfügte die damalige Funkertruppe mit ihren sogenannten „Leichten Stationen“ nur über Wellenbereiche bis 500 m abwärts. Es waren erhebliche Schwierigkeiten zu überwinden, bis es gelang, die Welle 150–500 m mit der notwendigen Energie auszusenden. Die Eigenart des Flugzeugwechselverkehrs verlangte fernerhin einen absolut betriebssicheren Motor für die Bodenstation, der während des Empfanges, diesen nicht störend, langsam mitliefe, um zu erreichen, daß beim Übergang auf Senden sofort mit voller Energie gearbeitet werden konnte. Denn für den Flieger war es erwünscht, unmittelbar nach seinem Anruf die Antwort zu erhalten, denn jede Minute unnützes Verbleiben in der Luft bedeutete für ihn Lebensgefahr. Die damals vorhandenen F.-T.-Stationen der Funkertruppe genügten diesen Anforderungen in keiner Weise. Es mußten daher besondere Sonder- und Spezialmotoren für Flieger-Bodenstationen geschaffen werden.

Ferner trat ein ganz neues Konstruktionsmoment dadurch zutage, daß diese Fliegerbodenstation meist in vorderster Linie bei der Artillerie eingesetzt werden mußte. Dadureb wurde es erforderlich, die F.-T.-Apparaturen aus den Fahrzeugen herausnehmbar durchzubilden, so daß sie in Unterstände getragen und eingebaut werden konnten. Dadurch entstanden Stationen, die sowohl innerhalb als auch außerhalb des Fahrzeuges bedienbar und tragbar waren. Um sie vor Witterungseinflüssen, Staub und Schmutz zu bewahren, wurden besonders konstruierte Schutzkästen angewendet.

Aus vorstehenden allgemeinen Ausführungen ist ersichtlich, daß die Nutzbarmachung der F.-T. für die Fliegertruppe eine vollständige Umwälzung in den bisher gebräuchlichen und bekannten F.-T.-Konstruktionen hervorrief. Nicht nur änderte sich die Art des Zusammenbaus der Stationen, sondern auch die gesamten einzelnen Konstruktionselemente mußten nach ganz neuen Gesichtspunkten gebaut werden.

Die F.-T. hat damit ein neues Gebiet beschritten. Scharf getrennt von den übrigen Verwendungsgebieten der F.-T. wird die Flieger-Funkentelegraphie auch in Zukunft ihre Entwicklung gesondert für sich weiter fortführen müssen.

Abschnitt III.

Die herabhängenden Flugzeugantennen.

a) Die allgemeine Bauart.

Herabhängende Flugzeugantennen bestehen im wesentlichen aus der Antennenhaspel, der eigentlichen Antenne, dem Antennenschacht, bzw. dem Antennenleitrohr, sowie dem Antennengewicht.

1. Antennenhaspel.

Antennenhaspeln können automatisch oder mit Hand betrieben werden. Der automatische Antrieb kann elektrisch oder mittels Luftschrauben (s. Abb. 11 und 12), oder durch den Flugzeugmotor geschehen. Bei elektrischem Antrieb wird als Stromquelle zweckmäßig die F.-T.-Dynamomaschine benutzt. Alle automatischen Antriebsarten haben sich jedoch in der Praxis nicht bewährt. Sie brachten eine zu große Gewichts- und Raumvermehrung mit sich, die Bedienung der gesamten F.-T.-Bordanlage wird dadurch zwar um ein wenig einfacher, jedoch geht das auf Kosten der Betriebssicherheit (s. Abb. 13). Aus diesen Gründen soll auf den automatischen Antrieb nicht weiter eingegangen werden.

Bewährt haben sich Antennenhaspeln mit Handbetrieb (s. Abb. 14). Um gute Abstimmung für verschiedene Wellenlängen zu erreichen, müssen sie so gebaut sein, daß die Antenne ganz oder auch teilweise herabgelassen werden kann (Isolatoren). Die Haspeln sind mit besonderen Vorrichtungen versehen, die beim Auf- und Abkurbeln ein Abspringen der Windungen verhindern, wenn die Antenne selbst außer Zug ist (Abb. 15 und 16). Ferner ist eine Sicherung vorhanden, welche die Antenne in dem jeweils abgewickelten bzw. ganz aufgewickelten Zustande festhält. Die Trommel selbst besteht meist aus isolierendem Material, wie Holz. Zwischen Antennenkurbel und Antenne oder zwischen Antennenende und Gewicht wird eine Feder eingeschaltet. Diese hat den Zweck, das mechanische Zerreißen einzelner Adern des Antennendrahtes zu verhindern, sowie größere Verzahnungen in der Sperrvorrichtung zu gestatten, welche das selbsttätige Abwickeln verhindern. Da die Verzahnung nämlich auf einem Rade von viel kleinerem Durchmesser angebracht ist, als der Durchmesser der Trommel beträgt, so machen Drehungen

um einen Zahn meistens bereits mehrere Zentimeter Antennenlänge aus. Besonders dann, wenn der Körper an einen Anschlag stößt, pflegt man in dem Bestreben, das Sperrrad weiter zu drehen, den Draht unzulässig zu beanspruchen, wodurch Zerreißen einzelner Adern, bzw. das Abreißen des Endkörpers erfolgt.

2. Antenne.

Als elektrisch und mechanisch am wirkungsvollsten hat sich Bronze- und Kupferlitzendraht von 2 mm Querschnitt bewährt. Der Mangel an Rohstoffen führte dazu,



Abb. 11. Automatische Antennenhaspel (Bauart Fa. Dr. E. F. Huth).

auch verkupferte Stahldrähte als Antennenmaterial zu untersuchen. Zennek schreibt darüber: „Verkupferte Stahldrähte übertreffen Kupferdrähte nur wenig an Widerstand; sie gestatten die gute Leitfähigkeit des Kupfers und die große Zugfestigkeit des Stahls gleichzeitig auszunützen. Galvanisierte Drähte besitzt z. B. die Antenne des Eiffelturms.“

Bei den Schwingungen der drahtlosen Telegraphie kommt für den Widerstand mehr der Querschnitt der dünnen Oberflächenschicht, auf welche der Strom konzentriert ist, als der Querschnitt des ganzen Drahtes in Betracht.

Die Verwendung von Stahldraht als Flugzeugantennen ist infolge des unnachgiebigen Materials äußerst schwierig. Das Abrollen einer Stahldrahtantenne kann nur dadurch bewerkstelligt werden, daß sie auf Wegen mit geringen Biegungen herausgeführt und die Belastung von 0,5 auf 1,5 kg vergrößert wird.

Tabelle 1.

m/sec.	Welle: λ	J	Abstimmung	Beschaffenheit der Antenne
30,6	250	2,00	kein Optimum	Antennenlänge 36 m Stahldraht 1,75 mm Belastung 1,5 kg
27,8	250	1,80	kein Optimum	
25,0	250	1,65	Optimum	
30,6	200	1,40	kein Optimum	
27,8	200	1,25	kein Optimum	
25,0	200	1,15	kein Optimum	

m/sec. = Geschwindigkeit des Luftstroms zwischen den Tragdecks gemessen.

J = Antennenstromstärke in Amp.

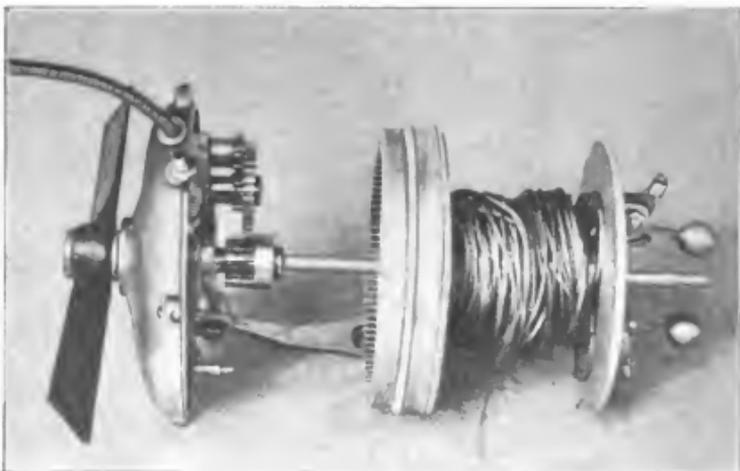


Abb. 12. Automatische Antennenhaspel (Bauart Fa. Dr. E. F. Huth).

Tabelle 1 stellt die Durchschnittswerte aus mehreren Versuchsreihen unter sonst konstant elektrischen Bedingungen dar. Ein Vergleich mit Kupferlitze gleichen Durchchnittes läßt erkennen, daß das Joulesche Dekrement größer geworden ist. Daß trotzdem eine verhältnismäßig große Reichweite erzielt wurde, ist darauf zurückzuführen, daß die Stahlanterie infolge geringeren Reibungswiderstandes im Luftstrom und größerer Belastung weit mehr vertikal durchhängt als die Litze, so daß ihre wirksame Höhe größer ist. Dieser Umstand kommt auch in der geringeren Abhängigkeit von veränderter Fluggeschwindigkeit zum Ausdruck. Litze ergibt bei Geschwindigkeitsänderungen von ca. 10 km, wenn man nicht nachstimmt, im Mittel 15% geringere Leistung, Stahldraht nur 7–10%.

Anscheinend noch vorteilhafter stellen sich die Verhältnisse mit verkupferten Stahlband (0,2 × 5 mm). Es hat bei nur 1 mm² Querschnitt eine 2,2 mal größere Oberfläche als Draht von 1,75 mm².

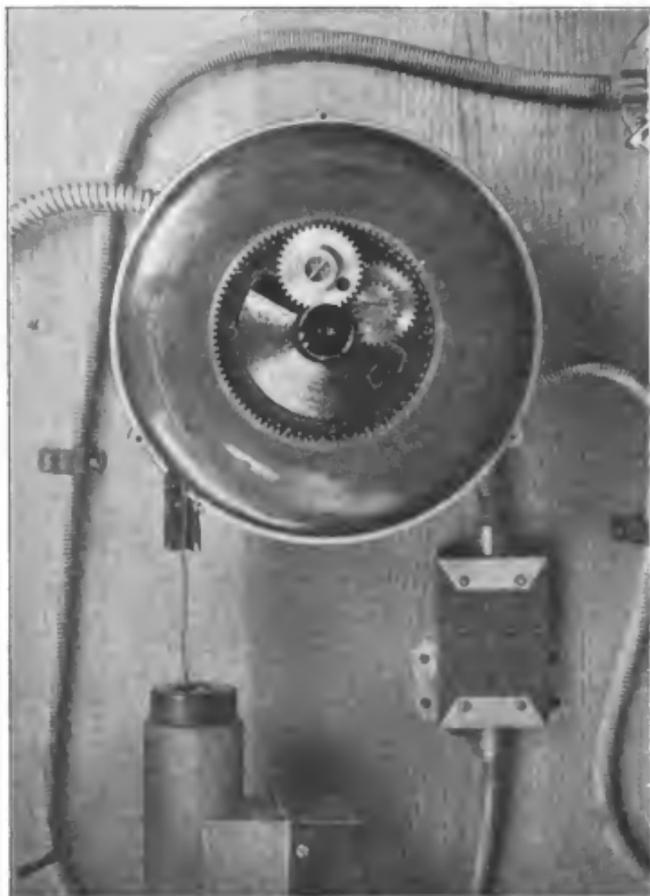


Abb. 13. Motor-Antennenhaspel (Bauart. Fa. Dr. E. F. Huth).

Tabelle 2.

Antennenmaterial	J	Rj	R	l	m sec.	l	λ
Kupferlitze	12,25	4,8	11,5	30	30,6	200	0,8
Stahlraht	4,60	32,0	18,0	38	30,6	250	0,8
Stahlband	8,40	10,8	12,0	32	30,6	200	0,8

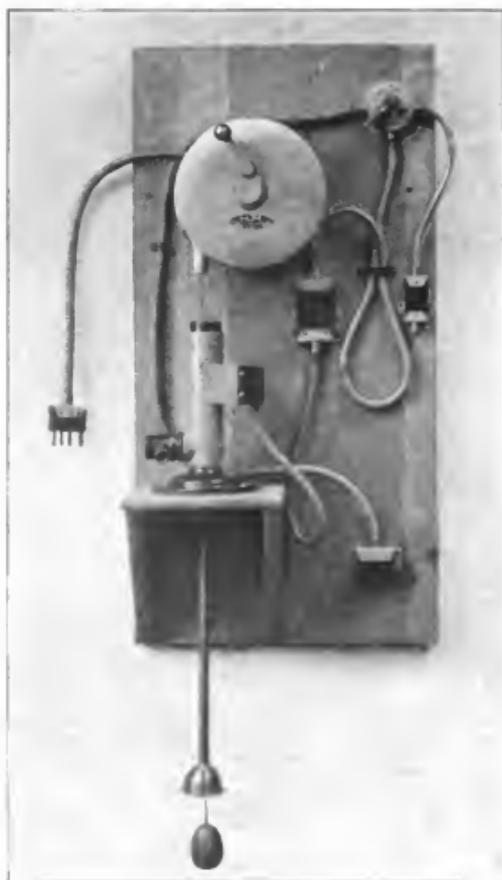


Abb. 14. Antennenhaspel für Handbetrieb.

- R_j = Joulescher Widerstand } Ohm.
 R = Strahlungswiderstand }
 m/sec. = Geschwindigkeit des Luftstroms zwischen den Tragdeck.
 J = Amp.
 λ = Wellenlänge in Metern.
 l = Länge der Antennen (wirksame Näherungsweise).
 α = Formfaktor des Senders.

Die Größen in Tabelle 2 sind roh angesetzt. Unberücksichtigt darin ist der mit den verschiedenen Antennenformen und Längen wechselnde Koppelungsgrad. Wie aus den Daten hervorgeht, schneidet das Stahlmaterial nicht ungünstig ab.

Im allgemeinen kann für die Praxis folgen: Die Stahldrahtantenne scheint unter der Voraussetzung guter Verkupferung für den Gebrauch im Flugzeug geeignet. Ihre Verwendung an Stelle des Litzmaterials bereitet in mechanischer Hinsicht Schwierigkeiten.

Die Stahlbandantenne stellt sich elektrisch nicht minder günstig wie die Kupferlitze. Das Ein- und Auskurbeln ist schwieriger als mit Litze.

3. Antennen-Ei.

Die Antenne trägt an ihrem Ende ein Antennengewicht, welches den Luftdraht in möglichst gestreckter Lage halten soll. Das Gewicht soll seiner Form nach möglichst geringen Luftwiderstand bieten und sich deshalb der Tropfenform nähern. Im allgemeinen sind deshalb die Gewichte in Eiform ausgeildet und werden Antennenei benannt. Das Gewicht richtet sich nach Antennenlänge, Antennenmaterial und -Größe des beabsichtigten Abgangswinkels der Antenne zur Horizontalen.

Abb. 17 zeigt eine Antennenhaspel mit aufgewickelter Antenne und Antennenei. Sie besteht aus der Trommel *a*, dem Sperrrad *b* und der Kurbel *c*. Das Ende der Kurbel wird durch eine Feder dauernd in die Zähne des Scharrades gepreßt und hält daher die Haspel in jeder Lage fest. Die Verbindung des Antennendrahtes mit der Haspel erfolgt durch eine $\frac{1}{2}$ m lange Schnur, die gleichzeitig als Isolation der Antenne vom Gegengewicht dient, da die Haspel mit dem als Gegengewicht dienenden Gestell des Flugzeuges metallisch verbunden ist.



Abb. 15 und 16. Antennenhaspel für Handbetrieb.

b) Die mechanischen Eigenschaften der 35-m-Antenne.

Diese Untersuchungen wurden praktisch von Oberingenieur Dr. Rottgardt und Oberleutnant d. Res. Prof. Dr. Baldus und Leutnant d. Res. Dr. Buchwald sowie Offizier-Stellvertreter Steindorf, letzterer als Flugzeugführer, durchgeführt.

Die bisher gebräuchlichste Flugzeugantenne aus Kupferlitze besitzt eine Länge von 35 m für ein F.-T.-Bordgerät mit dem Wellenbereich 150–350 m. Im

Zusammenhang mit Versuchen über Richtwirkung, Größenordnung und Konstanz ihrer elektrischen Eigenschaften wurde ihr mechanisches Verhalten im Fluge festgestellt. Dabei wurde teils unmittelbar optisch, teils photogrammetrisch nach Lichtbildern gearbeitet, die durch Photographieren des Versuchsflugzeuges von einem dicht daneben fliegenden Flugzeuge aus mit einer 18-cm-Patrouillenkamera gewonnen wurden. Soweit nichts Anderes bemerkt ist, beziehen sich die folgenden Angaben auf die eben erwähnte Antenne an einem Rumpler-C.-I.-Flugzeug – ungefähre Geschwindigkeit 140 km –, die in der üblichen Weise mit einem Ei belastet ist. Die Hauptergebnisse sind folgende:



Abb. 17. Antennenhaspel.

1. Die Form der frei herabhängenden Flugzeugantenne.

Verhalten während des Fluges.

Dreht sich der Beobachter um, so sieht er die Antenne nicht in der Längsachse des Flugzeuges oder parallel zu ihr, sondern nach rechts abgelenkt. Diese Abweichung nach rechts beträgt ungefähr 3° . Sie rührt wahrscheinlich vom Propellerwirbel her.

Auch bei ruhigstem Fluge außerhalb der böigen Schichten ist die Antenne in fortwährender Bewegung, hauptsächlich die äußersten 15 m. Das Ei bewegt sich bald in Form einer 8, elliptisch, bald anderweitig, kurz es macht fortwährend Be-

wegungen nach vorwärts und rückwärts, verbunden mit seitlichen Ausschlägen. Das von der Seite gesehene Ei bewegt sich bei ruhigem Fluge ungefähr 1 m um die Mittellage. Die Bewegungen nach vorwärts und rückwärts haben eine scharf

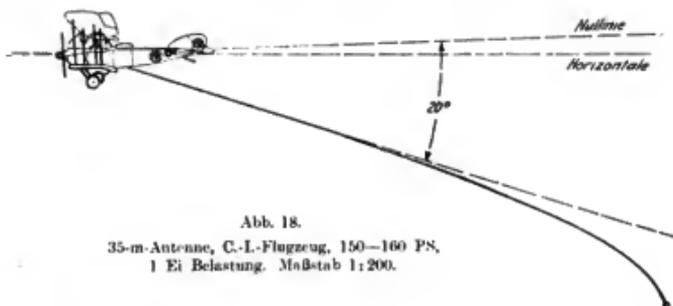


Abb. 18.

35-m-Antenne, C.-L.-Flugzeug, 150—160 PS,
1 Ei Belastung. Maßstab 1:200.

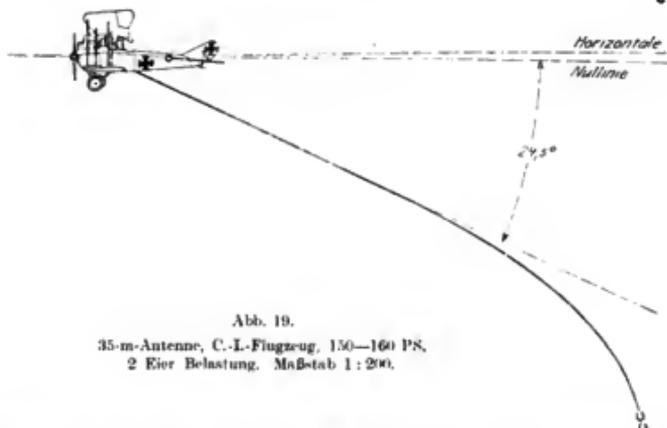


Abb. 19.

35-m-Antenne, C.-L.-Flugzeug, 150—160 PS,
2 Eier Belastung. Maßstab 1:200.

ausgeprägte Periodizität, sie beanspruchen für einen Hin- und Rückgang 4,9 Sek., wenn die gleichzeitigen seitlichen Ausschläge gering sind.

Bei Böen, bei auch nur schwachen Kurven, und im Gleitfluge sind die Bewegungen der Antenne bedeutend größer.

Seitenansicht.

Abb. 18 zeigt die von der Seite gesehene Antenne im Maßstabe 1:200. Als Nulllinie ist die Verbindungslinie der Propellernabe mit dem vorderen Ansatz der Dämpfungsfläche des Höhensteuers gezeichnet. Ihre Lage zur Horizontalen wurde bei den verschiedenen Typen durch eine Anzahl von Lichtbildern und Messungen

in Verbindung mit Pendeln festgelegt. Das Flugzeug selbst ist der Anschaulichkeit halber perspektivisch gezeichnet.

Man erkennt, daß der Abgangswinkel der Antenne von der Nulllinie 20° ist, die

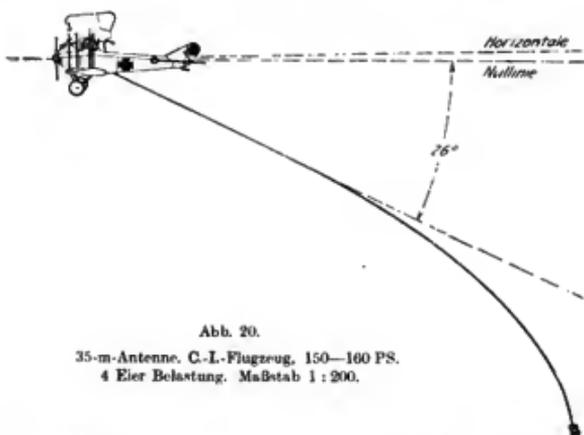


Abb. 20.

35-m-Antenne. C.I.-Flugzeug. 150—160 PS.
4 Eier Belastung. Maßstab 1 : 200.

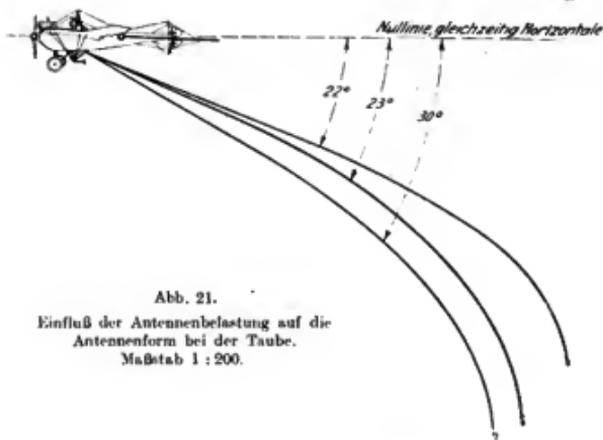


Abb. 21.

Einfluß der Antennenbelastung auf die
Antennenform bei der Taube.
Maßstab 1 : 200.

Antenne nach ungefähr 18 m geradlinigen Verlaufes sich nach abwärts krümmt, zuerst schwach, gegen das Ende zu stärker. Das Ende der Antenne bildet mit der Wagerechten einen Winkel von ungefähr 70° , ist also noch nicht senkrecht. Das Ei der Antenne liegt ungefähr 16 m unter der Nulllinie.

Einfluß der Belastung.

Abb. 19 und 20 zeigen dieselbe Antenne mit 2 und 4 Eiern belastet. Man erkennt, daß mit zunehmender Belastung die Krümmung früher beginnt, und die Antenne steiler herabhängt, was zu erwarten ist. Der Abgangswinkel beträgt 24 und 26°, der Abstand der Eier von der Nulllinie ist 19 und 20 m.

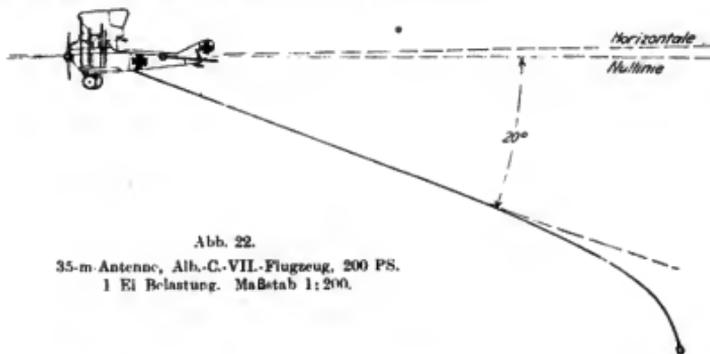


Abb. 22.

35-m Antenne, Alb.-C.-VII-Flugzeug, 200 PS.
1 Ei Belastung. Maßstab 1:200.

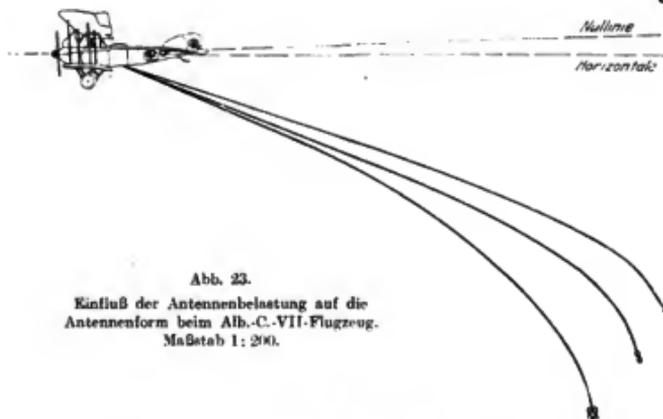


Abb. 23.

Einfluß der Antennenbelastung auf die
Antennenform beim Alb.-C.-VII-Flugzeug.
Maßstab 1:200.

Antenne an der Taube.

Um die Lage der Antenne bei einem langsameren Flugzeuge festzustellen und damit ein Bild des Einflusses der Geschwindigkeit auf die Antennenform zu bekommen, wurden weitere Versuche mit einer Jeannin-Stahltaube von ungefähr 110 km Geschwindigkeit gemacht. Abb. 21 zeigt, daß die Antenne steiler herabhängt als beim C 1. Sie beginnt sich rascher zu krümmen, das Ei hat von der Nulllinie einen Abstand von 18 m. Ähnliche Veränderungen zeigen die Fälle mit 2 und

4 Eiern. In Abb. 21 kann man den Antennenverlauf der Taube bei einfacher, zweifacher und vierfacher Belastung vergleichen. Dabei fällt auf, daß die Antenne mit 2 Eiern in ihrem oberen Verlaufe sehr nahe an der Antenne mit einem Ei entlang läuft und schon nach 7 m vom gradlinigen Verlaufe abweicht. Das führt zu der

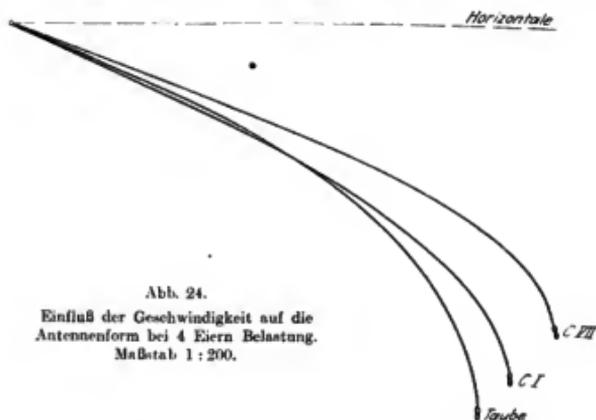


Abb. 24.
Einfluß der Geschwindigkeit auf die
Antennenform bei 4 Eiern Belastung.
Maßstab 1 : 200.

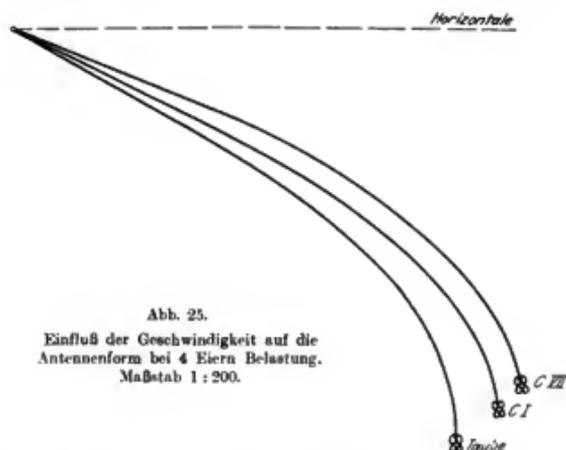


Abb. 25.
Einfluß der Geschwindigkeit auf die
Antennenform bei 4 Eiern Belastung.
Maßstab 1 : 200.

Annahme, daß die Taube in einem Augenblicke photographiert wurde, in dem sie infolge einer Fallhöhe plötzlich sank, gleichsam auf die Antenne fiel, wodurch der oberste Teil abgelenkt wurde. Da die Taube sehr schlecht stieg, war es nicht möglich, ganz aus den Böen herauszukommen.

Antenne am Albatros C VII.

Nach der Untersuchung eines langsameren Flugzeuges wurde mit Versuchen an einem schnelleren begonnen. Als solches wurde ein Albatros C VII mit ungefähr 160 km in der Stunde gewählt. Hier ergibt sich eine Abweichung von den Verhältnissen beim C I nach der anderen Seite, die Form der Antenne ist gestreckter, wie die Abb. 22 und 23 zeigen. Die Abgangswinkel sind 20, 23 und 25°, die Abstände der Eier von der Nulllinie 15, 18 und 21 m.

Einfluß der Geschwindigkeit.

Die Abb. 24 und 25 zeigen den Einfluß der Geschwindigkeit auf die Antennenform bei 2 und 4 Eiern. Die Antennen sind hier nicht nach der Nulllinie, sondern nach der Horizontalen orientiert. In Abb. 24 fällt das sonderbare Verhalten der Antenne bei der Taube auf, man vergleiche hierzu das weiter oben über die Taube Gesagte. Die Antenne der Taube überschneidet in Wirklichkeit nicht die des C I, sondern liegt ganz unter ihr.



Antennenlänge und Abgangswinkel.

Bringt man am C I-Flugzeuge statt der 35 m langen Antenne eine solche von 70 m Länge an, dann sinkt der Abgangswinkel nach Abb. 26 von 20° auf 18°.

Einfluß des Antennenmaterials.

Versuche mit Antennen aus glattem Stahldraht an Stelle der gedrillten Kupferlitze ergaben, daß der Abgangswinkel derselbe bleibt; während die Stahlantenne in ihrem weiteren Verlaufe wegen des geringeren Luftwiderstandes jedenfalls steiler herabhängt als die Litzenantenne, auch früher vom geradlinigen Verlaufe abbiegt.

Praktische Folgerungen.

Die Beantwortung der folgenden für die Praxis wichtigen Fragen ist nach den vorhergehenden Betrachtungen ohne weiteres möglich.

1. Welches ist die Lage der Normalantenne, welches vor allem der Abgangswinkel?
2. Läßt sich durch Vergrößerung des Endgewichtes die aus elektrischen Gründen gewünschte wesentliche Vergrößerung des Abgangswinkels erreichen?

3. Ist bei Einführung schnellerer Typen eine nennenswerte Verkleinerung des Abgangswinkels und damit eine Verschlechterung der elektrischen Eigenschaften zu erwarten?

4. Wie wirkt eine Verlängerung der Antenne auf den Abgangswinkel?

5. Kann man durch die Wahl eines anderen Antennenmaterials, das geringeren Luftwiderstand bietet, die gewünschte Vergrößerung des Abgangswinkels erzielen?

Die Antworten lauten:

Zu 1: Vgl. Abb. 18. Der Abgangswinkel zur Nulllinie ist 20° .

Zu 2: Selbst bei 4 Eiern Belastung ist der Abgangswinkel nur 26° , also nicht wesentlich größer.

Zu 3: Die Erhöhung der Flugzeuggeschwindigkeit von 140 auf 160 km zieht eine Verkleinerung des Abgangswinkels um höchstens 1° nach sich. Bei einem Ei Belastung ist der Abgangswinkel bei 110 km Stundengeschwindigkeit nur um 2° größer als bei 140 km. Daraus folgt, daß die Geschwindigkeit noch weniger als die Belastung auf den Abgangswinkel wirkt, die praktisch mögliche Erhöhung der Geschwindigkeit die elektrischen Eigenschaften nicht nennenswert verschlechtert.

Zu 4: Durch die Verlängerung der Antenne wird der Abgangswinkel etwas verkleinert, beim C I und II um 2° bei Verdoppelung der 35-m-Antenne.

Zu 5: Die Verkleinerung der Reibungskoeffizienten ist für den Abgangswinkel praktisch bedeutungslos.

Das heißt zusammengefaßt: Die unter 2–5 in Betracht gezogenen Einflüsse verändern den Abgangswinkel nicht oder nur wenig.

2. Arbeitsleistung in horizontaler Richtung.

Die benutzte 35-m-Antenne hatte ohne Ei ein Gewicht von 280 g, ein Ei wog 515 g, der Durchmesser der Antenne betrug 1,3 mm. Sie übte auf das C I-Flugzeug einen wagrechten Zug von

0,63 kg bei einem Ei Belastung.

1,13 kg bei zwei Eiern Belastung aus.

Daraus folgt als Arbeitsleistung in horizontaler Richtung, die das Mitführen der Antenne erfordert, $24,5 \frac{\text{m/kg}}{\text{sek}}$, oder ungefähr $\frac{1}{3}$ PS.

Die Antenne samt Ei belastet das Flugzeug senkrecht nach unten mit einem Gewichte von nur 0,25 kg, das folgt aus dem gefundenen Abgangswinkel von der Horizontalen von 21° . Soweit wird ihr Gewicht, das samt Ei 0,80 kg beträgt, durch den auch nach oben wirkenden Luftwiderstand an der Antenne verringert.

Belastet man die Antenne mit 2 Eiern, dann ergibt sich entsprechend eine Arbeitsleistung von ungefähr $44 \frac{\text{m/kg}}{\text{sek}}$, d. h. fast $\frac{1}{2}$ PS und eine senkrechte Belastung des Flugzeuges mit ungefähr 0,55 kg.

c) Die elektrischen Größenordnungen von Antennen verschiedener Länge.

I. Die 35-m-Antenne im C-Flugzeug. (Widerstandsmessung.)

In das Flugzeug wurde zur Messung des Widerstandes ein F.-T.-Bordsender nach dem System des tönenden Löschfunkens (Ausführung Telefunken) mit dem Wellenbereich 150—500 m und einer Primärenergie von maximal 250 Watt von 500 periodigem Wechselstrom eingebaut. Als Meßinstrument des Antennenstromes diente ein Hitzdrahtampèremeter. Es wurde der Antennenstrom bestimmt einmal bei einem in der Antenne einzuschaltenden Widerstand von 7.92 Ohm (in Öl gebettet), dann ohne diesen Widerstand.

Die erste Messung bei $\lambda = 200$ m bei guter Resonanz zwischen Stoßkreis und Antenne, ergab als Mittel von 12 Ablesungen einen Antennenstrom ohne Zusatzwiderstand = 1,61 Amp., mit Zusatzwiderstand = 1,30 Amp.

Die zweite Messung ergab unter gleichen Bedingungen bei $\lambda = 300$ m ohne Zusatzwiderstand = 1,67 Amp., mit Zusatzwiderstand = 1,38 Amp.

Daraus ergibt sich ein Widerstand bei:

Welle $\lambda = 200$ m, Widerstand ist 14,9 Ohm

„ $\lambda = 300$ m, Widerstand ist 16,9 „

2. Die 78-m-Antenne im Riesenflugzeug.

Es wurden ermittelt: Die Eigenwelle = 300 m, die wirksame Kapazität $C = 300$ cm.

3. Die 150-m-Antenne im Riesenflugzeug.

Es wurden ermittelt: Die Eigenwelle = 530 m, die wirksame Kapazität im Mittel zu $C = 440$ cm.

d) Die Richtwirkung der herabhängenden Flugzeugantenne.

I. Allgemeine Versuchsanordnung.

Im praktischen Flugbetriebe war bekannt, daß die Güte des Wechselverkehrs zwischen Flugzeug und Bodenstation bei gleichen Entfernungen in zeitlich kurzen Intervallen sehr stark schwankte, bis zum zeitweiligen Aussetzen des Verkehrs, ohne daß sich eine Erklärung dafür in Veränderung der Apparaturen finden ließ. Diese Erscheinung konnte demnach nur in der stark ausgeprägten Richtwirkung des Flugzeuges zu suchen sein. Während die bisher in der Literatur bekannt gewordenen Empfangsmessungen zwischen zwei festen Stationen stattfanden (ausgenommen die Versuche bei der Schifffahrt), handelte es sich hier um eine feste und eine Station, die nach 5 Richtungen beweglich ist: geographische Länge und Breite, Flughöhe, Neigung der Flugzeugantenne gegen die Wagerechte und Neigung der Flugzeugantenne gegen den Sehstrahl der Bodenstation. Hierzu kommen die starken Veränderungen der elektrischen Verhältnisse des Zwischenmediums Luft, die schon

die bisher bekannten Messungen äußerst erschwert hatten. Bei der Neuheit des Materials mußte also ein noch nicht bekanntes Meßverfahren ausgearbeitet werden. Als Ziel der Untersuchungen wurde das quantitative Festlegen der Richtwirkung der frei herabhängenden Flugzeugantenne angestrebt. Zu diesem Zweck kreuzte das sendende Flugzeug bei konstanter Flughöhe in verschiedenen Richtungen über demselben Geländepunkt, während gleichzeitig in der Bodenstation die Empfangsenergie bei den verschiedenen Stellungen des Flugzeuges gemessen wurde und zwar direkt in Watt. Da gleichzeitig die Sendeenergie des Flugzeuges beobachtet wurde, war außerdem noch die Möglichkeit gegeben, den Nutzeffekt der drahtlosen Übertragung zu bestimmen. Die nachfolgend beschriebenen Versuche wurden hauptsächlich von Obltn. d. Res. Professor Dr. Baldus, Obltn. d. Res. Dr. Buchwald und Lt. d. Res. Dr. Hase ausgeführt.

2. Die drahtlose Apparatur im Flugzeug zur Bestimmung der Richtwirkung.

Als Flugzeug wurde ein D.-F.-W. C V mit 200-PS-Benzmotor verwendet. Das F.-T.-Bordgerät bestand aus einem gedämpften Sender (System tönender Löschfunke, Ausführung Dr. Erich F. Huth), mit dem Wellenbereich 150–250 m. Als Stromquelle diente ein Generator. Die Welle war 250 m, die Antennenstromstärke ungefähr 3 Amp. Der Widerstand der Antenne wurde in einem besonderen Versuch zu 15 Ohm festgelegt. Demnach war die Antennenenergie im Flugzeuge rund 135 Watt. Bei den Messungen wurde zur Bestimmung der Stromstärke im Flugzeug ein Präzisions-Hitzdrahtampèremeter von Hartmann & Braun mit 10 cm Skalendurchmesser verwendet, das auf Filzklötzen erschütterungsfrei aufgestellt wurde. Bei den Messungen konnte $\frac{1}{11}$ Amp. verbürgt werden.

Die Versuche wurden bei einer Flughöhe von 1600 m und einer mittleren Entfernung von 10 km durchgeführt.

3. Das Sendeverfahren.

Nach verschiedenen Versuchen wurde folgendes Sendeverfahren als das günstigste gewählt: Vor Überfliegen des Punktes mehrfache Wiederholung eines die betreffende Messung charakterisierenden Buchstabens, dann 3 Warnungspunkte kurz vor Überfliegen des Punktes und 5 Sekunden Dauerstrich, 2 Sekunden Pause, 5 Sekunden Dauerstrich. Der mittlere Strich fiel mit dem Überfliegen des Punktes zusammen und seine Mitte mit der weiter unten erläuterten photographischen Ortsbestimmung. Während jedes Dauerstriches wurde im Flugzeuge die Stromstärke abgelesen und gleichzeitig in der Bodenstation die Empfangsstromstärke in der später erwähnten Weise bestimmt. Um von zeitlichen Schwankungen der atmosphärischen Verhältnisse möglichst frei zu sein, wurde die Aufeinanderfolge der Messungen tunlichst beschleunigt; es gelang z. B. 12 Tripel von Messungen in 22 Minuten zu erledigen.

4. Die Ortsbestimmung.

Die Ortsbestimmung wurde zunächst durch Anschneiden mittelst Theodoliten versucht, die ihrerseits mit Empfangsstationen zum Mithören ausgerüstet waren.

Dabei gelang es zwar, die Raumkoordinaten des Flugzeuges bei einer Entfernung bis zu 8 km auf 15 m genau zu bestimmen, doch fehlte die Festlegung der Richtung der Flugzeugachse.

Als sich die direkte optische Bestimmung dieser Richtung als zu ungenau ergab, wurde ein photographisches Verfahren gewählt. In der Mitte des mittleren Dauerstriches wurde eine senkrechte photographische Aufnahme aus dem Flugzeuge gemacht, die gleichzeitig die Richtung der Flugzeugachse angab.

Die Kamera war in der Mitte des Platzes des Beobachters auf Filzklötzen senkrecht derart eingebaut (Feinregulierung durch Libelle), daß zwei Linsenlochmarken die Richtung der Flugzeugachse lieferten. Während des ganzen Versuches blieb die Lage der Kamera unverändert, der Verschuß spannte sich infolge einer Sonderkonstruktion selbsttätig unmittelbar vor der Auslösung, die durch einen Druck auf einen senkrecht nach ahwärts geführten Knopf erfolgte. Der Plattenwechsel erfolgte mit der Hand bei Verwendung von sechsteiligen Wechselkassetten. Die Kamera war eine Spezialausführung der Firma Goerz nach Angabe des Kommandos F.-T.-V.-A. Als Linse wurde ein

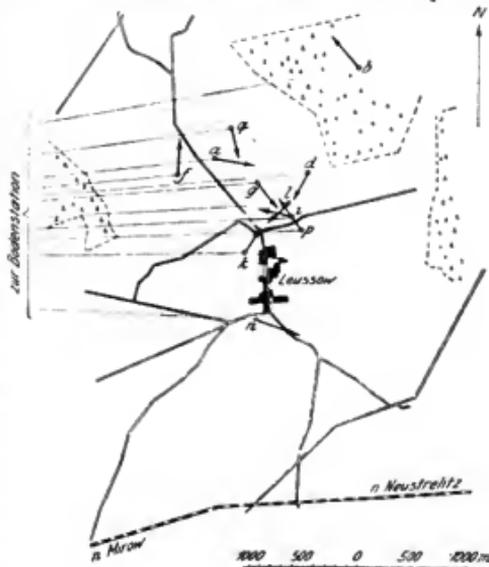


Abb. 27. Photogrammetrische Auswertungen von Richtwirkungsversuchen.

Messung	Entfernung von Bodenstation km	Grad
a	9,3	16
b	10,7	229
d	10,2	123
f	9,0	278
g	9,7	58
j	10	196
k	9,55	303
l	10	143
n	9,65	17
p	10,1	237
q	9,5	85

Color-Doppelanastigmat 1 : 4,8 gewählt, mit 90 mm Brennweite bei einem Plattenformat von 9 : 12 cm mit einem Öffnungswinkel von 60 bzw. 53°. Der große Öffnungswinkel lieferte einen genügenden Geländeausschnitt, so daß es auch bei veralteten Meßtischblättern immer gelang, die ebenen Koordinaten auf 25 m genau, die Richtung der Flugzeugachse auf 1° genau festzulegen. Versuche mit

verschiedenen fest eingebauten Flugzeugkammern mit Schlitzverschluß ergaben immer wieder auftretendes Festhaken des Verschlusses trotz wiederholter Reparaturen; deshalb wurde bei der Spezialekamera ein Sektorenverschluß gewählt. Die Belichtungsdauer schwankte zwischen $\frac{1}{100}$ und $\frac{1}{50}$ Sekunde, bei zeitweiliger Verwendung einer vierfachen Gelscheibe. Die Flughöhe wurde nach dem Barometer bei den Messungen abgelesen und am Barogramm nach dem Fluge kontrolliert.

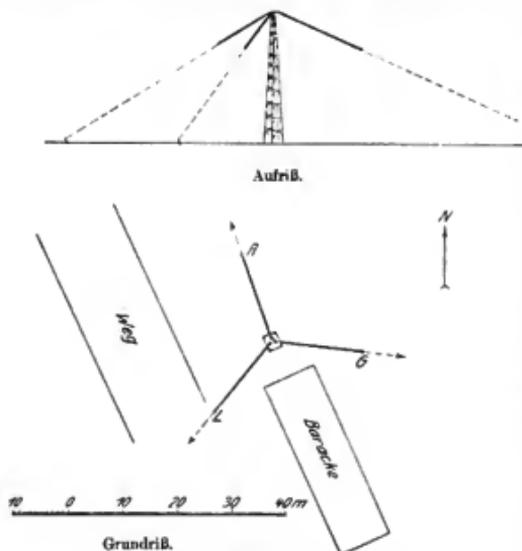


Abb. 28. Antenne der Bodenstation.

Längen und Neigungen der Antennendrähte für die 3/III Schirm-Antenne an der Baracke.

Antennendraht	Azimat von Nord rechts herum	Länge (direkte) m	Neigung	Höhe über Betonfläche	Höhe über Bodenniveau
A	340° 8'	17,47	25° 41'	10,66	24,24
G	85° 59'	17,64	24° 13'	10,90	24,18
L	218° 9'	17,73	20° 1'	18,16	24,23

Die Aufnahmen wurden senkrecht und folglich maßstabgerecht gemacht; infolgedessen konnten die ebenen Koordinaten des Flugzeuges und die Winkel zwischen Flugzeugachse und Geländekonturen ohne weiteres aus den Platten in die Karte übertragen werden. Hierbei zeigte es sich, daß es trotz großer Aufmerksamkeit nicht gelang, immer genau denselben Punkt zu überfliegen. Von den dadurch notwendig gewordenen Reduktionen wird später die Rede sein. Abb. 27 zeigt das Beispiel einer solchen Auswertung. Die Kreise geben den Flugzeugstandpunkt an, die Pfeile die Richtung d. Flugzeugachse.

Die endgültigen Versuche wurden über 4 verschiedenen Geländepunkten durchgeführt.

5. Die physikalische Meßmethode.

Als Empfangsanlage diente eine dreiteilige Schirmantenne am 25 m Holzmast mit Z-Empfänger. Die Antenne stand auf Sandboden und besaß Erdung bei einer Grundwassertiefe von 4 m. Die Zuleitungen bestanden aus Kupferlitze, während für die 3 Schirmdrähte verzinkte Eisenlitze verwendet wurde. Ihre Abmessungen und Azimute sind aus Abb. 28 ersichtlich.

Die Eigenschwingung des Luftleiters betrug 295 m bei einer statischen Kapazität von 273 cm.

Der Z-Empfänger stammte aus einer alten Zeppelinbordstation. Wie Schalt-schema Abb. 29 zeigt, war es ein Primärempfänger mit induktiv gekoppeltem aperiodischem Kreis. Obwohl die Kopplung veränderlich war, wurde stets wegen des großen Baretterwiderstandes mit engerer Kopplung gearbeitet. Die Selbstinduktionen waren: $L^1 = 0,52 \cdot 10^6$ cm, die gegenseitige Induktivität $M = 0,21 \cdot 10^6$ cm. Da mit Welle 250 gearbeitet wurde, mußte ein Verkürzungskondensator C_1 von 133 cm eingefügt werden.

Als Energiedetektor wurde ein Baretter mit einem Widerstand von 350 Ohm verwendet in Verbindung mit einem Permanent-Saitengalvanometer von 1250 Ohm Fadenwiderstand. Wie mehrfache Versuche zeigten, ist bei der Kürze der Meßstriche die Verwendung eines normalen Spiegelgalvanometers nicht möglich, andererseits hat aber ein Fadeninstrument den Nachteil geringerer Empfindlichkeit, die sich aber noch durch Ersatz des permanenten durch einen Elektromagneten steigern ließe. Da auch wegen des hochohmigen Baretters die Bedingung Antenne-Detektor-kreis nicht zu erfüllen war, stellte die benutzte Anordnung noch keineswegs das Maximum der erreichbaren Empfindlichkeit dar. Von ausschlaggebender Bedeutung für die Messung war die vollkommene Störungsfreiheit der benutzten Station.

Um die Auswertung der photographischen Ortsbestimmung zu erleichtern und das Barogramm verwerten zu können, wurde bei jeder Messung die Zeit auf die Sekunde festgelegt.

6. Die Auswertung der Beobachtungen.

Die am Saitengalvanometer abgelesenen Werte mußten in dreierlei Weise reduziert werden.

Zuerst wichen im Flugzeuge die Sendeintensitäten der einzelnen Dauerstriche voneinander ab. Sie schwankten zwischen 2,7 und 2,9 Amp. Die an der Erde abgelesenen Ausschläge wurden deshalb quadratisch reduziert, und zwar der einfachen Rechnung halber auf 3 Amp. Zweitens war bei den einzelnen Meßtriplen die horizontale Entfernung zwischen Bodenstation und Flugzeug nicht immer die gleiche. Die Entfernung schwankte bei den ersten drei der hier behandelten Versuche zwischen 8,9 und 11,15 km. Dies machte eine weitere Reduktion notwendig. Hierzu war nötig die Kenntnis der Abhängigkeit der Empfangsintensität von der Entfernung des Senders bei der gewählten Höhe von 1600 m und einer ungefähren Entfernung von 10 km. Aus anderweitigen Versuchen ergab sich, daß sich in diesem Bereich die Empfangsintensität in erster Annäherung umgekehrt mit dem Quadrat der Entfernung ändert. Daher wurde abermals eine quadratische Reduktion vorgenommen, und zwar auf eine mittlere Entfernung von 10 km. Ein vierter Versuch wurde bei derselben Flughöhe auf Entfernungen zwischen 7,25 und 8,8 km durchgeführt. Eine versuchte quadratische Reduktion dieser Werte auf 10 km ergab eine derart gute Übereinstimmung mit den vorhergehenden Messungen, daß der Versuch mit in die Reihe der 10 km-Versuche eingezogen wurde. Endlich wurden die so gewonnenen Werte nach Tab. 3 in Watt umgerechnet.

Trotz aller dieser Vorsichtsmaßregeln deckten sich die Beobachtungen der einzelnen Tage zwar relativ sehr gut, aber nicht ihren absoluten Werten nach, d. h. die Energieübertragung zwischen Flugzeug und Bodenstation ist an verschiedenen Tagen verschieden günstig, verursacht durch den veränderlichen Zustand der Atmosphäre und Erde.

7. Die Meßergebnisse.

Nach dem im vorhergehenden angegebenen Verfahren wurden bei 4 Versuchen die folgenden Werte bestimmt, wobei die reduzierte Senderenergie 135 Watt betrug.

Tabelle 3.

	Messung Flugzeug Ampère	Messung Erde Skalenstelle	Horizontale Entfernung Flugzeug Empfangstation	Winkel φ	Messung Erde reduziert auf 5 Amp. 10 km	Reduzierte Empfangs- energie in Watt
1. Versuch über Leusow 8. 7. 18 6 ⁰⁰ bis 6 ⁰⁴ nachm.	2,85	0,33	9,3 km	16°	0,31	4,7
	2,88	1,33	10,7 ..	230°	1,66	25,2
	2,75	1,61	10,2 ..	123°	2,03	30,8
	2,80	1,10	9,0 ..	278	1,03	15,6
	2,75	0,57	9,7 ..	58°	0,64	9,7
	2,85	1,90	10,0 ..	196°	2,10	31,9
	2,81	0,63	9,55 ..	303°	0,65	9,87
	2,70	2,10	10,0 ..	143°	2,5	38,0
	2,80	0,13	9,65 ..	17°	0,14	2,12
	2,75	1,67	10,1 ..	237°	1,21	29
2,78	1,20	9,5 ..	85°	1,27	19,3	
2. Versuch über Patsch 8. 7. 18 6 ⁰⁰ bis 6 ⁰⁷ nachm.	2,87	0,73	9,8 ..	78°	0,755	11,75
	2,85	1,90	9,8 ..	233°	1,74	26,4
	2,88	1,70	9,0 ..	247°	1,5	22,8
	2,8	0,10	8,9 ..	356°	0,095	1,44
	2,81	1,50	9,0 ..	247°	1,38	20,95
3. Versuch über Roggenlin 12. 7. 18 6 ⁰⁴ bis 6 ⁰⁴ nachm.	2,75	3,6	10,9 ..	138°	5,1	77,5
	2,7	4,2	10,15 ..	217°	5,3	80,5
	2,78	0,7	10,3 ..	25°	1,0	15,17
	2,71	3,5	10,85 ..	236°	5,1	77,5
	2,71	0,4	10,35 ..	346°	0,52	78,0
	2,75	2,7	11,15 ..	115°	4,0	60,8
	2,80	3,5	10,2 ..	229°	4,2	63,8
4. Versuch über Mlow-Ost 12. 7. 18 7 ⁰⁰ bis 7 ⁰⁴ nachm.	2,80	2,1	8,0 ..	62°	1,54	23,4
	2,70	6,9	8,0 ..	161°	5,4	82,0
	2,73	0,6	7,5 ..	340°	0,4	6,08
	2,73	7,9	7,9 ..	180°	5,9	89,5
	2,71	0,6	7,25 ..	12°	0,47	7,14
	2,78	3,0	8,8 ..	103°	2,7	41,0
	2,70	6,1	7,25 ..	237°	3,05	60,0

Witterung zur Versuchszeit: Am 9. 7. 1918 SO-Wind: ca. 5 m/sec. in 1600 m Höhe, Gewitterneigung, starker Dunst: leicht böig; in 2000 m geschlossene Wolken-

decke; Temperatur am Boden 24° C, 60proz. relative Feuchtigkeit; Barometer 754 mm.

Am 12. 7. 1918 ca. 10 m/sec. in 1600 m Höhe leichter Dunst, vor der Sonne starker Dunst; böig; einzelne Wolken in 1800 m Höhe, Temperatur am Boden 23° C, 51proz. relative Feuchtigkeit; Barometer 756 mm.

Aus den Messungen folgt zunächst, daß einer Sende-Energie von 135 Watt bei 10 km Entfernung und 1600 m Flughöhe eine Empfangsenergie von höchstens $9 \cdot 10^6$ Watt entspricht, d. h. weniger als der 10millionste Teil der Sende-Energie geht in den Empfänger ein, während der übrige verloren geht.

Abb. 30 zeigt die gemessenen Werte der 4 Versuche graphisch aufgetragen. Die einzelnen Versuchsreihen mußten, wie erwähnt, aufeinander reduziert werden. Diese Tagesreduktionen wurden in der Weise durchgeführt, daß die Versuchswerte der einzelnen Tage durch eine Kurve verbunden wurden, und diese Kurven durch graphisches Vergleichen entsprechender Kurvenbögen auf denselben Maßstab gebracht wurden. Die so gewonnenen Verhältnisse waren:

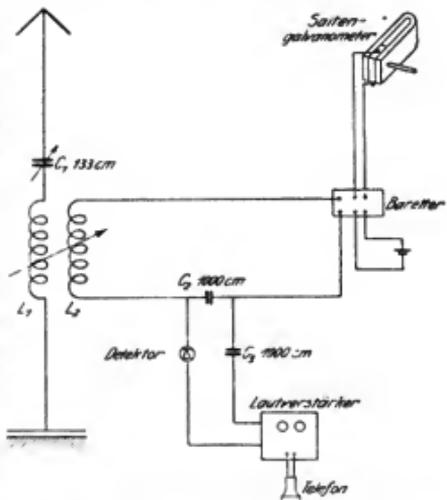


Abb. 29. Schaltenschema der Meßordnung in der Boden-F.-T.-Station.

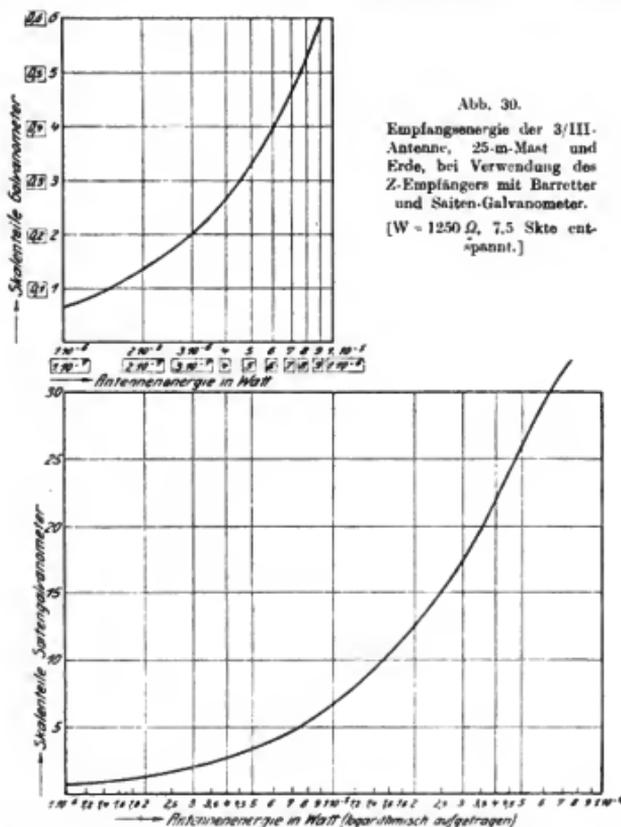
$$\frac{2. \text{ Versuch}}{1. \text{ Versuch}} = 1$$

$$\frac{3. \text{ Versuch}}{1. \text{ Versuch}} = 2,06$$

$$\frac{4. \text{ Versuch}}{1. \text{ Versuch}} = 2,3$$

d. h. die Energieübertragung war am 9. 7. bei sonst genau gleichen äußeren Bedingungen nur halb so gut wie am 12. 7. Dabei stimmte, wie oben angegeben, die Tageszeit bei den Versuchen bis auf $\frac{1}{4}$ Stunde überein. Die Kurve in Abb. 31 ist ohne Rücksicht auf Symmetrie durch die gemessenen Punkte hindurch gelegt, wobei nur ein Wert des ersten Versuches aus der Kurve herausfällt. Die Abszisse gibt den Winkel zwischen Flugzeugachse und Seinstrahl zur Bodenstation, in der bei Abb. 31 angegebenen Weise gemessen. Die Ordinaten geben die reduzierten gemessenen Skalenteile. Aus der Kurve ist ersichtlich, daß das Maximum bei 180° liegt, d. h. beim Flug in Richtung auf die Empfangsstation, das Minimum bei 0° bzw. bei 360°, d. h. bei Wegfliegen von der Empfangsstation. Dabei verhält sich die Energie beim Hinflug zu der beim Wegflug wie 54 : 1. Diese Zahl gilt nur für den Fall, daß die Flugzeugachse ganz scharf auf die Bodenstation zu oder von ihr weg gerichtet ist, wobei sie schon bei Abweichungen um 10° wesentlich günstiger wird.

Um die Verhältnisse anschaulicher vor Augen zu führen, ist in Abb. 32 eine andere Darstellungsweise gewählt. Denkt man sich an Stelle des kleinen Kreises F das Flugzeug mit der Achse in Richtung des Pfeiles und im Abstande von 10 km um das Flugzeug im Kreise gleiche Bodenempfangsstationen aufgebaut, dann gibt



der Abstand der Kurvenpunkte von F die jeweilige Empfangsenergie der in dieser Richtung aufgestellten Stationen. Diese Kurve ist nicht ganz symmetrisch zur Flugzeugachse, sonst müßte sie mit der punktierten Kurve ihr Spiegelbild an der Flugzeugachse decken. Diese Abweichung liegt innerhalb der Meßfehler, so daß es zulässig erscheint, als endgültige Sendecharakteristik die symmetrische der Abb. 33 anzuspreehen für 1600 m Flughöhe und 10 km Entfernung.

Ferner ergibt sich:

Das Maximum der Strahlung und damit die Empfangslautstärke der Bodenstation liegt nach vorn.

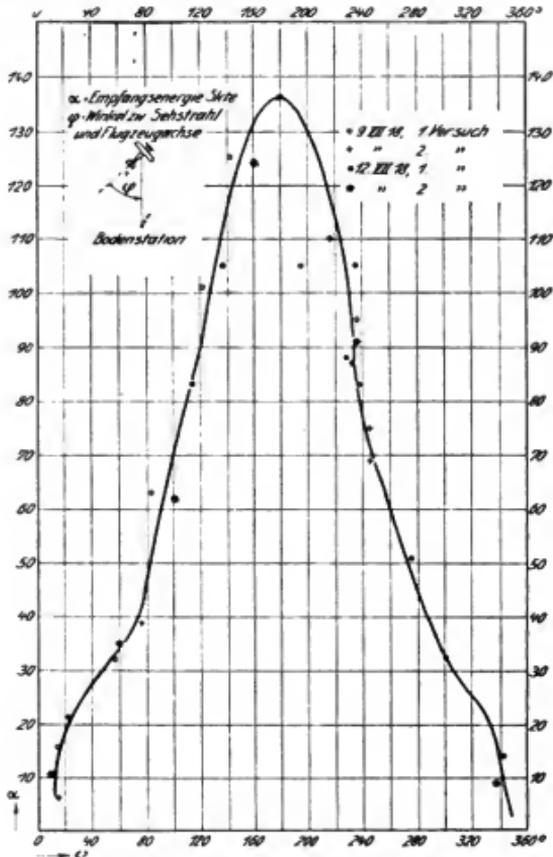


Abb. 31. Messung der Empfangsenergie.

Nach rechts und links sinkt die Strahlung auf $\frac{1}{2}$ dieses Wertes.

Nach rückwärts zu nimmt die Strahlung außerordentlich rasch ab. Halbrechts oder halblinks rückwärts beträgt sie noch $\frac{1}{2}$.

Die Strahlung verschwindet fast ganz in der Rückwärtsverlängerung der Flugzeugachse und in einem Winkel von 20° rechts und links von ihr.

Die herabhängenden Flügzeugantennen.

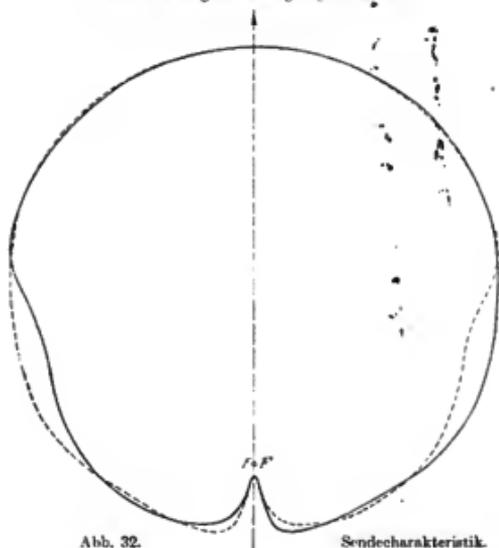


Abb. 32.

Sendecharakteristik.

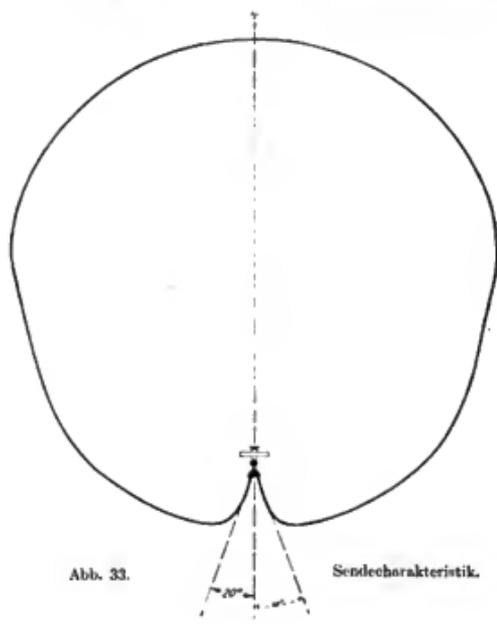


Abb. 33.

Sendecharakteristik.

Abchnitt IV.

Die fest eingebaute Flugzeugantenne.

a) Die Vorteile der fest eingebauten Antenne gegenüber der herabhängenden.

1. Mechanische Vorteile.

Zur Erzielung großer Geschwindigkeiten und guten Steigvermögens muß der Luftwiderstand des Flugzeuges möglichst gering sein. Lang herabhängende Antennen bilden in dieser Hinsicht ein Hindernis; fest, organisch mit dem Flugzeugumpf zusammengebaute Luftdrähte und Gegengewichtsanlagen bieten hingegen keinen Luftwiderstand.

Herabhängende Antennen sind ferner für das Flugzeug eine ständige Gefahr. Ein Fliegen dicht über dem Erdboden mit herabhängendem Luftdraht ist ausgeschlossen. Die Antenne würde in Häusern und der Bodenbewachung sehr bald hängen bleiben. Auch werden Luftfahrzeuge jeder Art gefährdet, wenn sie dicht unter dem mit herabhängender Antenne ausgerüsteten Flugzeuge herfliegen. Bei festen Antennen besteht in dieser Hinsicht keinerlei Gefahr.

Schließlich erübrigt sich bei festen Antennen das Ein- und Auskurbeln. Die Bedienung wird dadurch vereinfacht und die Betriebssicherheit erhöht.

2. Elektrische Vorzüge und Nachteile.

Die elektrischen Vorzüge der festen Antenne liegen vor allem in der Konstanz ihrer elektrischen Größenordnung. Sind Luftdraht und Gegengewicht fest in die Tragdecks verlegt, so ist damit die Anlage geschützt vor mechanischen Veränderungen und Witterungseinflüssen wie Nebel und Regen. Das Strahlungsvermögen solcher Gebilde ist demnach annähernd konstant, Kapazitätsschwankungen werden vermieden und damit gleichzeitig Änderungen der Abstimmung und der Wellenlänge.

Infolge des geringen Abstandes zwischen Luftdraht und Gegengewicht, in Abhängigkeit von den Ausmaßen des Flugzeuges, ist das Strahlungsvermögen bei festen Antennen bedeutend geringer wie bei herabhängenden. Infolge dieses Nachteils kommen feste Antennen erfahrungsgemäß für das gedämpfte System als Empfangsantenne gar nicht in Frage, als Sendarantenne nur da, wo es sich um geringe Entfernungen handelt.

Die feste Antenne hat erst durch das System der ungedämpften Welle mittels Röhrensender ihre volle Bedeutung erhalten. Soweit es die notwendigen Reichweiten irgend zulassen, sind feste Antennen zu verwenden, auch dann, wenn dadurch die Sende-Energie gesteigert oder die Empfangsempfindlichkeit erhöht werden müßte.

Für Flugzeuge sind also in jedem Fall aus mechanischen und elektrischen Gründen feste Antennen anzustreben.



Abb. 34. Kampf-Einsitzer-Staffel mit Mast-Antennen ausgerüstet.

b) Antennenanordnungen frei zwischen Tragdecks und Rumpf gespannt (halbfeste Anlage), und ihre elektrischen Größenordnungen.

1. Die aufgesetzte Schirmantenne.

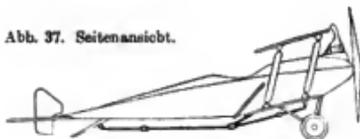
Die nachstehend beschriebene Antenne wurde in einen Kampfeinsitzer eingebaut (s. Abb. 34–36). Hinter dem Führersitz wurde eine 1,45 m hohe, im Querschnitt tropfenförmige Holzstrebe errichtet, von der 4 Kupferlitzendrähte abgehen, und zwar: 2 zu den äußeren vorderen Ecken des oberen Tragdecks, 1 nach der Verstrebung des Seitensteuers und eine zum vorderen Tragdeckrand über dem Motor. Die Enden der Drähte wurden an aufgesetzten Porzellanisolatoren mit kurzen Teerschnüren befestigt.

Die Eigenschwingung der Antenne betrug $L = 90$ m, die statische Kapazität $C = 110$ cm.

2. Die umgekehrte Schirmantenne.

Die nachstehende Anordnung wurde gleichfalls im Kampfeinsitzer eingebaut (s. Abb. 37 und 38), und zwar in eine Halberstädter Maschine D Nr. 401. Die Antenne ist unten an den vorderen äußeren Ecken der unteren Tragdecks und am Sporn mit einer je 1 m langen Teerschnur befestigt und wird durch ein seitwärts am Rumpf entlang geführtes Rohr zur F.-T.-Apparatur geführt. Die drei Drähte erhalten durch ein Gewicht (durchbohrtes Antennenei) die nötige Beschwerung. Der verwendete Kupferdraht hatte eine Länge von 19,40 m. Als halbstarr Antenne ist ein Auskurbeln mit wenigen Umdrehungen erforderlich. Die Eigenschwingung betrug $L = 80$ m, die statische wirksame Kapazität $C = 110$ cm.

Abb. 37. Seitenansicht.



Ansicht von oben.

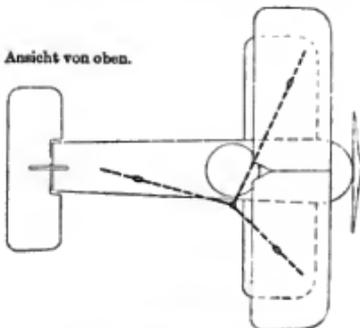
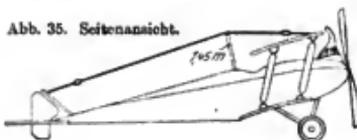


Abb. 38. Umgekehrte Schirmantenne.

Abb. 35. Seitenansicht.



Ansicht von oben.

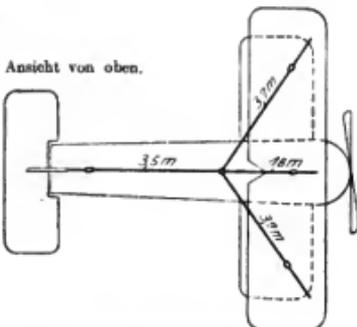


Abb. 36. Aufgesetzte Schirmantenne.

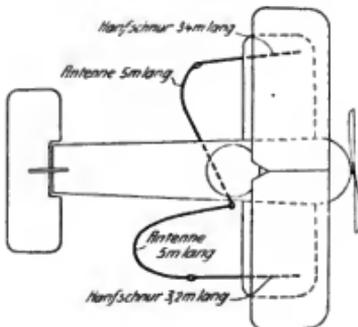


Abb. 39 und 40. Kurze Hänge-Antenne.

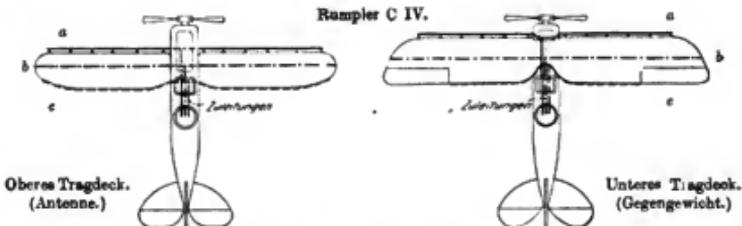


Abb. 41. a) Antenne oder Gegengewicht auf Isolierrollen. b) Antenne oder Gegengewicht am Hauptbolmen aufgenäht. c) Antenne oder Gegengewicht am hinteren Teil des Tragdecks angehängt.

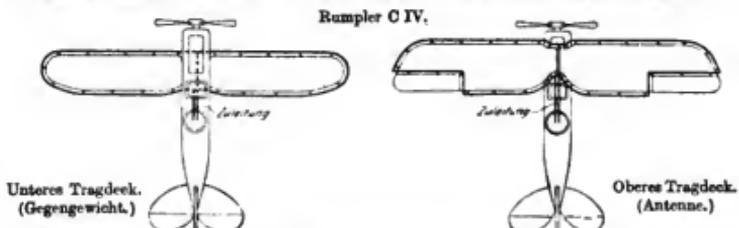


Abb. 42. Geschlossene Antenne oder Gegengewicht um das ganze Tragdeck herumgeführt. Doppelte Zuleitung in der Mitte vorn und hinten.

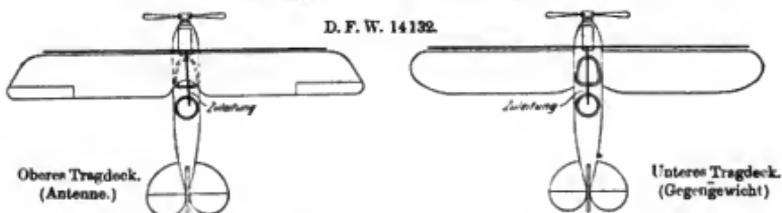


Abb. 43. Antenne oder Gegengewicht aus Antennenlitze in einem Rüschi-Schlauch verlegt direkt am Tragdeck befestigt.

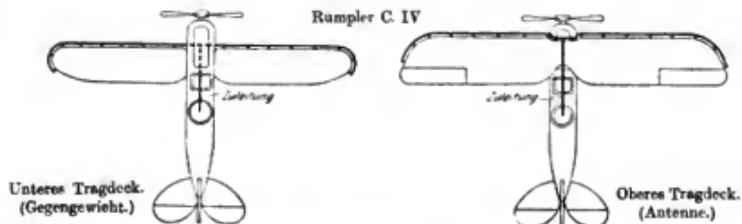


Abb. 44. Antenne oder Gegengewicht auf Isolierrollen, dann durch isolierten Draht nach den Seiten verlängert, so daß ein flaches „u“ entsteht.

isoliert. Als Gegengewicht diente entweder das Flugzeug oder besonders verlegte Gegengewichte. Die Zahlenwerte der ermittelten statischen Kapazität sind in den Tabellen 4–6 niedergelegt.

Tabelle 4.
Kapazität der verschiedenen Antennen in cm.

Antenne	Gegengewicht	I. Siehe Abb. 41. Antenne: Oberes Tragdeck, ein Draht am vorderen und ein Draht am hinteren Teil. Gegengewicht: Unteres Tragdeck, ein Draht am vorderen und ein Draht am hinteren Teil.		II. Siehe Abb. 42. Antenne: Oberes Tragdeck, ein Draht am vorderen Teil, ein Draht in der Mitte am Hauptholmen. Gegengewicht: Unteres Tragdeck, ein Draht am vorderen Teil und ein Draht am Hauptholmen in der Mitte.		III. Siehe Abb. 44. Antenne und Gegengewicht wie bei II, nur ist der vordere Draht oben und unten nach den Seiten des Tragdecks zu einem flachen U verlängert.	
		auf Stand	im Fluge	auf Stand	im Fluge	auf Stand	im Fluge
1. vorn oben	vorn unten	88	70	88	70	130	120
2. hinten oben	hinten unten	215	190	105	90	105	90
3. vorn oben	hinten unten	160	160	100	90	120	108
4. hinten oben	vorn unten	108	100	90	84	115	100
5. vorn oben	hinten oben	138	125	105	100	122	105
6. vorn unten	hinten unten	170	160	100	96	125	105
7. oben vorn u. hinten parallel geschaltet	hinten vorn und hinten parallel geschaltet	350	300	150	140	185	165
8. wie 7., nur Enden mitein- ander verbun- den	wie 7., nur Enden miteinander verbunden	325	—	—	—	—	—
9. vorn oben u. unten parallel	hinten oben und unten parallel	225	220	166	160	200	180

Tabelle 5.

Kapazität in cm der einzelnen Drähte gegen die Metallmassen des Flugzeuges und gegen Erde.

Draht	Kapazität gegen Metallmassen	Kapazität gegen Erde
Vorn oben	220	196
Vorn unten	170	141
Hinten oben	290	290
Hinten unten	425	440
Mitte oben am Hauptholmen	220	200
Mitte unten am Hauptholmen	200	200
Beide oberen Drähte parallel	490	480
Beide unteren Drähte parallel	600	540
Beide vorderen Drähte parallel	300	360
Beide hinteren Drähte parallel	770	640
Draht vorn oben und Draht am Hauptholmen oben parallel	450	450
Draht vorn unten und Draht am Hauptholmen unten parallel	380	400
Beide Drähte am Hauptholmen parallel	500	500

Tabelle 6.
Kapazität in em an einer D. F. W.-Maschine.

	D. F. W. CV 17132
Kapazität auf Stand	100
Kapazität im Fluge	88
Oberer Draht gegen die Metallmassen des Flugzeuges	200
Unterer Draht gegen die Metallmassen des Flugzeuges	195
Oberer Draht gegen Erde	190
Unterer Draht gegen Erde	185

Die Kapazitätswerte, besonders die kleinen, hängen wesentlich von der Art der Zuleitungen ab. Durch die Verlängerung der Zuleitungsdrähte und durch Führung derselben neben Metallteilen (z. B. längs den Spannstreben), wird die Kapazität vergrößert. Die Zahlen der Tabellen 4—6 gelten unbedingt daher nur bei Einhaltung der den Messungen zugrunde liegenden Versuchsbedingungen.

Abb. 41 zeigt Antenne und Gegengewicht am C-Flugzeug Rumpler C IV an den vorderen Holmen des Tragdecks mittels Porzellanisolatoren befestigt. Ferner zeigt Abb. 41 eine zweite Anordnung am hinteren Rande des Tragdecks angebracht. Die Drähte bestanden aus mit Gummischlauch isolierter Kupferlitze, da eine Befestigung an dieser Stelle auf Porzellanisolatoren nicht zugänglich war, um ein gutes Abfließen der Luft zu gewährleisten. Eine dritte Antenne und ein drittes Gegengewicht war schließlich auf dem Hauptholm in der Mitte des Tragdecks verlegt (Abb. 41). Sie bestanden ebenfalls aus einem mit Gummi isolierten Kupferdraht und waren den Tragdecks aufgenäht und mit Stoff überklebt.

Abb. 42 zeigt an einer Rumpler-C-IV-Maschine eine geschlossene Antennen- und Gegengewichts-anordnung in Form eines Rechtecks.

Abb. 43 zeigt Antennen und Gegengewicht im isolierten Rohr direkt an den Stirnholmen des Tragdecks einer D.F.W.-Maschine befestigt.

Abb. 44 zeigt Antenne und Gegengewicht an den vorderen Holmen des Tragdecks nach den Seiten verlängert verlegt, so daß die Form eines flachen U entsteht.

Abb. 45 und 46 zeigen eine vierdrähtige feste Antenne und festes Gegengewicht organisch den Tragdecks einer Rumpler-C-IV-Maschine eingebaut.

Die Kapazität wurde mit einer Meßbrücke in der Brückenschaltung mit Wechselstrom und Telephon im Vergleich mit einer bekannten Kapazität gemessen.

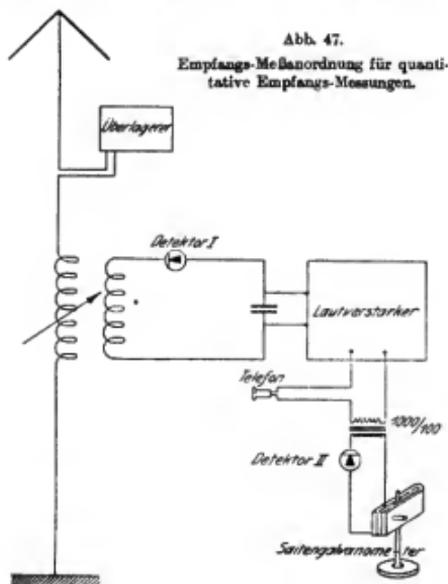
Die Ergebnisse der Anordnungen nach Abb. 41, 42 und 43 geben Tabelle 4 und 5, nach Abb. 44 Tabelle 6 wieder.

d) Energiemessungen und Richtwirkungs-Untersuchungen über feste und halbfeste Antennen.

Die nachfolgenden Untersuchungen (ausgeführt hauptsächlich von Oberleutnant d. Res. Prof. Dr. Baldus, Leutnant d. Res. Dr. Hase und Leutnant d. Res. Dr. Buchwald) erstrecken sich auf quantitative Messungen der Strahlungsverhältnisse

verschiedener fester und halbfester Antennenformen. Diese Festlegungen gestatten die Güte und Brauchbarkeit der Antennen für bestimmte Zwecke einzuschätzen.

Die Versuche wurden mit einer C-V-Maschine mit 200 PS-Motor durchgeführt. Als Sender wurde ein ungedämpfter Röhrensender Telefunken Type A. R. S. 80, Nr. 11 708 mit Hochspannungsgenerator R. S. 50. verwandt. Sämtliche Messungen wurden bei einer Spannung von 700 Volt durchgeführt. Die Sendestromstärke lag zwischen 0,1 und 0,25 Amp., entsprechend der Kapazität der Antenne. Die Art der Zeichengebung beim Senden war die gleiche wie im Abschnitt III be-



schrieben. Das Flugzeug kreuzte in 700 m Höhe und etwa 3 km Entfernung unter verschiedenen Azimuten über demselben Geländepunkt. Seine genaue Lage wurde bei jeder Messung photographisch festgestellt und die geringe Abweichung der Entfernung auf einen mittleren Abstand von 3 km umgerechnet.

Als Empfangsstation diente eine dreiteilige Schirmantenne mit Zwischenkreis-Empfänger und Überlagerer, Type Telefunken E. Z. 194 b, Nr. 30744. Da es sich bei diesen Versuchen nur um Vergleichswerte der verschiedenen Antennenformen und Flugrichtungen handelte, wurden die Messungen relativ durchgeführt, derart, daß mit Lautverstärker aufgenommen und der nach Schaltungsschema (Abb. 47) beobachtete Saitengalvanometerauschlag gemessen

wurde. In Serie mit dem Fernhörer lag ein kleiner Transformator 1000:100, um den Dauergleichstrom des Verstärkers von den Meßinstrumenten fernzuhalten. Dieses Saitengalvanometer lag mit einem Pyritdetektor in der Sekundärseite des Transformators. Die Schaltung ermöglichte es, gleichzeitig zu hören und zu messen, was bei der schnellen Folge der einzelnen Meßpunkte unerlässlich ist. Sie besitzt den Vorteil großer Empfindlichkeit und hat sich für relative Messungen als vollkommen ausreichend erwiesen. Die Detektoren waren nicht auf größte Empfindlichkeit eingestellt, um während der Messung möglichst konstant zu bleiben. Die durch ihre Verwendung in das Meßverfahren kommende Unsicherheit wurde dadurch behoben, daß während jeder Versuchsreihe mehrere Kontrollmessungen

mit derselben Flugzeugantenne ausgeführt wurden. Dies zeigt eine kleine Schwankung der Empfindlichkeit von etwa 8%.

Untersucht wurden folgende Antennenformen:

Schaltung I, Abb. 48.

Je ein isoliert verlegter Litzen Draht an der Stirnseite des oberen und unteren Tragdecks (feste Normalantenne).

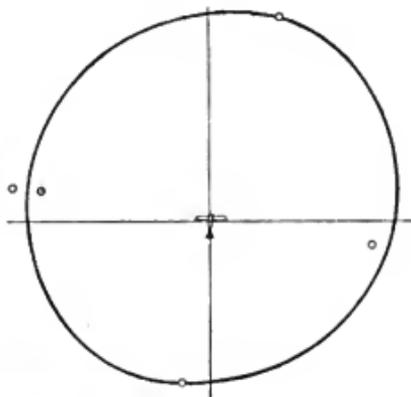
Schaltung II, Abb. 49.

Einfacher horizontaler Draht an drei kleinen Holzmasten von 80 cm Höhe auf dem oberen Tragdeck wie Schaltung I.



Antennenlänge = —
 Kapazität = 110 cm
 Masthöhe = —
 Eigenwelle = 63 m
 Sendestromstärke
 bei 700 Volt = 0,225 Amp.

Nr. der Messung	φ	Rel. Empfangsenergie
1	87°	4,1
2	260°	4,7
3	350°	4,5
4	161°	6,0
5	260°	5,5



Sendecharakteristik.
 Höhe 700 m Entfernung 3 km

Abb. 48. Antenne: Schaltung I.

Schaltung III, Abb. 50.

Am oberen Tragdeck festverlegte Litze wie Schaltung I, dazu kurze freihängende Antenne von 7,5 m Gesamtlänge, mit einem Ei beschwert. Der Mündungstrichter des Antennenschafes war jedoch in der in Abb. 51a bezeichneten Weise bis zum Fahrgestell geführt, so daß er etwa 75 cm tiefer lag als gewöhnlich.

Schaltung IV, Abb. 52.

Auf dem oberen Tragdeck Mastantenne wie bei II, frei herabhängende Antenne wie Schaltung III.

Schaltung V, Abb. 53.

Dieselbe Schaltung wie unter III, Mündungstrichter jedoch in normaler Weise an der Unterseite des Rumpfes.

Schaltung VI, Abb. 54.

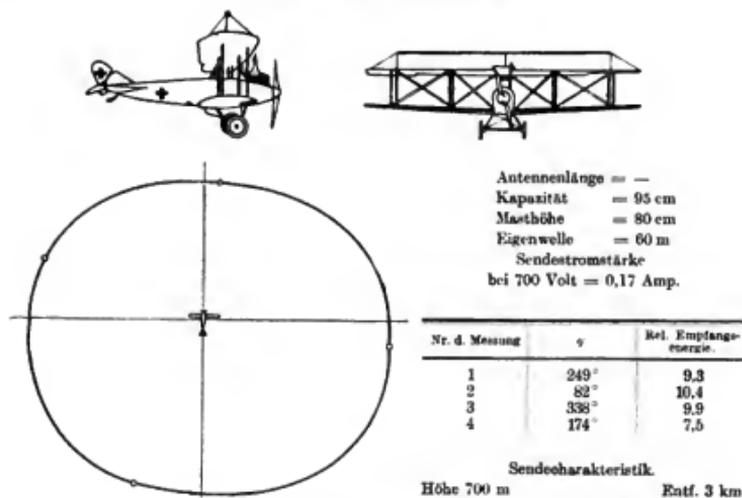


Abb. 49. Antenne; Schaltung II.

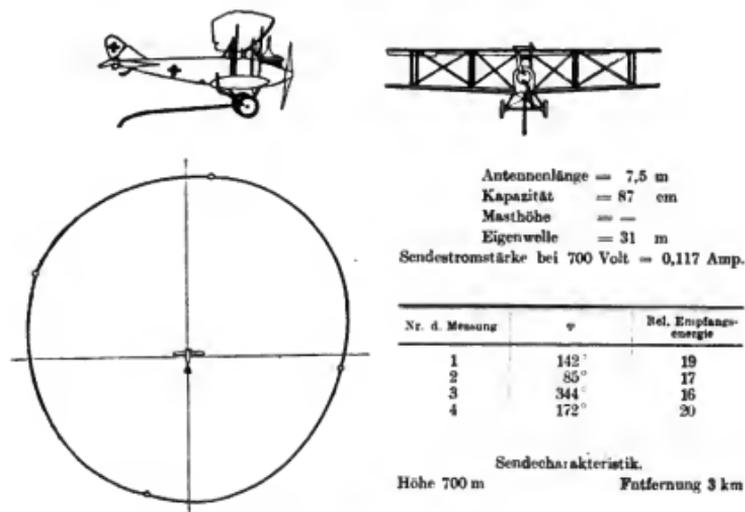


Abb. 50. Antenne; Schaltung III.

Dieselbe Schaltung wie unter IV, Mündungstrichter an der Unterseite des Rumpfes. Die Abb. 55 und 56 geben die Skizzen der untersuchten Antennenformen sowie

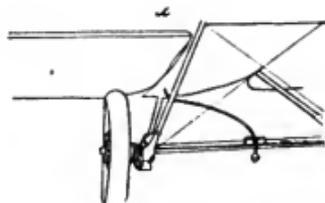


Abb. 51 a. Fahrgestell-Antenne.

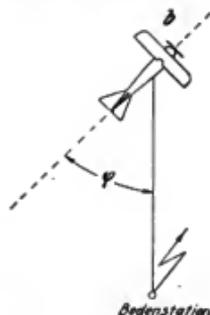
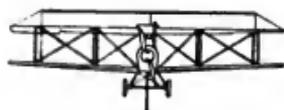
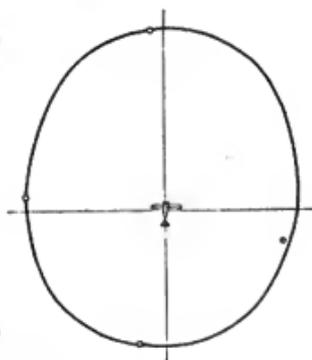


Abb. 51 b. Richtungswinkel.



Antennenlänge = 7,5 m Kapazität = 75 cm
 Masthöhe = 80 cm Eigenwelle 28 m
 Sendestromstärke bei 890 Volt = 0,108 Amp.

Nr. d. Messung	ψ	Rel. Empfangsenergie
1	965°	15,5
2	77°	1,6
3	349°	15
4	184°	20

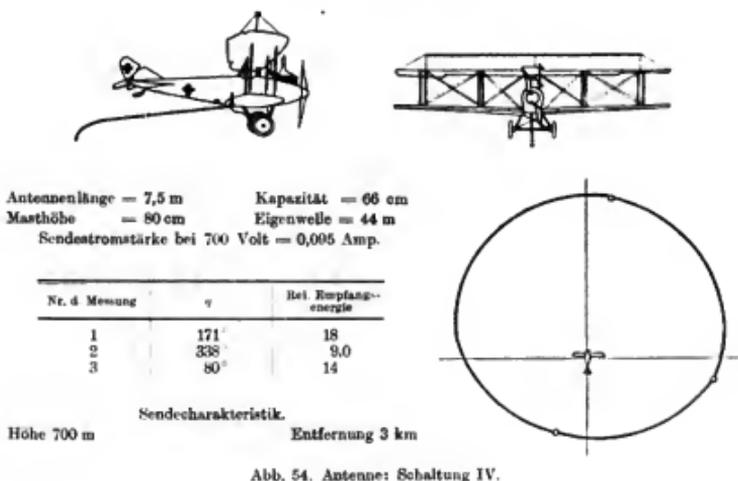
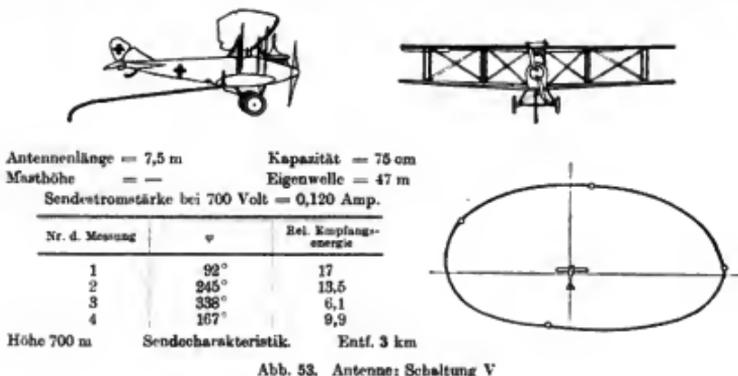


Sendecharakteristik.
 Höhe 700 m Entfernung 3 km

Abb. 52. Antenne; Schaltung IV.

für die betreffende Antennenform. Die Tabellen zeigen die beobachtete Energie, Kapazität, Eigenschwingung und Sendestromstärke. Letztere bezieht sich stets auf den gleichen Sender und die gleiche Spannung. Der Richtungswinkel ist in der üblichen Weise gezählt (s. Abb. 51 b).

Abb. 55 enthält eine Darstellung sämtlicher Sendecharakteristiken im gleichen Maßstab und zeigt die Energie und Richtungswelle der verschiedenen Antennenformen bei Verwendung der gleichen Senderanordnung. Diese für die Praxis inter-



essanteste Darstellung gibt zwar ein Bild der Richtwirkung, aber nicht ohne weiteres ein Maß für die Strahlungsfähigkeit der betreffenden Antenne. Um sie vergleichen zu können, sind in Abb. 56 die Werte der Empfangsenergien auf die gleiche Sendestromstärke bezogen.

Die Erkenntnis aus den dargestellten Beobachtungen für die Praxis läßt sich kurz in folgenden Sätzen zusammenfassen.

1. Die Normalantenne (Schaltung 1) hat keine Richtwirkung und ist als einfacher vertikaler Dipol zu betrachten. Die Antenne ist flugtechnisch einwandfrei und am günstigsten in mechanischer Beziehung.

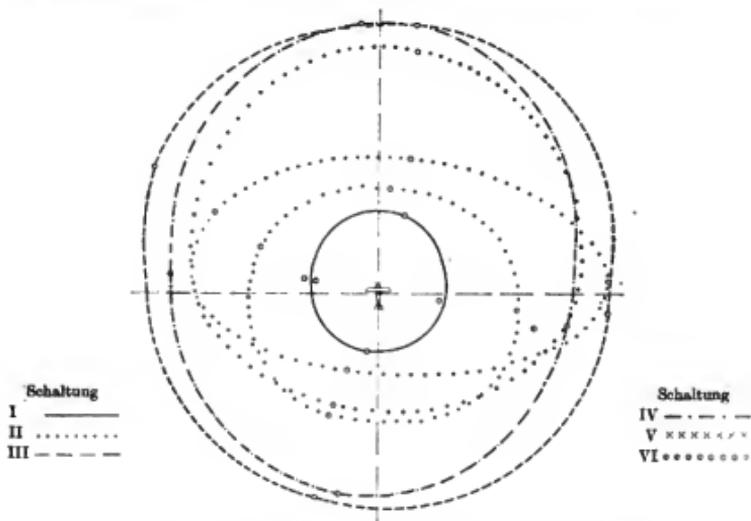


Abb. 55. Sendecharakteristiken für 700 m Höhe und 3 km Entfernung

Schaltung	Sendestromstärke	Antennenform
I	0,225	Oberes Tragdeck gegen unteres (je ein Draht)
II	0,170	Mast gegen unteres Tragdeck
III	0,117	Oberes Tragdeck gegen 7,5 m Fahrgestellantenne
IV	0,108	Mast gegen 7,5 m Fahrgestellantenne
V	0,120	Oberes Tragdeck gegen 7,5 m Normalhängantenne.
VI	0,096	Mast gegen 7,5 m Normalhängantenne

2. Die Normalantenne besitzt von den untersuchten Formen die größte Kapazität und Eigenwelle, aber das geringste Strahlungsvermögen.

3. Bei Verwendung eines Mastaufbaues auf dem oberen Tragdeck von 80 cm Höhe, d. h. Vergrößerung der effektiven Antennenhöhe um die Hälfte, wird die Empfangsenergie beinahe verdoppelt, ohne daß eine andere nennenswerte Richtwirkung auftritt. Diese Form ist flugtechnisch weniger günstig.

4. Am vorteilhaftesten ist die Empfangsenergie einer kurzen (7,5 m) frei hängenden Antenne, und zwar derart, daß der Luftdraht vom Fahrgestell aus weggeführt

wird. Die Empfangsenergie ist etwa die dreifache der Normalantenne, ohne Richtwirkung, jedoch flugtechnisch und bezüglich Bedienung ungünstig.

5. Die Richtwirkung tritt sofort wieder in Erscheinung, sobald der Luftdraht in normaler Weise vom Rumpf des Flugzeuges aus herausgeführt wird. Die Charakteristiken der Schaltung V und VI in Abb. 55 bilden somit einen Übergang zwischen der völlig ungerichteten und der extrem gerichteten normalen herabhängenden 35 m-Antenne.

6. Das Strahlungsvermögen der Flugzeugantenne hängt in erster Linie von der effektiven Antennenhöhe ab.

7. Die Richtwirkung läßt sich auch bei frei herabhängenden Antennen vermeiden, wenn ein kurzer Luftdraht und ein möglichst großer Vertikalabstand der beiden Kapazitätflächen verwandt wird.

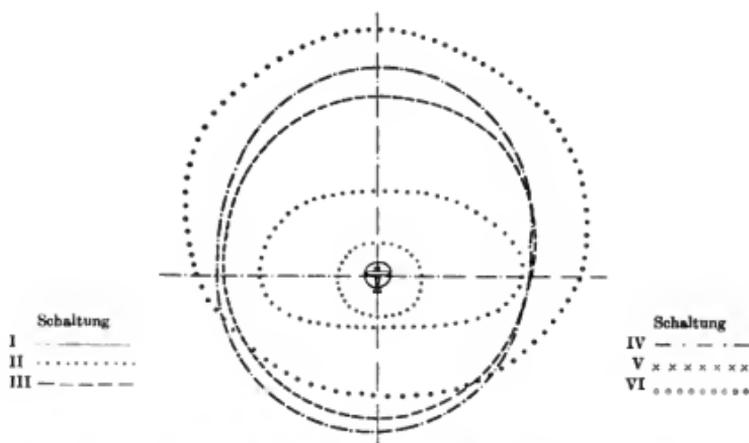


Abb. 56. Sendecharakteristiken der festen und halbfesten Antennen auf gleiche Sendestromstärke bezogen (Strahlungsvermögen).

Abschnitt V.

Die Kathodenröhre.

a) Die Bedeutung der Kathodenröhre in ihrer Anwendung für die Flieger-Funkentelegraphie.

Mit der Verwendung der Kathodenröhre ist eine neue Epoche für die Flieger-Funkentelegraphie angebrochen. Ohne mechanisch unempfindliche Lautverstärker ließ sich ein Empfang im Flugzeug nicht erreichen; das Motorgeräusch übertönte die leisen im Empfänger ankommenden Zeichen völlig. Mit dem Bau der ersten Kathodenröhren-Niederfrequenzverstärker im Sommer 1914 wurde der F.-T.-Empfang im Flugzeug überhaupt erst möglich. Wie auf dem gesamten Gebiete der F.-T. hat die Kathodenröhre auch bei der Flieger-F.-T. einschneidende Veränderungen in der Technik hervorgerufen, sowohl beim Empfänger, als auch beim Sender, so daß jetzt mit einem Bruchteil der bisherigen Sendeenergien gleiche Reichweiten wie früher erzielt werden können und eine Störungsfreiheit, die bis vor kurzem noch als ein kaum erreichbares Ideal erschien. Damit war in der konstruktiven Ausführung des F.-T.-Bordgerätes die Möglichkeit einer großen Gewichts- und Raumersparnis gegenüber den bisherigen Geräten möglich. Die große Störfreiheit ließ einen Stationsmasseneinsatz und Ausrüstung eines jeden Flugzeuges mit F.-T. zu.

Die Kathodenröhre eröffnet der Flieger-F.-T. die größten Entwicklungsmöglichkeiten in jeder Hinsicht.

Die Kathodenröhre¹⁾ mit Glühkathode, deren Ventilwirkung bereits Edison im Jahre 1884 an Glühlampen entdeckt hatte, wurde zuerst von Prof. Wehnelt wissenschaftlich untersucht und ihm als Gleichrichter mit Oxydkathode durch das D.R.P. 157 845 vom Januar 1904 geschützt. Ihre erste Anwendung als Detektor in der drahtlosen Telegraphie verdankt sie Flemming, welcher die Metalloxyde an der Glühkathode vermied und einen gewöhnlichen Glühfaden einführte (D.R.P. 186 084 von 1905). Praktische Bedeutung aber erhielt dieser Ventildetektor erst durch die von Telefunken vorgeschlagene Hinzunahme einer Hilfsspannung im Telephonkreis (D.R.P. 193 383 von 1905). Bald darauf versuchte De Forest durch Einführung einer dritten Elektrode einen von Flemming unabhängigen Detektor zu schaffen (Amerik. Patent 879 532 von 1907).

¹⁾ Siehe Telefunken-Hefte: Die Kathodenröhre, und Telefunken-Zeitung 1919.

Entscheidend für die Anwendung des Relaisprinzips in der drahtlosen Technik war Robert v. Lieben im Jahre 1906, indem er durch Einführung eines neuen Organs mit der Kathodenröhre (D.R.P. 179 807) einen Verstärkereffekt für Wechselströme erzielte. Von Lieben war der erste, der eine Kathodenröhre mit zwei Stromkreisen beschrieb, wobei dem einen Stromkreis Wechselströme schwacher Amplitude zugeführt wurden (unverstärkter Kreis), während der zweite, der sekundäre Stromkreis (Verstärkerkreis), Wechselströme genau gleicher Form mit verstärkter Amplitude abgeben sollte.

Die Hauptgedanken für die Konstruktion von Kathodenrelais hat v. Lieben in seinen Patenten Nr. 236 716 und 249 142 im Jahre 1910 niedergelegt. Wohl hatte auch De Forest eine dritte Elektrode in seinem Detektor benutzt, jedoch versäumt, die notwendigen Angaben über deren Ausgestaltung zu machen, um eine Steuerwirkung im Sinne des Relais herbeizuführen. Ferner hat er sogar gerade in dem einzigen Patente, das einen Verstärker betrifft, die Sonde, nicht wie es heute als selbstverständlich gilt, in den Kathodenstrahlenweg, also zwischen Kathode und Anode, gelegt, sondern auf die entgegengesetzte, ganz unwirksame Seite, derart, daß die Beeinflussung der Elektronen nicht stattfindet und seine Anordnung als Verstärker praktisch unbrauchbar ist.

Von Lieben zeigte, daß das wichtigste Organ der Kathodenröhre, das den Verstärkereffekt erzeugt, die Steuersonde (Gitter), in den Weg der Kathodenstrahlen, also zwischen Kathode und Anode, so eingeführt werden muß, daß es den Querschnitt des gesamten Elektronenstromes in elektrischer Beziehung ausfüllt, so daß mit schwachen elektrischen Kräften eine Steuerwirkung zustande kommt. Die zweckmäßigste Form der Steuersonde ist die von Tigerstedt angegebene (Patentanmeldung Nr. 19 920 vom 26. Juni 1914); bei ihr wird die Kathode durch eine zylindrische Anordnung der Anode und des Gitters umschlossen.

Im Jahre 1912 übernahmen die Firmen Siemens & Halske, Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Felten & Guilleaume-Carlswerk und Telefunken gemeinschaftlich die Patente der Herren v. Lieben und seiner Mitarbeiter Reiß und Strauß. Die Firmen gründeten eigene Laboratorien, in denen die Weiterentwicklung der Kathodenröhre in idealer Konkurrenz einen schnellen Verlauf nahm. Besonders Telefunken hat an der raschen Entwicklung und Durchkonstruktion der Röhren hervorragenden Anteil, da die Anwendung von Verstärkereinrichtungen für den drahtlosen Empfang sich als von größter Bedeutung zeigte. Schwierigkeiten machte die Abhängigkeit der Lieben-Röhre von der Temperatur, deren Einwirkung aber von Telefunken durch besondere Temperatur-Regelungseinrichtungen mit künstlicher Heizung oder Abkühlung beseitigt wurde, sowie durch die Anfertigung verschiedener Modelle von Röhren für tropische bzw. gemäßigte Zonen.

Nachdem De Forest durch die Veröffentlichung v. Liebens über dessen Versuche orientiert war, entwickelte auch er seine Detektorröhre zum Verstärker, doch gelang ihm dies erst durch die Ausgestaltung des Gitters als Steuersonde im Sinne der Lieben-Patente.

Die Telefunken-Gesellschaft trat in systematische Vergleichsversuche zwischen den verschiedensten Ausführungsformen ein. Hierbei wurde der Vorzug eines hohen Vakuums, wie es Langmuir vorschlug (Patentanmeldung A 26 492), fest-

gestellt und die Steuerwirkung der Sonde in Hochvakuumröhren im Liebenschens Sinne weiterentwickelt. Diese Laboratoriumsarbeiten führten dann im August 1914 zur Vorführung der ersten Zweiröhren-Niederfrequenzverstärker durch Telefunken vor der Verkehrstechnischen Prüfungskommission. Diese Telefunkenröhre zeigte sich sowohl der De Forest-, wie auch der ersten Lieben-Röhre gegenüber weitaus überlegen, und zwar durch die erheblich größere Konstanz in der Verstärkungsziffer, sowie durch Unabhängigkeit von der Temperatur und durch sofortiges Ansprechen. Es wurde nun die Gleichmäßigkeit und Konstanz, die Verstärkungsziffer und die Lebensdauer schrittweise in mühevoller ununterbrochener Laboratoriumsarbeit gesteigert und hierdurch die zum Betriebe notwendige Energie fortgesetzt verkleinert.

Kurz nach den ersten Versuchen mit der Lieben-Röhre im Jahre 1912 gelang es Telefunken, dieselbe Röhre auch zur Verstärkung hochfrequenter Empfangsschwingungen zu benutzen und damit den Empfänger sowohl in Hinsicht auf Empfindlichkeit, als auch Störungsfreiheit erheblich zu verbessern.

Eine vollkommene Umwälzung der drahtlosen Technik leitete die Telefunken-Gesellschaft ein, als sie 1913 den Meißnerschen Gedanken der Rückkoppelung in die Wissenschaft und Technik einführte. Das Meißnersche Rückkoppelungspatent Nr. 291 604 vom 9. April 1913 ist heute Allgemeingut der drahtlosen Technik der Welt geworden. Dem deutschen Erfinder und der deutschen Gesellschaft, die diese Erfindung entwickelt haben, wird weder von wissenschaftlicher Seite, noch von patentrechtlichem Standpunkt aus die Urhebererschaft an diesem folgenschweren Fortschritt bestritten werden können.

Die Folge der Erfindung von Meißner war die Anwendung der Kathodenröhre für den Empfang ungedämpfter Schwingungen. Sie ermöglicht den Bau von Überlagerern, d. h. von Sende-Einrichtungen für kontinuierliche Schwingungen, welche an der Empfangsstation, die ankommenden Schwingungen überlagernd, einen Tonempfang für ungedämpfte Sender ergeben. Der Überlagerungsempfang ist zwar unter dem Namen „Heterodynedetektor“ von Fessenden zum ersten Male angegeben, aber in unvollkommener und unausführbarer Form, nämlich ohne Detektor, unter Benutzung eines besonders hierfür gebauten Indikationsinstrumentes, z. B. eines Telephons, dessen Membran sowohl von der ankommenden wie von der lokalen Schwingung gleichzeitig beeinflußt wurde. Telefunken hat zuerst den Schwebungsempfang durch Benutzung eines Detektors zu einer nicht nur praktisch brauchbaren Einrichtung gemacht, sondern überhaupt so ausgestaltet, daß alle früheren Empfangsmethoden für ungedämpfte Schwingungen dieser gegenüber nicht mehr in Betracht kommen. Durch Benutzung der Kathodenröhre im Überlagerer gelang es, eine vollkommene Betriebssicherheit und Konstanz der Höhe des Schwebungstones herbeizuführen und sie in bequemster Weise einzuregulieren.

Das Prinzip der Rückkoppelung wird auch noch dazu benutzt, die Dämpfung der Empfangskreise so zu verringern, daß sie praktisch für dämpfungslos angesehen werden können. Mit solchen Empfängerkreisen ist aber heute diejenige Akkumulierung der Sende-Energie in den Empfangskreisen möglich, die man schon beim Aufkommen der Poulsen-Bogenlampen mit dem Ticker vergeblich erstrebt hatte. Die Rückkoppelung zur Dämpfungsreduktion der Empfangskreise erfordert heute

keine besondere Röhre mehr; es kann die als Detektor benutzte Kathodenröhre gleichzeitig hierzu mitbenutzt werden.

Infolge dieser Vorarbeiten ist die Verwendung der Kathodenröhren als Detektor (Audion) in der drahtlosen Technik und damit der Ersatz der bisherigen unvollkommenen Kontaktdektoren gewährleistet. Die Anwendung der Rückkoppelung hat außerdem zu wesentlichen konstruktiven Veränderungen der Apparate geführt, welche einer bisher unbekanntenen Genauigkeit (Einstellungsgenauigkeit) Rechnung tragen. Dies ist unbedingt notwendig, um die hohe Energieausnutzung zu ermöglichen, welche neben der großen Störungsfreiheit das Hauptmerkmal der ungedämpften Röhrensender und der zugehörigen Empfänger ist.

Als erste deutsche Firma hat also die „Telefunken-Gesellschaft“ die Kathodenröhre zu praktischer Verwendbarkeit entwickelt. Als bald befaßten sich auch weitere Firmen mit diesem Probleme. Insbesondere hat sich dabei die Firma Dr. E. F. Huth große Verdienste um die Entwicklung für Fliegerzwecke erworben und vor allem sehr brauchbare Verstärker und Sende-Empfänger herausgebracht.

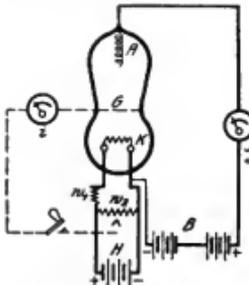


Abb. 57. Die Schaltung der Original-Lieben-Röhre.

b) Die Wirkungsweise der Kathodenröhre.

Die Original-Lieben-Röhre (s. Abb. 57) besteht aus einem in der Mitte eingeschnürten Glasgefäß, in welches 3 Stromzuführungen eingeschmolzen sind, nämlich:

1. ein elektrisch heizbarer Zuführungsdraht (K), ähnlich dem Glühfaden einer Metallampe; derselbe ist mit dem negativen Pol einer 240 Voltbatterie, der sog. Anodenbatterie (B), verbunden und bildet die Kathode;

2. ein im oberen birnenförmigen Teil der Röhre befindlicher spiralförmiger kalter Aluminiumdraht (A), der mit dem positiven Pol der Anodenbatterie verbunden ist und die sog. Anode bildet;

3. eine siebartig durchlöchernte Aluminiumplatte, das sog. Gitter (G), welches sich zwischen den beiden Zuführungsdrähten befindet und den unteren kugelförmigen Raum der Röhre von dem oberen birnenförmigen trennt.

Die Röhre ist mit Quecksilberdampf gefüllt, dessen Druck etwa den 100 000sten Teil einer Atmosphäre beträgt.

Zum Verständnis der Wirkungsweise der Röhre ist es nötig, auf die Vorgänge beim Durchgang der Elektrizität durch Gase etwas näher einzugehen¹⁾.

Die in den letzten 25 Jahren ausgebaute Theorie dieser Vorgänge nimmt an, daß der Durchgang der Elektrizität durch Gase durch einzelne positiv und negativ geladene Gasteilchen, die zwischen den Polen hin- und herwandern, bewirkt wird. Man nennt diese elektrisch geladenen Gasteilchen Ionen. Neben diesen Ionen können in stark luftverdünnten Röhren auch negative Elektrizitätsteilchen frei von wägbarer Materie auftreten, die sog. Elektronen. Diese werden nur von der Kathode ausgestrahlt und bilden die sog. Kathodenstrahlen.

¹⁾ Siehe Vorträge von Professor Dr. Fuchs 1917/18 bei dem FA Kdo. d. I. d. Flg.

Das neutrale Atom denkt man sich zusammengesetzt aus einem positiven Kern als Ion, um welchen mehrere Elektronen durch die elektrischen Anziehungskräfte festgehalten sind.

Die Aussendung der Elektronen von einer kalten Kathode findet im hohen Vakuum nur dann statt, wenn hohe Spannungen von ungefähr 10 000 – 50 000 Volt an die Röhre angelegt werden. Wird aber die Kathode mit Kalziumoxyd bestrichen und durch einen zugeführten elektrischen Strom zum Glühen gebracht, so sendet diese Glühkathode schon beim Anlegen von niederen Spannungen von etwa 100 Volt Elektronen aus.

Die Heizung der Kathode geschieht bei der Lieben-Röhre durch eine Akkumulatorenbatterie (H) von 12 Volt. Der angeschlossene, durch einen Widerstand (W_1) regulierbare Stromkreis heißt der Brennerkreis. Die von der Glühkathode ausgehenden Elektronen spalten beim Zusammenstoß mit einem Gasatom einzelne Elektronen ab, wobei ein positives Ion entsteht. Ist die Geschwindigkeit des Elektrons zur Zertrümmerung des Atoms nicht groß genug, so kann es von einem neutralen Atom eingefangen werden, wodurch ein negatives Ion gebildet wird.

Der Vorgang der Ionenbildung ist mit einem Aufleuchten des Gases (sog. Glimmlicht) verbunden, welches fast die ganze Röhre erfüllt. Die positiven und negativen Ionen wandern unter dem Einfluß der an die Röhre angelegten Spannung (240 Volt) hin und her und leiten den Strom durch die Röhre. Der von der Anodenbatterie (B) an die Röhre angelegte Stromkreis heißt der Anodenkreis, der durchgehende Strom der Anodenstrom. Der Anodenstrom wird nun durch das Gitter in folgender Weise beeinflußt:

Unter dem Einfluß der auf das Gitter auftreffenden Elektronen läßt sich zunächst das Gitter negativ auf und bremst die geringe Zahl der durchfliegenden Elektronen und negativen Ionen ab, so daß diese nicht mehr genügend Geschwindigkeit besitzen, um Ionen durch Stoß zu bilden. Über dem Gitter entsteht daher ein dunkler Raum, in welchem keine Ionen mehr neu entstehen. Erst nachdem die Elektronen auf einem Weg von 1 – 2 cm über dem Gitter durch das Zufliegen auf die Anode wieder beschleunigt werden, besitzen sie wieder die Fähigkeit, durch Stoß Ionen zu bilden; von da an leuchtet die Röhre wieder auf.

Der dunkle Raum über dem Gitter gibt durch seine Höhe ein Maß für den inneren Widerstand der Röhre; je höher derselbe, desto schwächer ist der in der Röhre fließende Strom. Die Unterbrechung der Ionenbildung durch das Gitter kann nun dadurch verringert bzw. aufgehoben werden, daß man dem Gitter von außen her eine schwach positive Spannung zuführt, die man z. B. von einem zur Brennerbatterie parallelen Widerstand W_2 (Potentiometer) abzweigt. Hierdurch erhalten die Elektronen im unteren Teil der Röhre eine Geschwindigkeitsvermehrung statt einer Verzögerung, so daß erheblich mehr Ionen erzeugt werden, außerdem besitzen die nunmehr in großer Zahl durch das Gitter fliegenden Elektronen genügend Geschwindigkeit, um hinter dem Gitter das Gas zu ionisieren. Der dunkle Raum wird dadurch schmaler und verschwindet mitunter ganz. Der Anodenstrom wird entsprechend der Verkleinerung des Dunkelraumes vergrößert. Das Wesentliche dieses Vorgangs ist aber, daß in einem bestimmten Bereich die geringsten Änderungen der Gitterspannung bzw. des Gitterstromes (i) erheblich stärkere Änderungen des

Anodenstromes (J) hervorrufen (s. Abb. 58). Die Röhre wirkt daher wie ein Stromrelais (s. Abb. 59 und 60), bei welchem durch Schließen eines äußerst schwachen Primärstromes (E) ein Elektromagnet (M) erregt wird, und durch den Kontakt (K) den erheblich stärkeren Strom der Sekundäratterie (B) schließt. Der primäre Stromkreis entspricht dem Gitterkreis, der Elektromagnet dem Gitter, der Anker dem elektrischen Strahl, der Sekundärkreis dem Anodenkreis.

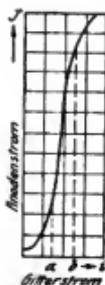


Abb. 58.
Gitter-Strom und
Anoden-Strom.

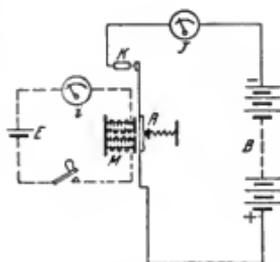


Abb. 59.
Die Kathoden-Röhre als Strom-Relais.

Die Lieben-Röhre hatte indessen den Nachteil, daß sie nicht immer sofort anspricht und ihre Empfindlichkeit sich oft von einem zum andern Tag sehr verändert. Es liegt dies daran, daß die Entladungsvorgänge trotz der starken Verdünnung des Gases noch eine gewisse Trägheit zeigen und in hohem Grade vom Drucke abhängen. Nach längerem Betrieb nimmt die Verdünnung in der Röhre zu, sie wird hart; es muß dann durch Erwärmen der Röhre der Druck wieder reguliert werden.

Um diese Mängel der Röhre zu beseitigen, hat man in den neuen Telefunkenröhren, wie sie jetzt allgemein als Lautverstärkeröhren verwendet werden, die Luft bis an die Grenze des praktisch Erreichbaren, d. i. etwa ein Tausendstel eines Millionstel des atmosphärischen Druckes, ausgepumpt.

Die Herstellung derartig hoher Verdünnungen geschieht unter Anwendung der besten und bewährtesten Kunstgriffe, die beim Entlüften der Glühlampen gewonnen wurden. Die Röhre wird erst mit der Quecksilberluftpumpe und dann mit der Gaede'schen Molekularluftpumpe ausgepumpt, wobei gleichzeitig durch Ausglühen des Gases und der Elektroden die letzten Spuren der an der Oberfläche haftenden Luft beseitigt werden müssen.

Es treten daher in der Röhre beim Durchgang der Elektrizität keine Gasionen mehr auf, die Röhre bleibt dunkel; es sind nur die von der glühenden Kathode ausgehenden masselosen Elektronen vorhanden, weshalb die Röhre auch als Elektronenrelais bezeichnet wird. Die Beeinflussung des Anodenstromes durch das positiv bzw.

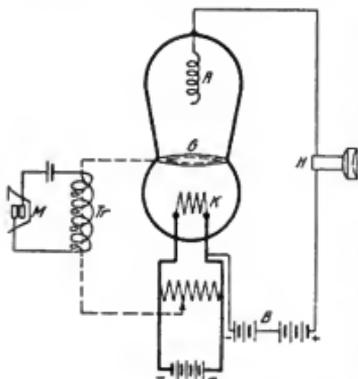


Abb. 60. Die Kathoden-Röhre als Strom-Relais.

Es treten daher in der Röhre beim Durchgang der Elektrizität keine Gasionen mehr auf, die Röhre bleibt dunkel; es sind nur die von der glühenden Kathode ausgehenden masselosen Elektronen vorhanden, weshalb die Röhre auch als Elektronenrelais bezeichnet wird. Die Beeinflussung des Anodenstromes durch das positiv bzw.

negativ geladene Gitter beruht hier lediglich auf einer Beschleunigung bzw. Verzögerung der Elektronen. Die Änderung des Anodenstromes mit der Gitterspannung zeigt die Abb. 61.

Die Spannung des Gitters wird hier durch Anlegen an den negativen Pol der Brennerbatterie (6 Volt) so eingestellt, daß das Gitter im Ruhezustand der Röhre eine negative Spannung von 1–2 Volt gegen die Kathode besitzt. Das Gitter kann dann nämlich keine Elektronen abfangen; im Gitterkreis fließt kein Strom und wird daher auch keine Energie verbraucht. Die Schwankungen der Gitterspannung können daher durch beliebig kleine Energien hervorgerufen werden, während sie im Anodenkreis Stromschwankungen starker Energie auslösen.

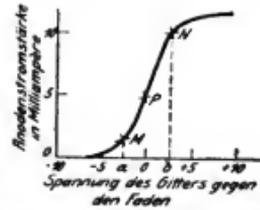


Abb. 61. Änderung des Anodenstromes mit der Gitterspannung.

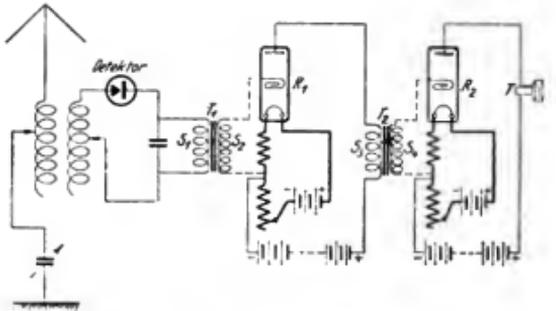


Abb. 62. Die Kathodenröhre als Niederfrequenzverstärker.

c) Die Kathodenröhre als Niederfrequenzverstärker.

1. Der Vorgang der Verstärkung.

Die hohe Empfindlichkeit der Kathodenröhre macht sie besonders geeignet zur Verstärkung des F.-T.-Empfanges im Flugzeug, der infolge seiner geringen Lautstärke und des Motor- und Propellergeräusches ohne Verstärker nicht wahrnehmbar ist.

Die schematische Darstellung der Wirkung der Kathodenröhre als Niederfrequenzverstärker zeigt Abb. 62 als Zweiröhrenverstärker. Man schiebt die schwachen Detektorströme zunächst in die Primärspule (S_1) eines Transformators (T_1) (Übersetzungsverhältnis 1 : 20), dessen Sekundärspule (S_2) im Gitterkreis der Kathodenröhre (R_1) liegt. Die an den Enden der Sekundärspule auftretenden Spannungsimpulse gelangen an das Gitter und rufen im Anodenkreis entsprechend verstärkte Stromschwankungen hervor. Sollten diese Ströme noch zu schwach sein, um in

einem angeschalteten Telefon vernehmbar zu werden, so schiebt man sie in einen zweiten Transformator (T_2), dessen Sekundärspule im Gitterkreis einer zweiten Kathodenröhre (R_2) liegt. Die induzierten, bereits einmal verstärkten Wechselspannungen lösen in der zweiten Röhre abermals verstärkte Ströme aus, die in dem angeschalteten Telefon (\tilde{T}) wahrgenommen werden. Die Verstärkung der Lautstärke ist bei einer Röhre etwa 15fach, bei zwei hintereinander geschalteten Röhren etwa 100fach.

2. Die Barkhausensche Theorie der Verstärkerröhren.

Wie in der Abb. 63 angedeutet, bezeichnet der Index 1 den Gitterkreis, 2 den Anodenkreis, p den Primärkreis des Eingangstransformators; große Buchstaben beziehen sich auf Gleichstrom, kleine bedeuten die Momentanwerte des Wechselstroms, also:

$i_1 = i_1^0 \cos \omega t$, $i_2 = i_2^0 \cos(\omega t + \varphi)$, $p_1 = p_1^0 \cos(\omega t + \psi)$, $p_2 = p_2^0 \cos(\omega t + \chi)$.
Dabei ist zunächst der Allgemeinheit halber angenommen, daß die Phasen nicht gleich sind.

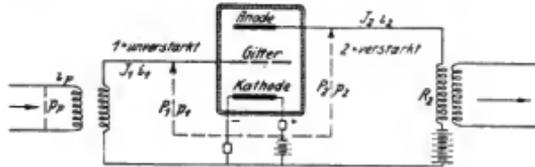


Abb. 63.

I. Die elektrischen Verhältnisse der Stromkreise.

1. Dann gilt die „innere Gleichung“:

$$dJ_2 = \left(\frac{\partial J_2}{\partial P_1} \right) P_1 \cdot \dot{c} P_1 + \left(\frac{\partial J_2}{\partial P_2} \right) P_1 \cdot \dot{c} P_2,$$

oder, wie wir abgekürzt schreiben.

$$dJ_2 = S \cdot \dot{c} P_1 + \frac{1}{R_1} \cdot \dot{c} P_2.$$

Das enthält die Definition der „Steilheit“ S , das ist die Steigung der J_2/P_1 -Kurve, bei irgendeiner Konstanten Anodenspannung P_2 ; sowie des „inneren Widerstandes“ R_1 , denn wenn sich P_1 nicht ändert, erhalten wir das Ohmsche Gesetz in der Form $\dot{c} J_2 = \frac{1}{R_1} \cdot \dot{c} P_2$. Dabei sind die Vorzeichen offenbar so zu wählen, daß ein Anwachsen von P_1 oder P_2 auch J_2 anwachsen läßt; also wenn Gitter und Anode positive Spannung gegen die Kathode haben, haben P_1 und P_2 positive Werte.

Obige Gleichung gilt auch bei Verwendung kleiner Buchstaben (Momentanwerte); nach Ausföhrung der Differentiation kommt

$$- \omega i_2^0 \sin(\omega t + \varphi) \dot{c} t = - S \omega p_1^0 \sin(\omega t + \psi) \dot{c} t - \frac{\omega}{R_1} p_2^0 \sin(\omega t + \chi) \dot{c} t;$$

also, wenn man hebt und bedenkt, daß die Gleichung auch $1/4$ Phase später gilt,

$$i_2 = S p_1 + \frac{1}{R_i} \cdot p_2.$$

2. Dabei ist p_2 die in der Röhre selbst erzeugte Wechselspannung, weil sie nur dadurch entsteht, daß am Gitter eine Wechselspannung p_1 wirkt. Wir rechnen sie positiv, wenn die Anode positiv gegen die Kathode wird. Im äußeren Stromkreis fließt der Strom dieser Spannung p_2 gerade entgegen, also ist die „äußere Gleichung“: $-p_2 = i_2 R_2$ oder $p_2 + i_2 R_2 = 0$. Dabei ist R_2 der „äußere Widerstand“ des verstärkten Stromkreises. Im Falle induktiver Belastung tritt an die Stelle von $i_2 R_2$ ein linearer Ausdruck, z. B.: $i_2 \frac{c}{i} \frac{i_2}{t} + i_2 R_2 + \frac{1}{C_2} \int i_2 dt$ oder ähnlich, je nach der Schaltung.

3. Setzen wir den Wert von p_2 in die innere Gleichung ein, so erhalten wir die „Hauptgleichung“:

$$i_2 = S p_1 - \frac{1}{R_i} \cdot i_2 \cdot R_2 \quad \text{oder} \quad S R_i p_1 = i_2 (R_i + R_2)$$

Diese Gleichung läßt sich nun in der Weise deuten, daß die Verstärkerröhre wie eine elektromotorische Kraft von der Größe $c = S R_i p_1$ wirkt, deren innerer Widerstand R_i ist, und die auf ein äußeres Stromsystem mit dem Widerstand R_2 arbeitet. Dabei ist dann die Leistung im äußeren Stromkreis

$$(-p_2) \cdot i_2 = i_2^2 R_2 = \frac{S^2 R_i^2 R_2}{(R_i + R_2)^2} \cdot p_1^2.$$

Dieser Ausdruck wird am größten, wenn wir es so einrichten, daß $R_2 = R_i$ wird, und zwar wird die abgegebene Leistung in diesem günstigsten Fall

$$\frac{S^2}{4} \cdot R_i p_1^2 = \frac{1}{4} G_r \cdot p_1^2.$$

Dabei haben wir die „Güte der Röhre“ $G_r = S^2 R_i$ eingeführt. (Sie ist im wesentlichen durch die Steilheit S bedingt; Vergrößerung des inneren Widerstandes vergrößert zwar auch G_r , bedingt aber einen gleich hohen äußeren Widerstand. Sehr hohe äußere Widerstände sind aber praktisch schwer herzustellen und erhöhen die Neigung zum Pfeifen und zu sonstigen Störungen).

4. Die Leistungsverstärkung der Röhre ist dann gegeben durch das Verhältnis

$\frac{p_2 i_2}{p_1 i_1}$, die Wurzel daraus, $\sqrt{\frac{p_2 i_2}{p_1 i_1}}$, die man als ein Reichweitenverhältnis auffassen kann, nennen wir den „Verstärkungsgrad der Röhre“. Dieser Ausdruck ist für die Rechnung aber unbequem, denn er wird unendlich, wenn $i_1 = 0$ ist. Dies tritt wegen der Ventilwirkung des Rohres dann ein, wenn am Gitter eine so hohe negative Spannung liegt, daß auch die Wechselspannung p_1 dauernd negativ bleibt. Dieser Fall ist aber gerade der, den man anstrebt, weil dabei primär keine Leistung verbraucht wird, also eine reine Auslösewirkung eintritt. Wir benutzen also lieber den

„Verstärkungsgrad einschließlich des Eingangstransformators“ $\sqrt{\frac{p_2 i_2}{p_p i_p}}$. Dieser wird nach unserer vorigen Gleichung $\sqrt{\frac{1}{4} \frac{G_r}{p_p i_p} \cdot p_1^2} = \frac{1}{2} \sqrt{G_r \cdot G_i}$, unter Einfüh-

zung einer „Güte des Transformators“ $G_t = \frac{P_1^2}{P_p^2}$. Diese ist also um so größer, eine je höhere Spannung der Transformator bei gegebener Primärleistung erzeugt. Sie kann erheblich gesteigert werden durch Abstimmen der Sekundärspule auf Resonanz; arbeitet man mit einer ein für allemal festen Frequenz, so ist eine möglichst scharfe Abstimmung und lose Koppelung vorteilhaft.

Größenordnungen

$$S = 10^{-4} \frac{1}{b}, \quad R_s = 10^{-2} \Omega, \quad G_s = 10^{-3} \frac{1}{b}, \quad V = 16, \quad G_t = 10^{612}$$

Spulenkapazität der Sekundärwicklung $C = 100$ cm. Dann ist $\frac{1}{W_s} = 10^{612}$

Etwa ebensogroß muß man den Widerstand Kathode-Gitter machen, also sehr gut isolieren.

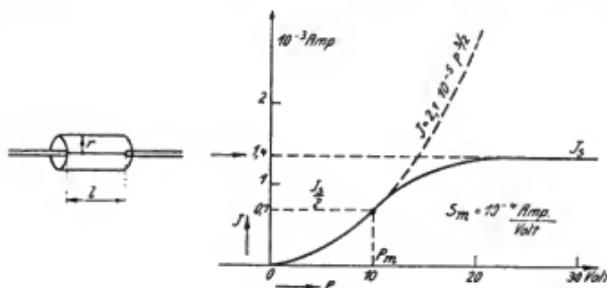


Abb. 64—66.

II. Berechnung der Röhrenkonstanten.

Wir führen die Berechnung nur für zylindrische Anordnung durch, nach der Näherungsformel von Langmuir-Schottky. Bei anderen Anordnungen ist die Berechnung entsprechend.

A. Röhren ohne Gitter.

Die Formel von Langmuir und Schottky lautet:

$$J = 1,5 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{l}{r} \cdot P^{3/2} \quad \text{demnach} \quad \frac{\partial J}{\partial P} = S = 2,2 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{l}{r} \sqrt{P}.$$

Also wächst der Strom mit der $3/2$ Potenz der angelegten Spannung. Die Formel ist abgeleitet unter der Voraussetzung, daß das Rohr völlig entgast ist, dann werden die übergehenden Elektronen sich, da sie alle negativ geladen sind, gegenseitig abstoßen, also die weitere Elektronenemission behindern. Daher kann bei einer bestimmten angelegten Spannung höchstens ein bestimmter Strom überführt werden, den eben jene Formel angibt.

Da nun aber der Glühdraht nicht unbegrenzt Elektronen emittiert, so kann auch höchstens die „Sättigungsstromstärke“ J_s entstehen. Die obige Formel

kann daher nur für kleinere Ströme gelten, etwa bis zur Stromstärke $\frac{1}{2} J_s$; die zugehörige Spannung P_m heißt aus Gründen, die später angegeben werden, „Verschiebungsspannung“. Ungefähr an diesem Punkt ist die Steilheit der Kurve am größten, sie heiße dort S_m . Es folgt, indem wir für J den Wert $\frac{1}{2} J_s$ einsetzen,

$$P_m = \left(\frac{1}{3 \cdot 10^{-5}} \cdot \frac{r}{l} \cdot J_s \right)^{\frac{5}{2}}, \quad S_m = 0,7 \cdot 10^{-5} \cdot \left(\frac{l}{r} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot J_s^{\frac{1}{2}}.$$

Der Sättigungsstrom J_s ist abhängig von der Glühtemperatur, und zwar nach der Richardsonschen Formel $J_s = F \cdot a \sqrt{T} \cdot e^{-\frac{b}{T}}$, dabei ist F die glühende Oberfläche, T die absolute Temperatur (Abb. 64—66). Die Formel setzt voraus, daß die Elektroden sich im Metall wie Moleküle in einem Gase bewegen, und daß ihre Geschwindigkeiten nach dem Maxwell'schen Gesetz verteilt sind. b ist die „Austrittsarbeit“, die von den Elektronen zu leisten ist, wenn sie aus dem Metall ins Vakuum übergehen. Wird der Heizstrom größer, so wächst auch T ; wird der Glühfaden dicker, so vergrößert sich F (wenn wir den Strom so nachregulieren, daß T wieder den alten Wert erhält). In beiden Fällen wächst J_s , also auch der Gültigkeitsbereich $\frac{1}{2} J_s$ der Langmuirschen Formel, folglich auch P_m und S_m . Sonst sind die Größen nur durch die Dimensionen l und r der Röhre gegeben.

Beispiel:

Gegeben sei $l = 1$ cm, $r = 0,7$ cm, $J_s = 1,4 \cdot 10^{-3}$ Amp., daher

$$P_m^{\frac{2}{5}} = \frac{0,7 \cdot 10^{-3}}{1,5 \cdot 10^{-5}} \cdot \frac{0,7}{1} = 32 P_m = 10 \text{ Volt},$$

und $S_m = 2,2 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{1}{0,7} \cdot \sqrt{10} = 10^{-4} \cdot \frac{1}{\Omega}$.

B. Röhren mit einem Gitter.

Wir nennen r den Radius des Gitters, l ist wie vorher die Länge des Glühfadens (Abb. 67); dann gilt in beschränktem Umfang die Formel

$$J_s = \frac{1,5 \cdot 10^{-5}}{1 + D^2} \cdot \frac{l}{r} \cdot (P_1 + D \cdot P_2)^{\frac{3}{2}}.$$

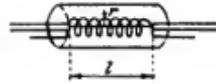


Abb. 67.

Dabei ist J_s der von der Kathode abfließende Strom; indessen, da $J_1 = 0$ ist, ist J_s ebenso gut gleich dem Anodenstrom. D^2 soll in erster Annäherung gleich D sein. (Für Doppelgitterröhren gilt dieselbe Gleichung mit anderen Konstanten; wir schreiben kurz $J_s = c(P_1 + D P_2)^{\frac{3}{2}}$). Da nun D stets weit kleiner als 1 ist, so ist eine Veränderung der Anodenspannung P_2 von geringerer Wirkung als eine der Gitterspannung P_1 . D heißt der „Durchgriff“, weil es ein Maß dafür ist, wie stark die Anode durch die Gitteröffnungen hindurch auf den Kathodenstrom wirkt.

Mathematisch ist D bestimmt durch die Beziehung $D = \left(\frac{d P_2}{d P_1} \right) J_s$; physikalisch bestimmt sich der Durchgriff aus der Größe der Gitterlöcher und dem Abstand zwischen Gitter und Elektroden. Vermehrt man die Anodenspannung um p , so

hat es dieselbe Wirkung, als ob man die Gitterspannung um $D \cdot p$ vergrößerte; die ganze Charakteristik $J_2 = f(P_1)$ verschiebt sich also, unter Beibehaltung ihrer Gestalt, in Richtung $-P_1$ um $D \cdot p$ (vgl. Abb. 68).

Aus obiger Gleichung ergibt sich die Steilheit

$$S = \left(\frac{\partial J_2}{\partial P_1} \right) P_2 + \frac{2.2 \cdot 10^{-5} \cdot I \cdot r}{1 + D^2} \cdot P_1 + DP_2.$$

Wieder bestimmt die Größe des Sättigungsstromes J_s den Gültigkeitsbereich $\frac{1}{2} J_s$ unserer Formel. Der zu $J = \frac{1}{2} J_s$ gehörige Wert von $P_1 + DP_2$ heiße P_m ; dann wird die größte Steilheit $S = \frac{S_m}{1 + D^2}$, wobei S_m sich durch P_m genau so ausdrückt, wie bei der Röhre ohne Gitter; P_m selbst ist aber nicht dieselbe Funktion von J_s , wie in jenem Fall, wegen des Faktors $1 + D^2$; es wird nämlich

$$P_m = \left(\frac{1}{3 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{r}{i} \cdot J_s \cdot (1 + D^2)} \right)^{\frac{2}{3}}.$$

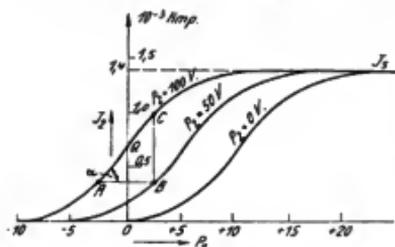


Abb. 68.

Nun soll die „Verschiebespannung“ P_m so gewählt werden, daß die größte Steilheit ins Gebiet negativer Gitterspannung fällt; wir wählen also die Anodenspannung so, daß die Charakteristik soweit nach links verschoben wird, daß diese Bedingung erfüllt ist (daher die Bezeichnung „Verschiebespannung“). Soll also der Punkt größter Steilheit für

$P_1 = 0$ erreicht werden (in der Praxis hat P_1 einen etwa zwischen 1 und 0 liegenden Wert), so wird $DP_2 = P_m$. Also ist die Größe der Anodenbatterie hierdurch bestimmt, sie ist nämlich mindestens $\frac{P_m}{D}$. Bei großem Durchgriff sind also kleine Anodenspannungen ausreichend.

Wir bemerken noch folgende Beziehungen:

$$D = - \left(\frac{\partial P_1}{\partial P_2} \right) J_2 = \frac{\partial J_2}{\partial P_2} \cdot \frac{1}{\partial J_2 / \partial P_1} = \frac{1}{SR_1}; \quad D \cdot S \cdot R_1 = 1.$$

$$R_1 = \frac{1}{SD} = \frac{1 + D^2}{S_m D}; \quad G_1 = S^2 \cdot R_1 = \frac{S}{D} = \frac{S_m}{D(1 + D^2)}.$$

Aus zwei Größen, Steilheit und innerem Widerstand, können wir also die Arbeitsweise der Röhre berechnen; der Durchgriff darf offenbar nicht beliebig gesteigert werden, weil die Güte der Röhre ihm umgekehrt (also der Anodenspannung direkt) proportional ist. (Abb. 68.)

3. Die verschiedenen Arten von Niederfrequenzverstärkern.

I. Allgemeine elektrische Unterschiede entsprechend der Leistung.

Mit dem Fortschreiten der Flugzeugtechnik erhielten die einzelnen Flugzeugtypen stärkere Motoren, erweiterten Aktionsradius, erhöhte Geschwindigkeiten und ver-

größerte Flughöhen. Diese Tatsachen stellten auch an das F.-T.-Bordgerät entsprechend höhere Anforderungen betreffend Reichweite und Empfangslautstärke. Die Sende-Energien der Gegenstationen zu erhöhen, war aus Gründen der gegenseitigen Störung unzulässig. Der technisch richtige Weg konnte nur zur Erhöhung der Empfangsempfindlichkeit der Empfängeranordnung und zur Erhöhung der Verstärkungsziffer der Niederfrequenzverstärker führen.

So entstanden zwangsläufig mit der historischen Entwicklung des Flugzeuges an sich verschiedene Arten von Niederfrequenzverstärkern.

Sie lassen sich in zwei Hauptgruppen unterscheiden: Verstärker mit verschiedenen elektrischen Leistungen (Verstärkungsziffern) und Verstärker in verschiedenen mechanischen Ausführungen, und zwar entweder als Zusatzgerät zum Empfänger entwickelt (ältere Typen) oder organisch mit dem Empfänger zusammengebaut (neuere Typen).

Im folgenden soll zunächst auf die Verschiedenartigkeit der elektrischen Leistung eingegangen werden.

Nachdem bei ausreichender Verstärkung (100fach im Zweiröhren-, 1500fach im Vierröhrenverstärker) die Gleichmäßigkeit und Zuverlässigkeit durch hohes Vakuum und systematische Fabrikation erreicht war, konnte man daran gehen, die Verstärkung einer einzelnen Röhre bei gleichem Energieaufwand zu vergrößern.

Ein wichtiger Faktor für die Höhe der Verstärkung ist die Verkleinerung des Raumladeeffektes, die sich durch Steilheit der Charakteristik ausdrückt. Die Röhre wurde zunächst diesen Forderungen entsprechend geändert, indem der Faden nicht so stark wie früher gekrümmt, sondern auf ein möglichst langes Stück nahe an das Gitter gebracht wurde. Es konnte hierdurch schon eine Verstärkung von 150 beim Zweiröhrenverstärker erreicht werden. Die neue Röhre erhielt auch einige mechanische Verbesserungen, besonders die, daß alle Zuführungen an die untere Seite gelegt wurden. Gleichzeitig wurde eine neue Type in Angriff genommen, die nach Vorschlägen von Langmuir bzw. Tigerstedt einen allseitig von Gitter und Anode umgebenen Faden bekam, was besonders zur Herabsetzung des Raumladeeffektes beitrug. Nach mehreren Versuchsmodellen wählte man eine Ausführung, bei der Gitter und Anode als zwei koaxiale Zylinder den gerade ausgespannten Faden umgeben. Die Röhre zeigt in dieser Form besondere Fabrikationsvorteile. Sie gibt eine große Endlautstärke, so daß man aus ihr bedeutend lautere Töne (etwa das 10fache der bisherigen) herausholen kann, wenn die zugeführte Lautstärke entsprechend groß ist. Bei kleinen Lautstärken ergibt ein Zweiröhrenverstärker 500—600fache Verstärkung.

Ein weiteres wichtiges Mittel zur Vergrößerung der Verstärkung ist die Verkleinerung der Anodenrückwirkung. Ferner beseitigte Langmuir den Raumladeeffekt weitgehend durch Einführung eines Hilfsgitters, das zwischen Brenner und wahres Gitter gelegt wird. Die Anodenrückwirkung wird dagegen von S. und H. durch Einführung eines anderen Hilfsgitters, das zwischen Anode und wahrem Gitter liegt und die Bezeichnung „Schutzgitter“ führt, vermindert (Schottky), wodurch die Verstärkung wesentlich verbessert werden konnte.

Ein wichtiger Faktor für die Betriebssicherheit und Rentabilität der ganzen Verstärkereinrichtung ist die Lebensdauer der Röhre. Sie wurde zunächst durch

Verwendung eines schwer schmelzbaren Fadenmaterials bester Qualität verlängert. Ein weiterer Schritt, um die Fäden vor unaufmerksamer Bedienung der Vorschaltwiderstände zu schützen, war die Einführung der Eisenwiderstände, wodurch jede Handregulierung fortfiel und viele Unvorsichtigkeiten beim Auswechseln der Brennerbatterien vermieden wurden. Andere bedeutende Verbesserungen der Lebensdauer gingen mit der des Vakuums Hand in Hand. Auf mühevollen Wege erreichte man es schließlich, daß die schwache Röhre die Beanspruchungen während des Evakuierens bei vorsichtiger Handhabung unbeschädigt aushält. Eine Verbesserung der Lebensdauer war noch dadurch zu erzielen, daß man einen niedrigen Sättigungsstrom in der Röhre benutzte, d. h. bei niedrigerer Temperatur arbeitete, ohne die Verstärkung herabzusetzen. Diese Aufgabe, die eng mit der richtigen Dimensionierung des Raumladeeffektes und der Anodenrückwirkung, ferner der äußeren und inneren Widerstände zusammenhängt, wurde schließlich so weit gefördert, daß es gelang, dieselben Fäden, die ursprünglich mit 0,56 und 0,57 Amp. geheizt werden mußten, ohne Rückgang der Verstärkung mit 0,50 und 0,51 Amp. zu heizen. Die Röhre hat in diesem Zustand die Eigenschaft, daß das Maximum der Verstärkung bei einer Stromstärke erreicht wird, die für die Röhre ganz ungefährlich ist; oberhalb dieser tritt keine Verbesserung mehr ein, die Verstärkung bleibt konstant. Es besteht also keine Veranlassung, die Röhre zugunsten einer höheren Verstärkung zu überheizen. Die Röhren haben eine Lebensdauer von weit über 100 Stunden, wenn man sie gerade so heizt, wie es zur Erreichung des Optimums nötig ist.

Ein wichtiger Schritt zur Vereinfachung der Verstärkereinrichtungen war die Verringerung der bisher immer noch 95 Volt betragenden Anodenbatterie auf Spannungen bis 35 Volt, ohne die Verstärkung zu verschlechtern. Die Röhren mußten den neuen Spannungen angepaßt werden, und vor allem wurde der durch die Verkleinerung der Anodenspannung erwachsende Verlust durch weitere Verkleinerung des Raumladeeffektes gedeckt. Die Ersparnis an Anodenbatterien fällt außerordentlich ins Gewicht.

II. Verschiedene Ausführungsformen. Des vierfache Niederfrequenzverstärker.

Type Telefunken EV 136a war der erste Verstärker, mit welchem ein brauchbarer F.-T.-Empfang in C-, G- und R-Flugzeugen auf Entfernungen bis 250 km, je nach Stärke der Gegenstationen, ermöglicht wurde. Seine Nachteile sind das erhebliche Gewicht (11,400 kg) und Umfang, sowie die erforderliche Bedienung des Kondensators zur Vermeidung des Selbsttönens und des Widerstandes zur Regelung der Brennerstromstärke.

Bei der Anordnung EV 136a werden alle Verstärkerrohren von denselben Batterien gespeist (Abb. 69). Die Batterien sind zusammengebaut; von ihnen gehen die 3 Anschlüsse 7, 22 und 36 zur 100 Volt- und 6 Volt-Batterie. Die Klemmen 1 und 2 sind mit den Fernhörerbuchsen des Empfängers zu verbinden. An den Klemmen 3 und 4 liegen die Empfangsfernöhörer. 1-5, 2-6, 1-3, 2-4, 33-34, 35-36 und 8-9 ist ein Schalter, welcher den Übergang von unverstärkt auf verstärkt mit einem Griff ermöglicht. Die mit V bezeichneten Kontakte 1-5, 2-6, 33-34,

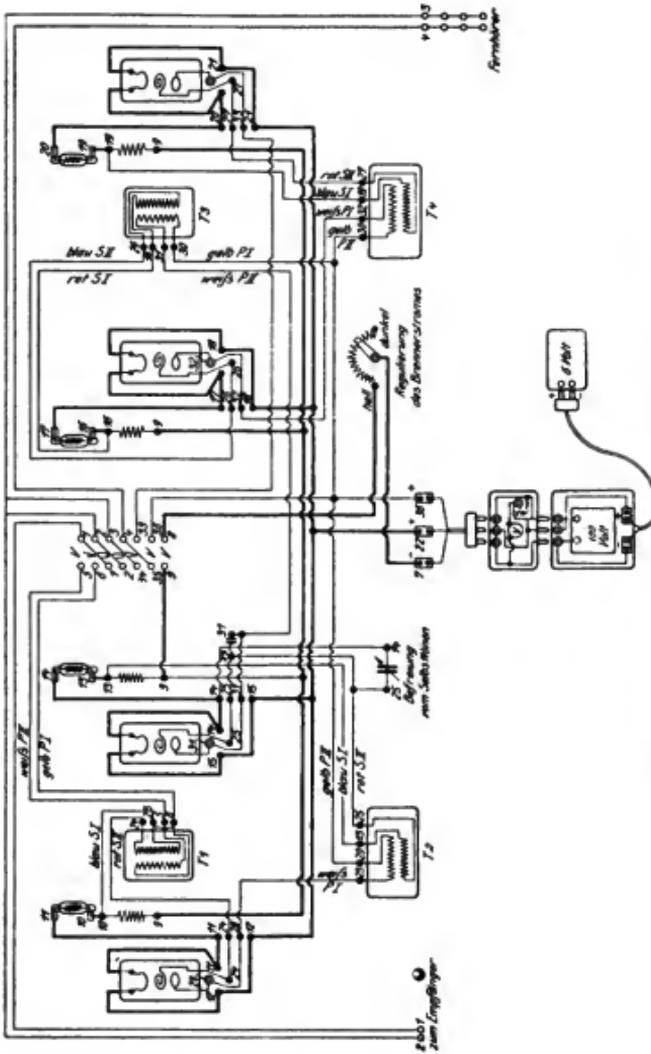


Abb. 69. Vierstufiger Niederfrequenzverstärker, Teilfunken Type E. V. 136 a.

35–36, 8–9 sind verstärkt geschlossen. 5, 6, 23, 24; 13, 25, 23, 29; 16, 26, 30, 31 und 19, 27, 30, 32 sind Niederfrequenztransformatoren. 11, 12, 24, 28; 14, 15, 25, 31; 17, 18, 26, 32 und 20, 21, 27, 39 sind die Kathodenröhren EVN 94. 10

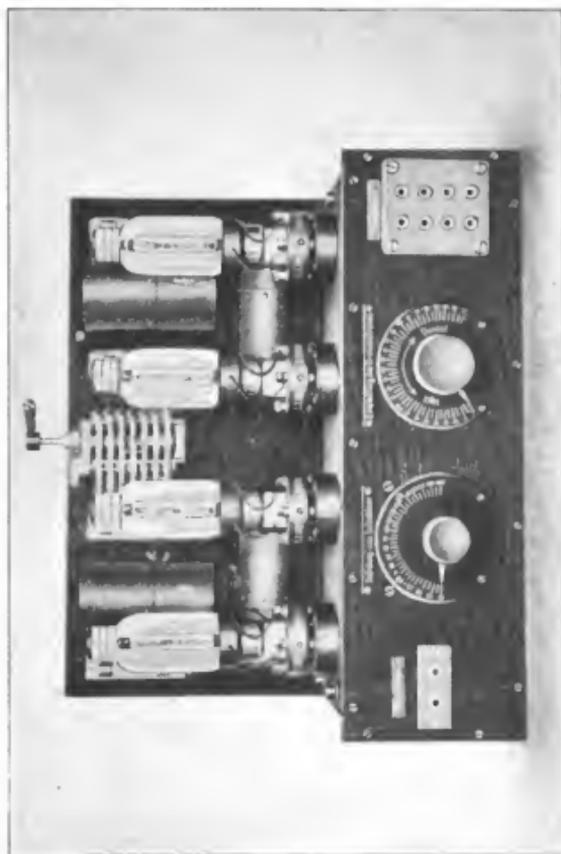


Abb. 70. Telefunken-Empfangsverstärker E. V. 136 a geöffnet.

bis 11, 13–14, 16–17 und 19–20 sind selbstregulierende Eisenwiderstände für den Brennerstrom der Röhre.

Bei Schaltung „unverstärkt“ (U) ist der Empfänger über die Punkte 1–3 und 2–4 direkt mit dem Fernhörer verbunden.

Bei der Schaltung „verstärkt“ (V) ist der Empfänger über die Punkte 1–5

und 2-6 mit dem ersten Niederfrequenztransformator verbunden, wo der beschriebene Verstärkungsvorgang beginnt.

Die Empfangsafernörer sind bei dieser Schaltung über die Punkte 3-34-33

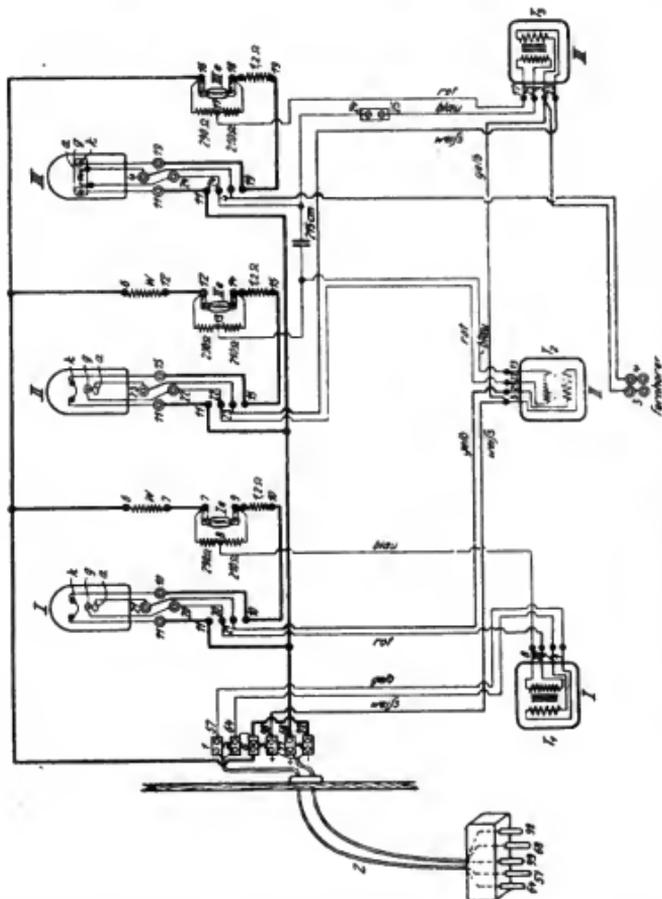


Abb. 71. Dreifacher Niederfrequenzverstärker, Telefunken Type E, V, 192.

und 4-35-36 in den Anodenkreis der vierten Röhre eingeschaltet, wo sie die verstärkte Energie entnehmen. Außerdem sind sowohl der Brenner als auch der Anodenkreis durch die Kontakte bis 9 geschlossen. Abb. 70 gibt eine Gesamtansicht des Verstärkers in geöffnetem Zustande.

Bedeutende elektrische und mechanische Verbesserungen weist der in folgendem kurz beschriebene dreifache Niederfrequenzverstärker Telefunken Type EV 192 auf. Der von dem Zellenkreis des Empfängers herkommende Niederfrequenzstrom, den man beim normalen Empfang durch einen Fernhörer gehen läßt, wird hier über die Primärwicklung eines Transformators T_1 (Abb. 71) geleitet. Diese induziert auf die zwischen Kathode und Gitter liegende Sekundärwicklung und bringt zwischen beiden Elektroden ein elektrisches Feld von der Frequenz des empfangenen Tones hervor. Es entstehen dann die oben beschriebenen Schwankungen im Anodenkreis, die mit einem dem Gleichstrom überlagerten Wechselstrom von der Frequenz des Telefonstromes identisch sind. Die Schwankungen werden besonders groß dadurch, daß man das Gitter von vornherein auf eine negative Spannung gegen die Kathode bringt, indem man die über die Sekundärwicklung des Transformators nach dem Gitter hinführende Leitung an den negativen Pol der Sechsvoltbatterie anschließt.

Bei der dreifachen Niederfrequenzverstärkung werden drei Kathodenröhren in drei hintereinandergeschalteten Kreisen benutzt. Der Wechselstrom im Anodenkreis der ersten Röhre wird nicht sofort ins Telephon, sondern über die Primärwicklung eines Transformators T_2 geführt, dessen Sekundärwicklung zwischen Gitter und Kathode der zweiten Röhre liegt und dort ebenso ein Wechselfeld induziert, wie dies in der ersten Röhre geschieht; nur ist dieses Wechselfeld bereits durch die erste Röhre verstärkt. Der weitere Vorgang ist in der zweiten und dritten Röhre genau derselbe, wie in der ersten.

Die dritte Röhre, Type EVE 173, ist eine sog. Endröhre. Sie zeichnet sich dadurch aus, daß ihre Verstärkungszahl bei sehr großen Lautstärken (entsprechend etwa $\frac{1}{10}$ Parallelohm) die gleiche ist, wie für kleine Lautstärken (entsprechend etwa 1000 Parallelohm). Diese Röhre steht im Gegensatz zu den beiden vorhergehenden Röhren (EVN 171), die für kleine Lautstärken (wie sie vor der Verstärkung zur Verfügung stehen) gebaut sind. Bei letzteren ist die Anode eine scheibenförmige Platte, die Kathode ein Glühfaden und zwischen beiden die spiralförmige Gitterelektrode. Bei der Endröhre (EVE 173) umgibt die Anode in geringem Abstand als ein zylindrisches Blech den Glühfaden der Kathode mantelförmig, ebenso die spulenförmige Gitterelektrode, die zwischen Kathode und Anode angebracht ist.

Die Eigenschaft der Endröhre, bei starken Strömen im Gitterkreis große Endlautstärken zu geben, ist besonders stark ausgeprägt, wenn die Kathode stärker erhitzt wird, als es für Verstärkung kleiner Lautstärken erforderlich ist. Um die beste Leistung der Röhre zu erzielen, muß jede Röhre der Type EVE 173 mit einem rot markierten Eisenwiderstand für 0,58 Amp. gebrannt werden. Wird auf die große Endlautstärke verzichtet, wird also nur gute Verstärkung kleiner Empfangslautstärken gewünscht, so kann die Röhre auch mit einem Eisenwiderstand für 0,55 Amp. gebrannt werden. Hierbei wird die Lebensdauer der Röhre erhöht; sie ist dann jener der normalen Röhren gleich.

Der in den drei Kreisen verstärkte Niederfrequenzstrom wird durch Fernhörer, die direkt im Anodenkreis der dritten Röhre liegen, abgehört. Die Lautstärke ist damit auf das Tausendfache angewachsen.



Abb. 72. Sender-Empfänger, Type D, mit Dreiröhrenverstärker Telefunken und zugehöriger 90-Volt-Anoden und 6-Volt-Heizungsbatterie.



Abb. 72 a. Dreiröhrenverstärker (25-Volt-Anodenspannung) Type L 43 F 25 der Firma Dr. E. F. Huth, G. m. b. H.

Drei selbstregulierende Eisenwiderstände, je einer für jeden Brenner, dienen dazu, die gewünschte Brennerstromstärke bzw. Verstärkung einzuhalten.



Abb. 72 b. Dreiröhrenlautverstärker der Firma Dr. E. F. Huth, auseinandergenommen,



Abb. 72 c. Firma Dr. E. F. Huth: Moderner Dreiröhrenlautverstärker,

Bei der Anordnung EV 192 werden alle Verstärkungsröhren von denselben Batterien, von denen die Heizbatterie 6 Volt und die Anodenbatterie 100 Volt

besitzen muß, gespeist. Die Klemmen 57 und 64 führen zu den Fernhörerbuchsen des Empfängers. An den Klemmen 2 und 4 liegen die Empfangsfernhörer.



Abb. 72d. Firma Dr. E. F. Huth: Dreiröhrenlautverstärker auseinandergenommen.

1, 2, 8, 20 (T_1); 3, 21, 22, 13 (T_2) und 17, 25, 3, 23 (T_2) sind Niederfrequenztransformatoren; 11, 20, 21, 10 und 11, 22, 23, 19 sind die Kathodenröhren EVN 171 (I und II), und 11, 24, 4, 13 ist die Kathodenröhre EVE 173 (III), 7, 9, 12, 14 und



Abb. 72e. Firma Dr. E. F. Huth: Dreiröhrenlautverstärker mit Batterien.

16–18 sind selbstregulierende Eisenwiderstände (I, II, III) für den Brennerstrom der Röhre.

Beim Zusammenschalten des 5poligen Steckers 64, 57, 99, 68 und 98 mit dem Zwischenkabel des Sende-Empfängers ist der Empfänger über die Punkte 1 und 2

mit dem ersten Niederfrequenztransformator verbunden, wo der beschriebene Verstärkungsvorgang beginnt.

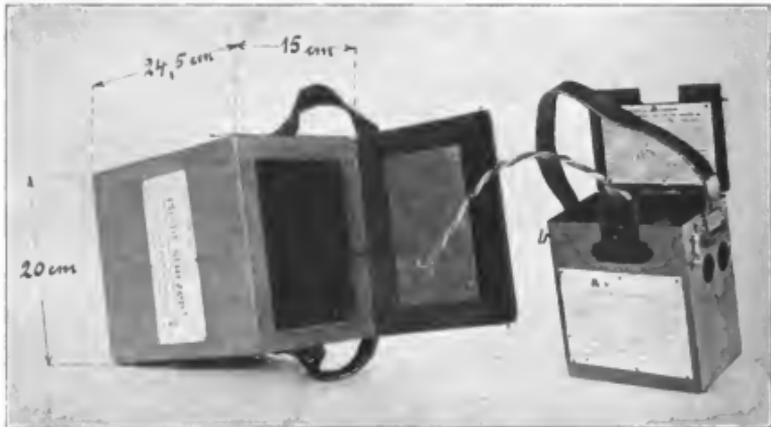


Abb. 72f. 6-Volt-Sammler für Lautverstärker mit Kälteschutz.

Die Empfangsfernöhörer sind bei dieser Schaltung über die Punkte 3 und 4 in den Anodenkreis der dritten Röhre eingeschaltet, dem sie verstärkte Energie entnehmen.



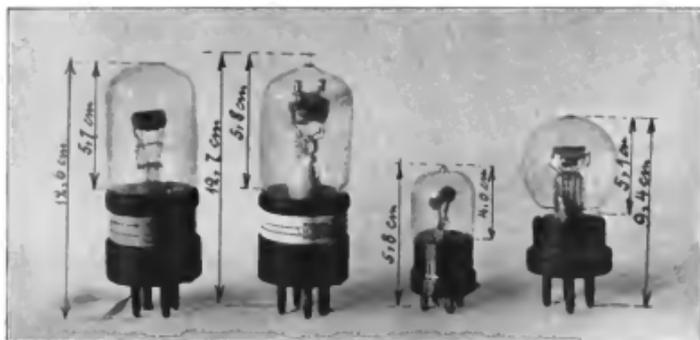
Telefunken:	Telefunken:	Huth:
E. V. E. 173.	R. E. 11.	R. E. 32.

Abb. 72g Verstärkeröhren verschiedener Ausführung.

Abb. 72 gibt eine Gesamtansicht des Dreifachverstärkers mit zugehörigen Batterien und einem Sender-Empfänger (Type D) für C-Flugzeuge wieder.

Auch die Firma Dr. E. F. Huth hat auf dem Gebiete des Flugzeug-Lautverstärker-

baues brauchbare Konstruktionen herausgebracht. Die Firma trat allerdings erst Mitte 1917 an die F.-T.-Vers.-Abt. mit den ersten für Fliegerzwecke brauchbaren



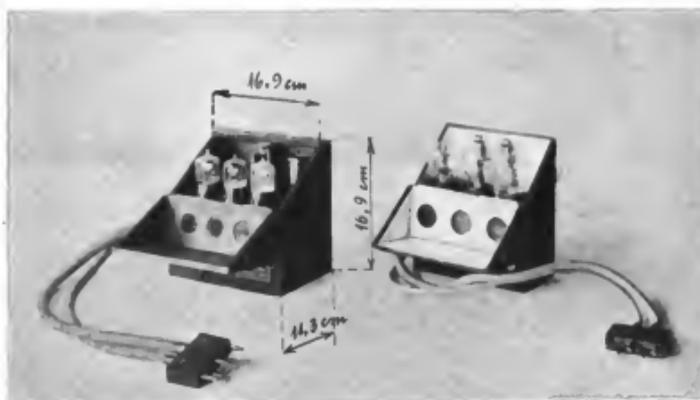
Telefunken.

Huth.

Telefunken.

Huth.

Abb. 72 b. Verstärkerröhren verschiedener Ausführung.



Telefunken: Gew. 2,95 kg.

Huth: Gew. 2,00 kg.

Abb. 72 i. Verstärker verschiedener Ausführung

Apparaten heran. Die Leistungen ihrer Verstärker kamen denen der Telefunken-Gesellschaft alsbald gleich.

In den nachfolgenden Abbildungen werden einige Typen gezeigt. Die Schaltung und ihre Arbeitsweise ist im Prinzip die gleiche, wie oben geschildert (s. Abb. 72 a – 72 k).



Die oben beschriebenen Verstärkerarten sind als Zusatzgerät zum Sende-Empfangsgerät konstruiert (s. Abb. 72). Bei neueren Geräten wird diese Bauart vermieden. Die Forderung des organischen Zusammenbaus des gesamten F.-T.-Bordgerätes, wie im Abschnitt 2 dargelegt, erfordert ein unmittelbares Einbauen der Verstärker in den Empfänger. Nur auf diese Weise kann eine einfache Leitungsführung, Gewichts- und Raumersparnis, Betriebssicherheit und Bedienungseinfachheit erreicht werden. In späteren Abschnitten wird noch besonders darauf eingegangen werden.

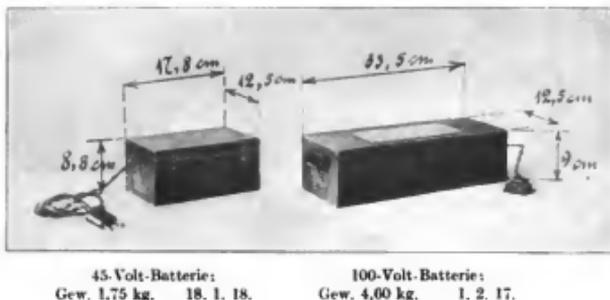


Abb. 72k. Telefunken.

4. Prüfung der Leistung von Niederfrequenzverstärkern verschiedener Ausführung.

1. Zweck der Versuche.

Mit dem wachsenden Aktionsradius der Flugzeuge, mit der zunehmenden Flughöhe und mit der Verwendung von stärkeren Flugmotoren wuchsen zwangsläufig die an die Lautverstärker zu stellenden Anforderungen. Der Masseneinsatz von F.-T.-Flugzeugen auf engem Raum verlangte eine unbedingte Einschränkung der Sende-Energien, und gleichzeitig wurde trotzdem die Überbrückung größerer Reichweiten und Erzielung höherer Empfangsendlautstärken im Flugzeug verlangt.

Somit mußten im Frühjahr 1918 Verstärker mit ausgeprägten Spezialeigenschaften für Flugzeuge entwickelt und nach besonderen Methoden sorgfältig geprüft werden.

Die aus den oben geschilderten Verhältnissen heraus zu verlangenden mechanischen und elektrischen Leistungen waren im wesentlichen folgende:

- geringstes Gewicht,
- kleinste Raumabmessungen,
- mechanische Unempfindlichkeit gegen Stöße und Vibration des Flugzeuges,
- bei kleinster und großer Anfangslautstärke möglichst hohe Verstärkungszahlen,
- gute Ton- und Klangsicherheit,
- Vermeiden des Selbsttönens,
- Wegfall jeglicher Bedienungsriffe,
- hohe Lebensdauer.

Derartige Typen wurden nach längeren Vorversuchen im Frühjahr 1918 von den Firmen Huth und Telefunken herausgebracht und von der F.-T.-Versuchsabteilung in Döberitz eingehend untersucht.

Als leitendes Prinzip wurde dieser Prüfung zugrunde gelegt, daß sie sich möglichst an die praktischen Verhältnisse anzuschließen habe, da es sich nicht um eine Untersuchung der Wirkungsweise, sondern um Feststellung der Leistungsfähigkeit und Arbeitssicherheit der Verstärker handelte; demzufolge wurden diese nur als Ganzes geprüft; die Untersuchung der einzelnen Teile (Transformatoren, Widerstände usw.) konnte unterbleiben. Eine Ausnahme machten hiervon nur die Röhren, weil diese beliebig auswechselbar sein müssen.

Demnach gliederte sich die Prüfung in die laboratoriumsmäßige Messung des Verstärkungsgrades, die Untersuchung der Röhren und die Prüfung im Flugzeug.

Die Messungen des Verstärkungsgrades wurden unter Leitung des Leutnant d. Res. Dr. Dieckmann von Unteroffizier Dr. Salinger und Gefreiten Groll vorgenommen; die Röhrenuntersuchungen von Feldwebel Tegetmeyer und Unteroffizier Dr. Salinger; die Messungen im Flugzeug führten Leutnant d. Res. Dipl.-Ing. v. Sybel, Leutnant Dr. Meißner und Leutnant d. Res. Dr. Droysen aus.

II. Die zu prüfenden Niederfrequenzverstärker.

Zur Prüfung sandte jede Firma zwei Typen von Verstärkern in je drei Exemplaren ein, nach Angabe folgender Tabelle:

Tabelle 7.

Abgekürzte Bezeichnung	Firma	Type	Nr.
A 1	Telefunken	EV 230	24 830
A 2	Telefunken	EV 230	ohne Nummer
A 3	Telefunken	EV 230	24 849
B 1	Telefunken	EV 226	24 837
B 2	Telefunken	EV 226	24 828
B 3	Telefunken	EV 226	24 829
C 1	Huth	L 32	15 010
C 2	Huth	L 32	14 983
C 3	Huth	L 32	15 541
D 1	Huth	EL 32	15 316
D 2	Huth	EL 32	15 318
D 3	Huth	EL 32	15 317

A. Beschreibung der Typen.

Die äußere Erscheinung der Verstärker geben die Photographien (Abb. 73 und 74) wieder. Sämtliche Typen sind dreifach Verstärker ohne Ausgangstransformator. Sie sind für 4000-Ohmtelefon bestimmt und mit Steckbuchsen für zwei parallel geschaltete Telephone versehen. Der Anschluß an die Batterien erfolgt mittels eines Zwischenkabels. Im einzelnen ist zu bemerken:

Type A: Der Verstärker Telefunken EV 230 hat 4 Röhren, wobei die beiden Endröhren im Anodenkreis parallel geschaltet sind. Die Röhren sind in „Spar-



Abb. 73. Telefunken-Verstärker E. V. 220 und 230.

schaltung“ (Anodenspannung = Spannung der Anodenbatterie und Heizspannung) und für „Serieneheizung“ angeordnet (d. h. die Heizdrähte — je zwei Röhren — sind hintereinander geschaltet, ohne vorgeschalteten Eisenwiderstand).

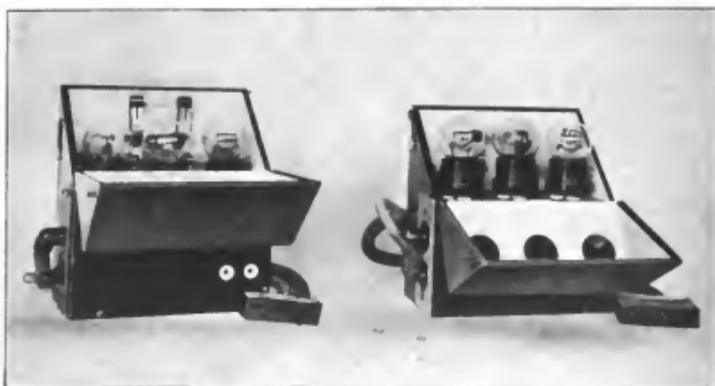


Abb. 74. Huth-Verstärker L 32 und E. L. 32.

Type B: Der Verstärker Telefunken EV 226 hat drei Röhren in Sparschaltung; die beiden ersten sind für Serieneheizung angeordnet, dem dritten liegt ein Eisenwiderstand (0,54 Amp.) vorgeschaltet.

Type C: Der Huth-Verstärker L 32 hat drei Röhren mit je einem vorgeschalteten

Eisenwiderstand für 0,55 Amp. Er ist mit einem Schalter „verstärkt-unverstärkt“ versehen.

Type D: Dem Verstärker EL 32 derselben Firma fehlt dieser Schalter, die Anordnung der Röhren ist die gleiche.

B. Abmessungen und Gewichte der Verstärker.

Über die Abmessungen und Gewichte der Verstärker gibt die Tabelle 8 Auskunft. Die „Außenmaße“ geben die größten in der betreffenden Richtung vorkommenden Werte an; die „Kastenmaße“ sind kleiner, da bei ihnen vorstehende Teile (Schalter, Klammern usw.) nicht berücksichtigt sind. Der „Rauminhalt“ ist bei den Telefunken-Verstärkern kleiner, als er sich aus den Kastenmaßen berechnen würde, da der Deckel etwas abgeschrägt ist. Das Gewicht wurde einschließlich der Röhren gemessen.

Bei Verstärkern gleicher Type waren die Maße gleich, ihr Gewicht schwankte (in einem Fall bis zu 15%) um den angegebenen Durchschnittswert.

Tabelle 8.

	Type A	Type B	Type C	Type D
Außenmaße (cm)				
Breite	14,5	14,8	16,6	16,6
Höhe	14,1	15,3	18,0	17,0
Tiefe	10,3	7,0	9,3	9,3
Kastenmaße (cm)				
Breite	14,1	14,0	16,0	16,0
Höhe	14,1	15,3	18,0	17,0
Tiefe	9,6	6,1	8,0	8,0
Rauminhalt (ccm)	1740	1142	2306	2176
Gewicht (kg)	1,59	1,45	2,06	1,86

C. Die zugehörigen Batterien.

Die Firma Telefunken hatte zu ihren Lautverstärkern 6 zugehörige 75-Volt-Batterien Type HB 220) und eine 45-Volt-Batterie Type HB 218) geliefert, während die Verstärker Huth für normale 90-Volt-Batterien bestimmt waren. Über die Abmessungen und Gewichte der Batterien gibt die Tabelle 9 Auskunft. Der innere Widerstand der zu den Messungen benutzten Anodenbatterien wurde gemessen und überschritt bei keiner Batterie 50 Ohm.

Tabelle 9.

	45-Volt-Batterie	75-Volt-Batterie	90-Volt-Batterie
Kastenmaße (cm)	18 × 13 × 9	28 × 13 × 9	8,5 × 12,3 × 32,5
Rauminhalt (ccm)	1910	2660	3340
Gewicht (kg)	1,6	2,8	ca. 5

Besondere Heizbatterien wurden nicht mitgeliefert, die Telefunkenverstärker waren für Blei-, die der Firma Huth für Edisonsammler bestimmt.

III. Die Messung des Verstärkungsfaktors.

Die laboratoriumsmäßige Messung des Verstärkungsgrades geschah nach zwei Methoden, die als subjektive und objektive unterschieden werden. Von ihnen hat die subjektive, einfachere, mehr den Charakter einer Abschätzung, die objektive ermöglicht eine genaue Messung.

A. Die subjektive Meßmethode

Die subjektive Meßmethode ist eine Abänderung der altbekannten Methode, Empfangsstärken durch Parallelohmzahlen zu charakterisieren.

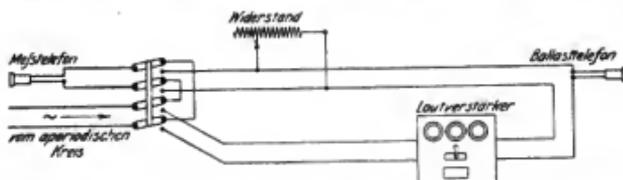


Abb. 75. Schaltschema zur Prüfung von Lautverstärkern nach der subjektiven Meßmethode.

Das Prinzip der Methode.

Der verstärkte Empfang wird durch Parallelschalten eines Widerstandes so weit geschwächt, daß er dem unverstärkten gleich erscheint. Sind dazu p Ohm nötig, bei einem Telefon mit t Ohm Wechselwiderstand, so wird die Größe

$$f = \frac{t p}{p}$$

als Verstärkungsfaktor angesehen. f wäre das Verhältnis des verstärkten und unverstärkten Stromes, wenn für die Stromverteilung zwischen t und p die Gesetze der Gleichstromverzweigung gelten; sehr angenähert ist es aber auch bei Wechselstrom der Fall, solange p sehr klein gegen t ist. Diese Bedingung war bei den Messungen stets erfüllt.

Das Schaltschema (Abb. 75) ist höchst einfach; das Ballasttelefon ist eingeschaltet worden, um das Ausgangsrohr nicht zu ungleichmäßig zu belasten. Als Erregung diente die auch bei den Messungen nach der objektiven Methode verwandte Schuchardtsche Sirene, der ein Potentiometer vorgeschaltet war. Sein Vorschaltwiderstand betrug 300 Ohm, sein Abzweigwiderstand 2 Ohm. Das Telefon hatte einen Wechselwiderstand von $t = 8000$ Ohm.

Ergebnis:

Das Ergebnis gibt die Tabelle 10. Die in ihr angegebenen Zahlen f geben zum Vergleich den Verstärkungsfaktor, berechnet aus den Messungen derselben Ver-

stärker nach der objektiven Methode, für dieselbe Stöpselung des Potentiometers, die einem unverstärkten Strom von $1,17 \cdot 10^{-6}$ (52 Parallelw.) entspricht. Die Zahlen p sind Mittelwerte aus den Messungen zweier Beobachter.

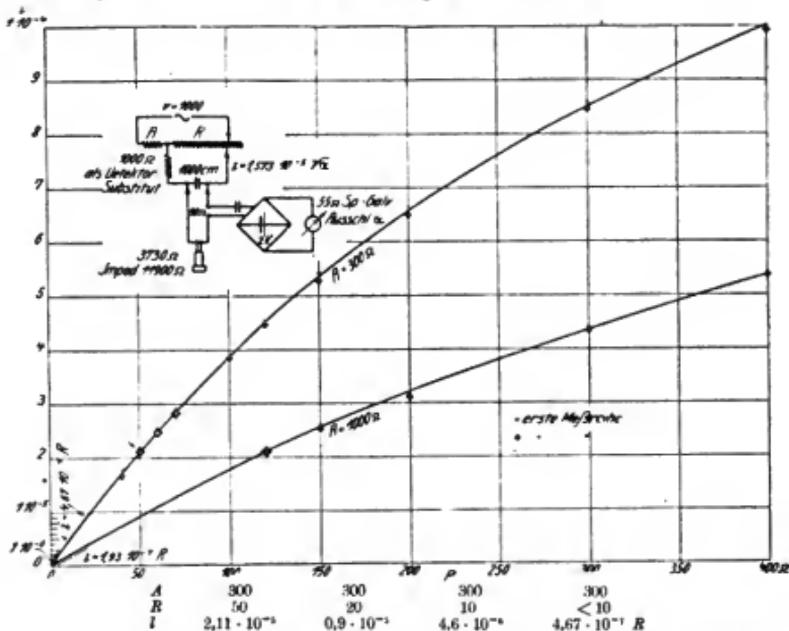


Abb.76. Messung d. unverstärkten Telefonströme durch Potentiometer-Eichung mittels block. Baretters.

Tabelle 10.

	Verstärker		p	I	P	Anodenspannung
A 1	EV 230,	24 850	7	1145	920	80 Volt
A 2	EV 230,		10	800	920	
A 3	EV 230,	24 849	7	1145	920	
B 1	EV 226,	24 837	16	500	525	
B 2	EV 226,	24 828	11,5	695	525	
B 3	EV 226,	24 829	12,5	640	525	90 Volt
C 1	L 32,	15 010	16,5	485	600	
C 2	L 32,	14 983	11,5	695	600	
C 3	L 32,	15 541	11	730	600	
D 1	EL 32,	15 316	7	1145	950	
D 2	EL 32,	15 318	8,5	940	850	
D 3	EL 32,	15 317	11,5	695	740	

B. Die objektive Meßmethode. — Prinzip der Methode.

Die objektive oder absolute Meßmethode geht aus von möglichster Anlehnung an die Empfangsverhältnisse in einem normalen Detektorkreis und besteht in der absoluten Messung des Stromes, der ein 4000-Ohm-Telephon durchfließt a) wenn der aperiodische Kreis das Telephon direkt, b) wenn er es unter Zwischenschaltung des Verstärkers erregt. Die gemessenen Stromwerte i unverstärkt und I verstärkt

dienen als Maß der jeweiligen Empfangsstärke, und der Quotient $J : i$, das ist der Verstärkungsfaktor f , gibt an, wievielfach der verstärkte Empfang im 4000-Ohm-Telephon größer ist als der unverstärkte Empfang im gleichen Telephon unter den gleichen Bedingungen.

Die Meßanordnung setzt sich im einzelnen wie folgt zusammen:

1. Zur Wechselstromerzeugung diente eine Schuchardtsche Sirene, deren Effektivspannung (ca. 2 Volt) im Verlaufe der Messungen nicht geändert und deren Wechselstromfrequenz mit Hilfe eines fest angebauten Tourenzählers für sämtliche Messungen und Eichungen auf Frequenz = 1000 gehalten wurde. Variable und jederzeit genau wieder einstellbare

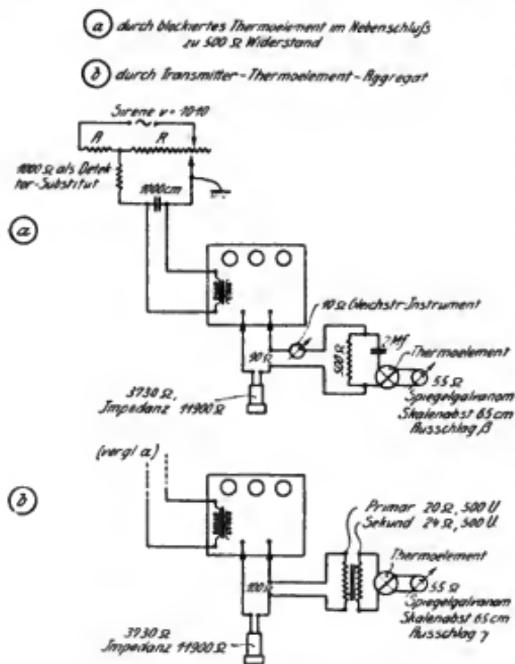


Abb. 77. Messung der verstärkten Telefonströme.

Stromintensitäten wurden einem an der Sirene angelegten Präzisions-Spannungsteiler entnommen, dessen äußerer Widerstand A (Abb. 76 und 77) zu 300 bzw. 1000 Ohm bemessen wurde und dessen Abzweigwiderstand R die regulierbare Erregung des nachgebildeten Detektorkreises ergab.

2. Der künstliche Detektorkreis wurde aus dem Abzweigwiderstand R , welcher die Empfangsspule vertritt und bei den Messungen 50 Ohm nicht überschritt, einem 1000-Ohm-Widerstand als Substitut für einen normalen Detektor und einen 1000-ohm-Kondensator gebildet. Über dem Kondensator wurde entweder das Telephon in Serie mit der Meßvorrichtung oder der zu prüfende Lautverstärker angeschlossen.

3. Das bei den Messungen benutzte Schuchardtsche Telefon hatte einen Gleichstromwiderstand von 3730 Ohm und eine für $v = 1000$ gemessene Impedanz von 11 900 Ohm.

4. Zur Messung der Empfangsströme im Telefon wurden zwei Vorrichtungen benutzt (Abb. 78): ein aus Baretter mit 55-Ohm-Spiegelgalvanometer und 2-MF-Vorschaltkondensator bestehendes Aggregat, dessen Gesamtwechselwiderstand 90 Ohm betrug, und welches eine Empfindlichkeit von $i = 1,573 \cdot 10^{-5} \cdot \gamma \beta$. ($a =$ Aus-

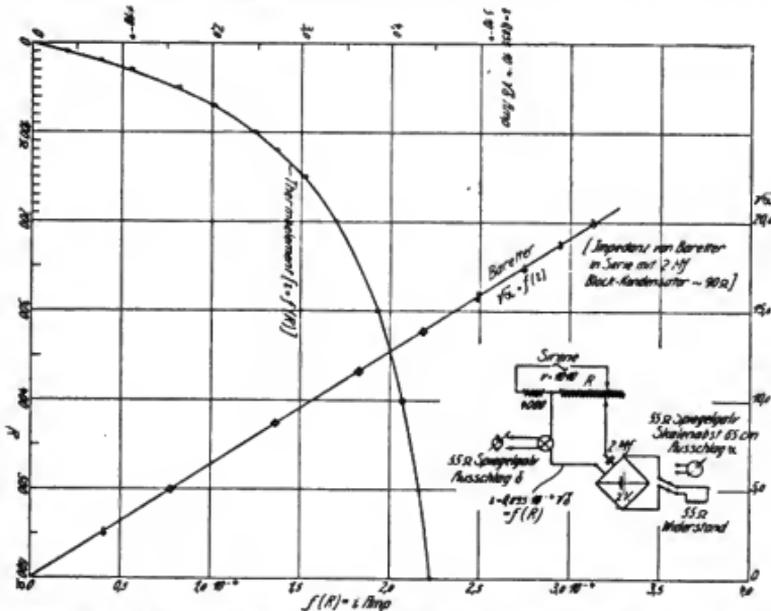


Abb. 78. Eichung des Baretters Nr. 5136/62 V. A. mit Einsatz (79), 55 Ω Spiegel-Galv. (Skalenausschlag 65 em) und 2 MF. Vorschaltkondensator für $v = 1000$ mittels Thermoelements.

schlag des Spiegelgalvanometers) hatte. Dasselbe diente als empfindlichste Meßvorrichtung zur Messung der unverstärkten Telefonströme bzw. zur Eichung des Spannungsteilers (Abb. 79). Ein gegen Gleichstrom durch einen 2-MF-Kondensator blockiertes und zu einem Widerstand von 500 Ohm in Nebenschluß gelegtes Thermoelement mit 55-Ohm-Spiegelgalvanometer. Der Gesamtwiderstand dieser Kombination betrug 77,9 Ohm, war also mit Einrechnung eines zwecks Messung und Kontrolle der Anodenströme vorgeschalteten 10-Ohm-Instrumentes praktisch derselbe wie der der Meßvorrichtung a . Die Empfindlichkeit dieser Kombination war $i = 0,885 \cdot 10^{-4} \cdot \gamma \beta$ ($\beta =$ Ausschlag des Spiegelgalvanometers) und reichte zur Messung der verstärkten Telefonströme bei sämtlichen Verstärkern aus.

Die unmittelbare Benutzung des Thermoelements auf der Verstärkerseite verbot sich einmal wegen der zu großen Beanspruchung des Thermoelementes durch den Anodengleichstrom (über 2 M.A.), bei welcher der Ausschlag nicht mehr eine quadratische Funktion des Stromes ist, sodann wegen der starken Abhängigkeit des Anodengleichstroms (d. h. in diesem Falle des relativen Thermoelement-Nullpunktes) von dem überlagerten Wechselstrom, welcher je nach seiner Intensität und der Type des Verstärkers Anodengleichstromschwankungen bis zu 0,9 M. A. hervorruft.

Für eine Reihe von Vormessungen (Abb. 80) wurde das Thermoelement im Sekundärzweig eines Transmitters verwandt (Abb. 81) (kleiner Igeltransformator von 20 : 24 Ohm und 500 : 500 Windungen; gemessene Impedanz der Primärspule bei Schließung der Sekundärspule über 20 Ohm [gleich Thermoelementwiderstand])

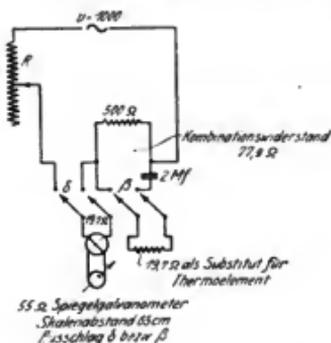


Abb. 79.

Erhebung des zu 500 Ω in Nebenschluß gelegten blockierten Thermo-Elementes.

R	δ	β	$x = 0,835 \sqrt{\frac{\delta}{\beta}}$
1500	229,0	198,4	0,894
1800	170,8	149,8	0,887
2000	140,2	123,7	0,884
2500	94,1	81,4	0,893
3000	66,3	58,2	0,886
7000	12,9	11,4	0,883
10000	6,4	5,6	0,888
15000	2,9	2,6	0,877
50000	2,8	2,5	0,880
5000	25,3	11,3	0,873
3000	66,1	57,7	0,889

Mittel: 0,885

$$i = 0,835 \cdot 10^{-4} \cdot \sqrt{\delta} = x \cdot 10^{-4} \cdot \sqrt{\beta}$$

$$x = 0,835 \cdot \sqrt{\frac{\delta}{\beta}}$$

$$i = 0,885 \cdot \sqrt{\beta} \cdot 10^{-4}$$

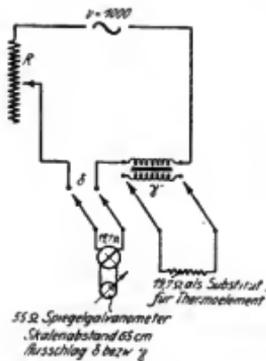
$$(\text{berechnet } i = 0,879 \cdot 10^{-4} \sqrt{\beta})$$

für $v = 1000 : 100 \text{ Ohm}$; Wirkungsgrad 96%), wobei sich in bezug auf die Stromstärke i in der Primärspule die Empfindlichkeit ergab: $i = 0,87 \cdot 10^{-4} \cdot \sqrt{y}$ (y = Ausschlag des Spiegelgalvanometers). Für die endgültigen Messungen wurde jedoch die eisenfreie Schaltung b vorgezogen.

Gang der Messungen.

Sämtliche Eichungen und Messungen wurden bei der Frequenz 1000 ausgeführt und gehen auf das mit kommutiertem Gleichstrom absolut geeichte Thermoelement zurück, dessen Empfindlichkeit sich zu $i = 0,835 \cdot 10^{-4} \cdot \sqrt{d}$ (d = Ausschlag des 55 Ohm-Spiegelgalvanometers) ergab (Abb. 82).

Der Barretter mit Vorschaltkondensator und 55-Ohm-Spiegelgalvanometer wurde auf Frequenz 1000 geeicht (Abb. 78), indem zunächst die Abhängigkeit des Stromes i vom Potentiometerabzweig R durch das Thermoelement mit demselben Galvanometer bestimmt und dann dieses Galvanometer mit einem vorher am Barretter angeschaltet gewesenen 55-Ohm-Widerstand vertauscht wurde.



R	δ	γ	$\kappa = 0,835 \sqrt{\frac{\delta}{\gamma}}$
1500	225,5	203,3	0,874
1800	161,1	144,9	0,861
2000	129,8	117,45	0,873
2500	86,1	78,25	0,870
3000	65,1	55,6	0,899
4000	36,2	32,0	0,882
6000	16,65	14,85	0,878
9000	7,4	6,8	0,867
13000	3,5	3,5	0,855

Mittel: 0,873

$$i = 0,835 \cdot 10^{-4} \sqrt{\delta} = \kappa \cdot 10^{-4} \sqrt{\beta}$$

$$\kappa = 0,835 \cdot \sqrt{\frac{\delta}{\beta}}$$

$$i = 0,835 \sqrt{\beta} \cdot 10^{-4}$$

Abb. 81. Eichung des Thermoelement-Transmitter-Aggregates.

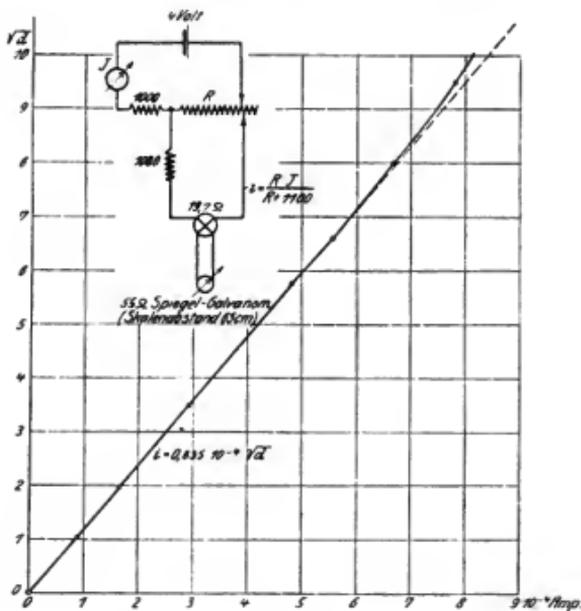


Abb. 82.

Thermoelement mit 55 Ω Spiegelgalvanometer, geicht durch kommutierten Gleichstrom.

betrug, wurden mit guter Genauigkeit durch Extrapolation der Potentiometer-Eichkurve auf den Punkt $R = 0$, $i = 0$ bestimmt.

Danach wurde der zu prüfende Lautverstärker an Stelle des „Telephons + Meßvorrichtung a“) angeschaltet (Abb. 77) und der verstärkte Strom durch dasselbe Telefon + Meßvorrichtung b) (ebenfalls ca. 12 000 + 90-Ohm-Widerstand) ge-

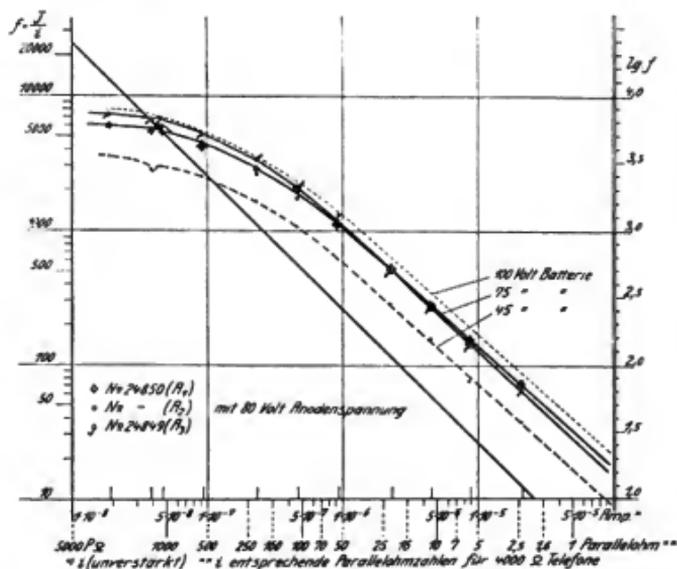


Abb. 84. Telefunkn Vierröhrenverstärker EV 230.

Bestimmung des Verstärkungsfaktors „ f “ von Lautverstärkern durch absolute Strommessungen.

Nr. 24 850 (A_1) }
 Nr. (A_1) } mit 80 Volt Anodenspannung.
 Nr. 24 840 (A_1) }

Gestrichelte Kurve: A_1 mit 50 Volt Anodenspannung.

Punktirte Kurve: A_1 mit 90 Volt Anodenspannung.

schenkt und gemessen. Heiz- und Anodenspannung wurden ständig kontrolliert; etwa auftretendes Selbsttönen konnte bei allen Apparaten durch geeignete Erdung beseitigt werden.

Da also die verstärkten und unverstärkten Empfangsströme im 4000-Ohm-Telephon gemessen waren, war auch ihr Verhältnis, der Verstärkungsfaktor $f = I : i$ bestimmt. Diese Bestimmung wurde für eine Reihe von Werten des unverstärkten Stromes und für mehrere Anodenspannungen ausgeführt.

Tabelle der Meßwerte.

δ	Tiefenkurve-Röhren-Vorstärker ZF 230						A_1 mit:		
	A_1 No. 24 850	A_2 No. —	A_3 No. 24 859	45-Volt-Batterie	100-Volt-Batterie	I	I	I	
unverstrahlt	J	J	J	J	J	J	J	J	
$2,11 \cdot 10^{-5}$	1,487 · 10 ³	71	1,570 · 10 ³	74	1,334 · 10 ³	63	0,789 · 10 ⁻³	37	
$3,0 \cdot 10^{-6}$	1,306	155	1,420	158	1,293	144	0,754	84	
4 6	1,313	296	1,276	278	1,226	206	0,708	154	
2,33	1,229	525	1,170	502	1,150	443	0,655	281	
$9,34 \cdot 10^{-7}$	1,101	1178	1,042	1115	1,001	1135	0,580	621	
4,67	0,951	2035	0,893	1720	0,876	2060	0,498	1067	
2,33	0,664	2850	0,615	2640	0,780	3550	0,375	1610	
$9,34 \cdot 10^{-8}$	0,296	4240	0,291	4178	0,483	5170	0,229	2450	
4,67	0,251	5374	0,274	5870	0,312	6680	0,140	2994	
3,86	0,296	5470	0,213	5660	0,248	6580	0,108	2960	
1,93	0,114	5910	0,117	6090	0,138	7170	0,068	3550	
	Anoden-Spannung: 82 Volt; Anoden-Spannung: 81 Volt;								
	Heizung in Betr.: 6,5 Volt; Heizung in Betr.: 6,4 Volt;								
δ	Tiefenkurve-Röhren-Vorstärker ZF 228						B_2 mit:		
	B_1 No. 24 837	B_2 No. 24 838	B_3 No. 24 829	45-Volt-Batterie	100-Volt-Batterie	I	I	I	
unverstrahlt	J	J	J	J	J	J	J	J	
$2,11 \cdot 10^{-5}$	0,896 · 10 ³	42	0,875 · 10 ³	42			0,542 · 10 ⁻³	26	
$3,0 \cdot 10^{-6}$	0,824	92	0,821	91			0,494	55	
4 6	0,750	163	0,757	165			0,445	97	
2,33	0,687	295	0,695	298			0,400	172	
$9,34 \cdot 10^{-7}$	0,616	558	0,615	658			0,345	369	
4,67	0,530	1135	0,497	1064			0,298	617	
2,33	0,412	1770	0,386	1657			0,226	970	
$9,34 \cdot 10^{-8}$	0,271	2900	0,218	2328			0,139	1488	
4,67	0,168	3660	0,125	2670			0,088	1865	
3,86	0,124	3210	0,088	2280				0,060	
1,93	0,073	3780							
	Anoden-Spannung: 80 Volt;								
	Heizung in Betr.: 6,3 Volt;								

Wegen Weckkondensator im Innern ausgeklappt.

f unverstärkt:	C_1 No. 15 010		Euth-Verstärker ZL 32 C_2 No. 14 963		C_3 No. 15 541		C_4 milt: 75-Volt-Batterie	
	J	f	J	f	J	f	J	f
2,11 · 10 ⁻⁵	1,219 · 10 ⁻³	58	0,808 · 10 ⁻³	43	1,118 · 10 ⁻³	53	0,997 · 10 ⁻³	47
9,0 · 10 ⁻⁶	1,108	123	0,860	96	1,053	117	0,868	100
4,6	0,965	210	0,815	177	0,976	212	0,785	171
2,33	0,836	359	0,836	326	0,760	379	0,676	290
9,34 · 10 ⁻⁷	0,688	736	0,676	723	0,636	680	0,552	591
4,67	0,579	1240	0,610	1307	0,364	779	0,465	995
2,33	0,472	2025	0,559	2400	0,180	774	0,374	1004
9,34 · 10 ⁻⁸	0,346	3700	0,473	5080	0,068	730	0,288	2870
4,67	0,258	5325	0,351	7510			0,204	4370
3,86	0,238	6170	0,272	7040			0,155	4020
1,93	0,157	8160	0,145	7490			0,092	4790
								Anoden-Spannung: 80 Volt, Heizspg. in Betr.: 0,0 Volt.
f unverstärkt:	D_1 No. 15 316		Meth-Verstärker ZL 32 D_2 No. 15 318		D_3 No. 15 317		D_4 milt: 75-Volt-Batterie	
	J	f	J	f	J	f	J	f
2,11 · 10 ⁻⁵	1,411 · 10 ⁻³	67	1,265 · 10 ⁻³	66	1,285 · 10 ⁻³	61	1,204 · 10 ⁻³	57
9,0 · 10 ⁻⁶	1,320	147	1,207	134	1,175	130	1,133	126
4,6	1,265	275	1,161	252	1,071	233	1,089	237
2,33	1,199	515	1,109	470	0,968	416	1,030	442
9,34 · 10 ⁻⁷	1,070	1154	0,990	1059	0,828	884	0,916	939
4,67	0,954	2064	0,969	1862	0,712	1523	0,806	1726
2,33	0,839	3062	0,750	3220	0,613	2630	0,705	3030
9,34 · 10 ⁻⁸	0,696	7440	0,605	6470	0,484	5180	0,591	6315
4,67	0,575	12320	0,543	11620	0,411	8800	0,488	10460
3,86	0,508	13170	0,416	10770	0,302	7830	0,431	11150
1,93	0,342	17710	0,285	14770	0,182	9450	0,281	14560
								Anoden-Spannung: 82 Volt, Heizspg. in Betr.: 0,1 Volt.

Abb. 83.

Ergebnisse:

Die gewonnenen Meßergebnisse sind in einer Tabelle (Abb. 83) und den Kurvenblättern (Abb. 84–87) niedergelegt. Die Kurven geben den Verstärkungsfaktor $f = I/i$ in Abhängigkeit vom unverstärkten Empfangsstrom i in logarithmischer Teilung. Außerdem sind noch die den einzelnen i -Werten äquivalenten Parallel-

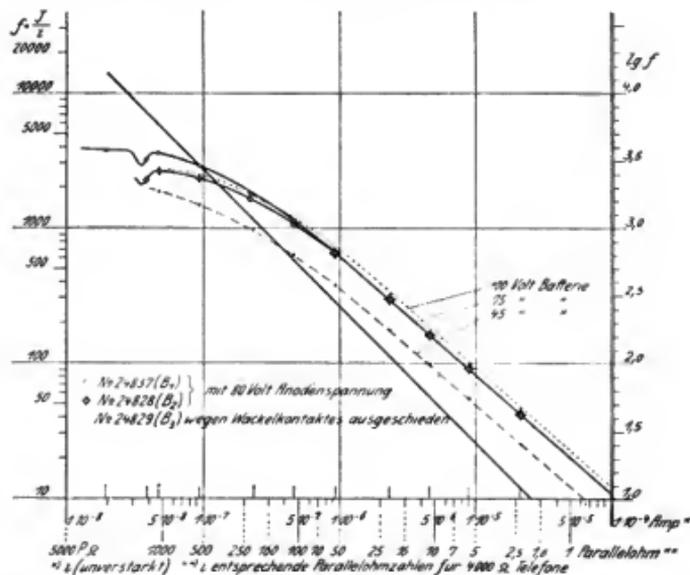


Abb. 85. Telefunktren Dreiröhrenverstärker EV 226.
Bestimmung des Verstärkungsfaktors „ f “ von Lautverstärkern durch absolute Strommessungen.

Nr. 24 837 (B_1) } mit 80 Volt Anodenspannung.
Nr. 24 828 (B_2) }
Nr. 24 829 (B_3) } wegen Wackelkontaktes ausgeschlossen.

Gestrichelte Kurve: B_2 mit 50 Volt Anodenspannung.

Punktierte Kurve: B_3 mit 98 Volt Anodenspannung.

ohnzahlen unterhalb der i -Skala aufgetragen. Letztere entstammen früheren Messungen der F.-T.-Versuchsabteilung.

Tabellenwerte und Kurven zeigen eine Abnahme der Verstärkungszahl mit steigender primärer Erregung des Verstärkers, außerdem eine nicht unerhebliche Abhängigkeit der Verstärkungszahlen von der Anodenspannung. Der Kurvenverlauf ist bei den verschiedenen Apparaten qualitativ derselbe, d. h. die Verstärkungszahlen nehmen relativ mit Steigerung der Primärenergie in annähernd gleicher Weise ab.

Die im oberen Teile der meisten Kurven auftretende resonanzähnliche Unregelmäßigkeit fand sich durch unabhängige Messungen nach verschiedenen Methoden an mehreren Tagen wiederholt bestätigt.

Die gelieferten Verstärker ein und derselben Type zeigten bei den Apparaten der Firma Telefunken größere Übereinstimmung untereinander als bei denen der Firma Huth. Der Verstärker B 3 (Telefunken) konnte wegen inneren Wechsel-

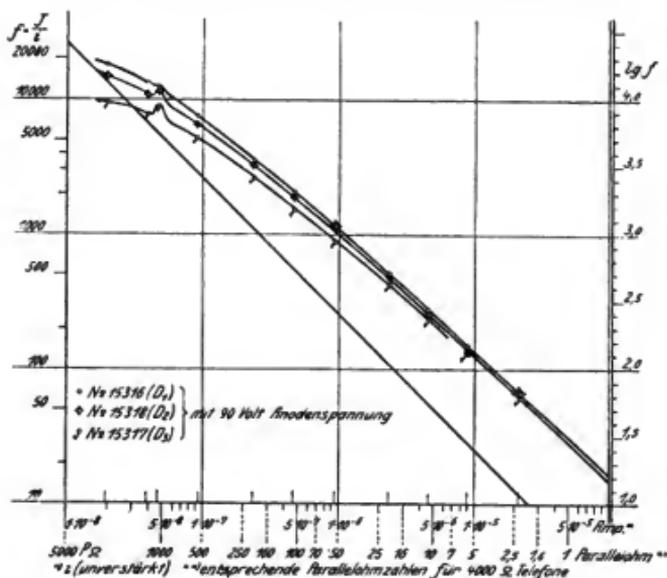


Abb. 86. Huth Dreiröhrenverstärker EL 32

Bestimmung des Verstärkungsfaktors „ f “ von Lautverstärkern durch absolute Strommessungen.

Nr. 15316 (D_1) }
 Nr. 15318 (D_2) } mit 90 Volt Anodenspannung.
 Nr. 15317 (D_3) }

kontaktes nicht gemessen werden. C 3 (Huth) schied für die Bildung der Durchschnittswerte der betr. Type wegen zu großer Abweichung vom normalen Kurvenverlauf aus.

Aus der Tabelle der Mcßwerte ergibt sich durch Durchschnittsbildung für die einzelnen Typen, daß unverstärkte Ströme von

$$2 \cdot 10^{-8} \text{ bis zu } 2 \cdot 10^{-5} \text{ Amp.}$$

durch die einzelnen Verstärkertypen nach Angabe folgender Tabelle verstärkt werden.

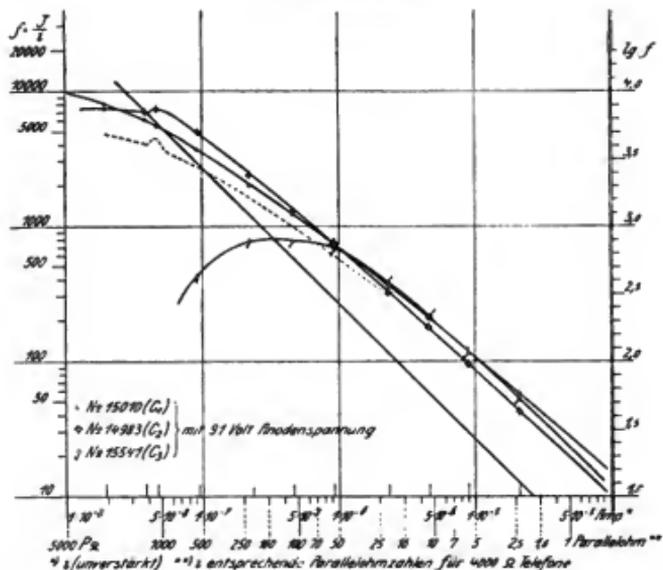


Abb. 87. Huth Dreiröhrenverstärker L 32.

Bestimmung des Verstärkungsfaktors „ f “ von Lautverstärkern durch absolute Strommessungen.

Nr. 15 010 (C_1)
 Nr. 14 983 (C_2)
 Nr. 15 541 (C_3)

Punktierte Kurve; C_1 mit 80 Volt Anodenspannung.
 Tabelle 11.
 Durchschnittswerte der geprüften Typen.

Abgekürzte Typen- bezeichnung	Anoden- spannung in Volt	Heiz- spannung in Volt in Betr.	Verstärkt den unverstärkten Strom von		Die entsprechenden Verstärkungsfaktoren liegen im Intervall
			$2 \cdot 10^{-6}$ Amp. auf	$2 \cdot 10^{-5}$ Amp. auf	
A	81	6,5	0,13 Milli-Amp.	1,46 Milli-Amp.	6360 – 74
B	80	6,3	0,68 „ „	0,80 „ „	2030 – 42
C	91	6,2	0,15 „ „	1,08 „ „	7830 – 51
D	90	6,3	0,27 „ „	1,32 „ „	13980 – 65
A	50	6,5	0,08 „ „	0,77 „ „	3860 – 39
B	50	6,3	0,03 „ „	ca. 0,55 „ „	1780 – 26
C	80	6,0	0,09 „ „	0,80 „ „	4590 – 42
D	82	6,4	0,22 „ „	1,12 „ „	11500 – 56
A	99	6,4	0,17 „ „	1,84 „ „	8490 – 200
B	98	6,2	ca. 0,04 „ „	ca. 1,06 „ „	2650 – 101

C. Die Bestimmung der Reizschwelle für Flugzeugempfang.

Aus den im vorigen mitgeteilten Messungen läßt sich ein Maß für die Brauchbarkeit der Verstärker im Flugzeug ableiten, wenn die Telefonstromstärke bekannt ist, die im Flugzeug noch eben einen brauchbaren Empfang liefert. Zu ihrer Bestimmung diente folgender Versuch:

Eine Schuchhardsche Sirene wird durch ein Telefon (Gleichstromwiderstand 3450, Wechselstromwiderstand ca. 7500 Ohm) und eine in Reihe damit geschaltete Taste geschlossen. Diese Anordnung wurde in ein Flugzeug (Rumpler C 8342) eingebaut und während des Fluges die Lautstärke beurteilt, wobei das Telefon in der Hörkappe getragen wurde. Die Eichung dieser Vorrichtung geschah dann im Laboratorium, indem die Taste durch das zu den vorher mitgeteilten Messungen benutzte geeichte Thermoelement ersetzt wurde. Versuch und Eichung geschahen bei der Frequenz $\nu = 1000$.

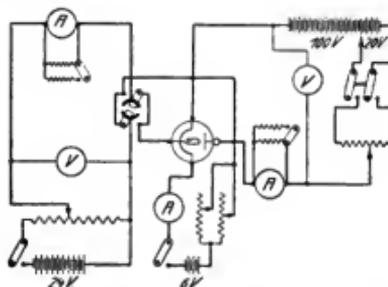


Abb. 88. Schaltschema einer Meßanordnung zur Bestimmung der Röhren-Charakteristik.

Es ergab sich, daß der Ton im Telefon nur hörbar war, wenn das in der Kappe befindliche Telefon mit der Hand fest ans Ohr gedrückt wurde, daß aber dann die getasteten Zeichen einwandfrei aufnehmbar waren. Die zugehörige Stromstärke wurde zu 0,26 Milliamp. ermittelt. Diese Stromstärke kann daher als Reizschwelle für Empfang im C-Flugzeug angesehen werden.

Die Reizschwelle eines Verstärkers für Flugzeugempfang gibt also den unverstärkten Strom an, der von dem betr. Verstärker im Flugzeug noch aufnehmbar gemacht wird. Diese Reizschwelle läßt sich unter Zugrundelegung obiger Zahl von 0,26 Milliamp. aus den mitgeteilten Meßwerten leicht ermitteln, aber auch graphisch aus den Kurven; sie wird nämlich durch den Schnittpunkt der Verstärkungskurve mit einer unter 45° geneigten Geraden gegeben, die in dem eingezeichneten Millimeternetz die Gleichung hat:

$$x + y = 170,7$$

(x = Abszisse, y = Ordinate in mm).

Diese Gerade ist in den Kurven Abb. 84–87 eingezeichnet.

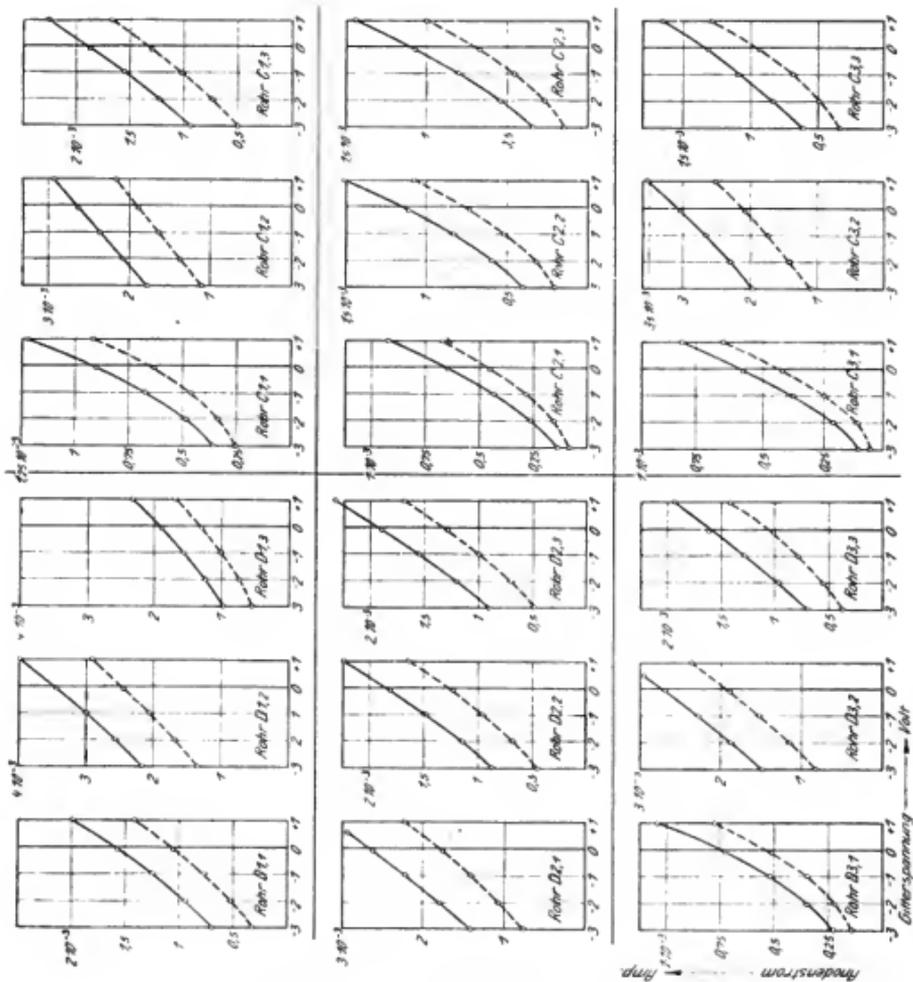


Abb. 80.

Charakteristiken von Huth-Röhren RE 32 aus den Vergleichsverstärkern.

Heizstrom: 0,55 Amp.

Anodenspannung:

○ 90 Volt,

- - - - 70 Volt.

Tabelle zu Abb. 89.

Rohr	S	D	R_L	G_p
<i>D</i> 1,1	$3,29 \cdot 10^{-4}$	$7,6 \cdot 10^{-2}$	$40 \cdot 10^3$	$4,3 \cdot 10^{-2}$
<i>D</i> 1,2	4,17	11,5	21	3,6
<i>D</i> 1,3	3,11	9,0	36	3,5
<i>D</i> 2,1	$4,06 \cdot 10^{-4}$	$10,0 \cdot 10^{-2}$	$25 \cdot 10^3$	$4,0 \cdot 10^{-2}$
<i>D</i> 2,2	3,21	8,4	37	3,8
<i>D</i> 2,3	3 47	8,0	36	4,3
<i>D</i> 3,1	$1,95 \cdot 10^{-4}$	$4,8 \cdot 10^{-2}$	$110 \cdot 10^3$	$4,1 \cdot 10^{-2}$
<i>D</i> 3,2	4,17	9,2	26	4,5
<i>D</i> 3,3	3,02	8,6	38	3,5
<i>C</i> 1,1	$1,99 \cdot 10^{-4}$	$5,5 \cdot 10^{-2}$	$90 \cdot 10^3$	$3,6 \cdot 10^{-2}$
<i>C</i> 1,2	2,88	12,7	27	2,3
<i>C</i> 1,3	3'17	8,4	38	3,8
<i>C</i> 2,1	$1,98 \cdot 10^{-4}$	$4,1 \cdot 10^{-2}$	$120 \cdot 10^3$	$4,8 \cdot 10^{-2}$
<i>C</i> 2,2	2,55	6,4	61	4,0
<i>C</i> 2,3	2,74	6,7	55	4,1
<i>C</i> 3,1	$2,22 \cdot 10^{-4}$	$3,4 \cdot 10^{-2}$	$132 \cdot 10^3$	$6,5 \cdot 10^{-2}$
<i>C</i> 3,2	3,64	12,4	22	2,9
<i>C</i> 3,3	2,72	7,4	50	3,7

Die auf diese Weise gefundene Reizschwelle ist in der folgenden Tabelle 12 für jeden Verstärker aufgeführt, und zwar in absolutem und Parallelohmmaß. Außerdem gibt die letzte Spalte der Tabelle den größten im Flugzeug verwendbaren Verstärkungsfaktor an. Die Werte dieser Tabelle dürften ein Maß für die Flugzeugbrauchbarkeit der geprüften Verstärker hinsichtlich ihres Verstärkungsgrades geben.

Tabelle 12.

Abgekürzte Bezeichnung	Anoden- Spannung in Volt	Hei- Spannung in Volt l. Netz.	Reizschwelle für Flugzeugempfang		Größter im Flugzeug verwendbarer Verstärkungsfaktor
			a) in abs. Maß	b) in äquivalenten Parallel-Ohm f. 4000-Ohm-Telephon	
A 1	82	6,5	$5,0 \cdot 10^{-8}$ Amp.	1000	5250
A 1	50	6,5	$1,2 \cdot 10^{-7}$..	400	2240
A 1	99	6,4	$3,7 \cdot 10^{-8}$..	1360	7240
A 2	81	6,4	$4,5 \cdot 10^{-8}$..	1100	600
A 3	81	6,4	$4,0 \cdot 10^{-8}$..	1200	6000
B 1	80	6,3	$9,1 \cdot 10^{-8}$..	500	2900
B 2	80	6,3	$1,2 \cdot 10^{-7}$..	400	2100
B 2	50	6,3	$3,5 \cdot 10^{-7}$..	140	790
B 2	98	6,2	$1,1 \cdot 10^{-7}$..	450	2350
C 1	92	6,1	$4,9 \cdot 10^{-8}$..	1000	5400
C 1	80	6,0	$1,0 \cdot 10^{-7}$..	500	2600
C 2	92	6,4	$3,8 \cdot 10^{-8}$..	1300	7100
C 3	90	6,4	$3,3 \cdot 10^{-7}$..	150	890
D 1	90	6,3	$1,4 \cdot 10^{-8}$..	3500	20000
D 1	82	6,4	$1,8 \cdot 10^{-8}$..	2800	14000
D 2	90	6,3	$1,7 \cdot 10^{-8}$..	2900	19540
D 3	90	6,2	$3,2 \cdot 10^{-8}$..	1500	8300

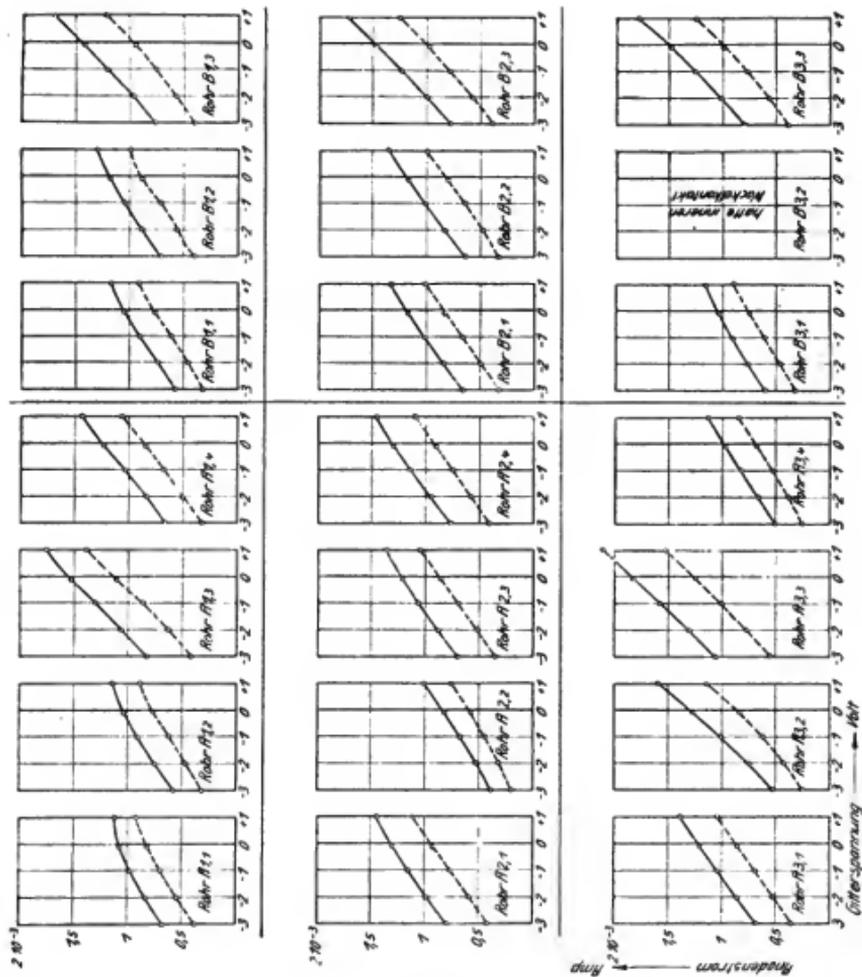


Abb. 90.

Charakteristiken von Telefunken-Röhren RE 11 an den Vergleichsverstärkern.

Heizstrom: 0,530 Amp; bei den Röhren B 1,3, B 2,3 und B 3,3: 0,540 Amp.

Anodenspannung: — o — 90 Volt, — — o — 70 Volt.

Tabelle zu Abb. 90.

Röhre	S	D	R	G_p
A 1,1	$1,41 \cdot 10^{-4}$	$9,6 \cdot 10^{-2}$	$74 \cdot 10^3$	$1,5 \cdot 10^{-2}$
A 1,2	1,56	9,0	71	1,7
A 1,3	2,59	8,5	45	3,0
A 1,4	1,97	9,8	53	2,1
A 2,1	$1,72 \cdot 10^{-4}$	$10,9 \cdot 10^{-2}$	$53 \cdot 10^3$	$1,6 \cdot 10^{-2}$
A 2,2	1,55	7,6	94	2,0
A 2,3	1,74	10,2	56	1,7
A 2,4	1,82	10,7	51	1,7
A 3,1	$1,88 \cdot 10^{-4}$	$9,5 \cdot 10^{-2}$	$56 \cdot 10^3$	$2,0 \cdot 10^{-2}$
A 3,2	2,50	8,1	49	3,1
A 3,3	2,63	10,7	36	2,5
A 3,4	1,60	8,7	71	1,8
B 1,1	$1,65 \cdot 10^{-4}$	$8,4 \cdot 10^{-2}$	$72 \cdot 10^3$	$2,0 \cdot 10^{-2}$
B 1,2	1,65	9,5	64	1,7
B 1,3	2,24	10,1	44	2,2
B 2,1	$1,83 \cdot 10^{-4}$	$9,6 \cdot 10^{-2}$	$57 \cdot 10^3$	$1,9 \cdot 10^{-2}$
B 2,2	1,79	10,2	55	1,8
B 2,1	2,28	10,3	43	2,2
B 3,1	$1,54 \cdot 10^{-4}$	$9,7 \cdot 10^{-2}$	$67 \cdot 10^3$	$1,6 \cdot 10^{-2}$
B 3,2	—	—	—	—
B 3,3	2,25	10,5	41	2,2

IV. Untersuchung der einzelnen Röhren.

A. Die Charakteristik der Röhren.

Die Bestimmung geschah mit Gleichstrom; die Anordnung ist im Schema Abb. 88 wiedergegeben. Die Röhren wurden mit ihrem Nennstrom geheizt, also die Röhren der Firma Huth mit 0,55 Amp., die der Firma Telefunken mit 0,53 Amp. bis auf die Endröhren der Verstärker E. V. 226, die mit 0,54 Amp. geheizt wurden. Bestimmt wurde der Anodenstrom als Funktion der Gitterspannung für zwei Werte der Anodenspannung; gleichzeitig wurde der Gitterstrom gemessen, um zu kontrollieren, daß er im Arbeitsgebiet nicht zu hoch wurde.

Das Ergebnis zeigen die Abb. 89 und 90. Die Kurven geben die Anodenstromcharakteristik, und zwar wurde nur dasjenige Stück derselben aufgenommen, das im Verstärker benutzt wird. Die Röhren sind auf diesen Blättern abgekürzt bezeichnet; die Bedeutung dieser Abkürzungen gibt die Tabelle 13.

Tabelle 13.

a) Telefunken-Röhren (Type R. E. 11)		b) Huth-Röhren (Type R. E. 32)		
A 2,1 Nr. 22 936	B 1,3 Nr. 15 762	C 1,1 Nr. x	C 2,1 Nr. 35	C 3,1 Nr. 493a
A 2,2 „ 22 930	B 2,3 „ 15 765	C 1,2 „ 269	C 2,2 „ -J)	C 3,2 „ 612
A 2,3 „ 22 925	B 3,3 „ 15 644	C 1,3 „ 530	C 2,3 „ 614	C 3,3 „ 638
A 2,4 „ 22 927		D 1,1 „ 598	D 2,1 „ 683	D 3,1 „ 325
		D 1,2 „ 635	D 2,2 „ 411	D 3,2 „ 657
		D 1,3 „ 637	D 2,3 „ 580	D 3,3 „ 578

Die übrigen Telefunken-Röhren trugen keine Nummer

¹ Diese Röhre trug keine Nummer.

Die Kurvenblätter enthalten ferner die aus den Charakteristiken berechneten Werte der Barkhausenschen Konstanten (Steilheit S , Durchgriff D , innerer Widerstand R_i , Güte G_i) für 1 Volt Gitterspannung. Aus ihnen ergibt sich, daß die „Steilheit“ und „Güte“ der Huth-Röhren wesentlich größer ist als die der Telefunkenröhren; die Huth-Röhren sind aber weit ungleichmäßiger untereinander.

B. Die Prüfung auf Lebensdauer.

Die Dauerprüfung der Röhren ergab, daß innerhalb einer gesamten Versuchsdauer von 68 Stunden noch kein deutliches Schwanken der Verstärkungszahlen erkennbar war. Die Lebensdauer muß daher als hinreichend bezeichnet werden.

V. Die Prüfung der Verstärker im Flugzeug.

Bei der Prüfung der Huth-Verstärker befand sich im C-Flugzeug ein Senderempfänger Type D I, sowie eine Umschaltvorrichtung, mittels der immer je zwei Verstärker nacheinander an den Empfänger gelegt werden konnten, wobei die Batterien die gleichen blieben. Die Verstärker wurden auf diese Weise untereinander oder mit einem alten Dreifach-Telefunken-Verstärker (E.V. 176 Nr. 9352) verglichen. Auf dem Boden sandte eine Flieger-F.-T.-Gefechtsstation mit Doppel-T.-Antenne am 17-m-Mast mit 4 Amp. Antennenstrom.

Sämtliche sechs Huth-Verstärker erwiesen sich als wesentlich besser als der alte Telefunken-Verstärker, ohne dabei Selbsthören oder Rauschen zu zeigen; nur bei dem Verstärker L 32 Nr. 15010 trat dies, jedoch nicht in störendem Maße auf. Da die Verstärker ungefedert an der stark vibrierenden Bordwand hingen, zeugt dies Ergebnis für gute Unempfindlichkeit gegen Erschütterungen.

Die Telefunken-Verstärker wurden in gleicher Weise geprüft. Es ergab sich in Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Laboratoriumsprüfung eine vorzügliche Leistung aller Verstärker. Die Verstärkung der Type E.V. 230 übertraf die der Type E.V. 226.

VI. Die Prüfung des Verstärkers „Huth L 39“.

Kurz nach Abschluß der vorstehend beschriebenen Untersuchungen wurde ein Verstärker (Nr. 15 956, spätere Type L 39) der Firma Huth eingeliefert, um auf dieselbe Weise wie die 12 „Vergleichs“-Verstärker geprüft zu werden. Über diese Prüfung ist folgendes zu berichten:

A. Beschreibung.

Der Verstärker hat drei federnd eingebaute Röhren in Sparschaltung mit je einem vorgeschalteten Eisenwiderstand (0,55 Amp.) und Steckbuchsen für zwei parallel geschaltete Telephone; er arbeitet mit Ausgangstransformator und ist für 4000-Ohm-Telephon bestimmt.

Schütteln und Beklopfen des Verstärkers oder der einzelnen Röhren ergab keinerlei Klang im Telephon.

Die Maße und das Gewicht gehen aus der Tabelle 14 hervor.

Tabelle 14.

	Breite	Höhe	Tiefe
Außenmaße (cm)	21,6	24,3	9,6
Kastenmaße (cm)	18,6	24,3	9,6
Rauminhalt (ccm)		4200	
Gewicht (kg)		3,31	

Der Verstärker ist demnach wesentlich größer und schwerer als die andern derselben Firma; dafür ist das zugehörige Batteriegewicht kleiner, denn er arbeitet mit nur 31-Volt-Anoden-, also (wegen der Sparschaltung) 25-Volt-Batteriespannung. Die Firma sandte zwei 25-Voltbatterien mit, eine Sammler- und eine Trockenbatterie mit folgenden Abmessungen.

Tabelle 15.

	Sammlerbatterie	Trockenbatterie
Kastenmaße (cm)	21,1 · 6,6 · 10,5	14,3 · 8,1 · 9,9
Rauminhalt (ccm)	1400	1150
Gewicht (kg)	1,24	1,16

B. Die Prüfung der Verstärkungszahl.

Nach der subjektiven Methode wurde die Verstärkung bei etwa 45 Parallelohm unverstärkten Stromes bestimmt. Der Verstärkungsfaktor lag je nach der Reihenfolge der benutzten Röhren zwischen 310 und 410; bei Erhöhung der Anodenspannung von 31 auf 73 Volt ergab sich 520, das bedeutet eine geringere Verstärkung als sie die anderen Verstärker derselben Firma aufwiesen.

Bestimmung nach der objektiven Methode.

Die objektive Meßmethode wurde in der früher beschriebenen Weise angewendet (unter Weglassung des Gleichstrominstrumentes hinter dem Verstärker, da dieser einen Ausgangstransformator hatte), jedoch mit anderen Meßinstrumenten, so daß eine Neuzeichnung nötig wurde. Die neuen Zahlen sind die folgenden:

Das benutzte Telephon hatte einen Gleichstromwiderstand von 3993 Ohm und eine Impedanz von 5680 Ohm.

Das Thermoelement hatte eine Empfindlichkeit, die durch $i = 0,583 \cdot 10^{-4}$ gegeben war.

Dasselbe Thermoelement hatte, durch 2 Mf blockiert und zu 500 Ohm in Nebenschluß gelegt, eine Empfindlichkeit gemäß der Formel $i = 0,632 \cdot 10^{-4}$; die Impedanz dieser Anordnung betrug 62,1 Ohm; sie wurde durch Vorschalten von 38 Ohm auf 100 Ohm gebracht.

Die Empfindlichkeit des Barretters mit 2 Mf vorgeschalteter Kapazität gibt die Formel $i = 1,425 \cdot 10^{-5}$; seine Impedanz war 95 Ohm, daher wurden ihm 5 Ohm vorgeschaltet, um auch hier 100 Ohm Impedanz zu haben.

Das Ergebnis zeigen die Kurven in Abb. 91. Demnach verstärkt der Apparat bei 31 Volt Anodenspannung und günstigster Röhrenfolge einen unverstärkten Strom in der in Tabelle 16 angegebenen Weise.

Tabelle 16.

von $i =$	auf $I =$	Verstärkungsfaktor I/i
$1 \cdot 10^{-7}$ Amp.	$1,03 \cdot 10^4$ Amp.	1030
$1 \cdot 10^6$ „	$3,73 \cdot 10^4$ „	373
$1 \cdot 10^5$ „	$7,58 \cdot 10^4$ „	76
$1 \cdot 10^4$ „	$7,78 \cdot 10^4$ „	7,8

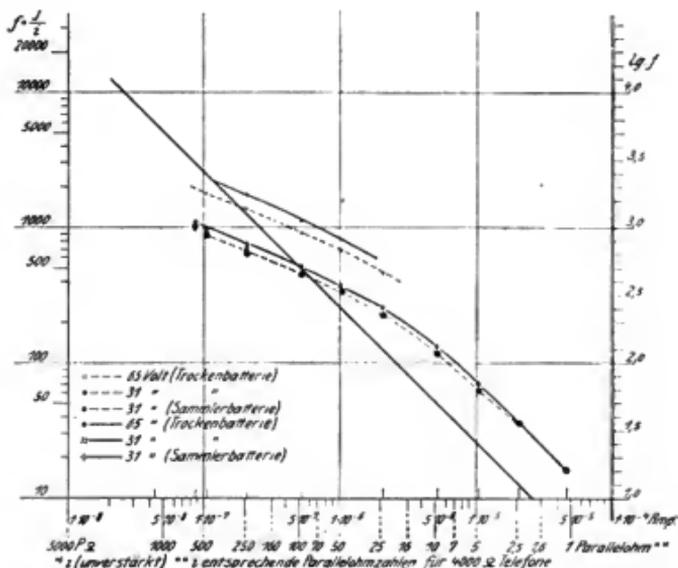


Abb. 91. Bestimmung des Verstärkungsfaktors „ f_v “ des Lautverstärkers Nr. 15 956 der Firma Huth (ohne Type) durch objektive Strommessungen.

1. Reihenfolge der Röhren: Nr. 758, 756, 722.

Anodenspannung: 65 Volt (Trockenbatterie), 31 Volt (Trockenbatterie), 31 Volt (Sammlerbatterie).

Für die ungünstigere Röhrenfolge bekommt man nur $7/8$ dieser Werte. Für eine Anodenspannung von 65 Volt wären die Zahlen etwa mit 2,2 zu multiplizieren.

Von Interesse sind die Kurven in Abb. 92, in welcher die Verstärkungskurve dieses Verstärkers mit denen der übrigen Apparate der Firma Huth und der eines älteren Telefunken-Verstärkers (Type E.V. 176) zusammengestellt ist.

Führt man auch hier wieder die „Reizschwelle für Flugzeugempfang“ in derselben Weise wie bei den früheren Messungen ein, so erhält man für diesen Verstärker die Reizschwelle $i = 4,4 \cdot 10^{-7}$ Amp. (= 115 Par.-Ohm); zugehöriger Verstärkungsfaktor $f = 575$.

Für 65 Volt Anodenspannung kommt

$$i = 1,07 \cdot 10^{-7} \text{ Amp. (= 465 Par.-Ohm); } f = 2400.$$

C. Die Untersuchung der Röhren.

Es wurden nur die Charakteristiken aufgenommen; die Meßanordnung war die übliche, das Ergebnis zeigen die Kurven in Abb. 93, die auch die Barkhausen-Konstanten der Röhren enthalten. Der „Durchgriff“ ist, entsprechend der geringen Anodenspannung sehr hoch, die „Güte“ der Röhren aber verhältnismäßig gering.

D. Die Prüfung im Flugzeug.

Im Flugzeug wurde der neue Verstärker mit dem früher geprüften derselben Firma E.L. 32 Nr. 15317 vermittels eines Umschalters verglichen, der wahlweise den einen oder anderen mit seiner Anodenbatterie einzuschalten erlaubt; dabei blieb aber die Heizbatterie die gleiche. Die Lautstärke des älteren Verstärkers ist merklich größer als die des neueren. Gegen Erschütterungen waren beide gleich unempfindlich, auch zeigten beide keine Neigung zum Rauschen.

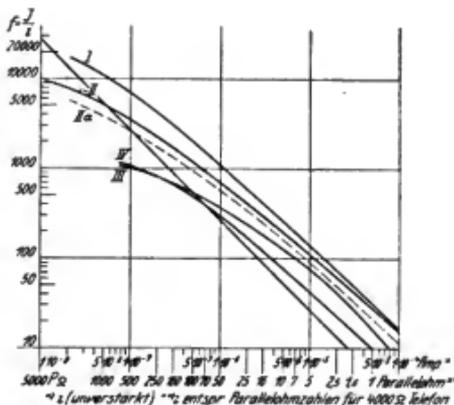


Abb. 92. Dreifachverstärker der Firma Dr. E. F. Huth. 17. 7. 17.

Verstärker EL 32 Nr. 15316, Anodenspannung 90 Volt	
„ L 32 „ 15010, „ „	90 „
„ L 32 „ 15010, „ „	80 „
„ „ 15956, „ „	31 „
Telefunken-Verstärker EV 176 n Nr. 8087, Anodensp. 88 Volt.	

Gewichte in kg.

Verstärker	I		III	
	a) mit Sammlerblitz		b) mit Trockenbtt	
Verstärker	1,855	2,110	3,200	3,200
Anodenbatterie	5,350	5,350	1,230	1,150
Gesamtgewicht	7,205	7,460	4,430	4,350

Heizbatterie 7,400 kg.

d) Die Kathodenröhre als Detektor.

Es ist bereits in den früheren Abschnitten darauf hingewiesen, welche grundlegende Bedeutung ein betriebssicherer Detektor für den F.-T.-Empfang im Flugzeug besitzt. Alle Kontaktdetektoren haben den Nachteil, daß sie mechanisch sehr

empfindlich sind, infolgedessen werden sie durch die Vibration des Flugzeuges während des Fluges sehr bald außer Betrieb gesetzt, bzw. erfordern eine erneute Einstellung. Auch der am wenigsten empfindliche Karborunddetektor mit Hilfsspannung, der in Verbindung mit einem Niederfrequenz-Röhrenverstärker den ersten einigermaßen betriebssicheren F.-T.-Empfang im Flugzeug ermöglichte, benötigt eine ständige Überwachung; denn die Hilfsspannung muß von Zeit zu Zeit reguliert werden, um die höchste Empfindlichkeit zu erzielen.

Diese erheblichen technischen Schwierigkeiten und mangelnde Betriebssicherheit wurden behoben, als es gelang, die hochfrequenten Schwingungsimpulse des Empfängers außer durch den Detektor auch durch die Kathodenröhre in niederfrequente zu verwandeln.

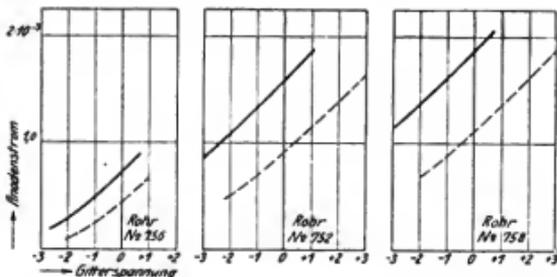


Abb. 93. Charakteristiken von Huth-Röhren (R. E. 32) aus dem Verstärker Nr. 15956 für geringe Anodenspannungen.

Anodenspannung: ———— 35 Volt, - - - - - 25 Volt.

Rohr-Nr.	S	D	R_a	G_z
756	$2,25 \cdot 10^{-4}$	11,7%	$38 \cdot 10^3$	$1,92 \cdot 10^{-3}$
752	$2,31 \cdot 10^{-4}$	27,0%	$16 \cdot 10^3$	$0,86 \cdot 10^{-3}$
758	$2,31 \cdot 10^{-4}$	30,6%	$14 \cdot 10^3$	$0,76 \cdot 10^{-3}$

Die Kathodenröhre als Verstärker zeigt, daß der Elektrodenstrom der Kathodenröhre infolge seiner geringen Trägheit auch den schnellsten elektrischen Schwingungen zu folgen vermag. In besonderen Schaltungen hat jedoch die Röhre als Gleichrichter auch Detektorwirkung. Das Gitter nimmt unter dem Einfluß des Elektronenstromes der Kathode negative Ladung an, wodurch sich nach der Charakteristik der Anodenstrom verringert. Der Anschluß des Gitterkreises der Röhre an den Empfänger (Antenne oder Zwischenkreis) geschieht über einen kleinen Kondensator C hinweg (Abb. 94), der entsprechend den hochfrequenten Wellen abwechselnd positiv und negativ beladen wird (Abb. 95). Angenommen, die linksseitige Belegung des Kondensators C nimmt in einem Augenblicke positive Ladung auf, dann wird durch Influenz die rechtsseitige Belegung negativ elektrisch und die positive Elektrizität wandert nach dem Gitter. Dadurch wird die Gitterspannung weniger negativ und läßt mehr Elektronen passieren, so daß der Anodenstrom wieder stärker werden kann; dadurch nimmt das Gitter wieder selbst negative

Elektronen auf. Nach Vollendung des positiven Wechsels besitzt der Kondensator C wieder die Spannung Null. Damit hat auch die rechte Belegung desselben diese Spannung, d. h. die vorhin nach dem Gitter abgestoßene positive Elektrizität hat dieses verlassen. Die negativen Elektronen auf dem Gitter sind frei geworden und behindern den Durchtritt des Anodenstromes wieder in verstärktem Maße.

Wenn nun der Fall eintritt, daß die linksseitige Kondensatorbelegung negative Spannung erhält, so nimmt die rechte Belegung positive Elektrizität an, während die negative nach dem Gitter abwandert. Infolge der Verstärkung der negativen Ladung des Gitters nimmt der Anodenstrom wieder ab. Erreicht dann die linksseitige Kondensatorbelegung im Verlaufe der hochfrequenten Schwingungen wieder den Vollwert, so wandert die negative Elektrizitätsmenge der rechten Kondensatorbelegung wieder auf diese zurück. Die negative Ladung des Gitters hat denselben Wert wie nach Beendigung des ersten Wechsels. Bei jedem weiterfolgenden negativen Wechsel steigt indes die negative Gitterspannung. Dies ergibt eine dauernde, aber in schwingender Art erfolgende Abnahme des Elektrodenstromes. Der Gitterkreis ist durch einen hohen elektrischen Widerstand W geschlossen, der den Abfluß der negativen Ladung am Gitter während der beiden Schwingungen zweier Wellenzüge bewirkt, so daß unter diesem Einfluß der Anodenstrom allmählich seinen normalen Wert wieder erreicht (Abb. 96).

Der Anodenstrom erleidet demnach Schwankungen im Rhythmus der Impulsfrequenz des Senders, d. h. die Empfangsschwingungen werden in gleicher Weise im Telefon vernehmbar gemacht, wie bei Verbindung mit einem Kontaktdetektor; natürlich werden beim Telefon die ganzen Stöße in elektrische Schwingungen umgesetzt, nicht aber die mit hoher Frequenz erfolgenden Schwankungen des Anodenstromes.

Wenn der Empfänger bei ungedämpften Wellen abgestimmt ist, so muß unter dem Einfluß der fort dauernden Ladung und Entladung über den hohen Widerstand W hinweg ein Gleichgewichtszustand auftreten, der sich in keiner Weise im Telefon des Anodenkreises heimerkbar macht. Sollen solche Wellen hörbar gemacht werden, so müssen sie durch Schwebungen unterteilt werden, wie dies der Überlagerer bewirkt. Die Kathodenröhre kann aber nicht nur zur Gleichrichtung allein, sondern

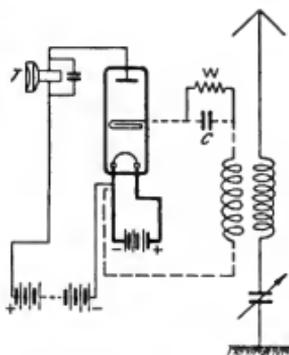


Abb. 94. Kathodenröhre als Detektor.

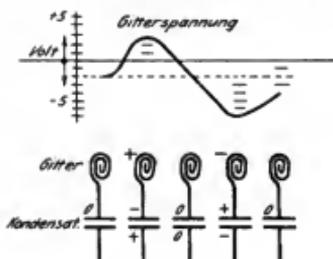


Abb. 95.

gleichzeitig auch zur Verstärkung der ankommenden Schwingungen benutzt werden. Eine bedeutende Verstärkung wird erzielt, wenn eine Rückkopplung des Anodenkreises auf den Gitterkreis (wie z. B.

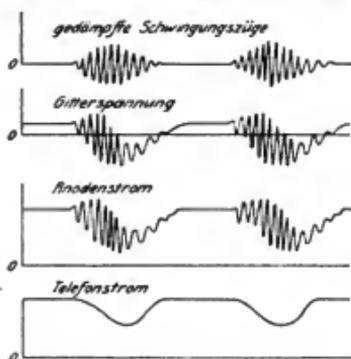


Abb. 96. Gedämpfte Schwingungszüge.

Nach lange dauernden weiteren systematischen Versuchen gelang es endlich, die wenig konstanten und daher wenig betriebssicheren Gleichrichter des Amerikaners De Forest, genannt Audionen, derartig zu verbessern, daß sie jetzt den ersten Detektor darstellen,

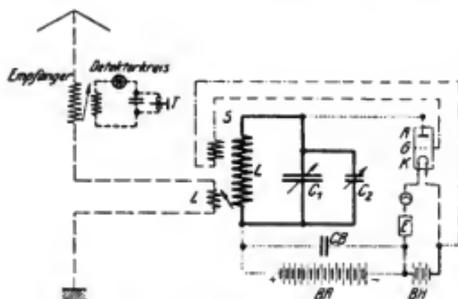


Abb. 97. Überlagerungsempfang.

der absolut konstante Empfindlichkeit mit hoher Betriebssicherheit vereinigt, ohne daß die Röhre sich in ihrer Bauart von einer normalen Verstärkeröhre unterscheidet.

Für Flugzeug-F.-T.-Bordgerät kommen aus diesem Grunde als Detektor künftig nur Kathodenröhren in Frage.

e) Die Kathodenröhre als Schwingungserzeuger.

1. Der Vorgang der Schwingungserzeugung.

Die Kathodenröhre hat eine weitere wichtige Bedeutung in der Flieger-Funkentelegraphie mit der Verwendung als Schwingungserzeuger gefunden. Sie kann nämlich, an Stelle der Funkstrecke eines Schwingungskreises gebracht, diesen Kreis zu ungedämpften Schwingungen veranlassen.

Bevor auf die Vorgänge der Schwingungserzeugung durch Kathodenröhre eingegangen wird, sollen rückblickend kurz die allgemeinen elektrischen Vorgänge im Sender und Empfänger des gedämpften Systems des tönenden Löschfunken betrachtet werden.

Die erforderlichen Schwingungen hoher Frequenz werden mit Hilfe der Entladung eines Kondensators durch eine Selbstinduktion erzeugt. Diese Schwingungserzeugung bildet die Grundlage der Funkentelegraphie.

Ein geladener Kondensator, dessen Belegungen A und B über eine Spule L geschlossen werden können, stellt ein schwingungsfähiges System dar (Abb. 98).

Die Verbindungsleitung muß hierbei geringen Ohmschen Widerstand haben, da sonst nur ein geringer Entladungsstrom entsteht, nach dem Gesetz: $J = \frac{E}{W}$.

Wird der Kondensator C (Abb. 98) geladen und dann der Tastenhebel S gedrückt, so erzeugt die Spannung der auf dem geladenen Kondensator zusammengedrängten Elektrizität einen Strom von der Belegung A über Taste und Spule nach der Belegung B . Dieser Strom muß in der Selbstinduktion des Schließungskreises, insbesondere in der Spule L , ein magnetisches Feld erzeugen, wodurch sein Ansteigen verlangsamt wird.

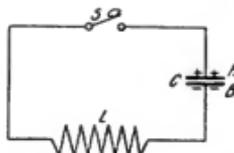


Abb. 98. Schwingungskreis.

Die Energie der Kondensatorladung $\frac{C}{2} E^2$ setzt sich also zunächst in Stromenergie $\frac{L}{2} J^2$ um und speichert sich in Gestalt magnetischer Kraftlinien auf. Ist die Kondensatorladung hierzu ganz aufgebraucht, so hat der Strom seine größte Stärke erreicht (Schluß der ersten Viertelperiode).

Der Strom kann nun trotz des Aufhörens der treibenden Kondensatorspannung nicht gleich ganz zum Stehen kommen, weil die in den magnetischen Kraftlinien aufgespeicherte Energie ihn in demselben Sinne noch weiter treibt, ähnlich wie das Pendel infolge seines Beharrungsvermögens über die Ruhelage hinaus noch weiterschwingt. Der Strom wird daher nur allmählich schwächer.

Der während der ersten Viertelperiode völlig entladene Kondensator C erhält durch die Stromfortsetzung eine neue Ladung. Da der Strom weiter in die Kondensatorbelegung B fließt, wird jetzt positive Elektrizität in diese Belegung hineingepreßt, während in der Belegung A ein Mangel an positiver Elektrizität, d. h. negative Elektrizität, erzeugt wird. Im ganzen entsteht also eine neue Kondensatorladung von umgekehrter Richtung: ebenso, wie in der zweiten Viertelschwingung eines Pendels das Pendelgewicht nach der andern Seite hin angehoben wird. Die in den Kraftlinien aufgespeicherte Energie $\frac{L}{2} J^2$ verwandelt sich auf diese Weise wieder in Kondensatorladung $\frac{C}{2} E^2$.

Erst wenn die in den Kraftlinien aufgespeicherte Energie ganz erschöpft ist, kommt der Strom zum Stehen, hört also auf. Die Kondensatorladung hat dann ihr Maximum nach der negativen Seite erreicht (Ende der zweiten Viertelperiode).

Unter dem Druck der Kondensatorspannung beginnt nun das Spiel sogleich von neuem. Die in die Belegung B gepreßte Elektrizität strömt in allmählich anwachsendem Strome zurück, bis am Schlusse der dritten Viertelperiode der Kondensator entladen ist; doch setzt der Strom sich noch weiter fort, bis der Kondensator am Schlusse der vierten Viertelperiode erneut in umgekehrtem Sinne geladen ist, also ebenso wie bei der allerersten Ladung.

Immer weitere derartige Schwingungen folgen.

Da aber bei jeder Schwingung und Rückschwingung im Ohmschen Widerstand des Schließungskreises Wärme erzeugt werden muß, ferner im Metall des Schließungskreises selbst und in allen benachbarten Drähten und Metallteilen Wirbelströme und Induktionsströme entstehen, wird der Strom bei jeder Schwingung schwächer, bis er schließlich ganz aufhört.

Der Strom, der in dem aus Kondensator und Selbstinduktion bestehenden Schwingungskreis bei der Entladung des Kondensators fließt, hat wegen seines Intensitäts- und Richtungswechsels den Charakter eines Wechselstromes, und zwar von hoher Frequenz.

Die Dauer einer Schwingung dieses Kreises ist fast allein abhängig von der Größe der Kapazität und Selbstinduktion. Der Einfluß des Ohmschen Widerstandes auf das Schwingungstempo ist bei richtig konstruierten Apparaten gleich Null; derjenige sonstiger Dämpfungen gleichfalls sehr gering.

Die Kapazität bedingt das Schwingungstempo des Kreises, weil die Größe der aufgeladenen Elektrizitätsmenge bei gegebener Ladespannung von der Kapazität abhängig ist. Je größer diese Menge ist, desto länger dauert es, bis sie jedesmal abfließt. Vergrößerung der Kapazität verlangsamt daher die Schwingung (vergrößert die Wellenlänge).

Die Selbstinduktion bewirkt die Verlangsamung des Anwachsens des Stromes und die Verlängerung der Fortdauer des Stromes; eine Vergrößerung der Selbstinduktion verlangsamt daher gleichfalls die Schwingung (vergrößert die Wellenlänge).

Die Dauer einer Schwingung eines Kondensatorkreises ist $T = 2CL$.

Hierbei ist C in Farad, L in Henry gemessen.

$$\begin{aligned} 1 \text{ Farad} &= 10^9 \text{ Mikrofarad} \\ &= 10^9 \cdot 9 \cdot 10^9 \text{ cm Kapazität} \\ &= 9 \cdot 10^{18} \text{ cm Kapazität} \\ 1 \text{ Henry} &= 10^9 \text{ cm Selbstinduktion.} \end{aligned}$$

Ein Schwingungskreis besteht aus zwei großen Kondensatoren von je 10 000 cm Kapazität und einer 20 cm hohen Spule von 14 Windungen und 16 cm Durchmesser (25 000 cm Selbstinduktion gleich $25 \cdot 10^{-6}$ Henry).

Dann ist die Dauer einer Schwingung:

$$\begin{aligned} T &= 2CL \\ T &= 2 \frac{20000}{9 \cdot 10^{11}} \frac{25000}{10^9} \\ T &= \frac{1}{214000} \text{ Sekunde.} \end{aligned}$$

Die Schwingungszahl in der Sekunde $N = \frac{1}{T}$ ist daher 214 000; es erfolgen in der Sekunde 214 000 ganze Schwingungen.

Wellenlänge: Die elektrischen und magnetischen Schwingungen breiten sich in Raume ebenso wie das Licht mit einer Geschwindigkeit von 300 000 km (300 000 000 m) in der Sekunde aus. Trotz der schnellen Aufeinanderfolge von Schwingungen ist daher der Induktionstoß des positiven Maximums der ersten Schwingung schon weit vom Sender weg, wenn der entsprechende Stoß der zweiten Schwingung erfolgt.

Der in Metern gemessene Abstand, mit dem die positiven Maxima zweier Schwingungen bei ihrer Ausbreitung im Raum hintereinander herlaufen, heißt, ebenso wie bei Wasserwellen, die Wellenlänge. Man bezeichnet die Wellenlänge mit dem griechischen Buchstaben λ („Lambda“).

$$= \frac{300\,000\,000}{N} = 300\,000\,000 T.$$

Ist, wie in vorigem Beispiel,

$$T = \frac{1}{214\,000} \text{ Sekunde,}$$

so ist
$$\lambda = \frac{300\,000\,000}{214\,000} = 1400 \text{ Meter.}$$

Man nennt die Frequenz, in der ein Kreis schwingt, wenn er unbeeinflusst von anderen Kreisen auschwingt, die Eigenfrequenz oder Eigenschwingung.

Um den oben beschriebenen Vorgang der elektrischen Schwingungen einzuleiten, schaltet man an Stelle der Taste (Abb. 98) eine Funkenstrecke in den Kondensatorkreis (Abb. 99). Diese Funkenstrecke F ermöglicht die Ladung des Kondensators durch die Zuleitungen ZZ , die an den Sekundärpolen ss eines Induktors liegen, da sie den sofortigen Ausgleich der Ladung verhindert.

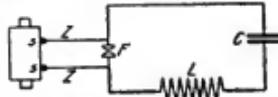


Abb. 99. Gedämpfter Schwingungskreis.

Zur Überbrückung des Luftzwischenraums F ist die Elektrizität erst befähigt, wenn die Spannung einen sehr hohen Wert erreicht hat, der zum Durchschlagen der Funkenstrecke genügt (1 cm Funkenstrecke etwa 30 000 Volt).

Wird der Kondensator so weit geladen, bis an der Funkenstrecke der Funke überspringt, so setzen die elektrischen Schwingungen ein.

Die Luft der Funkenstrecke, die erst als Nichtleiter den Ausgleich der Ladung verhindert, wird durch den Funken auf einige tausend Grad Wärme erhitzt und dadurch fast so gut leitend, als wäre sie durch einen metallischen Leiter kurzgeschlossen.

Nach einiger Zeit, wenn die Schwingung und der Strom schwächer geworden sind, wird die Funkenstrecke wieder kalt und nimmt ihren ursprünglichen, nichtleitenden Zustand an und unterbricht den Rest des Stromes.

Die Funkenstrecke wirkt somit wie ein selbsttätiges Ventil.

Die Entladung des Kondensatorkreises über die Funkenstrecke wird oszillatorisch genannt, da sie aus Schwingungen besteht.

Je größer die Funkenstrecke ist, auf desto höhere Spannungen kann der Kondensator geladen werden, desto größer ist die bei jeder Entladung im Schwingungskreis wirksam werdende Energie.

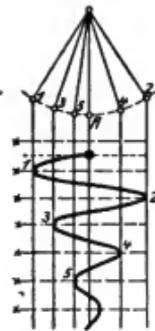


Abb. 100.
Gedämpfte
Schwingung.

Man macht daher die Funkenstrecke veränderlich und kann durch Vergrößern oder Verkleinern der Funkenstrecke auch die Energie des Schwingungskreises entsprechend vergrößern oder verkleinern. Die Vergrößerung geht allerdings nur bis zu einer gewissen Grenze, da mit der Länge auch der Widerstand der Funkenstrecke und damit die Dämpfung im Schwingungskreis wächst.

Die in einem Schwingungskreis schwingende Elektrizität hat Widerstände zu überwinden, durch die sie immer mehr geschwächt wird, so daß jedes folgende Maximum schwächer wird als das vorhergehende; man nennt diese Verringerung die „Dämpfung“ (Abb. 100).

Die Schwingungen werden daher immer schwächer, bis sie schließlich ganz erlöschen; es sind gedämpfte Schwingungen.

Mit dem Ausdruck „Dämpfungsfaktor“ oder kurz „Dämpfung“ bezeichnet man das Verhältnis zweier um eine ganze Schwingung auseinanderliegender Maximalwerte (Amplituden).

Dieses Verhältnis ist während der Dauer der Schwingung konstant.

Statt das Verhältnis der Amplituden als Maß zu benutzen, ist es üblich, den natürlichen Logarithmus dieses Verhältnisses zu verwenden und ihn als „logarithmisches Dekrement der Dämpfung“ zu bezeichnen.

Je geringer die Dämpfung ist, desto kleiner ist die Abnahme der Schwingungswerten bei jeder einzelnen Schwingung, desto größer ist also die Zahl der ausgeführten Schwingungen (Abb. 101).

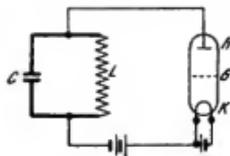


Abb. 101. Kathodenröhre als
Schwingungserzeuger.

Kreise mit gewöhnlichen großen Funkenstrecken aller Art zeigen meist 10–20 Schwingungen bis zum Erlöschen des Funkens.

Beispiel: Ein Schwingungskreis der Wellenlänge 1400 wird derart aufgeladen, daß in der Sekunde 50 Funken erfolgen. Er enthält eine Funkenstrecke alter Art. Bei jeder Entladung erfolgen bis zum Erlöschen der Funkenstrecke 15 ganze Schwingungen.

Wie lang ist die Ladungszeit, wie lang die Entladungszeit des Schwingungskreises?

Berechnung: Jede Schwingung dauert

$$\frac{1}{210\,000} \text{ Sekunde.}$$

15 Schwingungen dauern

$$\frac{15}{210\,000} = \frac{1}{14\,250} \text{ Sekunde.}$$

Die nächste Ladung erfolgt erst nach

$$\frac{1}{50} \text{ Sekunde} = \frac{285}{14\,250} \text{ Sekunde.}$$

Also wird der Kreis $\frac{284}{14\ 250}$ Sekunden lang geladen werden, um $\frac{1}{14\ 250}$ Sekunde lang schwingen zu können; die Nutzwirkung dauert nur $\frac{1}{284}$ derjenigen Zeit, die zum Aufladen nötig ist.

Die Ausnutzung der Anlage ist also sehr ungünstig.

Man erkennt hieraus den großen Einfluß der Dämpfung (Verkürzung der Nutzwirkungszeit) und die ungünstige Wirkung der langsamen Funkenfolge.

Die Funkenzahl in der Sekunde war bei den F.-T.-Stationen alter Art meist 15 bis 50 und konnte nicht wesentlich gesteigert werden, weil sich die Funkenstrecken nicht schnell genug abkühlen.

Dämpfungsursachen: Die Größe der Dämpfung ist abhängig von der Größe des Energieverlustes in einem Schwingungskreis, und zwar:

1. von der Wärmeentwicklung in der metallischen Strombahn,
2. von der Funkenstrecke,
3. von dem Isolationsmaterial der Kondensatoren,
4. von dem Sprühen der Kondensatoren,
5. von den Wirbelströmen, die das magnetische Wechselfeld des Stromes in Metallteilen induziert,
6. von Hysteresisverlusten in benachbarten Eisenteilen,
7. von Energieabgaben an benachbarte Schwingungskreise und in den Raum.

Die Energieausnutzung bei dem gedämpften System ist also eine sehr unvollkommene; man war daher seit langem bestrebt, ein Mittel zu finden, um die Schwingungen im Kreise dauernd und in gleicher Stärke zu halten, d. h. ungedämpfte Schwingungen durch die Poulsenlampe (1906), Hochfrequenzmaschine, Sender (Goldschmidt und Graf Arco, 1914) zu bekommen. Beide Methoden kommen jedoch für Flugzeuge nicht in Frage, aus elektrischen und mechanischen Gründen. Die Anlagen sind an Gewicht zu schwer, an Umfang zu groß, die Bedienung kompliziert und die mechanische Empfindlichkeit sehr groß.

Alle diese Nachteile vermeidet die Erzeugung ungedämpfter Schwingungen durch die Kathodenröhre. Der wesentliche elektrische Vorzug aller Röhrensender gegenüber den beiden andern Methoden zur Erzeugung hochfrequenter Energien besteht in der vollkommenen Konstanz der erzeugten Hochfrequenzperioden. Durch sie wird die Akkumulierung der Energie an den Empfangsstellen, namentlich unter Benutzung extremloser Empfangskopplung, im weitesten Maße ausnutzbar. Die Röhre leistet jetzt dasjenige, was beim Aufkommen der Poulsenschen Bogenlampe vergeblich erwartet wurde. Die Röhrenmethode gestattet auch Vergleiche mit den Hochfrequenzmaschinen, eine höhere Empfangsausnutzung, wenigstens solange es nicht gelingt, Hochfrequenzmaschinen zu bauen, deren Frequenz von der Zahl unabhängig ist, bzw. solange letztere noch um Bruchteile eines Prozentes schwankt. Ein weiterer Vorzug der Röhrensender vor den Bogenlampen und Maschinensendern besteht in dem fast unbegrenzt ausdehnbaren Wellenbereich.

Im gleichen Maße wie die Kathodenröhre bahnbrechend für den Empfang im Flugzeug war, hat sie als Sendeorgan im Jahre 1918 eine vollkommene Umwälzung der drahtlosen Technik hervorgerufen.

Diese Epoche begann mit der Einführung der Rückkopplung von Dr. Meißner. Die durch das Meißnersche Rückkopplungspatent, D. R. P. Nr. 291 604 vom 9. April 1913, der Telefongesellschaft geschützte Erfindung ist heute Allgemeingut der drahtlosen Technik der Welt geworden und bildet die Grundlage des künftigen Flieger-F.-T.-Sendegerätes.

Der Gedanke, die Rückkopplung bei einer Kathodenröhre zur Schwingungserzeugung zu benutzen, hat zur Erfindung zahlreicher Einzelschaltungen geführt, die sämtlich auf dem Rückkopplungsprinzip aufgebaut sind.

Die Eigenschaft der Röhre, Schwingungen zu erzeugen, ist mit ihrer Verstärkereigenschaft eng verwandt. Es liegt hierbei ein schwingungsfähiger Kreis in der Anodenleitung, der so eingeschaltet ist, daß er für die Eigenfrequenz in der Leitung Anode-Kathode (*A-K* in Abb. 101) einen hohen Ohmschen Widerstand ohne wesentliche wattlose Komponente darstellt. Die Größe dieses scheinbaren Widerstandes ist aus den elektrischen Daten des Kreises leicht zu errechnen; sie muß denen der Röhre zur vollen Ausnutzung angepaßt sein.

Sobald die Anodenleitung eingeschaltet wird, gerät der schwingungsfähige Kreis *CL* durch den hierbei auftretenden Gleichstromstoß in seine Eigenschwingung. Diese würde mit dem Eigendekrement des Kreises abklingen, so daß nach geringem

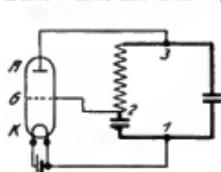


Abb. 102. Die Kathodenröhre als Schwingungserzeuger.

Bruchteil einer Sekunde der Kreis wieder ganz in Ruhe käme, wenn nicht durch eine besondere Schaltungseinrichtung – die Rückkopplung – für die Aufrechterhaltung der Schwingungen gesorgt wäre. Die Rückkopplung besteht darin, daß zwar der größte Teil der im Kreis auftretenden Schwingungsleistung nach außerhalb geliefert wird (z. B. von einer Antenne ausgestrahlt), daß jedoch ein kleiner Teil durch eine Kopplungsvorrichtung nach dem Gitterkreis der Röhre zurückgelangt (Abb. 102). Es treten dann zwischen Kathode *K* und Gitter *G* Wechsellspannungen in der Frequenz des Kreises auf. Hierdurch kommt die Verstärkereigenschaft der Röhre zur Wirkung. Sie liefert infolge der auf den Gitterkreis gegehenden Wechsellspannung in ihrem Anodenkreis einen Wechselstrom gleicher Frequenz, der ein hohes Vielfaches der Leistung führt, die im Gitterkreis zu seiner Erzeugung verwendet wurde. Dem Schwingungskreis wird nun die Leistung aus dem Anodenkreis wieder zugeführt, so daß nicht nur seine Verluste ersetzt werden, sondern sogar seine Amplitude darüber hinaus so weit anwächst, als die Leistungsfähigkeit der Röhre dies erlaubt. In geringen Bruchteilen von Sekunden ist der Schwingungskreis bei seiner maximalen Amplitude angelangt und schwingt von da ab kontinuierlich in seiner Eigenfrequenz.

Das zuverlässige Arbeiten der Röhre hängt von der Erfüllung folgender wichtiger Bedingungen ab:

Der Wechselstrom im Anodenkreis muß eine solche Phase haben, daß die neu gelieferte Energie sich zu der bereits im Kreise vorhandenen genau addiert. (Etwa wie ein Pendel, das durch dauerndes Anstoßen mit der Hand in Schwingungen erhalten werden soll, stets im richtigen Augenblick angestoßen werden muß!) Wie man sich durch Berechnung der Strom- und Spannungsverhältnisse in der Röhre

überzeugen kann, muß zu diesem Zweck an Gitter und Kathode eine Wechselspannung geführt werden, die annähernd um 180° gegen jene verschoben ist, die an Anode und Kathode auftritt (D. R. P. Nr. 303 216 vom 24. Juli 1917). Dieses Prinzip wird auf mehrere Arten durchgeführt. Zunächst kann durch induktive Kopplung des Gitterkreises mit dem Zwischenkreis, evtl. unter Parallelschaltung

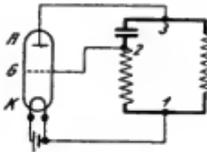


Abb. 103.

Kathodenröhre als Schwingungserzeuger.

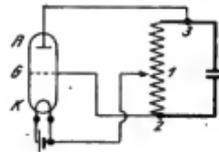


Abb. 104.

Spannungsteiler-Schaltung: Telefunken.

eines veränderbaren Kondensators zur Gitterkathode, die gewünschte Phase erreicht werden, wobei sowohl lose, als auch feste Kreiskopplung möglich ist. In manchen Fällen ist allerdings zur Erreichung der richtigen Phase eine Verstimmung notwendig. Eine Reihe ähnlicher Schaltungen haben das gemeinsame Merkmal, daß das Gitter mit einem Punkt des Schwingungskreises verbunden ist, der bezüglich Phase und Amplitude sorgfältig ausgesucht sein muß. Wenn man hierbei die Punkte 1–3 (Abb. 102 und 103) des Schwingungskreises betrachtet, an denen

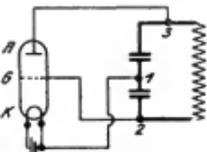


Abb. 105.

Spannungsteiler-Schaltung: Telefunken.

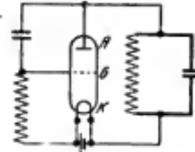


Abb. 106.

Spannungsteiler-Schaltung: Telefunken.

bei 1 die Kathode, bei 2 das Gitter und bei 3 die Anode angeschlossen sind, so liegt immer zwischen 1 und 2 entweder eine Kapazität oder eine Selbstinduktion; zwischen 2 und 3 muß dann das Umgekehrte, entweder eine Selbstinduktion oder eine Kapazität liegen.

Die Abb. 102 und 103 zeigen die beiden grundlegenden Fälle. Es ist nicht notwendig, daß die zur Kopplung benutzten Wechselstromwiderstände so einfach aussehen, wie es diese Abbildungen zeigen. Es können vielmehr in jedem Zweig mehrere Selbstinduktionen und gleichzeitig Kapazitäten liegen. Notwendig ist nur, daß von den beiden zur Gitterkopplung und zur Anodenkopplung dienenden Zweigen 1–2 und 1–3 der eine für die augenblickliche Schwingungsfrequenz eine resultierende Impedanz entgegengesetzter Phase hat, wie der andere.

Einige dieser Schaltungen nennt Telefunken Spannungsteilerschaltungen, weil sie beim ersten Anblick den Eindruck erwecken, daß eine durch in Reihe liegende Selbstinduktionen oder Kondensatoren geteilte Spannung zur Kopplung von Anode und Gitter verwendet wird. Hier muß zur Herstellung der richtigen Phase Kathoden- und Gitterleitung über Kreuz gelegt werden, wie dies die Abb. 104 und 105 zeigen. Die Schaltung nach Abb. 104 wurde zuerst von Prof. Zenneck im Telefunkenlaboratorium Newyork angegeben und Ende 1916 in den Vereinigten Staaten zum Patent angemeldet.

Man kann auch für die Gitterspannung einen besonderen Zweig bauen, so daß in der Schaltung deren drei sind, was jedoch keinen wesentlichen Unterschied bedeutet. Abb. 106 ist ein Beispiel hierfür.

2. Die historische Entwicklung der Senderöhre¹⁾.

Als erste deutsche Firma begann Telefunken Anfang 1913 damit, Kathodenstrahlenrelais zur Schwingungserzeugung zu verwenden. Zunächst wurde versucht, die Liebenröhre in der Form, wie sie für Verstärkung von Empfangsströmen ursprünglich in Verwendung war, für Sendezwecke zu benutzen und auszugestalten. Es gelang sehr rasch, bei 400 Volt Anodenspannung 100–200 Watt Schwingungsenergie zu erzeugen, ja bei 1000 Volt konnte sogar die doppelte Energie erreicht werden; die Lebensdauer der Röhren war aber sehr kurz, und zwar um so kürzer, je mehr Energie durch die Röhre umgesetzt wurde. Bei 400 Volt betrug die Lebensdauer meist nur wenige Stunden. Die Fehler lagen in der Unbeständigkeit der Oxydkathode und in der Absorption der Gase im Innern der Röhre, welche beide für die Wirksamkeit dieser Röhren notwendig waren. Nur für die zum Schwebungsempfang erforderlichen schwachen Energien konnten damals technisch gut brauchbare Röhren gebaut werden, die eine Lebensdauer von mehreren hundert Stunden hatten. Eine wesentliche Verbesserung wurde später durch die Verwendung einer Röhre mit einer selbstregenerierenden Oxydkathode der Hagener Akkumulatorenfabrik A.-G. erreicht (Abb. 107 und 108). Aber auch diese Röhre war für große Energien (über 600 Volt Anodenspannung) unbrauchbar.

Mit der Lösung der Aufgabe, ungedämpfte Schwingungen durch Röhren zu erzeugen, war gleichzeitig auch die Frage der drahtlosen Telephonie mit kurzen und langen Wellen in der idealsten Weise gelöst. So konnte Telefunken schon am 21. Juni 1913 zwischen Berlin und Nauen mit Röhrensendern wechselseitig telephonisch verkehren (Veröffentlichung im „Jahrbuch der drahtlosen Telegraphie und Telephonie 1915“. IX. Bd., S. 393).

Die Technik der Herstellung der Kathodenröhre wurde durch den großen Bedarf der Verstärkeröhren sehr gefördert. Einen großen Fortschritt in der Entwicklung brachte dabei die Erkenntnis, daß die Verstärkerwirkung nur dann den technischen Anforderungen genügt, wenn die Ionenbildung in den Röhren möglichst vermieden wurde, d. h. wenn die Gasreste möglichst entfernt wurden. Damit wurde zum ersten Male der fundamentale Unterschied zwischen Elektronen- und Ionenrelais in seiner technischen Bedeutung erkannt. Das Ergebnis dieser Erkenntnis war

¹⁾ Siehe auch Telefunken: Die historische Entwicklung der Senderöhre.

die Herstellung der ersten Hochvakuumröhren einmal zur Empfangsverstärkung, sodann zu Sendezwecken.

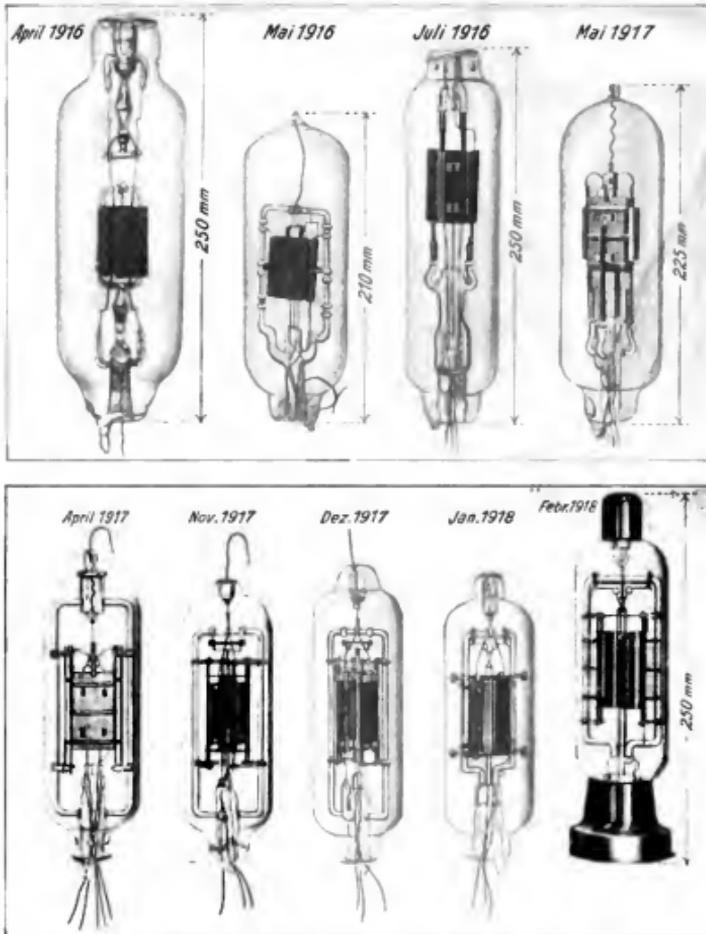


Abb. 107 und 108. Entwicklungsgang der 45-Watt-Senderöhre RS 17 von Telefunken.

Während die erste Aufgabe, die Herstellung einer Hochvakuumverstärkerröhre, verhältnismäßig rasch gelöst wurde, machte die Ausbildung der Senderöhren an-

fangs erhebliche Schwierigkeiten. Einerseits war damals das Arbeiten mit solch' extrem hohem Vakuum in der Technik noch unbekannt, andererseits galt es, erst durch mühsame Versuche festzustellen, welche Metalle am zweckmäßigsten als Elektroden in den Röhren zu verwenden und wie sie zu behandeln waren. Eine besondere Erschwernis lag auch darin, daß Telefunken anfangs in bezug auf das Evakuieren der Röhren auf fremde Hilfe angewiesen war. Erst nach der Anlage eigener Pumpeinrichtungen und einer Röhrenwerkstatt im Mai 1914 schritten die Arbeiten rascher vorwärts.



Abb. 109. Firma Dr. E. F. Huth:
Röhre RS 15. — 5 Watt.



Abb. 110. Firma Dr. E. F. Huth:
Röhre RS 15. — 5 Watt.

Anfang 1915 waren die Vorarbeiten so weit gefördert, daß der erste Hochvakuumröhrensender für Telegraphie und Telephonie (10 Watt, 800 Volt) gebaut werden konnte. Er wurde im Juni 1915 im wechselseitigen Verkehr zwischen Fürstenbrunn und Seegefeld bei Berlin mit 15 m hohen Masten vorgeführt.

Eine neue Entwicklungsperiode für die Röhrensender wurde an anderer Stelle dadurch eingeleitet, daß einer der neuen Überlagerer in Sayville eingebaut und dort zum erstenmal (18. Oktober 1913) der Hochfrequenzmaschinensender von Nauen mit Interferenz empfangen wurde. Diese Versuche erregten allgemeines Aufsehen, und die Folge war, daß sich die Aufmerksamkeit der amerikanischen

Fachkreise auf das neue Prinzip der Schwingungserzeugung mit Röhren lenkte. An verschiedenen Stellen wurden daraufhin Arbeiten nach dieser Richtung in Angriff genommen.

J. Langmuir hatte zu dieser Zeit nach langjährigen mühseligen Laboratoriumsarbeiten einen Hochvakuumgleichrichter technisch ausgebildet und die Grundlage für eine neue Hochvakuumtechnik gelegt. Durch Einfügung einer dritten Elektrode konnte er seinen Gleichrichter sofort in ein Schwingungsrelais verwandeln und alle die reichen Erfahrungen, die er an seinem Gleichrichter (Kenotron) gemacht hatte, auf die Schwingungsröhre anwenden (D. R. P. Nr. 26 492 vom 16. X. 1914 mit amerikanischer Priorität vom 29. X. 1913). Anfang 1914 kamen durch seine deutschen, der A. E. G. gehörigen Patentanmeldungen die ersten Mitteilungen über diese Arbeiten nach Deutschland und wurden Telefunken von der A. E. G. zur Verfügung gestellt. Es war jedoch noch immer eine ganze Reihe technischer und mechanischer Aufgaben zu lösen. Insbesondere machte z. B. die Konstruktion und Befestigung des Gitters die größten Schwierigkeiten. Nach monatelangen Bemühungen, das Gitter auf Hartglasrahmen zu wickeln, wurde in einer Konstruktion, bei der das Gitter an einem eigenen Metallrahmen befestigt wird, eine gute Lösung gefunden. Es konnten so verhältnismäßig einfache die ganz feindrähtigen und eng-

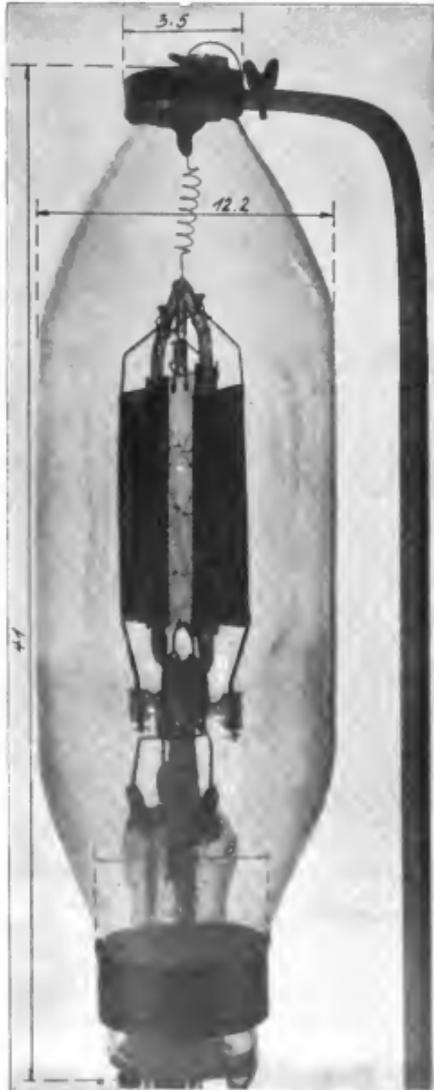


Abb. 111. Firma Dr. E. F. Huth; 2000-Watt-Röhre RS 30.

maschigen Gitter, wie sie für Röhren mit gutem Wirkungsgrad erforderlich sind, hergestellt werden.

Besondere Schwierigkeit machte ferner die federnde Aufhängung der Heizfäden, die jetzt auch in einwandfreier Weise gelöst ist. Durch allmähliche konstruktive und vakuumtechnische Verbesserungen in Verbindung mit einer Durcharbeitung der theoretischen Grundlagen konnte mit der Sende-Energie einer Einzelröhre bis auf 500 Watt und höher, bei einem Wirkungsgrad bis ungefähr 80%, gegangen werden. Das Vakuum dieser neuen Röhre ist dabei derartig hoch und gleichförmig, daß sie nach mehrstündigem Arbeiten elektrisch noch vollkommen unverändert ist, so daß jetzt auch vereinfachte Senderschaltungen zur Verwendung kommen können. Nunmehr gelang auch die schon erwähnte Parallelschaltung der Röhren zur Erzielung größerer Energien ohne weiteres.

Mit der Lösung des Problems, eine gute Schwingungsröhre zu erzeugen, mußte bei größeren Sendern gleichzeitig auch die Aufgabe erfüllt werden, in einfacher Weise die erforderliche Gleichstromhochspannung (1000—4000 Volt) zu beschaffen. Da die Gleichstromhochspannungsmaschinen gewisse technische Mängel besitzen, wurde gemeinsam mit der Hagener Akkumulatorenfabrik A.-G. ein neuer Hochspannungsgleichrichter ausgebildet. Durch ihn gelang es in vollkommener Weise, die Wechselstromenergie der bisher in der drahtlosen Technik in Verwendung stehenden 500-Periodenmaschinen mit einem Verlust von weniger als 4% in Hochspannungsgleichstrom umzuformen. Durch geschickte konstruktive Ausbildung der Gleichrichter und Wahl einer entsprechenden Gasfüllung sind diese und andere Gleichrichter jetzt für Spannungen bis über 3000 Volt geeignet. Eine Verbesserung bestand in der letzten Zeit noch darin, die Kathodenheizung in den Gleichrichtern zu vermeiden.

Auch die Firmen Dr. Erich F. Huth (Abb. 109—111) und C. P. Lorenz, Berlin, begannen in den Jahren 1917 brauchbare Senderöhren für Flugzeuge selbständig zu entwickeln, deren Leistung und Bauart weiter unten beschrieben wird.

3. Theorie der Senderöhren.

Nach Vorträgen von Prof. Barkhausen im September—November 1917.

Große Buchstaben = Maximal- oder konstante Werte.

Kleine Buchstaben = Momentanwerte.

Index: 1 = Gitter, 2 = Anode, h = Kathodenheizstrom, g = Gleichstrom, w = Wechselstrom, ohne Index = Gesamtstrom $g + w$.

Schematische Grenzfälle. Annahmen (Abb. 111 a).

1. Fremderregung. Sinusförmige Gitterspannung $p_1 = P_n + P_w \sin \omega t$ gegeben.
2. Gitterstrom $i_1 = 0$.
3. Durchgriff $D = 0$, d. h. so engmaschiges Gitter, daß p_2 auf i_2 keinen Einfluß hat.
4. Anodenspannung p_2 soll dauernd positiv bleiben, da negatives p_2 $i_2 = 0$ bedingen würde.

5. Charakteristisch geradlinig (Abb. 111 b).

$$\begin{aligned} i_a &= S (p_1 - P_0) \text{ für } P_0 < p_1 < P_s, \\ i_a &= 0 \quad \text{,, } p_1 < P_0, \\ i_a &= J_s \quad \text{,, } p_1 > P_s. \end{aligned}$$

J_s = „Sättigungsstrom“, zulässig etwa 10 m/Amp. pro Watt Heizleistung, d. h. für 10–50 Watt Heizleistung ist $J_s = 50\text{--}500$ m/Amp.

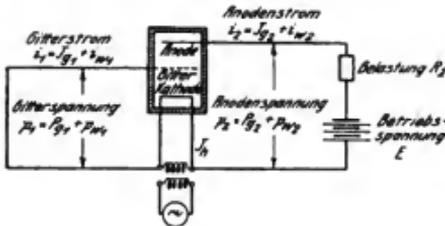


Abb. 111 a.

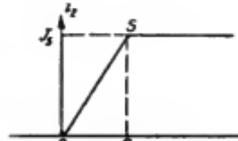


Abb. 111 b.

„Nullspannung“ P_0 etwa 10–40 Volt } um so größer, je dicker der Heizdraht und je größer der Abstand
 „Sättigungsspannung“ P_s 50–200 Volt } Gitter-Heizdraht ist.

6. Belastung W : Widerstand R über idealen Transformator mit Übersetzungsverhältnis $n_1 : n_2$.

$R_2 = 0$ für Gleichstrom.

$R_2 = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 R$ für Wechselstrom beliebiger Kurvenform.

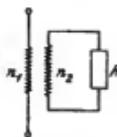


Abb. 111 c.

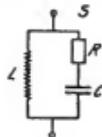


Abb. 111 d.



Abb. 111 e.

Wechselspannung p_{w_2} konform mit Wechselstrom i_{w_2} oder Belastung S : Schwingungskreis, schwach gedämpft, in Resonanz mit Grundschwingung.

$R_2 = 0$ für Gleichstrom und Oberschwingungen.

$R_2 = \frac{L}{C R}$ für Grundschwingung.

Wechselspannung p_{w_2} stets sinusförmig.

I. Schwingungen erster Art, innerhalb 0 und S .

$0 < i_a < J_s$; $P_0 < p_1 < P_s$, d. h. am Gitter positive Gleichspannung P_{g1}

und kleine Wechselspannung P_{w_1} , Effektivwert $\frac{P_{w_1}}{12} < \frac{P_1 - P_2}{212}$, d. h. etwa 15–50 Volt.

Unverzerrte Wiedergabe der Spannung p_1 durch den Anodenstrom i_{a_1} . Amplitude $J_w < J_g$.

Anodenspannung $p_2 = E - i_w R_2$ bleibt nur positiv, falls $R_2 < \frac{E}{J_w}$.

„Grenzwiderstand“ $R_2 = \frac{E}{J_w}$.

Aufgewandte Gleichstromleistung $L_g = EJ_g$.

Erzeugte Wechselstromleistung $L_w = \frac{J_w^2 R_2}{2} \leq \frac{E J_w}{2}$. $\frac{E J_g}{2} = \frac{L_g}{2}$.

Wirkungsgrad $\eta = \frac{L_w}{L_g} \leq 50\%$.

Maximale Leistung (s. Abb. 111 f) für $P_n = \frac{P_1 + P_2}{2}$; $P_{w_1} = \frac{P_1 - P_2}{2}$.

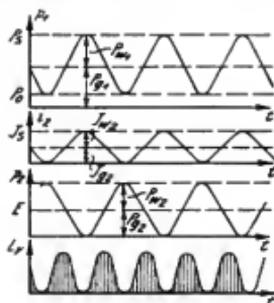


Abb. 111 f.

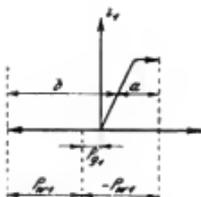


Abb. 111 g.

$$J_g = J_w = \frac{J_1}{2}; \quad R_2 = \frac{2E}{J_1}; \quad L_g = \frac{E J_1}{2}; \quad L_w = \frac{E J_1}{4}; \quad \eta = 50\%.$$

$$\text{Anodenverluste } L_v = \frac{1}{T} \int p_2 \cdot i_a \cdot dt = P_n \cdot J_n - \frac{P_{w_1} \cdot J_{w_1}}{2} \cdot \angle_g - \angle_w = \frac{E J_1}{4}.$$

II. Schwingung zweiter Art über 0 und S hinaus.

Am Gitter große Wechselspannung P_{w_1} .

Anodenstrom verzerrt, im Grenzfall rechteckig, zwischen 0 und J_1 abwechselnd. Starke Oberschwingungen.

Verhältnis der Zeiten a und b durch Gleichspannung am Gitter P_n beliebig einstellbar. Positives P_n vergrößert a , negatives P_n , b , vgl. Abb. 111 g—i. Für weitere Rechnung rechteckige Stromkurve angenommen.

$$\text{Abkürzung: } c = \frac{\pi a}{a + b}.$$

$$i_2 = J_1 \left[\frac{a}{a+b} + \frac{2}{\pi} (\sin c \sin \omega t - \frac{1}{2} \sin 2c \sin 2\omega t - \frac{1}{3} \sin 3c \sin 3\omega t \dots) \right].$$

Gleichstrom $J_g = \frac{a}{a+b} J_1$; für $a = b$; $J_g = \frac{J_1}{2}$.

Wechselspannung $p_{v_2} = i_2 R_2$ an Anode bei Belastung W rechteckig, bei Belastung S sinusförmig.

Anodenspannung $p_2 = E + p_{v_2}$ bleibt nur positiv, falls bei Belastung W :

$$R_2 < \frac{E}{J_{v_2}} = \frac{E}{J_0 - J_g} = \frac{a+b}{b} \cdot \frac{E}{J_1}.$$

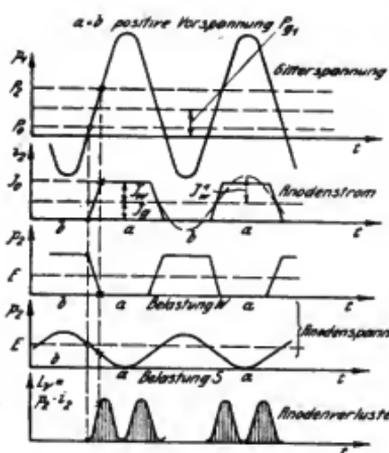


Abb. 111 h.

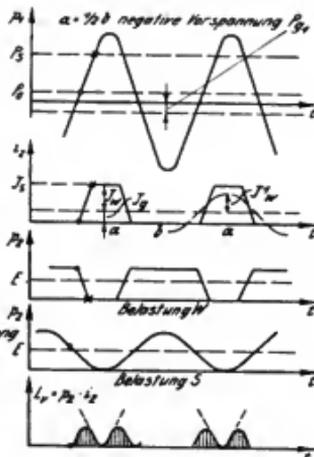


Abb. 111 i.

Bei Belastung S : $R_2 < \frac{E}{J_{v_2}} = \frac{\pi}{2 \sin c} \cdot \frac{E}{J_1}$.

Weiter „Grenzwiderstand“: $R_2 = \frac{a+b}{b} \cdot \frac{E}{J_1}$ resp. $\frac{\pi}{2 \sin c} \cdot \frac{E}{J_1}$ vorausgesetzt.

Aufgewandte Gleichstromleistung: $L_g = E J_g = \frac{a}{a+b} E J_1$.

Belastung W :

Erzeugte Wechselstromleistung der Grund- und Oberschwingungen zusammen-

für $a < b$: $L_w = \frac{a}{a+b} E J_1 = L_g$.

Wärmeverluste in Röhre $L_r = L_g - L_w = 0$.

Wirkungsgrad $\eta = \frac{L_w}{L_g} = 100\%$.

Keine Wärmeentwicklung $L_w = \int p_2 i_2 dt$, da wie bei einem mechanischen Unterbrecher stets entweder Strom $i_2 = 0$ oder Spannung $p_2 = 0$.

Erzeugte Wechselstromleistung der Grundschiwingung allein

$$L_w^1 = \frac{(J'_{v_2})^2 R_2}{2} = \frac{2(a+b)}{b} \cdot \frac{\sin^2 c}{\pi^2} E J_s.$$

Wirkungsgrad $\eta^1 = \frac{L_w^1}{L_g} = \frac{2a}{b} \left(\frac{\sin c}{c}\right)^2 = \frac{L_w^1}{L_w} =$ Anteil der Grundschiwingung.

Belastung S : Nur Grundschiwingung belastet.

Erzeugte Wechselstromleistung $L_w = L_w^1 = \frac{(J'_{v_2})^2 R_2}{2} = \frac{E J'_{v_2}}{2} = \frac{\sin c}{\pi} E J_s.$

Wärmeverluste in Röhre $L_r = L_g - L_w = \frac{1}{\pi} (c - \sin c) E J_s.$

Wirkungsgrad $\eta = \eta^1 = \frac{L_w}{L_g} = \frac{\sin c}{c}.$

Tabelle 17.

Leistungen in % von $E J_s$.

$\frac{b}{a}$	$c = \frac{\pi a}{a+b}$	$L_g = \frac{a}{a+b}$	Belastung W		Belastung S			
			L_w^1	η^1	L_w	η	L_r	$\frac{L_w}{L_r}$
0,5	2,09 = 120°	66,7	22,9	68,5	27,8	41,4	39,2	0,71
1	1,57 = 90°	50,0	40,6	81,2	31,8	63,6	18,2	1,75
2	1,05 = 60°	33,3	22,9	68,5	27,8	82,8	5,5	5,06
3	0,70 = 45°	25,0	13,5	54,0	22,5	90,0	2,5	9,0
4	0,63 = 36°	20,0	8,7	43,6	18,7	93,5	1,3	14,4
5	0,52 = 30°	16,7	6,1	36,5	15,9	95,5	0,8	20,0

Günstigste Verhältnisse bei Belastung W für $b = a$, bei Belastung S für $b = 2a$ bis $3a$, d. h. negativer Vorspannung des Gitters.

Letzte Spalte $\frac{L_w}{L_r}$ gibt an, um das Wievielfache der Umsatz L_w die maximal zulässige Röhrenerwärmung L_r übersteigen darf.

B. Weitere Annäherungen.

1. Durchgriff D nicht Null, sondern praktisch etwa $D = 0,01 - 0,1$, d. h. bis 1–10%, abhängig von Maschenweite des Gitters. Statt Gitterspannung p_1 allein ist dann „Steuerspannung“ $p_{12} = p_1 + D p_2$ für Strom maßgebend, d. h. Anodenspannung $p_2 = E + p_{v_2}$ wirkt auf Strom wie eine Erhöhung der Gitterspannung um den Betrag $D p_2$. Das bedeutet:

a) Steuerspannung ist gegen Gitterspannung um DE positiv vorgespannt, z. B. um 50 Volt für $D = 10\%$ und $E = 500$ Volt, daher bei Schwingungen erster Art meist keine besondere Vorspannung nötig; bei Schwingungen zweiter Art entsprechend erhöhte negative Vorspannung P_{v_2} erforderlich. Vgl. Abb. 111k.

b) Wechselspannung p_{v_2} wirkt Gitterspannung p_{v_1} entgegen. Diese ist also um D p_{v_1} höher als die erforderliche Steuerspannung zu machen. Bei $R_2 =$ Grenzwiderstand ist $P_{v_2} = E$, also für $D = 10\% E = 3000$ Volt Erhöhung der Gitterwechselspannung um $\frac{300}{\sqrt{2}} = 210$ Volt effektiv erforderlich. Großer Energieverbrauch im Gitterkreise. Bei hohen Betriebsspannungen E daher kleiner Durchgriff D erforderlich.

c) Steht nur beschränkte Gitterspannung p_{v_1} zur Verfügung, ist Steigerung der Belastung über $R_2 = R_1 = \frac{1}{SD}$ ungünstig. Denn größeres R_2 bedingt größeres p_{v_1} , und bei Unmöglichkeit des Ausgleichs durch Erhöhen von p_{v_1} kleinere Steuerspannung und somit kleineren Anodenstrom.

Die Gitterleistung kann durch negative Vorspannung, die durch entsprechend

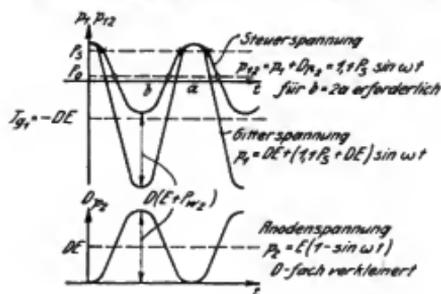


Abb. 111 k.

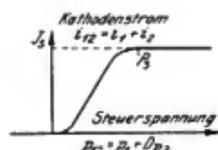


Abb. 111 l.

großen Durchgriff auszugleichen ist, zu Null gemacht werden. Vgl. Theorie der Verstärkerröhren.

2. Gitterstrom i_1 nicht Null.

Durch Steuerspannung wird in Wirklichkeit nicht Anodenstrom, sondern der aus der Kathode austretende „Kathodenstrom“ i_{12} reguliert (Abb. 111 l). Dieser geht zum Teil zur Anode (i_2), zum Teil zum Gitter (i_1), daher $i_{12} = i_1 + i_2$; die Verteilung regelt sich praktisch etwa folgendermaßen:

Solange $p_2 > p_1$, ist i_1 klein, 1 : 10% von i_{12} , also $i_{12} = i_2$. Sobald $p_2 < p_1$, wächst i_1 ; wird bald größer als i_2 . Sobald $p_2 = 0$, ist $i_2 = 0$, also $i_{12} = i_1$. Alle Überlegungen unter A bleiben im wesentlichen unverändert, solange i_1 klein, d. h. solange $p_2 > p_1$ bleibt. Es ist nur J , um den geringen Betrag von i_1 (1 : 10%) zu verkleinern und Grenzbedingung $p_2 > 0$ zu ersetzen durch $p_2 > p_1$, oder nahezu zu $p_2 > P_1$, da ein Überschreiten nur zu den Zeiten a zu befürchten ist, wo p_1 nahezu gleich P_1 ist. Vgl. Abb. 111 m. Daher „Grenzwiderstand“ $R_2 = \frac{E - P_1}{J_{v_2}}$ und

Grenzleistung $L_w = \frac{(J_{v_2})^2 R_2}{2} = \frac{(E - P_1) J_{v_2}}{2}$ usw. Grenzwiderstand, Wechselstromleistung und Wirkungsgrad sind also im Verhältnis $E - P_1 : E$ kleiner als

unter A berechnet. Ist daher Betriebsspannung E nicht groß gegen Sättigungsspannung P_s , so ist eine gute Ausnutzung nicht möglich.

3. Anodenspannung p_a zeitweise negativ oder wenigstens kleiner als p_1 , die Röhre „wird überspannt“. „Überspannen“ tritt ein, wenn Belastung größer als Grenzwiderstand ($R_a > \frac{E - P_s}{J_{sa}}$) gemacht wird, da ja $p_a = E - i_a \cdot R_a$ ist. Ein merklicher Teil des Kathodenstromes i_{1s} geht ans Gitter.

Die Röhre kann auch dadurch überspannt werden, daß die Gitterspannung p_g zu den Zeiten a zu hoch, wesentlich größer als P_s gemacht wird!

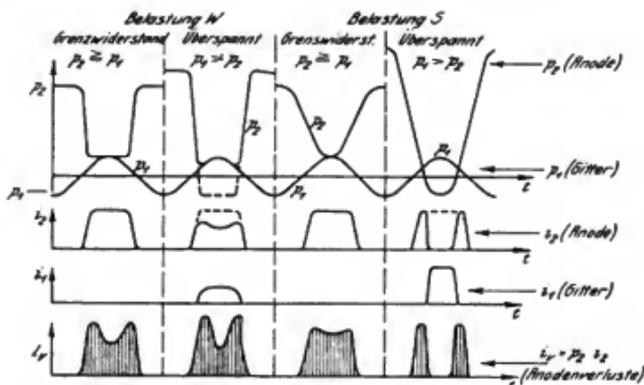


Abb. 111 m.

Belastung W: Das Sinken des Anodenstromes i_a bewirkt entsprechend vermindertes Sinken der Anodenspannung p_a , so daß praktisch etwa $p_a = p_1$ bleibt. i_a sinkt auf $\frac{E - p_1}{R_a}$, d. h. bei geringer Überlastung nur wenig.

Belastung S: Die Anodenspannung p_a bleibt sinusförmig, sinkt daher tatsächlich unter p_1 und bei stärkerem Überspannen sogar unter Null, so daß $i_a = 0$ wird und der volle Sättigungsstrom zeitweise ans Gitter geht. Beim Überspannen sinkt der Anodengleichstrom und damit der Leistungsumsatz, besonders bei Belastung S. Der Wirkungsgrad ändert sich zunächst meist wenig.

Zusammenfassung.

1. Schwingungen erster Art sind frei von Oberschwingungen – verzerrungsfrei.
2. Sie haben aber einen schlechten Wirkungsgrad (praktisch unter 40%) und geringen Leistungsumsatz (praktisch unter $\frac{1}{2}$ mal Anodenspannung und mal Sättigungsstrom).
3. Sie entstehen bei kleinen Steuerwechselspannungen und positiver Steuer Gleichspannung.

4. Letztere kann durch großen Durchgriff (5 : 10%) erzeugt werden, dann ist freilich eine erhöhte Wechselspannung am Gitter erforderlich.

5. Kennzeichen: Anodengleichstrom ändert sich beim Aussetzen der Schwingungen (Kurzschlüssen der Gitterwechselspannung) nicht.

II. 1. Schwingungen zweiter Art haben guten Wirkungsgrad, sind daher für große Leistungen erforderlich, wo sich sonst die Röhre zu sehr erwärmen würde.

2. Hoher Wirkungsgrad bedingt eckige Stromkurve, d. h. starke Oberschwingungen.

3. Schwingungen zweiter Art entstehen bei großen Steuerwechselspannungen und im allgemeinen negativer Steuergleichspannung.

4. Möglichst kleiner Durchgriff (unter 2%) ist günstig.

5. Bei Belastung durch einen Schwingungskreis kann der Wirkungsgrad um so größer werden, je kleiner der Leistungsumsatz ist. Beträgt dieser $\frac{1}{2} \times$ Anodenspannung \times Sättigungsstrom, kann der Wirkungsgrad bis zu 80%, bei $\frac{1}{3}$ bis zu 90% gesteigert werden, während er bei größtem Leistungsumsatz ($\frac{1}{2}$) nicht über 60% gesteigert werden kann.

6. Höherer Wirkungsgrad bei kleinerem Umsatz wird durch negative Steuergleichspannung erreicht. Diese kann durch Hilfsbatterie oder einfacher durch einen Kondensator mit parallelgeschaltetem großem Widerstand erzeugt werden.

III. Hoher Wirkungsgrad und voller Leistungsumsatz erfordern:

1. Einregulieren der Belastung auf den Grenzwiderstand. Richtiger Punkt daran erkenntlich, daß bei weiterem Erhöhen des „wirksamen Widerstandes“ der Gittergleichstrom ansteigt, der Anodengleichstrom gleichviel abnimmt.

2. Maximale Gitterspannung soll Sättigungsspannung nur wenig überschreiten.

3. Betriebsspannung soll groß gegen Sättigungsspannung sein.

4. Leistungen von Senderöhren verschiedener Ausführung.

Die Leistung läßt sich über die einer Einzelröhre (wie schon erwähnt) durch Parallelschaltung mehrerer zum gleichen Schwingungskreis erheblich steigern. In diesem Fall ist die Gesamtleistung, die erhalten wird, gleich der Summe der Leistungen der Einzelröhren. Das Verhalten der Röhren in Parallelschaltung setzt allerdings voraus, daß die Röhren in bezug auf ihre inneren Bedingungen so gleichartig wie möglich angefertigt sind. Die Bedingungen für die Kopplung der Röhre mit dem Schwingungskreis stehen in Abhängigkeit zum Vakuum der Röhre, sowie auch zu den wichtigsten Elementen der Armaturanordnung.

Nach neueren Schaltungsweisen, die von Telefunken ausgearbeitet wurden, kann die Parallelschaltung der Röhren auch in der Weise vorgenommen werden, daß man sie in Gruppen unterteilt, die nicht alle gleichzeitig arbeiten, sondern z. B. in die verschiedenen Stromkreise eines mehrphasigen Wechselstromes eingeschaltet sind und dann entsprechend der Energiefolge in den Kreisen nacheinander im Rhythmus des Mehrphasenstromes als Umformer auf den gemeinschaftlichen Schwingungskreis ihre Hochfrequenz und Energie abgeben.

Die Senderöhren haben zwei Stromquellen: eine Energie zur Erzeugung der hohen Kathodentemperatur (Heizenergie) und eine weitere, welche in schnelle

Schwingungen umgewandelt werden soll (Anodenenergie). Für beide Zwecke kommen Gleich- und Wechselstrom in Frage. Im allgemeinen wird die gleiche Stromart zur Heizung und als Anodenenergie Verwendung finden.

Gleichstrom wird im allgemeinen dort angewandt, wo Röhren von geringer Leistung benutzt werden; bei steigender Leistung muß die Anodenspannung erhöht werden, und dann ist der Wechselstrom die geeignetere Stromart (D.R.P. Nr. 295 671 vom 1. 10. 1913). Den Gleichstrom verwendet Telefunken im allgemeinen bis zu einer Röhrenleistung von 25 Watt. Von 75 Watt an aufwärts wird Wechselstrom bevorzugt, der auch den Vorteil bietet, daß die hohe Spannung auf kurze Leitungstrecken beschränkt ist und diese daher leichter isoliert werden können.

Bei Wechselstromspeisung kann der Strom für die Anode entweder gleichgerichtet oder direkt zugeführt werden. Im ersteren Fall wird unter Anwendung genügender Kondensatoren parallel zum Gleichrichter eine fast konstante Gleichstromamplitude erzeugt. Diese ist wichtig, da von der Form der Sende-Energie die günstigste Anordnung des Empfängers in hohem Maße abhängig ist.

5. Lebensdauer der Senderöhren.

Die wichtigste ökonomische Anforderung, die an Röhrensender gestellt werden muß, ist genügende Lebensdauer und hinreichende Betriebssicherheit. Die Lebensdauer steht in Abhängigkeit vom Vakuum der Röhre, das von Anfang an sehr hoch und in dieser außergewöhnlichen Höhe dauernd erhalten bleiben muß. Eine solche Lebensdauer kann nur erzielt werden, wenn die Fadentemperaturen bestimmte Grenzwerte nicht überschreiten. Dabei ist zu berücksichtigen, daß niedrigere Temperaturen, wie sie bei Glühlampen Verwendung finden, für die Schwingungserzeugung wenig ergiebig sind.

Die Lebensdauer sinkt rasch mit Steigerung der Fadentemperatur. Es ist daher nur durch Aufwendung unbequem großer Brennerleistung möglich, die Lebensdauer der Senderöhren höher als einige hundert Stunden zu bringen. In dem Maße, wie diese Forderung verwirklicht werden soll, müssen auch die Abmessungen der Röhre bei gegebener Leistung gesteigert werden. Vom ökonomischen Gesichtspunkte aus ist daher ein Kompromiß zwischen Abmessung und Lebensdauer zu schließen.

Die Lebensdauer hängt in hohem Maße davon ab, inwieweit der zulässige Heizstrom auf den für eine gute Lebensdauer höchst zulässigen Wert genau eingestellt wird. Die bisherigen Methoden der Einregulierung auf eine bestimmte Stromstärke oder Spannung, namentlich in den Händen ungeübten Personals, haben dazu geführt, daß häufig die erwartete Lebensdauer nicht annähernd erreicht worden ist. Dies ist um so verständlicher, wenn man berücksichtigt, daß mit Steigerung der Heizstromstärke meistens auch eine Steigerung der Leistung verknüpft ist; jeder Telegraphist bleibt natürlich bemüht, die größtmögliche Stromstärke in der Antenne einzustellen.

Die Frage der Stromart ist ebenfalls von großem Einfluß. Bei Wechselstrom kann eine viel größere Stromkonstanz, und zwar unabhängig von den Schwankungen des Netzes erzielt werden, als bei Gleichstrom. Da außerdem die Heizung

sich auch noch auf den Gleichrichter erstreckt und an dieser Stelle Hochspannungs-Isolationsschwierigkeiten in der Heizstromleitung zu überwinden sind, die bei Wechselstromspeisung unter Zwischenschaltung von Transformatoren leichter überwunden werden als bei Akkumulatorenheizung, so wird die Wechselstromheizung in Zukunft namentlich bei den mittleren und größeren Anlagen wohl immer mehr Verwendung finden.

Besonders bei Röhren von hoher Leistung ist es notwendig, ihre Erwärmung nach Möglichkeit niedrig zu halten. Während im Betrieb bei richtiger Einregulierung eine Röhre unter normalen Umständen die Belastung aushält, gibt es Fälle, in denen die Gefahr einer Überlastung groß ist. Dies geschieht beispielsweise, wenn durch Zufall oder Beschädigung die Antenne abgenommen wird, so daß keine Energie nach außen abgegeben werden kann und die Röhre die gesamte aus Anodenstrom \times Anodenspannung bestehende Leistung in sich aufnehmen muß. Dieses gefährliche Moment ist durch besondere Dimensionierung der Röhren ausgeschaltet; die Röhren entlasten sich bei Aussetzen der Schwingungen selbst, so daß die Belastung sogar kleiner als im Arbeitszustand ist. Allerdings läßt sich eine Übererwärmung durch falsche Kopplung des Anodenkreises vermittels dieser selbstregulierenden Methode nicht vermeiden, und man muß daher trotz weitgehender Vorsichtsmaßregeln beim Röhrenbau doch eine sorgfältige Bedienung der Röhre, besonders bei der von mehreren hundert Watt, anstreben. Endlich ist zu berücksichtigen, daß die Röhre ja aus vakuumtechnischen Gründen aus Glas besteht, das man in abschbarer Zeit wohl nicht durch ein anderes Material wird ersetzen können, und daher ihre mechanische Widerstandsfähigkeit eine begrenzte ist. Durch die fortgesetzten mechanischen Erschütterungen, welchen die Röhren im Flugzeug bei Start, Landung und während des Fluges ausgesetzt sind, wird ihre Lebensdauer sehr herabgesetzt. Eine gute Abfederung des Röhrensockels sowie der gesamten Apparatur ist deshalb erforderlich.

f) Die Kathodenröhre als Hochfrequenzverstärker.

Die Bedeutung und die Notwendigkeit der Hochfrequenzverstärker ist frühzeitig von Telefunken erkannt worden und hat zum D.R.P. Nr. 271 059 vom Jahre 1911 geführt. Sie unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Schaltungsweisen von den Niederfrequenzverstärkern durch die direkte Kaskadenverbindung der Röhren, unter Fortfall der Eisentransformatoren. Der Zusammenbau ist teils hierdurch, teils um auf möglichst kleine Gitterkapazität zu kommen, sehr eng und klein. Von den ersten Hochfrequenzverstärkern unterscheiden sich die jetzigen neuen hauptsächlich dadurch, daß nicht mehr hinter jeder Verstärkerröhre ein abgestimmter hochfrequenter Schwingungskreis, der sog. „Schlußkreis“, angeordnet ist, sondern daß dieses bei Wellenänderungen recht umständliche Organ durch einen aperiodischen Zusammenschluß der Röhren und durch Benutzung der letzten Röhre als Gleichrichter (Audion) in Fortfall kam.

Neben der Verschiebung der Detektorreizschwelle, welche eine ungeheure Steigerung der Entfernung mit sich bringt, sind losere Empfangskopplung und geringere lokale Störungen die beträchtlichen Vorteile dieser Anordnung.

Bei einer Einführung der Audione an Stelle der bisherigen Detektoren wurde von vornherein versucht, die an sich schon überlegene Empfindlichkeit durch Anwendung von Rückkopplungen noch weiter zu steigern.

Diesem Bestreben haben sich anfangs unerwartet große Schwierigkeiten entgegengestellt. Bei Änderungen der Welleneinstellung (beim Suchen) mußten nicht nur die Abstimmorgane des Empfängers, sondern gleichzeitig die Kopplungsgrade der Rückkopplung mit verändert werden. Eine Zeitlang schien die Aufgabe einer einfachen Einstellung überhaupt nicht lösbar zu sein. Diese Entwicklungsphase ist durch die sog. „Zweihändeapparate“ gekennzeichnet: Apparate, bei denen zwei Hände zum Suchen einer Welle gleichzeitig in Tätigkeit waren. Endlich ist es gelungen, die Rückkopplung so auszuführen, daß innerhalb eines großen kontinuierlich durchlaufenen Wellenbereiches die Rückkopplung insofern konstant bleibt, daß der Sender als Ton gehört wird. Zum Herausholen des Empfangsoptimums ist allerdings noch eine Nachstellung erforderlich; aber diese erfolgt erst, wenn die Abstimmung erledigt ist. Die mit den modernen, von uns zuerst entwickelten Rückkopplungsempfängern erzielten Empfindlichkeiten sind 50–100 mal größer als die der besten Detektorempfänger.

Eine Anzahl neuer Modelle, und zwar solcher für Primär- wie Primär-Sekundär-Empfang, alle mit Audion und Rückkopplung ausgerüstet, teilweise auch mit in den Empfangsapparat eingebautem Niederfrequenzverstärker versehen, bilden das Ergebnis dieser langen Entwicklungsarbeit. Wird die Rückkopplung auf das Optimum eingestellt, das unterhalb der Kopplung zur Selbsterregung liegt, so verhält sich der Empfangskreis ganz ähnlich, als wenn er dämpfungslos wäre. Bei genauester Abstimmung der Kreise auf die ankommende Schwingung, und wenn deren Periode ganz konstant ist, wird eine bisher ungeahnte Steigerung der Empfangsintensität erhalten, dank der die in letzter Zeit erstaunlichen Entfernungsleistungen mit Röhrensendern erzielt werden konnten. Die spezifische Strahlungsenergie zur Erreichung von beispielsweise 1000 km ist gegenüber den Funkensendern, aber auch gegenüber den ungedämpften Sendern mit den älteren Empfangsmethoden, auf etwa $\frac{1}{10}$ – $\frac{1}{2}$ % herabgegangen. Allerdings bezieht sich dies nur auf den Empfang ohne Störungen. Sind dagegen Störungen vorhanden, so bleibt die Beziehung von Signalenergie zur Störungsenergie zu berücksichtigen. Schon deshalb wird unter ein bestimmtes, jeweilig durch die besonderen Betriebsbedingungen gegebenes Mindestverhältnis nicht herabgegangen werden dürfen; die hierdurch bedingte geringe Sende-Energie ist ein Mehrfaches derjenigen, die zur Erzielung der Empfangslautstärke allein genügt, ähnlich, wie dies bei den bisherigen Anlagen geläufig ist, aber natürlich wesentlich günstiger als dort.

Das Audion hat bei diesen Geräten gleichzeitig zwei Aufgaben: das Gleichrichten und das Überlagern. Diese vom Standpunkt der Einfachheit der Apparatur sehr erfreuliche Vereinigung bringt allerdings eine Anwendungsbeschränkung mit sich. Je länger die ankommende Welle ist, um so mehr ist der Empfangskreis gegen sie zu verstimmen, um eine passende Tonlage zu erhalten. Je größer aber die Verstimmung, um so schlechter die Ausnutzung der ankommenden Energie. Wenn Wellen über 1000 m auf diese Weise aufgenommen werden, sinkt, verglichen mit einem gesonderten Überlagerer, die Lautstärke auf $\frac{1}{2}$ – $\frac{1}{5}$, und bei weiterer Steige-

zung der Wellenlänge immer mehr. Es ist daher zweckmäßig, ja notwendig, dem Empfänger einen besonderen Überlagerer hinzuzufügen, und dann die Empfängerkreise genauestens auf die ankommende Schwingung abgestimmt zu lassen, wenn Wellen über 1000 m aufgenommen werden sollen. Dies ist mit dem neuen Rückkopplungsempfänger leicht möglich; denn die im Empfänger angebrachten Rückkopplungseinstellungen haben einen so großen Spielraum, daß für beide Verwendungsarten passende Einstellungen gefunden werden. Auch für Tonempfang gedämpfter Sender sind passende Rückkopplungen vorgesehen. Man erhält sogar einen kontinuierlichen Übergang vom reinen zum verstärkten Tonempfang und schließlich zu größten Lautstärken bei verschiedenem Ton.

g) Die Kathodenröhre als Überlagerer.

Betrachtet man einen ungedämpften Wellenzug (Abb. 112), so fehlt hier zunächst die Unterbrechung in Züge, die es ermöglicht, die hochfrequenten Schwingungen

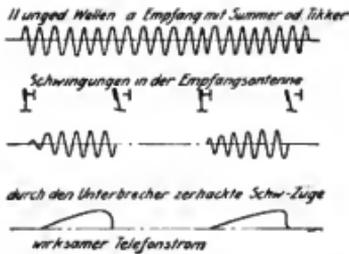


Abb. 112. Empfang ungedämpfter Wellen.

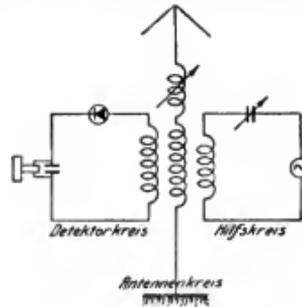


Abb. 113. Schwebungsempfang.

in solche niederer, unserem Ohre wahrnehmbarer Frequenz zu verwandeln. Es muß daher der Wellenzug künstlich zerhackt werden; dies kann geschehen durch eine Unterbrechungsvorrichtung (den Summer oder Schleifer). Da die mechanische Unterbrechung nie ganz regelmäßig erfolgt, hört man im Telephon keinen musikalischen Ton, sondern ein krachendes Geräusch oder Rauschen, das den ungedämpften Wellenempfang charakterisiert.

Der ungedämpfte Wellenzug kann aber noch in einer anderen Weise aufgenommen werden, die gerade in Verbindung mit der Kathodenröhre von der größten Einfachheit und der höchsten Betriebssicherheit geworden ist. Es ist dies der Schwebungsempfang, der dadurch zustande kommt, daß der ankommende Wellenzug mit einem auf der Empfangsstation erzeugten Wellenzug von etwas verschiedener Frequenz zusammengesetzt wird (Abb. 113 und 114).

Beide Wellen setzen sich zu regelmäßig an Stärke zu- und abnehmenden Schwingungen zusammen, die man Schwebungen nennt. Die Anzahl der Schwebungen in der Sekunde ist gleich der Differenz der beiden Schwingungszahlen.

Ist z. B. die Schwingungszahl der aufgefangenen Welle 100 pro Sekunde (= 3000 m) und die Schwingungszahl des ungedämpften Hilfskreises um 1000 Schwingungen größer oder kleiner, so entsteht in der Antenne eine Schwingungszahl von 1000 pro Sekunde. Wir hören dann im Telephon die ungedämpften Wellen als musikalisch reinen Ton. Derselbe hat von dem als Geräusch hörbaren Schleiferempfang den Vorteil, daß er sich von den Geräuschen, die bei luftelektrischen Entladungen auftreten, deutlich abhebt.

Vorstellt man bei gleichbleibender ankommender Welle die Hilfswelle, so ändert sich die Schwingungszahl und damit der Ton. Man kann daher die Tonhöhe beliebig am Empfänger einschalten und dadurch einem Störer ausweichen, und zwar genügt eine Verstellung am Kondensator von nur wenigen Graden, um den ganzen Hörbereich von den höchsten bis zu den tiefsten wahrnehmbaren Tönen zu durchschreiten, was sich im Telephon als Pfeifen anhört.

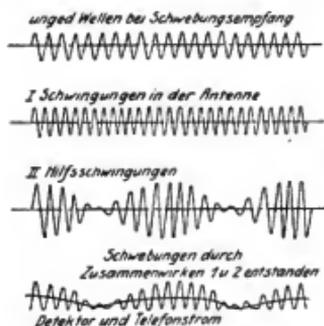


Abb. 114. Schwebungsempfang.

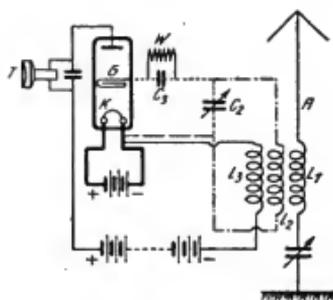


Abb. 115. Hilfsschwingungen.

Die Abstimmstärke des Schwebungsempfängers ist eine ganz gewaltige. Ein Wellenunterschied von nur einigen Zehntel Prozent genügt, um dieselben als Töne im Intervall einer Terz getrennt wahrzunehmen. Um gleichzeitig gebende Löschfunkenstationen zu trennen, müßten ihre Wellen wenigstens 2–5 % verschieden sein.

Die Voraussetzung für ein sauberes Arbeiten des Schwebungsempfängers ist, daß die Hilfsschwingungen vollkommen regelmäßig und konstant sind, denn nur dann folgen die Schwebungen in gleichen Entfernungen und gleicher Stärke und geben einen reinen Ton. Diese Voraussetzung ist bei Verwendung der Poulsen-Lampe oder einer Hochfrequenzmaschine als Hilfsschwingung nur unvollkommen erfüllt.

Praktische Bedeutung erlangte der Schwebungsempfang erst, als man in der Kathodenröhre einen Schwingungserzeuger erhalten hatte, der mit großer Konstanz der Frequenz und beliebig feiner Regulierbarkeit derselben äußerst geringen Energieverbrauch und bequemste Handhabung verbindet. Die Schaltung kann

noch erheblich vereinfacht werden, indem man dieselbe Röhre nicht nur als Erzeuger der Hilfsschwingungen, sondern gleichzeitig auch als Detektor benutzt.

Die Antenne (A) (Abb. 115) ist auf die ankommenden ungedämpften Wellen abgestimmt. Durch die Antennenspule (L_1) übertragen sich die Schwingungen auf L_2 und damit auf den Gitterkreis $L_2 C_3 G K L_3$. Gleichzeitig werden in diesen Kreis von der Kathodenröhre Hilfsschwingungen geschickt, deren Frequenz durch Einstellen des Kondensators (C_3) gegen diejenige der Antennenschwingungen etwas vergrößert oder verkleinert werden kann. Beide Schwingungen setzen sich zu einer Schwebung von niedriger Frequenz zusammen. Diese langsameren Schwebungen werden nunmehr in der Röhre durch Mitwirkung des Kondensators (C_3) in Gleichstromimpulse umgewandelt, die im Telephon als Ton hörbar werden. Dabei tritt gleichzeitig durch die Rückkopplung zwischen Röhrenkreis und Gitterkreis ($L_2 L_3$) eine sehr bedeutende Verstärkung des Empfanges auf.

Abchnitt VI.

Mechanische und pneumatische Relais.

a) Allgemeines.

In den vorhergehenden Abschnitten ist bereits ausführlich darauf hingewiesen worden, daß der F.-T.-Empfang im Flugzeug infolge der starken Motorgeräusche sich ohne Verwendung von Lautverstärkern nicht durchführen ließ. Die Kathodenverstärker ergaben zwar bei ganz geringen Anfangslautstärken erhebliche Endlautstärken; es erwies sich jedoch als technisch undurchführbar, ohne Anwendung besonderer umfangreicher Vorrichtungen die erzielten Endlautstärken auf trompetenartige Laute zu steigern, wie es insbesondere für den Kampfeinsitzer zweckmäßig erschien, weil die Empfindlichkeit des Gehörs eines Jagdfliegers erfahrungsgemäß infolge des schnellen Wechsels durch Sturzflug von höchsten auf geringe Flughöhen stark nachließ. Eine trompetenartige Verstärkung ließ sich beispielsweise mit Hochspannungs-Hochfrequenzverstärkern erreichen. Aber eine derartige Anordnung wurde praktisch wieder unbrauchbar infolge zu großen Gewichts und zu großen Umfangs.

Die technische Lösung des Problems wurde gesucht und gefunden in mechanischen und elektropneumatischen Relais. Diese Konstruktionen boten den Vorteil, daß sie nur geringe Spannungen von wenigen Volt benötigten, und daß ihre äußeren Abmessungen gering waren. Sie wurden entweder als Nachschalt-Relais hinter Kathodenverstärker benutzt, wenn es sich darum handelte, große Endlautstärken zu bekommen, oder sie wurden unmittelbar als Primärrelais verwendet, wenn man besonders an Raum und Gewicht sparen mußte.

Die ersten Versuche in dieser Richtung wurden im Sommer 1915 durch den Verfasser mit einem von Telefunken zur Verfügung gestellten Brownrelais praktisch durchgeführt. Dabei stellten sich zwei Nachteile heraus, die auch allen späteren Konstruktionen anhafteten und die bis zum heutigen Tage gänzlich zu beseitigen nicht gelungen ist: starke mechanische Empfindlichkeit, die sich durch Rauschen im Telephon bemerkbar machte, und ferner eine sehr hoch liegende Reizschwelle, die zunächst die Verwendung als Primärrelais vor allem da ausschloß, wo es sich um Überbrücken großer Entfernungen und daher um geringe Anfangslautstärken handelte. Die Verwendung von mechanischen Relais kam daher zunächst nur als Nachschaltrelais in Frage, und die Aufgabe weiterer Versuche blieb es, die elektrische Empfindlichkeit derartiger Anordnungen zu steigern, gleichzeitig aber die mechanische Empfindlichkeit zu vermindern

Zur Erprobung der mechanischen Empfindlichkeit wurden besondere Schüttelvorrichtungen gebaut, die in ihrer Arbeitsweise den Stößen und Erschütterungen eines startenden, fliegenden und landenden Flugzeuges annähernd gleichkamen. Zur Feststellung der elektrischen Empfindlichkeit wurden die Relais vergleichs-

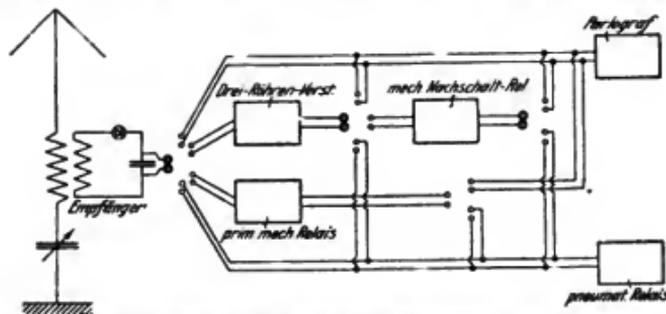


Abb. 116. Schematische Schaltung von verschiedenen mechanischen Relais-Systemen „Stille“ bei Vergleichsversuchen.

weise mit 2 oder 3 oder 4 Röhrenverstärkern hinter dem Empfänger zusammengeschaltet. Eine solche Versuchsanordnung zeigt Abb. 116.

Obwohl viele Fachleute einen Erfolg dieser Versuche von vornherein in Abrede stellten, wurden die Arbeiten in dieser Richtung doch mit großer Energie betrieben.

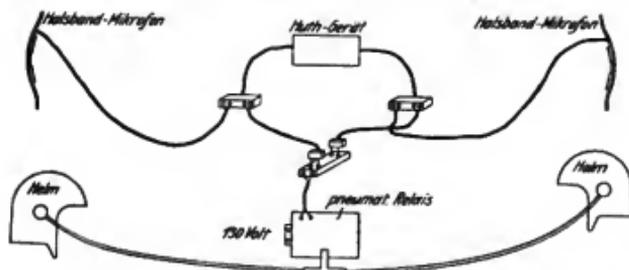


Abb. 117. Schematische Schaltung eines „Huth-Flugsprechgeräts“ in Verbindung mit einem elektro-pneumatischen Relais von Dr. Stille.

Die Aussicht, einen Verstärker in der Größe einer Taschenuhr zum Preise von 200 M. zu bekommen, im Gegensatz zu den mehrere Kilogramm schweren großen Kathodenverstärkern im Preise von einigen tausend Mark, war zu verlockend. Im Laufe der Jahre gelang es tatsächlich, in dem mechanischen Zweifachverstärker von Dr. Stille und in dem Relais der Firma Telegrafon äußerst brauchbare Verstärker zu erhalten. Ihr Einbau ins Flugzeug bedingte eine besondere kardianische Aufhängevorrichtung, und die Relais selbst mußten in Watte verpackt werden.

Bewährt haben sich die mechanischen Relais hauptsächlich für Artillerieflugzeuge als Nachschaltrelais. Als Primärrelais kommen sie wegen ihrer mechanischen Empfindlichkeit vorläufig praktisch nicht in Frage. Sie sind in dieser Hinsicht noch sehr verbesserungsbedürftig, obwohl sie in der jetzigen Ausführung z. B. an Bodenstationen mit gutem Erfolg benutzt werden können.

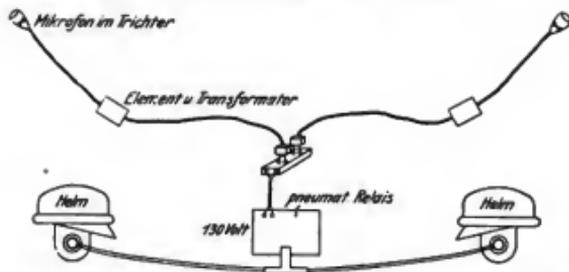


Abb. 118. Schematische Schaltung eines „Arnheimer-Flugzeug-Sprechgeräts“ in Verbindung mit „pneumatischem Relais Stille“.

Ein ganz neuer Weg zur Erzielung großer Endlautstärken wurde in der Durchbildung des elektropneumatischen Relais von Dr. Stille besprochen, das nicht nur, wie aus Abb. 116 ersichtlich, hinter Kathoden- oder mechanische Relais geschaltet, sondern auch zur Verstärkung des Flugzeugsprechgerätes mit bestem Erfolg benutzt wurde. Derartige Schaltungen erhellen aus Abb. 117 und 118. Das elektropneumatische Relais steckt zur Zeit noch in den ersten Anfängen, seiner künftigen Weiterentwicklung muß aber die größte Aufmerksamkeit zugewendet werden, da es bereits in seinem jetzigen Baustadium von großer Bedeutung für die Flugtechnik ist.



Abb. 119. Mechanisches „Einfach-Relais“ von Dr. Stille.

b) Das mechanische Relais von Dr. Stille.

1. Das Nachschalt-Relais.

Das „Stille-Relais“ ist ein elektromechanischer Lautverstärker, der als Nachschaltrelais zur Verstärkung der Endlautstärke hinter Niederfrequenz-Kathodenverstärker geschaltet wurde. Das Relais besteht aus einem einzigen oder mehreren hintereinander geschalteten

Aggregaten. Das einzelne Aggregat besitzt etwa das Gewicht einer großen Taschenuhr (Abb. 119, 121 und 122). Als Normaltyp darf man wohl das Modell mit

2 Aggregaten bezeichnen, bei dem dieselben einschließlich des zum Betrieb notwendigen Trockenelementes von 1,4 Volt Spannung in einem Kästchen von den



Abb. 120. Mechanischer „Zweifach-Verstärker“, Außenansicht, von Dr. Stille.

Abmessungen $12 \times 5 \times 16,5$ cm bei einem Gesamtgewicht von 3850 g untergebracht sind (Abb. 120, 121, 122, 123 und 124). Auf dem oberen Deckel des Kästchens befindet sich ein Schalter für „unverstärkt“ und „verstärkt“, außerdem die Steckkontakte für 2 Telephone und für den Anschluß an den Niederfrequenz-Kathodenverstärker. Die Trockenelemente sind durch Öffnen einer kleinen Klappe leicht auswechselbar. Der Verstärker ist zum Transport und zur Aufbewahrung in einem kleinen Kästchen untergebracht, in dem Fächer für das Zubehör, Telephone, Verbindungsschnüre und Ersatztrockenelemente vorgesehen sind.

2. Das Primär-Relais.

Als Ersatz für Röhrenverstärker für direkte Schaltung hinter dem Empfänger wurde das „Stille - Relais“ elektrisch hochempfindlich durchgebildet. Nach mühevollen Versuchen, die sich fast über $1\frac{1}{2}$ Jahr erstreckten, gelang es, die Reizschwelle so niedrig zu bekommen, daß



Abb. 121. Innenansicht des mechanischen „Zweifach-Verstärker“ von Dr. Stille.

fast unhörbarer Empfang gut verstärkt werden konnte. Bei einem Vergleichsversuch mit einem Telefunken-Zweiröhren-Niederfrequenzverstärker ergab sich,

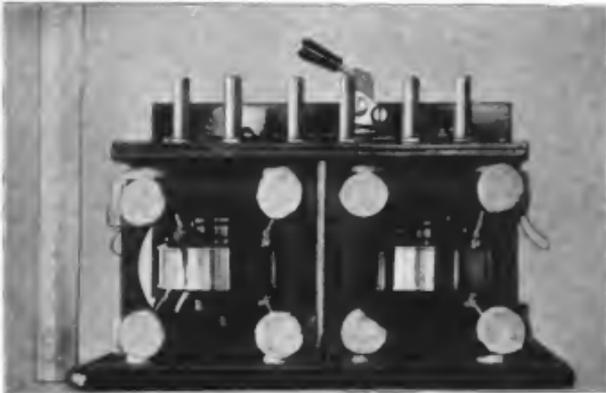


Abb. 122. Innenansicht des mechanischen „Zweifach-Verstärkers“ von Dr. Stille.

daß das „Stille-Relais“ nach oben hin sogar etwas mehr Lautstärke hergab. Die Verstärkungen sind ca. 750 – 1550. Die Konstruktion ist in diesem Falle ähnlich der des vorher beschriebenen Nachschaltrelais.

Das gleiche Relais ist auch versuchsweise mit Erfolg für die Verstärkung von Sprechströmen bei drahtloser Telephonie verwendet worden und zeichnet sich durch reine und unverzerrte Wiedergabe aus. In diesem Falle wurde das Relais in sehr kleiner und handlicher Form gebaut, als kleine Dose von einem Durchmesser von 75 mm und 45 mm Höhe und einem Gewicht von 470 g. Zum Betriebe braucht dieser Verstärker etwa 3 Volt Spannung. Seine Prüfung

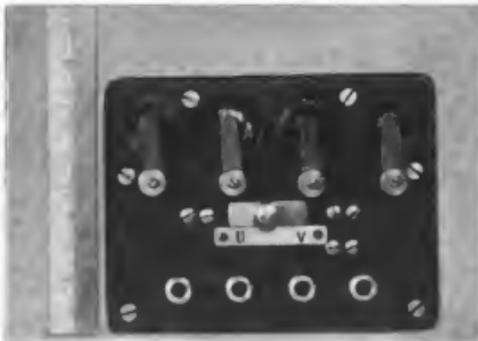


Abb. 123. Mechanischer „Zweifach-Verstärker“ von Dr. Stille, Aufsicht.

hatte folgende Ergebnisse: Die Verstärkung war etwa 25 Ohm Wechselstromwiderstand (etwa 15 Ohm Gleichstromwiderstand)

am besten. Der Eingangswiderstand betrug 500 Ohm bei 1000 Schwingungen per Sek.

Die Verstärkung in Abhängigkeit von der Frequenz ergab sich gemäß folgender Tabelle:

Tabelle 18.

Per Sec.	Spannungsverstärkung	Leistungsverstärkung
700	7	32
800	9	40
850	12	54
900	25	110
950	50	220
1000	50	220
1050	50	220
1100	20	90
1150	8	36
1400	3	13

Die Verstärkungen bleiben nicht immer ganz konstant und fielen mitunter ohne äußeren Grund auf

$\frac{1}{3}$ der gemessenen Werte. Durch eine geringfügige Erschütterung stellten sich die gemessenen Verstärkungen aber wieder ein. Die Belastung der Trockenelemente war ziemlich stark, 25–30 Amp.

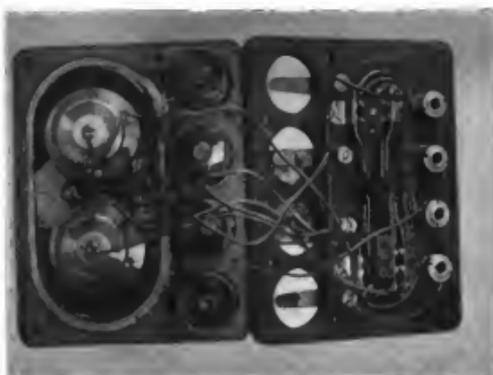


Abb. 124. Innensicht eines mechanischen „Zweifach-Verstärkers“ von Dr. Stille.

e) Das mechanische Nachschaltrelais der Firma Telegrafon.

Auch der Firma Telegrafon G. m. b. H. Berlin gelang es, nach langwierigen Versuchen ein sehr brauchbares Nachschaltrelais herauszubringen, dessen Schaltung und Arbeitsweise aus Abb. 125 erhellt. Seine wesentlichsten Bestandteile sind: ein 3 poliger Umschalter S , die beiden mit „Empfang“ bezeichneten Klinken a und b ; die 3 Elektromagnetsysteme E_1-E_3 ; die mit M_1-M_3 bezeichneten Verstärker, zu denen die Batterien B_1-B_3 gehören, sowie 2 Paar Telefonanschlußklemmen AK , die hintereinander geschaltet sind und zur Aufnahme des Telefons dienen. Der Schalter S ist für 2 Stellungen eingerichtet. Über die mit V bezeichnete Stellung wird der Zeichenstrom verstärkt, in der Stellung UV wird der Zeichenstrom für ein niedrigohmiges Telefon umgeformt und gibt den Zeichenstrom unverstärkt wieder. Als Stromquelle dienen 3 Trockenbatterien von je 1,5 Volt Spannung. Um ein frühzeitiges Verbrauchen der Batterien zu vermeiden, sollte das Relais in der Ruhelage stets auf „unverstärkt“ geschaltet sein.

Der vom Röhrenverstärker empfangene Zeichenstrom wird auf das mit E_1 bezeichnete Elektromagnetsystem geleitet, das auf den Verstärker M_1 wirkt, der

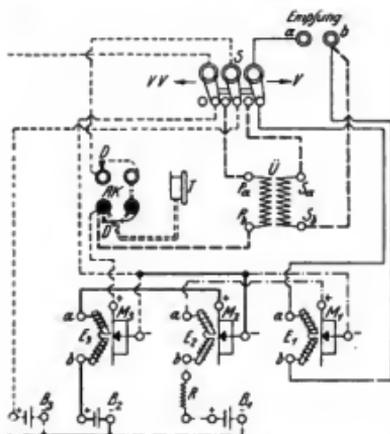


Abb. 125. Schaltschema eines „Nachschaltrelais“ der Firma Telegrafon G. m. b. H.

mit der Batterie B_1 und mit dem Elektromagnetsystem E_2 über einen Widerstand R verbunden ist. Mittels des Widerstandes R kann die Strom- bzw. die Lautstärke reguliert werden. Verstärker M_2 ist über Batterie B_2 mit dem Elektromagnetsystem E_2 verbunden, Verstärker M_3 ist wiederum mit Batterie B_3 und mit den Telefonanschlußklinken AK zusammengeschaltet.

Wird das Telefon T in die Klinken AK gesteckt, so gibt es die schwach empfangenen Zeichenströme wieder. Wird der Schalter S umgelegt, so führen die mit Empfang bezeichneten Klinken an einen Übertrager, in dem der Strom für ein niedrigohmiges Telefon umgeformt wird. An der anderen Wicklung P_e und P_s des

Übertragers liegen die Telefonanschlußklinken AK bzw. das Telefon T . Ist der Schalter S auf die Klemmen U_p gelegt, so sind die Batterien ausgeschaltet.



Abb. 126. „Elektropneumatisches Relais“ von Dr. Stille.

d) Das elektropneumatische Relais von Dr. Stille.

Um eine noch größere Endlautstärke zu erreichen, als sie die bekannten Niederfrequenzverstärker an sich und mit dem hintergeschalteten Nachschaltrelais er-

geben, wurden mit Erfolg elektropneumatische Relais nach dem System Dr. Stille durchgebildet. Ihr Prinzip ist folgendes:

Die menschliche Sprache kommt bekanntlich dadurch zustande, daß durch den Blasebalg der Lunge ein Luftstrom (bei mittlerer Lautstärke von etwa 200 mm Wassersäule = $\frac{1}{40}$ Atm. Druck) durch die fast geschlossenen Stimmritzen des



Abb. 127. Telegraphie-Ges. m. b. H. System Stille: Elektropneumatisches Relais.
(Höhe — ohne Schalltrichter — 13 cm, größte Breite 35 cm.)

Kehlkopfes gedrückt wird. Die Stimmbänder werden dadurch zum Schwingen gebracht, und durch willkürliche verschiedene Spannung derselben werden die verschiedenen Töne erzeugt. Die Stellung von Mundhöhle, Zunge und Zähnen kommt zwar beim artikulierten Sprechen auch noch hinzu, spielt aber eine untergeordnetere Rolle. Grundbedingung der Lauterzeugung sind daher ein unter geeignetem Druck stehender Luftstrom und eine feine Öffnung, in der Art eines Ventils, durch die derselbe gepreßt wird. Durch Erweitern und Verengen dieses Ventils im Tempo der Schallschwingungen wird dem Luftstrom der Ton in Form von Druckschwankungen aufgezwungen.

Auf diesem Prinzip des menschlichen Sprachorgans beruht auch die Wirkungsweise des pneumatischen Verstärkers. Es besteht demnach aus einem Gebläse in Form einer Luftpumpe, die von irgendeiner Kraftquelle angetrieben wird und die in Anbetracht der gewünschten großen Lautstärke nicht nur $\frac{1}{100}$, sondern etwa $\frac{1}{2}$ Atm. Druck erzeugt; ferner besteht er aus dem eigentlichen lautbildenden Teil, einem sehr exakt gearbeiteten Schlitzventil aus Metall, dessen Bewegungen auf elektrischem Wege dadurch hervorgerufen werden, daß es in gleicher Weise wie ein Telephon in den Stromkreis eines Mikrophons eingeschaltet ist. Die beim Sprechen gegen das Mikrophon erzeugten Stromschwankungen bewirken auf mag-



Abb. 128. Telegraphie-Ges. m. b. H., System Stille; Pneumatisches Relais mit Mikrophon und Flugzeug-Sprengerät der Firma Arnheim.

netischem Wege das schnelle Öffnen und Schließen des Schlitzventils im Tempo der Sprachschwingungen.

Falls Luft von geeignetem Druck (etwa $\frac{1}{2}$ Atm.) und in genügender Menge nicht sonstwie zur Verfügung steht, wird zum Betrieb des pneumatischen Verstärkers eine kleine rotierende, durch einen Elektromotor angetriebene Kapselluftpumpe benutzt. Motor und Pumpe sind in ein Gehäuse eingebaut, welches zugleich als Windkessel dient. Zur Gewichtersparnis sind Pumpe und alle Metallteile mit Ausnahme des Motors aus Aluminium gebaut.

Das Ventil besteht aus 2 Messingkreisplatten, von denen jede eine Anzahl von konzentrischen Schlitzten enthält, und zwar so, daß beim Aufeinanderlegen der beiden Platten die freien Schlitzte der einen Platte gerade durch die Metallringe der anderen bedeckt werden. Eine der beiden Ventilplatten ist fest, die andere unter angemessener Spannung beweglich derart, daß im Ruhestand das Ventil geschlossen ist. Die bewegliche Ventilplatte ist ähnlich einer Telephonmembrane

dem Kraftfeld eines Elektromagneten ausgesetzt; werden in diesen veränderliche Ströme geschickt, etwa wie sie ein besprochenes Mikrophon im Kreise einer Stromquelle liefert, so wird die Ventilplatte im Tempo dieser Stromschwankungen bewegt und dadurch das Ventil mehr oder weniger geöffnet. Wenn nun die Luftpumpe in Gang gesetzt wird, so werden dem Luftstrom, der durch das Ventil gepreßt wird, diese Schwankungen ebenfalls mitgeteilt, die sich dann als Schall-schwankungen offenbaren. Bei dem verhältnismäßig hohen Druck, unter dem der Luftstrom steht, sind auch die Druckschwankungen erheblich größer als bei der menschlichen Sprache, und da die Lautstärke nur durch die Größe der Druckschwankungen bedingt ist, ist auch die Lautstärke des pneumatischen Verstärkers außerordentlich groß. Durch einen auf den pneumatischen Verstärker aufgesetzten Schalltrichter kann die mit normaler Lautstärke auf ein Mikrophon gerichtete Sprache in großen Räumen hörbar gemacht werden. Nach ungefähren Messungen ist die Lautstärke in diesem Falle mehrere hundert- (etwa 400) mal größer als bei den besten zur Zeit vorhandenen lautsprechenden Telephonen. Wird der Schall vom pneumatischen Verstärker mit Hilfe von Hörschläuchen direkt zum Ohr geleitet, so ist die Wiedergabe von solcher Stärke, daß eine Verständigung selbst bei dem größten äußeren störenden Lärm einwandfrei möglich ist.

Die Abb. 126, 127 und 128 zeigen die Bauart eines solchen pneumatischen Relais, wie es mit Erfolg in Flugzeugen versuchsweise verwendet wurde.

Abschnitt VII.

Fernhörer.

a) Allgemeines.

Der F.-T.-Empfang im Flugzeug ist in erheblich höherem Maße abhängig von der Art der Verwendung des Fernhörers, wie bei den Land-F.-T.-Stationen: Durch die große Geschwindigkeit des Flugzeuges und durch den dadurch hervorgerufenen starken Luftzug wird es notwendig, daß der Fernhörer möglichst fest und dicht an den Ohrmuscheln anliegt; denn sonst nimmt der Flugwind die leise ankommenden Zeichen einfach mit fort. Um ferner das laute Motorgeräusch einigermaßen abzdämpfen, müssen die Fernhörer derart in den Sturzhelm bzw. in die Kopfhäube eingepolstert werden, daß das Ohr gegen äußere Geräusche geschützt ist. Auf die Dauer ist jedoch das feste Anliegen der Fernhörer an die Ohrmuscheln schmerzhaft und unerträglich. Ein weniger festes Anliegen des Telephons hat aber wiederum sofort ein Abschwächen des F.-T.-Empfangs zur Folge; polstert man dafür den Sturzhelm oder die Haube um so dicker aus, so wird sie derart unförmig, daß sie den Piloten in der Bewegungsfreiheit behindert. Man sieht, daß die Lösung der Frage nicht ganz einfach ist, und tatsächlich ist es bis zum heutigen Tage nicht gelungen, eine Fernhörervorrichtung zu finden, die den Anforderungen des Fliegers in jeder Weise gerecht geworden wäre. Die beste Empfangsapparatur nutzt im Flugzeug nichts, wenn ihre Leistung durch schlechte Verwendung des Fernhörers wieder zuschanden gemacht wird.

Auch die Frage der Zuführungsleitung vom Empfänger zum Fernhörer ist sehr wichtig. Die Leitungen dürfen den Flieger in seinen Bewegungen, namentlich bei der Bedienung der Steuerorgane, nicht behindern. Der Beobachter darf sich beim Luftkampf nicht in den Strippen verwickeln. Die Erfahrung hat gezeigt, daß die Leitungen am zweckmäßigsten in oder unter den Fluganzug verlegt und am Fußende herausgeführt werden (vgl. Abb. 7 in Abschnitt II). Die Einstöpselung erfolgt alsdann am Flugzeugboden. Sie darf nicht zu lose sein, denn sonst gibt es Wackelkontakt, oder die Verbindung löst sich infolge der Vibrationen des Flugzeuges; andererseits muß sie wiederum leicht lösbar sein, damit sich der Pilot bei Bruchlandung schnell aus dem Flugzeug befreien kann.

Da bei den meisten Menschen die Hörschärfe beider Ohren ungleich ist, hat es sich als zweckmäßig herausgestellt, nur einen einzigen Hörer zu verwenden.

Dieses Verfahren hat auch elektrische und flugtechnische Vorteile. Bei einem einzigen Hörer tritt die im Empfang zur Verfügung stehende Energie naturgemäß mit doppelter Schallintensität auf. Auch braucht der Pilot das andere Ohr, um den Gang des Motors überwachen zu können, oder um beim Kriegsflug zu hören, ob er etwa beschossen wird. Um all diesen Verhältnissen gerecht zu werden, sind im Laufe der Zeit verschiedene Typen von Fernhörern ausgebildet worden.



Abb. 129. Telefunken: Sturzhelm mit eingebautem Telephon.

b) Verschiedene Ausführungsformen von Kopffernhörern.

Allgemein bewährt haben sich Fernhörern in einer Ausführungsform, wie sie bereits früher und auch heute noch bei Land- und Schiffsfunkstationen verwendet werden. Der Fernhörer ist dabei in dem Sturzhelm untergebracht (Abb. 129 und 130), kann aber auch in eine besondere Lederkappe eingebaut werden, die dann unter dem Sturzhelm getragen wird. Eine solche Lederkappe wird durch 4 Lederriemen für jede Kopfgröße passend gemacht. Zum Andrücken an das Ohr dient ein zum Abklappen eingerichteter Feststellbügel. Beim Empfang wird das Telephon durch diesen Bügel an das Ohr gedrückt; soll nicht empfangen werden, so kann der Feststellbügel beiseite geklappt werden, so daß der Druck vom Ohr fortgenommen wird. Die Telephone haben im allgemeinen 4000 Ohm.

Im letzten Kriegsjahr wurden mit Erfolg Versuche gemacht, das Telephon so zu verkleinern und gänzlich umzukonstruieren, daß es in das Ohr bis dicht an das Trommelfell eingeführt werden kann. Dadurch wird ein gutes Abdämpfen gegen äußere Geräusche und ein günstiges Ausnützen der Empfangsenergie ermöglicht. Eine derartige Konstruktion, ausgeführt nach den Angaben des dänischen Ingenieurs Eric Magnus Campbell Tigerstedt aus Kopenhagen, wurde mit Erfolg im Flugzeug praktisch erprobt.



Abb. 130.

Telefunken: Fliegerhaube mit eingebauten Kopfhörern.

In diesem Fall ist die Membran mit der zugehörigen Spule und einem permanenten Magneten in einer kleinen, zylindrischen Kapsel eingebaut, deren äußerer Durchmesser etwa 8 mm beträgt, so daß sie in das Ohr bis dicht an das Trommelfell eingeführt werden kann. Abb. 131 stellt einen Schnitt durch eine Ausführungsform eines solchen Telephons in vergrößertem Maßstabe dar. Abb. 132 und 133 zeigen Einzelheiten anderer Ausführungsformen des Telephons. Abb. 134 zeigt, wie das Eindringen von Ohrschmalz zu der Membran und ihre Beschädigung durch Einführung von spitzen Gegenständen durch die Öffnung in der äußeren Kapsel verhindert wird.

Bei der Ausführungsform nach Abb. 131 wird ein mit einem Kopf *t* versehene

permanenten Stahlmagnet *a* mit Polen *N* und *S* benutzt. Auf diesen Magnet ist eine zylindrische Kapsel *b* aufgeschraubt, die die übrigen Teile des Telephons umschließt und schützt. An einem Ende des Magnets *a* ist ein weicher Eisenkern *c* befestigt, auf den eine Spule *d* gewickelt ist. Die Verbindungsleitungen können aus der Kapsel beispielsweise durch eine zentrale Durchbohrung des Magneten *a* oder durch Nuten in dessen Seiten nach außen geführt werden. Die Membran *e* des Telephons wird in passendem Abstand von dem Eisenkern *c* durch einen Ring *f* und zwischen diesem und einer dünnen Platte *g* gehalten. Die Öffnung *h*

ist zweckmäßig trichterförmig erweitert, wie in der Zeichnung angegeben, wodurch eine Resonanzwirkung entsteht, die die Wiedergabe des Gespräches verstärkt.

Um eine schädliche Streuung der Kraftlinien des permanenten Magnetfeldes zu vermeiden, kann das eine Ende des Magneten *a* die Form eines abgestumpften Kegels erhalten, wie in Abb. 131 durch die punktierten Linien *l* angedeutet ist.

Bei der Anordnung nach Abb. 132 ist der feste Eisenkern *c* durch einen einstellbaren Eisenkern *C* ersetzt, der einen ränderierten Kopf *H* hat und durch ein Gewindeloch des Magneten *a* geschraubt ist. Hierdurch kann das der Membran zugekehrte Ende des Eisenkerns *C* in einem geeigneten Abstand von der Membran eingestellt werden, so daß das Ausschwingen der letzteren und dadurch die Wiedergabe des Gespräches geregelt werden kann. Um zu verhindern, daß der Kern *C* gegen die Membran geschraubt wird, wodurch diese beschädigt werden würde, hat der Kopf einen Anschlagbund *k*.

Abb. 131.

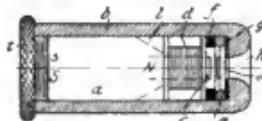


Abb. 133.

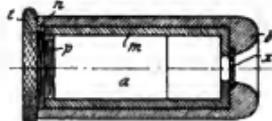


Abb. 132.

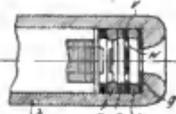


Abb. 134.

Das Flieger-Innentelephon nach E. Tigerstedt.

Bei der Anordnung nach Abb. 131 wie auch bei derjenigen nach Abb. 132 kann der Stahlmagnet *a* durch einen isolierenden Körper derselben Form ersetzt werden. Um ein und dasselbe Telefon in Verbindung mit Kapseln von verschiedener Form und verschiedener Bauart verwenden zu können, versieht man zweckmäßigerweise den Magnet *a* mit Schraubengewinden *n* und *p* von verschiedenen äußeren Durchmessern wie in Abb. 133 angedeutet, worauf eine äußere Kapsel *b* und eine innere Kapsel *m* geschraubt sind, von denen die letztere die Membran in ähnlicher Weise, wie in Abb. 131 angedeutet, festhält und in fester Verbindung mit dem Magnet *a* bleibt, während die äußere Kapsel *b* nach Belieben durch eine andere ersetzt werden kann, die ein anderes Aussehen oder einen anderen äußeren Durchmesser hat. In der Kapsel *b* wird zweckmäßig ein Gitter *x* aus Silber oder Argentin befestigt, das das Eindringen von Schmutz und Ohrschmalz verhindert. Zu gleichem Zweck kann eine mit Löchern *w* längs des Umkreises versehene Scheibe *v* benutzt werden, welche zwischen 2 Ringen *o* und *u*, wie in Abb. 134 angedeutet, festgehalten wird.

Eine ähnliche Ausführungsform ist auch von der Firma „Telegrafiegesellschaft m. b. H., System Stille“ gebaut worden (Abb. 135).

Die Vorteile dieser Innentelephone bestehen darin, daß zur Erzielung derselben Lautstärke viel weniger Schallenergie als beim äußeren Telephon erforderlich ist und ein guter Abschluß des Ohres gegen äußere Motorgeräusche usw. ermöglicht wird.

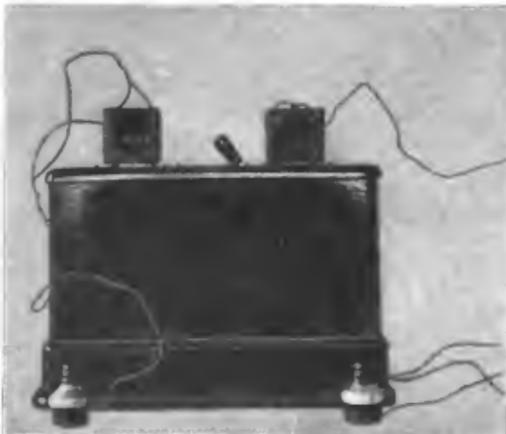


Abb. 135. Mechanischer „Zweifach-Verstärker“ mit eingestöpselten „Flieger-Innentelephon“ von Dr. Stille.

Nachteile sind im wesentlichen darin zu erblicken, daß von einer gewissen, für ein Telephon zur Verfügung stehenden elektrischen Energie in dem Innentelephon weniger Energie in Schallenergie umgesetzt werden kann, als in den großen äußeren Telephonen, weil das magnetische Feld des

kleineren nicht unterteilten Stabmagneten sehr viel schwächer ist, als das Feld des unterteilten Hilfsisenmagneten im normalen Telephon, und weil der Wirkungsraum sehr viel kleiner ist als beim normalen Telephon. Daher ist der Ohm'sche Widerstand bei gleicher Selbstinduktion sehr viel größer, und es wird verhältnismäßig mehr Energie in Joulesche Wärme umgesetzt.

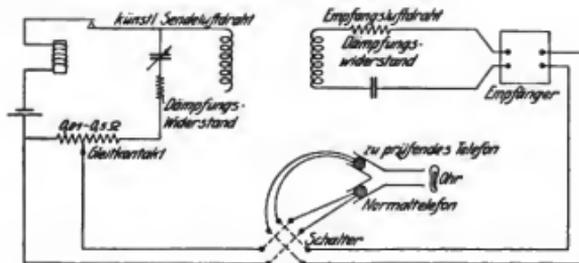


Abb. 136. Schema einer Meßanordnung für Fernhörer-Untersuchungen.

e) Prüfmethode von Kopffernhörern.

Um die Güte und Brauchbarkeit der verschiedenen Fabrikate der einzelnen Firmen zu prüfen, wurden Meßanordnungen ausgebildet und benutzt, die es er-

möglichten, die Fernhörer möglichst in derselben Anordnung wie beim praktischen Gebrauch zu benutzen und quantitative Messungen durchzuführen. Das Schema einer solchen Meßanordnung ist aus Abb. 136 ersichtlich. Durch Umliegen des Schalters wird nacheinander der Vergleichsfernörer und der zu prüfende Fernörer eingeschaltet. Beide sind in einem Kasten montiert, von dem aus 2 sich vereinigende Rohre zum Ohr führen. Statt diese Vorrichtung zu benutzen, kann man auch den Vergleichsfernörer an das rechte Ohr und die zu prüfenden Fernörer nacheinander an das linke Ohr bringen, wobei die Genauigkeit indessen geringer ist.

Das Vergleichstelephon wird durch den Summerstrom erregt. Die als Maß der Lautstärke anzusehende Stromstärke in ihm ist proportional dem Abzweigwider-

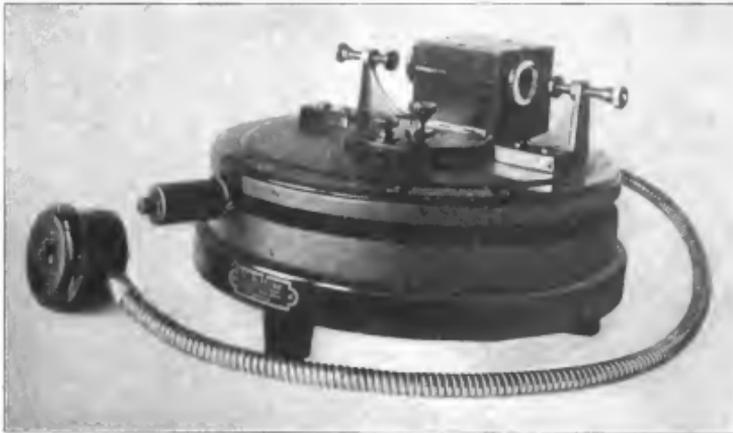


Abb. 137. Firma Dr. R. Hase, Hannover; Telephon-Vergleichsbrücke.

stand, an welchem der Vergleichsfernörer durch den Gleitkontakt gelegt wird. Aus dem Verhältnis der Abzweigwiderstände (die selbstinduktionsfrei sind), die bei zwei zu prüfenden Fernörern gleiche Lautstärke mit dem Vergleichsfernörer liefern, ergibt sich das Verhältnis der Lautstärke der beiden Fernörer.

Nach obiger Meßanordnung wurden beispielsweise untersucht:

5 Fernörer von 4000 Ohm von der Firma Schuchardt						
5	"	"	6000	"	"	"
5	"	"	10000	"	"	"
4	"	"	4000	"	"	Telefunken-Ges.
1	"	"	1000	"	"	Seibt
1	"	"	1250	"	"	"
1	"	"	3200	"	"	"
1	"	"	5000	"	"	"
1	"	"	8000	"	"	"
5	"	"	3000	"	"	"

Die Ergebnisse waren folgende:

Die hochohmigen Schuchardtschen Fernhörer waren in ihrer Lautstärke durchschnittlich 1,5 mal besser als die normalen 1000-Ohm-Fernhörer.

Die 4000ohmigen Fernhörer der Telefunken-Gesellschaft verhalten sich ähnlich wie die hochohmigen Schuchardtschen Fernhörer. Insbesondere zeigten die 4000 ohmigen Doppelkopffernhörer eine wesentliche Verbesserung der Lautstärke gegenüber den 1000ohmigen Telephonen, die darauf beruht, daß 2 Fernhörer hintereinandergeschaltet sind, die zusammen den doppelten Wirkungsraum und die doppelte Selbstinduktion haben wie ein Fernhörer allein.



Abb. 138. Firma Dr. R. Hase, Hannover: Telefon-Vergleichsbrücke.

Von den Seibtschen Fernhörern zeigte sich am günstigsten der 3200ohmige Fernhörer. Er ergibt durchschnittlich etwa die fünffache Lautstärke wie die normalen 1000ohmigen Fernhörer. Dies beruht wohl im wesentlichen darauf, daß die Selbstinduktion des 3200-Ohm-Fernhörers etwa 5 Henry, während die der normalen 1000-Ohm-Fernhörer nur 1 Henry beträgt.

Mit Rücksicht auf diese Prüfergebnisse und die Möglichkeit einer schnellen Fabrikation wurden meistens 4000-Ohm-Fernhörer gebaut und verwendet.

Abb. 137 und 138 zeigen eine andere Prüfeinrichtung, die von der Firma Dr. R. Hase Hannover, nach Angaben von Herrn Leutnant d. R. Dr. Hase gebaut wurden. Die Anordnung besteht aus einer Telefonvergleichsbrücke, wobei ein normales Telefon von 4000 Ohm zum Vergleich mit dem zu prüfenden Fernhörer verwendet wurde.

Abschnitt VIII.

Bordgerät nach dem System des tönenden Löschfunktens.

a) Stromquellen.

1. Allgemeine Anforderungen an die Leistung der Generatoren.

Es ist bereits im Abschnitt I darauf hingewiesen worden, wie sehr die Entwicklung der Fliegerfunkentelegraphie bei Beginn des Weltkrieges noch in den Anfängen steckte. Zwar war bereits durch einige Versuche die Möglichkeit einer F.-T.-Verständigung vom Flugzeug zum Erdboden und umgekehrt festgestellt. Es waren auch von verschiedenen Firmen, insonderheit von „Telefunken“ und „Huth“, einzelne Spezialtypen für Flugzeuge ausgebildet worden, die jedoch in keiner Weise den Anforderungen des Krieges entsprachen. Sie eigneten sich insbesondere auch nicht für einen Masseneinbau, wie er im weiteren Verlauf des Weltkrieges erforderlich wurde.

Bei Kriegsbeginn nahm naturgemäß die Fliegertruppe ein erhöhtes Interesse an der Entwicklung von F.-T.-Geräten für Flugzeuge. Bei den damaligen Versuchen griff man zurück auf die im Abschnitt I ausführlicher beschriebenen, im Frieden entwickelten Spezialtypen, die jedoch entsprechend dem Fortschreiten der funkentelegraphischen Technik des letzten Friedensjahres umkonstruiert wurden. Besondere Schwierigkeiten machte die Frage der Stromquelle. Die ersten Sender nach der neuen Ausführung, die bereits im Dezember 1914 an die Front zur Erprobung gingen, waren einwellige tönende Sender für eine 150-m-Welle ohne Empfangseinrichtung. Dieses Gerät war mit einem Hammerinduktor ausgerüstet. Als Kraftquellen dienten Batterien aus Durafeldelementen. Das Gewicht dieses Senders betrug 10,8 kg.

Die Versuche ergaben eine erhebliche Betriebsunsicherheit infolge der Verwendung von Batterien. Es wurde daher ein neuer Sender gebaut, der sich von der ersten Type durch Anwendung einer Wechselstrommaschine an Stelle der galvanischen Batterien unterschied, welche durch einen Propeller angetrieben wurde. Die Maschine selbst besaß einen permanenten Magneten mit Wechselstromanker. Die Versuche mit ihr hatten ein befriedigendes Ergebnis. Es wurde eine bei weitem größere Betriebsicherheit erreicht als mit dem Batteriesender. Gleichzeitig gelang eine Steigerung der Reichweite von ca. 20–30 km auf ca. 40–60 km.

Bevor jedoch diese Maschine zur allgemeinen Einführung gelangte, ging man von der Magnetmaschine auf Wechselstrommaschinen mit eingebauter Erregermaschine über. Der Gleichstromteil und der Wechselstromteil wurde hierbei auf ein und dieselbe Achse gesetzt. Die Erregung konnte durch einen Schieberwiderstand, der am Sender befestigt war, beliebig geregelt werden. Späterhin wurde der Widerstand vom Sender in die Wechselstrommaschine selbst hineinverlegt.

Aus Gründen größerer Betriebssicherheit, leichteren Gewichts und geringeren Umfanges ist man während der ganzen Dauer des Krieges grundsätzlich bei der Verwendung von Dynamomaschinen als Stromquellen geblieben. Die Eigenart der verschiedenen Flugzeugtypen und ihre Verwendung für bestimmte militärische Zwecke stellten an die Leistungen der Generatoren bezüglich Stromart, Energieerzeugung und konstruktiven Zusammenbau die verschiedensten Anforderungen. Aus dem Prinzip der notwendigen großen Gewichts- und Raumersparnis im Flugzeug muß eine zentrale elektrische Stromquelle angestrebt werden. Im allgemeinen wird zu folgenden Zwecken Strom gebraucht:

Gleichstrom für Beleuchtungszwecke, und zwar zum Betriebe von Positionslampen, Scheinwerfern, Innenbeleuchtung und Instrumentenbeleuchtung.

Gleichstrom oder Wechselstrom für Heizzwecke, und zwar: Heizung der Kabinen, der einzelnen Flugzeugbesatzungen, der Steuerhebel, von Teilen des Motors und der Maschinengewehre.

Dreiphasenstrom für den Betrieb von Kreiselanlagen, und zwar von: Kreiselneigungsmesser (Lagenweiser), Stabilisatoren (Flugzeugstabilisator, Stabilisator des Reihenbildners), Kreiselkompaß.

500 periodiger Wechselstrom oder Gleichstrom von 500–750 Volt Spannung zum Betriebe des drahtlosen Senders.

Gleichstrom in den Grenzen von 35–100 Volt zum Betriebe der Anodenbatterien von Lautverstärkern.

Gleichstrom von 6–12 Volt als Heizspannung für Kathodenröhren.

Gleichstrom oder Wechselstrom für elektrische Maschinentelegraphen innerhalb des Flugzeuges (insbesondere Groß- und Riesenflugzeuge).

Gleichstrom für Flugzeugbordtelefon oder Flugzeugverständigungsgerät.

Würde man für jeden dieser Zwecke eine besondere Stromquelle einbauen, so würde nie ein Minimum an Gewicht und Umfang erzielt werden. Es ist deshalb erforderlich geworden, Generatoren zu bauen, die auf derselben Achse eine Wechselstrommaschine, eine Gleichstrommaschine und einen Dreiphasenteil tragen derart, daß die verschiedenen Stromarten getrennt voneinander und alle drei gleichzeitig bei voller Leistung abgenommen werden können.

Man baute für die einzelnen Flugzeugarten Einheitsgeneratoren von etwa folgenden Leistungen:

Für Einsitzer und Doppelsitzer (B-, D- und C-Flugzeuge) Gleichstrom-Wechselstrom-Generatoren, welche bei 4500 Umdrehungen in der Minute 250 Watt Wechselstrom von 500 Perioden für die F.-T. und gleichzeitig ca. 200 Watt Gleichstrom von 50 Volt Spannung für Heiz- und Beleuchtungszwecke geben. Gewicht ca. 9 kg.

Für Großflugzeuge (G-Flugzeuge) werden zwei der eben genannten Generatoren auf dieselbe Achse gesetzt und dadurch die doppelte Leistung von etwa 500 Watt Wechselstrom und 400 Watt Gleichstrom erzielt.

Für Riesenflugzeuge Gleichstrom-Wechselstrom-Generatoren, welche bei 1600 Umdrehungen in der Minute 1000 Watt Wechselstrom von 500 Perioden für die F.-T. und gleichzeitig 800 Watt Gleichstrom von 50 Volt Spannung für Heiz- und Beleuchtungszwecke leisten. Gewicht ea. 25 kg. Gegebenenfalls wird bei dieser Maschine noch ein Drehstromteil von Dreiphasenstrom von 333 Perioden hinzugesetzt.

Auf Speisung der Anoden und Kathoden der Lautverstärker durch die Generatoren mußte vorläufig Verzicht geleistet werden, da Maschinenstrom infolge der unvermeidlichen Schwankungen für derartige konstante Verhältnisse vorläufig nicht ausreichte. Diese Entwicklung ist der Zukunft noch vorbehalten.

2. Die verschiedenen Arten des Antriebes.

I. Propellerantrieb.

Der Propellerantrieb hat den Nachteil, daß er einen erheblichen Luftwiderstand bietet. Er wirkt daher für das Flugzeug durch Verringern der Geschwindigkeit flugtechnisch ungünstig. Ist der Generator beispielsweise am oberen Spannturm befestigt, so kann die Maschine dadurch schwanzlastig werden, umgekehrt kann bei Befestigung des Generators am Fahrgestell das Flugzeug kopflastig werden. Der Vorteil des Propellerantriebes beruht in der Möglichkeit, unabhängig vom Flugzeugmotor oder einem besonderen Motoraggregat auch dann dem Generator noch Strom zu entnehmen, wenn das Flugzeug im Gleitflug zur Landung ansetzt. Dieses ist vor allen Dingen für Wasserflugzeuge wichtig, insbesondere bei Notlandungen, um vom Flughafen noch rechtzeitig Hilfe herbeizuholen. Trotz der ungünstigen flugtechnischen Eigenschaften ist daher bei Wasserflugzeugen für die ganze Dauer des Krieges der Propellerantrieb beibehalten worden.

Um den Bau der kleinen Propeller für F.-T.-Generatoren hat sich insonderheit die Firma Reschke, Berlin, verdient gemacht. Ein solcher Propeller ist in Abb. 139 abgebildet in Verbindung mit einer Gleichstrom-Wechselstrom-Maschine für C-Flugzeuge.

Die Tourenzahl des Generators bei Propellerantrieb kann auf zwei verschiedene Arten geregelt werden, entweder, indem man die Steigung des Propellers verändert, oder durch Höher- und Tiefersetzen des Generators am Spannturm oder am Fahrgestell. Durch ein solches Höher- bzw. Tiefersetzen wird erreicht, daß der Generator mehr oder weniger dem Propellerwind des Flugmotors ausgesetzt wird. So ergaben sich z. B. bei Versuchen an einem Kampfeinsitzer der Halberstädter Flugzeugwerke, Typ D 401 mit einem Generator Typ B „Telefunken“, folgende Umdrehungszahlen:

Generator am Fahrgestell so hoch wie möglich unmittelbar unter dem Flugzeugrumpf angebracht:

Reschke-Type „Ah“	durchschnittlich	3800 Umdrehungen in der Minute
„ „ „Ao“	„	3900 „ „ „ „
„ „ „Af“	„	5000 „ „ „ „
„ „ „E“	„	5300 „ „ „ „

Derselbe Generator 15 cm am Fahrgestell tiefer gesetzt:

Reschke-Type	„Ah“	durchschnittlich	4000	Umdrehungen	in	der	Minute
„	„	„Ao“	4100	„	„	„	„
„	„	„Af“	5000	„	„	„	„
„	„	„E“	6000	„	„	„	„



Abb. 139. Telefunken: Generator Type C für C-Flugzeuge mit aufgesetztem Propeller.

Ein weiterer Nachteil des Propellerantriebs ist der Tourenabfall bei Belastung des Generators infolge Tastendruck. Der Tourenabfall hat naturgemäß ein Abfallen des Tones zur Folge und wird infolgedessen der Empfang unsicher. Der schwedische Ingenieur Thörnblad machte deshalb den Vorschlag, auf die Achse des Generators eine Schwungscheibe zu setzen, um dadurch bei Tastendruck den Tourenabfall etwas zu mindern. Eine solche Schwungscheibe mit einem Durchmesser von 19,5 cm und einem Gewicht von 2 kg wurde an einem Generator der Firma Huth in einer Rumpier-C-Maschine angebracht und ihre Wirkung an zwei Flugtagen eingehend geprüft. Unmittelbar nach Feststellung des Tourenabfalls mit Schwungscheibe bei allen Wellen und zwei verschiedenen Energiestufen wurde gelandet, die Schwungscheibe entfernt und sofort wieder gestartet, um die entsprechenden

Zahlen ohne Schwungscheibe festzustellen. Die Flughöhe war beim ersten Versuch 2100 m, beim zweiten Versuch wegen niedriger Wolkendecke 1000 m. Die dabei beobachteten Zahlen sind in der Tabelle 19 zusammengestellt. Die auffallende Vermehrung der Tourenzahl mit Schwungscheibe beim ersten Versuch war beim zweiten Versuch nicht mehr zu beobachten. Sie ist wohl auf schlechtes Arbeiten des Flugmotors infolge der großen Kälte beim Fluge ohne Schwungscheibe zurückzuführen, dem der Flug mit Schwungscheibe und die Zwischenarbeit am Generator vorherging. Die Wirkungsweise der Schwungscheibe ist am besten aus der Tabelle 20 zu erkennen, die den Tourenabfall in Prozenten angibt. Die größte Abweichung des mittleren Wertes einer Beobachtung ist hier 0,6%, eine Genauigkeit, die für diese Versuchszwecke vollständig ausreicht. Während innerhalb dieser Grenze irgendeine Wirkung der Schwungscheibe bei schwacher Energie nicht zu bemerken ist, zeigt sich bei starker Energie eine geringe Herabminderung des Tourenabfalles, im günstigsten Fall von 1,2%. Ein wesentlich langsames Eintreten des Tourenabfalls mit Schwungscheibe wurde nicht beobachtet. Dieser geringe Gewinn der Verminderung des Tourenabfalles um $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{7}$ seines Betrages verschwindet gegenüber dem Rückschritt in bezug auf die Mehrbelastung durch das Gewicht der Schwungscheibe von 2 kg.

Tabelle 19.

Tourenabfall des Generators und Ausschlag des Amperemeters ohne und mit Schwungscheibe bei 2 Versuchsflügen.

		Welle 150				Welle 200				Welle 250			
		1. Versuch		2. Versuch		1. Versuch		2. Versuch		1. Versuch		2. Versuch	
		ohne Scheibe	mit Scheibe	o. S.	m. S.								
Schwache Energie	ohne Tastendruck	4250	4400	4550	4450	4250	4450	4600	4400	4250	4450	4600	4600
	Dauer-Tastendruck	4100	4250	4400	4300	4100	4250	4450	4300	4100	4300	4500	4500
	Ampere	1,0	1,0	1,1	1,0	1,7	1,5	1,5	1,6	1,5	1,6	1,5	1,7
Starke Energie	ohne Tastendruck	4150	4350	4500	4400	4250	4350	4500	4400	4250	4350	4500	4500
	Dauer-Tastendruck	3850	4050	4200	4100	3950	4100	4150	4050	3950	4100	4200	4250
	Ampere	1,7	1,7	1,8	1,8	2,4	2,6	2,5	2,5	2,5	2,6	2,4	2,5

Tabelle 20.

Tourenabfall in % der Tourenzahl des unbelasteten Generators ohne und mit Schwungscheibe bei 2 Versuchsflügen.

		Welle 150			Welle 200			Welle 250		
		1. Versuch	2. Versuch	Mittel	1. Versuch	2. Versuch	Mittel	1. Versuch	2. Versuch	Mittel
Schwache Energie	ohne Scheibe	3,5	3,3	3,4	3,5	3,5	3,5	3,5	2,2	2,9
	mit Scheibe	3,4	3,4	3,4	4,5	3,4	4,0	3,4	2,2	2,8
Starke Energie	ohne Scheibe	7,2	6,7	7,0	7,1	7,1	7,1	7,1	6,7	6,9
	mit Scheibe	6,9	6,8	6,9	5,8	5,8	5,8	5,8	5,5	5,7

Bemerkenswert sind die großen Schwankungen in den Tourenzahlen des unbelasteten Generators sowohl mit als ohne Schwungrad infolge der verschiedenen Geschwindigkeiten des Flugzeuges beim Steigen, Horizontalflug und Gleitflug. Während die niedrigste beobachtete Tourenzahl 4150 war, wurde als höchste 4600 erreicht, doch wurde zeitweise bei besonders starkem Drücken der Maschine auch die Zahl 5100 beobachtet.

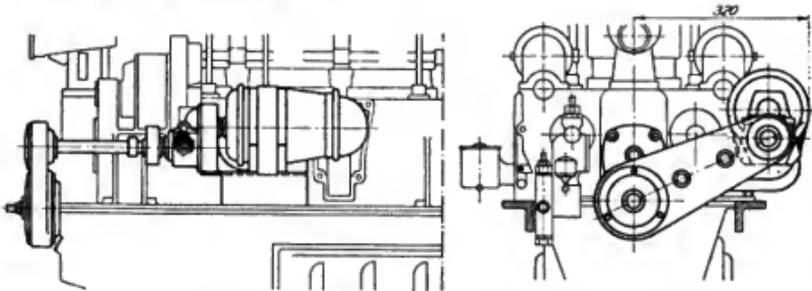


Abb. 140. Direkter Antrieb der Wechselstrommaschine D/17 bei dem Benz-Flugmotor Bz. 4. (Anordnung hinten links.)

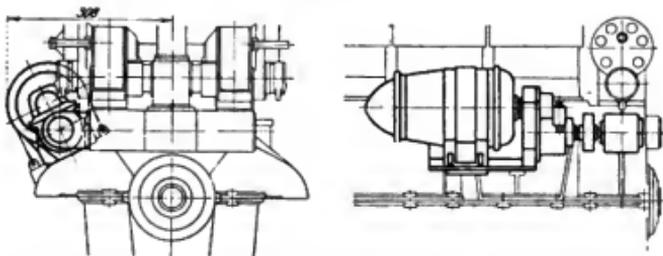


Abb. 141. Direkter Antrieb der Wechselstrommaschine D/17 bei dem Flugmotor der Bayrischen Motoren-Werke B. M. W. 3 a. (Anordnung hinten rechts.)

II. Die direkte Koppelung mit dem Flugzeugmotor.

Mit Rücksicht auf die flugtechnischen Nachteile des Propellerantriebes wurde vom Frühjahr 1917 ab allgemein bei Einsitzern und Doppelsitzern der direkte Antrieb des Generators durch den Flugmotor eingeführt. Besondere Schwierigkeiten bereitete hierbei die Notwendigkeit, sämtliche Flugmotoren nunmehr mit einer besonderen Antriebsvorrichtung versehen zu müssen. Diese Schwierigkeit war in Anbetracht der ca. 25 flugmotorenbauenden Firmen sehr beträchtlich. Sie wurde jedoch durch die Tätigkeit des Hauptmanns d. R. Dipl.-Ing. Lange in gemeinsamer Arbeit mit der Firma Otto, München, gelöst. Die Otto-Werke

brachten eine sehr brauchbare Kopplung heraus, die sich während der ganzen Dauer des Krieges hervorragend bewährt hat. In den Abb. 140—144 sind einige

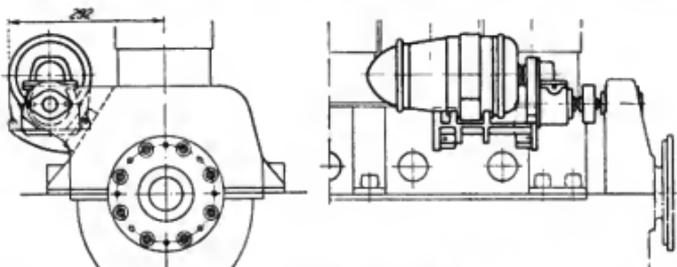


Abb. 142. Direkter Antrieb der Wechselstrommaschine D/17 bei dem Maybach-Flugmotor Mb IV a. (Anordnung vorne links.)

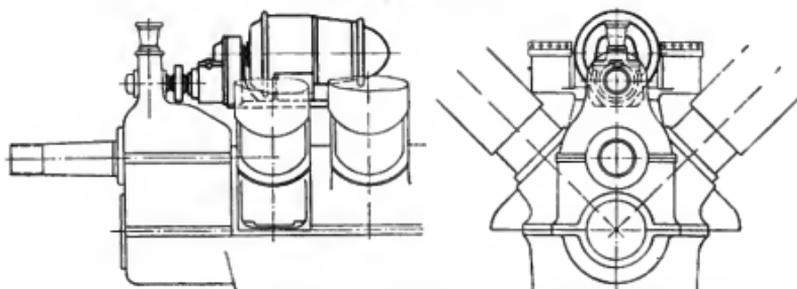


Abb. 143. Direkter Antrieb der Wechselstrommaschine D/17 bei dem Daimler V-Form-Motor D III b (Anordnung vorne zwischen den Zylindern.)

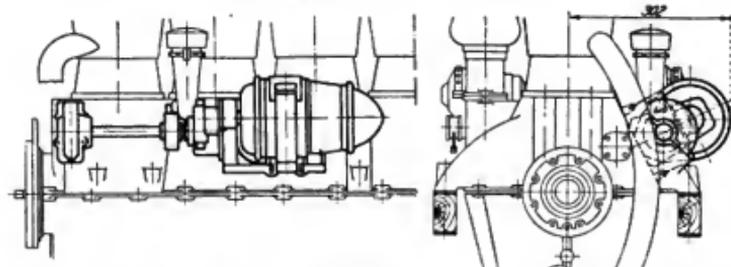


Abb. 144. Direkter Antrieb der Wechselstrommaschine D/17 bei dem Flugzeugmotor M. A. N. (Anordnung hinten links.)

Ausführungsformen dieses direkten Antriebes der Wechselstrommaschine bei Flugmotoren verschiedener Bauart wiedergegeben.

III. Antrieb durch besonderes Motor-Aggregat.

Im Riesenflugzeug erwies sich ein Antrieb des Generators mittels Propellers als unzweckmäßig. Die 1000-Watt-Maschine verlangte einen Propeller von ca. 75 cm Durchmesser, der einen derartigen Luftwiderstand hervorrief, daß aus flugtechnischen Rücksichten ein Verzicht auf diese Lösung notwendig wurde; ferner gelang



Abb. 145. Bosch-Aggregat mit angebautem F.T.-Dynamo im Riesenflugzeug.

es nicht, die nötige Tourenzahl von 1000 Umdrehungen zu erreichen und bei Tastendruck einigermaßen konstant zu erhalten.

Der direkte Antrieb von einem der 5 Flugmotoren scheiterte an dem starken Schleudern des Motors. Versuche ergaben, daß die Motorenachse um mehrere Millimeter schleuderte, so daß jede Kupplung nach kurzer Betriebsdauer einfach zerriß. Man ging daher beim Riesenflugzeug auf den Antrieb durch einen besonderen

kleinen Benzinmotor über. Eine geeignete Konstruktion wurde in dem bekannten vorzüglichen Zweizylinder-Viertaktmotor der Firma Bosch, Stuttgart, gefunden. Er arbeitete mit Luftkühlung, und sein Gesamtgewicht betrug einschließlich Zubehör, Brennstoff und Ölvorrat für etwa 5 Stunden Betriebsdauer 75 kg. Abb. 145 zeigt einen solchen Bosch-Motor in einem Riesenflugzeug der Gothaer Waggonfabrik eingebaut.

3. Prüfung der von der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie und der Firma Dr. Erich F. Huth gebauten F.-T.-Einheitsgeneratoren.

Beide F.-T.-Einheitsgeneratoren wurden unter vollständig gleichen Verhältnissen an Sendern der beiden Gesellschaften bzw. an Belastungswiderständen angelegt und die zur Beurteilung notwendigen Daten (Leistung, Erwärmung) festgestellt.

Versuchsergebnisse.

Generator der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie.

Gewicht mit Anschlüssen: 9,8 kg.

Abmessungen: Länge 285 mm (ohne Achsen), größter Durchmesser 155 mm, kleinster Durchmesser 135 mm.

Größte Leistung auf Belastungswiderstände:

- a) Wechselstrom allein 412 Watt;
- b) Gleichstrom allein 300 Watt;
- c) Wechsel- und Gleichstrom gleichzeitig 328 Watt und 277 Wattstrom.

Generator der Dr. Erich F. Huth, G. m. b. H.:

Gewicht mit Anschlüssen 8,0 kg.

Abmessungen: Länge 205 mm (ohne Achsen), größter Durchmesser 150 mm, kleinster Durchmesser 150 mm.

Größte Leistung auf Belastungswiderstände:

- a) Wechselstrom allein 295 Watt;
- b) Gleichstrom allein 320 Watt;
- c) Wechsel- und Gleichstrom gleichzeitig 266 Watt und 285 Wattstrom.

Generator der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie:

Erwärmung.

Offener bzw. halboffener Generator: Bei einer Dauerbelastung mit 200 Watt Gleichstrom und einer Telegraphierbelastung (5 Minuten Strich; 5 Minuten Pause) wird das Wärmegleichgewicht nach 60 Minuten mit 54° C erreicht: Übertemperatur 29° C.

Geschlossener Generator: Bei gleicher Belastung wird das Wärmegleichgewicht nach 72 Minuten mit 61° C erreicht: Übertemperatur 42° C.

Tabelle 21.

Prüfung der Zusammenarbeit mit dem Sender und Tonprüfung bei $\lambda = 250$ m.

Prüfung mit Sender der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, Umdrehungszahl 4590, belastet.

Tonhöhe	Tongüte	Watt Primär	Antennen Ampere	
1000	gut	245	1,8	} Schaltung „stark“
500	gut, aber sehr labil	135	1,28	
300	gut, leicht knarrend	95	1,0	} ohne Gleichstromentnahme
1000	gut	100	1,0	
500	gut	100	0,7	} Schaltung „schwach“
				} ohne Gleichstromentnahme

Generator der Dr. Erich F. Huth G. m. b. H.:

Erwärmung.

Offener bzw. halboffener Generator: Bei einer Dauerbelastung mit 200 Watt Gleichstrom und einer Telegraphierbelastung (5 Minuten Strich; 5 Minuten Pause) wird das Wärmeleichgewicht nach 50 Minuten mit 62° C erreicht: Übertemperatur 42° C.

Geschlossener Generator: Diese Prüfung kann nicht durchgeführt werden, da der Generator mit Ventilator Kühlung im Gehäuse arbeitet.

Tabelle 22.

Prüfung der Zusammenarbeit mit dem Sender und Tonprüfung bei $\lambda = 250$ m.

Prüfung mit Sender der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, Umdrehungszahl 4500, belastet.

Tonhöhe	Tongüte	Watt Primär	Antennen Ampere	ohne Gleichstrom-Belastung
1000	ziemlich gut	250	1,28	} Schaltung „stark“
500	leidlich gut	135	0,85	
250	brauchbar	92	0,7	
1000	gut	68	0,8	} Schaltung „schwach“
500	leidlich gut	51	0,65	

Tabelle 23.

Prüfung mit Sender der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, Umdrehungszahl 4500, belastet.

Tonhöhe	Tongüte	Watt Primär	Antennen Ampere	mit 104 Watt Gleichstrom-belastet
1000	gut	237	1,72	} Schaltung „stark“
500	gut	140	1,4	
300	leicht knarrend	95	0,95	
1000	gut	90	1,0	} Schaltung „schwach“
500	gut	45	0,7	

Tabelle 24.

Prüfung mit Sender der Dr. Erich F. Huth G. m. b. H., Umdrehungszahl 4500, belastet.

Tonhöhe	Tongüte	Watt Primär	Antennen Ampere	mit Gleichstrombelastung 204 Watt
1000	gut	220	1,48	} Schaltung „stark“
500	gut	132	1,1	
300 ¹⁾	einigermaßen	100	1,0	
1000	brauchbar	30 ²⁾	0,65	} Schaltung „schwach“
500	—	—	—	

Tabelle 25.

Prüfung mit Sender der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, Umdrehungszahl 4500, belastet.

Tonhöhe	Tongüte	Watt Primär	Antennen Ampere	mit Gleichstrombelastung Watt
1000	gut	295	1,85	} Schaltung „stark“
500	brauchbar	185	1,4	
250	brauchbar	85	0,75	
1000	gut	87,5	1,0	} Schaltung „schwach“
500	gut	50	0,8	

Tabelle 26.

Prüfung mit Sender der Dr. Erich F. Huth G. m. b. H., Umdrehungszahl 4500, belastet.

Tonhöhe	Tongüte	Watt Primär	Antennen Ampere	mit Gleichstrombelastung Watt
1000	gut	210	1,38	} Schaltung „stark“
500	brauchbar	150	1,15	
250	brauchbar	90	1,0	
1000	brauchbar	57	0,8	} Schaltung „schwach“
500	brauchbar	51	0,7	

Zusammenfassung.

Der Generator der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie ist 1,8 kg schwerer, seinen Abmessungen nach größer als der Generator der Dr. Erich F. Huth G. m. b. H.

Das Temperaturgleichgewicht wird bei der vorgeschriebenen Leistung von 200 Watt Wechselstrom von dem Generator der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie nach 60 Minuten mit 54° C, bei dem der Dr. Erich F. Huth G. m. b. H. nach 50 Minuten mit 62° C erreicht. Die Temperaturerhöhung bleibt innerhalb der durch die Verbandsvorschriften gestatteten Grenzen.

¹⁾ Der Ton ist nicht stabil zu erhalten, weil nicht genügend kleine Erregerstromstärke einzustellen ist: die Funken setzen aus.

²⁾ Der Generator muß hiernach ausgeschaltet werden, da die Leistung von 30 Watt für kleine Energie viel zu gering ist. Ton 500 war nicht herstellbar.

Die gewünschten Sendetöne (1000, 500, 250/300 Funken pro Sekunde) sind mit dem Generator der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie leichter und einwandfreier herzustellen als mit dem der Dr. Erich F. Huth G. m. b. H.

Die zu entnehmende Gleichstromleistung ist bei dem Generator der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie unabhängig von der Größe der entnommenen Wechselstromleistung, die des Generators der Dr. Erich F. Huth G. m. b. H. ist davon abhängig. Eine Änderung dieses Mangels des Generators ist bei dem angewandten Prinzip der verketteten Gleichstrom- und Wechselstromerregfelder nicht möglich.

4. Beschreibung der Wechselstrommaschine Type J d. Flieg. D 17.

I. Verwendung und Antrieb.

Die Wechselstrommaschine D 1917 wurde 1917 entwickelt zum Betrieb der verschiedenen Löschfunkensender für C-Flugzeuge des Systems „Telefunken“ und „Huth“.

Da die Sendertypen verschiedene elektrische Eigenschaften besitzen, so muß die Wechselstrommaschine durch eine dem betreffenden Sendertyp entsprechende Schaltleiste im Schaltkasten eingestellt werden.

Außer dem Erregerstrom für die Wechselstrommaschine liefert die Gleichstromseite der Maschine 200 Watt für Heizung, Beleuchtung oder sonstige elektrische Hilfsgeräte.

Die Maschine ist für Antrieb durch den Flugzeugmotor bestimmt; sie wird durch Zahnradvorgelege angetrieben.

II. Beschreibung.

Die Maschine hat zwei Hauptbestandteile, und zwar die eigentliche Maschine und den Schaltkasten (s. Abb. 146 und 147).

A) Maschine.

Die äußere Form der Maschine ist walzenförmig. Die Stirnflächen sind durch abnehmbare Kappen verschlossen. Die Kappe auf der Antriebsseite, d. h. auf der Wechselstromseite, besitzt zwei durch Schieber verschließbare Schlitzlöcher, durch die der Zugang zu den Schleifringen ermöglicht wird.

Die Wechselstrommaschine ist mit einer Gleichstrommaschine auf gemeinsamer Achse angeordnet. Die Gleichstrommaschine hat Nebenschlußwicklung. Sie dient zur Erregung des Feldes der Wechselstrommaschine und liefert gleichzeitig den Strom für Heizgerät, Beleuchtung usw.

Die Erregerwicklung der Wechselstrommaschine ist als konzentrische Scheibe zwischen den beiden Teilen des 16 poligen Rotors angebracht. Die Stromzuführung erfolgt durch zwei Schleifringe und zwei Kohlenbürsten. Die Wechselstromwicklung ist in dem feststehenden Gehäuse in Nuten untergebracht.

B) Der Schaltkasten.

In die Neunfachsteckbuchse der Maschine greift ein Neunfachstecker, von dem zwei Panzerkabel ausgehen. Diese führen zum Schaltkasten. Im Schaltkasten

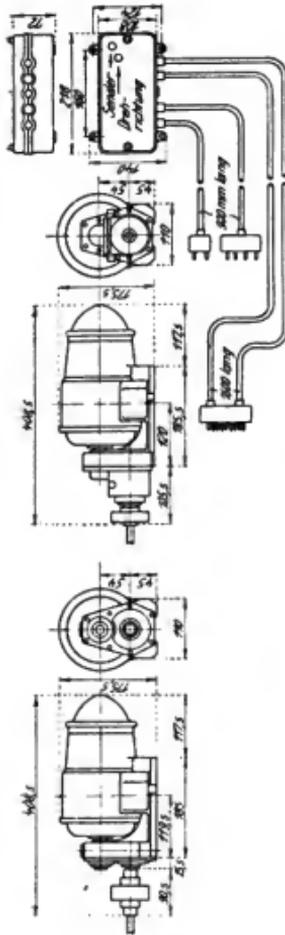


Abb. 140. Wechselstrommaschine D/17 mit Vorgelege Type A 17 und B 18 sowie zugehörigen Schaltkasten.

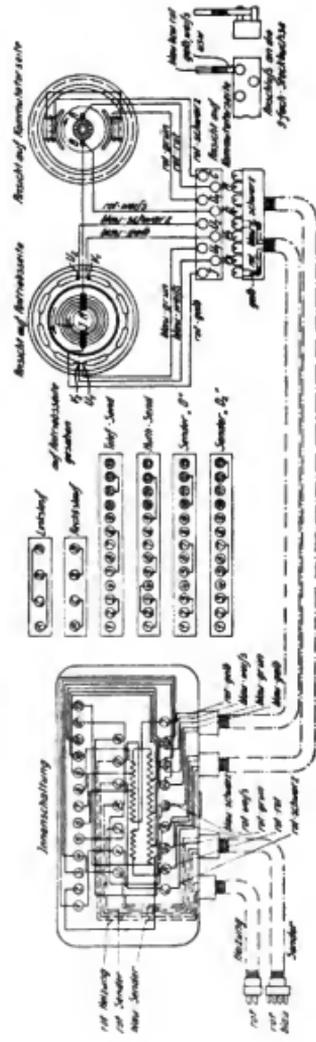


Abb. 147. Schaltenschema der Wechselstrommaschine D/17 mit Schaltkasten.

werden die verschiedenen dem jeweiligen Sendertyp entsprechenden elektrischen Verbindungen mittels auswechselbarer Schaltleisten bewirkt. Aus dem Schaltkasten führen zwei weitere Kabel heraus. Das eine, welches einen Vierfachstecker trägt, dient zum Anschluß des Senderkastens, während durch das andere, welches in einem Zweifachstecker endigt, die Heizleitung gespeist wird. Im Deckel des Schaltkastens befinden sich zwei Schaulöcher, die durch Pfeile und die Inschriften „Sender“ bzw. „Drehrichtung“ gekennzeichnet sind. Durch die Schaulöcher kann man erkennen, für welche Senderart und Drehrichtung die Maschine eingestellt ist.

In dem Kasten befindet sich eine Platte, auf deren oberen Seite die Anschlußklemmen und auf deren Unterseite zwei Widerstände befestigt sind. Die Klemmen sind in 3 Reihen angeordnet. Die untere Reihe trägt die 9 Anschlüsse der Verbindungskabel zur Maschine. Die mittlere Reihe enthält 11 Anschlüsse; 7 davon dienen zum Anschluß von Senderkastenkabel und Heizkabel; 4 Anschlüsse dieser Reihe dienen der die Drehrichtung festlegenden Schaltleiste. Die obere Reihe mit 13 Anschlüssen wird in verschiedener Weise je nach dem in Gebrauch befindlichen Sendertyp durch eine mit *T*, *H*, *D 1* oder *D 2* bezeichnete Schaltleiste verbunden.

Die Widerstände sind folgendermaßen angeordnet; der größere ist mit der Erregerwicklung der Wechselstrommaschine in Reihe geschaltet; er wird je nach der verwendeten Schaltleiste zum größeren oder geringeren Teile kurzgeschlossen und regelt dadurch die Spannung der Wechselstrommaschine. Der andere Widerstand ist dauernd mit der Feldwicklung der Gleichstrommaschine in Reihe geschaltet. Er dient dazu, um Spannungsunterschiede bei der Herstellung der Gleichstrommaschine auszugleichen.

C) Stromführung (siehe Abb. 146 und 147).

Der im Anker der Gleichstrommaschine erzeugte Strom wird durch die Bürsten *A* und *B* abgenommen. Von diesen fließt er über den Neunfachstecker nach den Klemmen *A* und *J* des Schaltkastens. Die beiden anderen Leitungen der Gleichstrommaschine, die von den Feldspulen ausgehen, werden über die Klemmen *C* und *D* in die Heizleitung geführt, wobei die Leitung *D* über den Widerstand zum Regulieren der Gleichstrommaschine geleitet wird. Durch Vertauschen der Verbindungen zwischen *AB* und *CD*, welches durch Einlegen einer anderen Schaltleiste bewerkstelligt wird, kann der Drehsinn der Maschine umgekehrt werden.

Der Erregerstrom für das Feld der Wechselstrommaschine fließt von der Stromwenderbürste (*B*) nach den Schleifringbürsten (*A*, *A*) durch die Erregerspule über die Schleifringbürsten (*J*, *J*) und den Stecker nach dem Anfang des großen Widerstandes im Schaltkasten. Von dem Widerstand führen Anschlüsse nach den Klemmen *6*, *7*, *8*, *9*, *10*, *11*, *13*. Eine der Klemmen, *9*, *10*, *13*, wird durch die jeweils eingelegte Schaltleiste mit *12* und dadurch mit *A* verbunden, von wo der Strom durch die Kabelleitung nach der Stromwenderbürste zurückfließt.

Von den Klemmen *A* und *J* des Schaltkastens führen 2 Leitungen nach dem Energieschalter im Senderkasten, wo sie kurzgeschlossen oder über einen Widerstand geleitet werden oder unverbunden bleiben.

Die Klemme *J* ist mit der Klemme *5* verbunden, die mit einer der Anschlüsse *6*, *7*, *8* des Widerstandes durch eine der Schaltleisten verbunden ist. Nach Einlage je einer Schaltleiste für Sender und Drehrichtung ist also stets ein Teil des Widerstandes mit in die Erregung der Wechselstrommaschine eingeschaltet, während ein anderer Teil zwar auch mit der Feldwicklung in Reihe liegt, aber durch den Energie-



Abb. 148. Telefunken: Generator Type C für C- und D-Flugzeuge mit abgenommener Haube.

schalter des betreffenden Senders kurzgeschlossen bzw. durch Einschalten eines Parallelwiderstandes verringert werden kann.

Der Wechselstrom wird in den 8 feststehenden Polpaaren des Ständers erzeugt. Je 4 dieser Polpaare sind in Reihe geschaltet, so daß die ganze Wechselstromwicklung 4 freie Leitungsenden besitzt (V_1 , U_1 und V_2 , U_2). Diese sind über die Neunfachsteckerleitung zu den gleichlautenden Klemmen des Schaltkastens geführt. Hier ist V_2 mit *1*, U_2 mit *2*, V_1 mit *3*, U_1 mit *4* verbunden. *1* ist außerdem mit *V* und *4* mit *U* verbunden. An *U* und *V* liegt die Wechselstromleitung des Senderkastenkabels, die zur Niederspannungswicklung des Transformators führt. Wird nun durch Einlage einer Schaltleiste *2* mit *3* verbunden, so werden die beiden Wicklungshälften der Maschine in Reihe geschaltet, wird dagegen *1* mit *3* und *2* mit *4* verbunden, so liegen sie parallel. Im ersten Falle erhält man also die doppelte Spannung wie im zweiten Falle.

D) Leistung und Gewicht.

Umdrehungen in der Minute $n = 4800$.

Wechselstrom:

Stromstärke $J =$ etwa 3 Amp.Leistung $J \cdot E = 270$ Volt/Amp.

Perioden pro Sekunde = 640.



Abb. 149. Firma Dr. E. F. Huth; Einheitsmaschine L. M. G. 12 für D- und C-Flugzeuge.

Gleichstrom:

Stromstärke $J = 4$ Amp.Spannung $E = 50$ Volt.Leistung $E \cdot J = 200$ Volt.

Gewicht der Maschine	8,725 kg
Gewicht des Schaltkastens	3.100 „
Gewicht des Vorgeleges A	2.075 „
Gewicht des Vorgeleges B	3.100 „

Gesamtgewicht: 17.000 kg.

Andere Typen von Generatoren für C- und D-Flugzeuge geben Ahh. 148 und 149 wieder.

5. Generatoren für Groß- und Riesenflugzeuge.

Ahh. 150 zeigt einen Generator Type G für Großflugzeuge von Telefunken. Wie bereits früher erwähnt, sind hier 2 Gleichstrom-Wechselstrom-Maschinen Type D 1917 auf eine Achse gesetzt.

Eine R-Maschine für Riesenflugzeuge mit je einem Gleichstrom-Wechselstrom- und Dreiphasenstromteil ist im Schaltschema der Ahh. 151 wiedergegeben.



Abb. 150. Telefunken: Generator Type G für Großflugzeuge mit abgenommenen Hauben.

6. Spannungsmesser als Tourenzähler.

Um insonderheit beim Antrieb des Generators mittels Propellers eine Kontrolle zu haben über die jeweilige Tourenzahl, wurde im allgemeinen ein Tourenzähler derartig eingehaut, daß die Generatorachse mit einer hiegsamen Welle verbunden wurde, deren anderes Ende den Tourenzähler trug, der an gut sichtbarer Stelle im Innern des Flugzeuges angebracht war; bewährt haben sich für diese Zwecke die „Deuta“-Tourenzähler.

Um jedoch an Gewicht zu sparen, wurde der Versuch gemacht, die Gleichstromspannung des Wechselstromgenerators zur Messung der Tourenzahl zu benutzen. Zu diesem Zwecke wurden an den Gleichstromklemmen des Normalsteckers sowohl bei Telefunken-C-Generator, als auch bei Huth-Generator die Spannungen als Funktion der Tourenzahl gemessen. Es ergaben sich folgende Zahlen:

Telefunken-Generator C:

3000 Touren . .	13,2 Volt
3400 „ . .	16,7 „
3800 „ . .	19,6 „
4200 „ . .	23,0 „
4600 „ . .	26,2 „
5000 „ . .	29,5 „

Huth-Generator:

3000 Touren . .	2,9 Volt
3400 „ . .	8,8 „
3800 „ . .	13,4 „
4200 „ . .	17,7 „
4600 „ . .	21,7 „
5000 „ . .	25,0 „

Ein Gleichstromvoltmeter erfüllt daher vollkommen die Aufgabe des Tourenzählers und muß nur eine bestimmte Eichung für bestimmte Generatoren gewählt werden.

b) Das Sendergerät im C-Flugzeug.

1. Der „Telefunken“-Sender und der „Huth“-Sender.

Nachdem die Frage einer leichten, einfachen, betriebssicheren Stromquelle gelöst war, machte der Bau eines brauchbaren Flugzeug-Tonfunken senders auf Grund der Erfahrungen der letzten Friedensversuchsmodelle, wie sie im Abschnitt I beschrieben sind, keine besonderen Schwierigkeiten mehr. Von den verschiedensten Konstruktionen verschiedener Firmen haben sich besonders die Sender der Telefunken-Gesellschaft und der Dr. Erich F. Huth G. m. b. H. bewährt. Diese gelangten daher in den ersten Kriegsjahren bis zum Übergang auf den F.-T.-Wechselverkehr in Hunderten von Exemplaren an die Front, sind zum Teil noch heute im Betrieb und sollen im folgenden kurz beschrieben werden.

Dieser Sender gestattet das Senden der Wellen 150, 200 und 250 m. Seine Schaltung besteht aus 4 Stromkreisen bzw. Schwingungskreisen:

- Gleichstromkreis,
- Wechselstromkreis,
- Stoßkreis (geschlossener, stufenweise stellbarer Schwingungskreis),
- Luftdrahtkreis (offener, abstimmbarer Schwingungskreis).

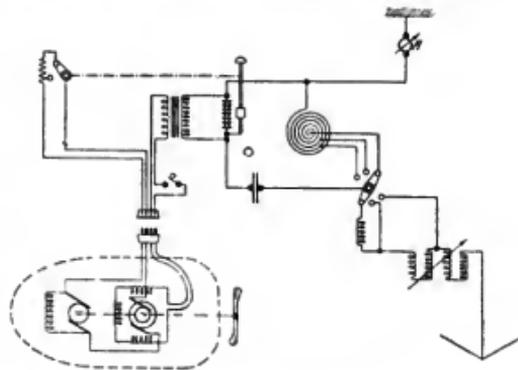


Abb. 151 a. Schaltenschema: Telefunken-Sender.

Im Gleichstromkreis liegt die Ankerspulenwicklung einer Gleichstrommaschine, die Erregerspule der Gleichstrommaschine und die Energiespule einer Wechselstrommaschine.

Der Wechselstromkreis wird durch den Spannungswandler in zwei Einzelkreise geteilt. In ihm liegen die Erregerspule der Wechselstrommaschine, eine Taste, ferner ein Ausschalter und ein Kondensator.



Abb. 152.

Telefunken: Vorderansicht des kleinen Flugzeugsenders mit Wellen 150, 200 und 250 m, geschlossen.

Im Stoßkreis liegt derselbe Kondensator wie im Wechselstromkreis, ferner eine Selbstinduktionsspule und die Funkenstrecke.

Im Luftdrahtkreis befinden sich der Luftdraht und das Gegengewicht mit dem Strommesser, ferner mehrere hintereinandergeschaltete Selbstinduktionsspulen, von denen ein stufenweise stellbarer Teilbetrag gleichzeitig auch in der Stromkreis-schaltung liegt, während ein anderer Teil fortlaufend stellbar ist.

Abb. 151a gibt eine schematische Darstellung der Schaltungen des Flugzeugsenders wieder.

Abb. 152 und 153 geben eine Ansicht des Senders „Telefunken“.

Der zu gleicher Zeit gebaute und in Hunderten von Exemplaren verwandte „Huth“-Sender ist ähnlich geschaltet wie der vorher beschriebene Telefunken-Sender. Abb. 154 zeigt das Schaltschema.

Abb. 155—159 zeigen andere Ausführungsformen von Sendern für C-Flugzeuge der Firma Dr. Erich F. Huth G. m. b. H.

2. Abstimmung der Sendertype „Telefunken“ und „Huth“ in C-Flugzeugen.

Beider Serienlieferung von Sendern Type „Telefunken“ und „Huth“ ergaben sich sowohl erhebliche Abweichungen von verschiedenen Sendern untereinander, als auch Änderungen der Abstimmung der Sender bei verschiedenen Flugzeugtypen.

Um Ursache und Grad der Verschiedenheiten zu ermitteln, wurde eine Reihe von Messungen an Sendern „Telefunken“ und „Huth“ vorgenommen. Geleitet wurden diese Versuche von Herrn Dipl.-Ing. Hauptmann d. R. Lange. Die Prüfungsergebnisse von 21 Telefunken-Sendern und 21 Huth-Sendern sind in der Meßreihe I (S. 194) enthalten. Der Vergleich der Sender erfolgte mittels eines freigespannten Luftdrahtes im Prüfraum.

Ein weiterer Vergleich dieser Sender, und zwar 4 Telefunken-Sender und 3 Huth-Sender, wurde mit einer künstlichen Antenne vorgenommen. Diese Messungen sind in Meßreihe II zusammengestellt. Von diesen Sendern wurde je 1 Huth- und 1 Telefunken-Sender ausgewählt, bei denen die Abstimmung möglichst nahe zusammenliegt. Es waren dies die Sender Telefunken Nr. 8132 und Huth Nr. 4875.

Die Abstimmung dieser Sender wurde im Fluge in einem Rumpeler-Flugzeug C I und einem L.V.G.-Flugzeug C II kontrolliert, zwecks Feststellung, wieweit die Abstimmung der Sender im Fluge von den Abstimmungen auf der Erde abweicht. Die Messungen sind in Meßreihe III enthalten.

Die gleichen Leiter wurden außerdem mit den künstlichen Luftleitern bei Telefunken und Huth abgestimmt und die Lage der Abstimmung ermittelt.

In Meßreihe IV sind für diese beiden Sender die Abstimmungen mit künstlicher Antenne im Laboratorium mit frei ausgespanntem Luftdraht, mit künst-



Abb. 153. Telefunken: Aufsicht auf den kleinen Flugzeug-Sender.

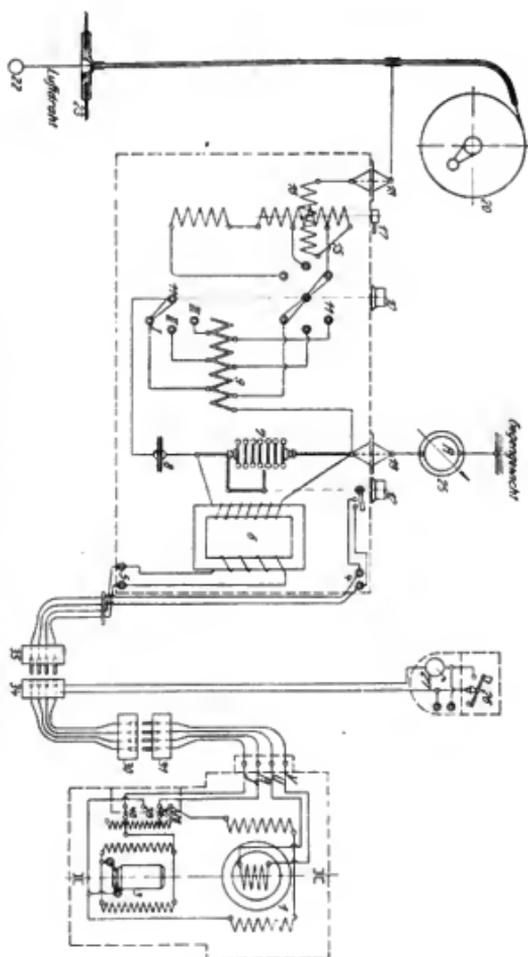


Abb. 134. Stromlauf des F.-T.-Senders „Huth“ für C.-Flugzeuge.

licher Antenne Type „Telefunken“ und mit künstlichem Luftleiter Type „Huth“ und im Fluge zusammengestellt.

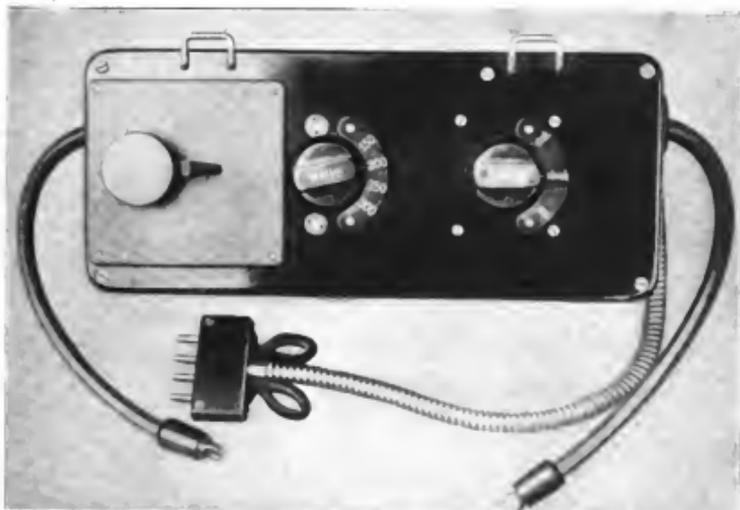


Abb. 155. Firma Dr. E. F. Huth: Einheitsflugzeug-Sendermodell 1915 mit magnetischer Koppelung.

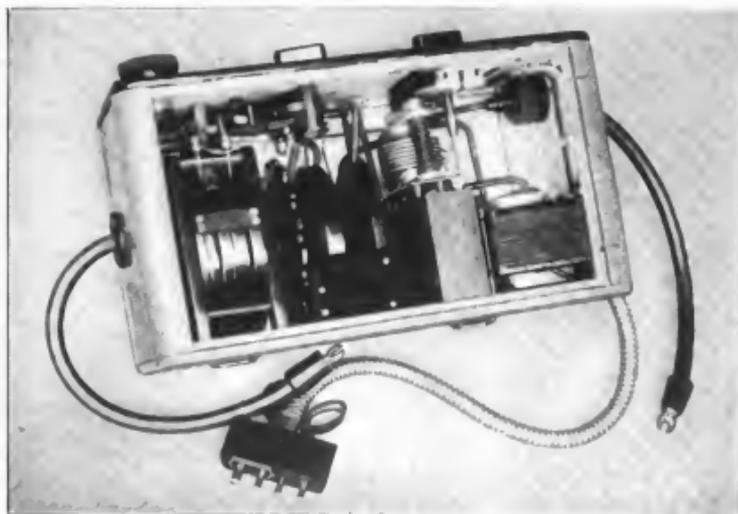


Abb. 156. Firma Dr. E. F. Huth: Einheitsflugzeug-Sendermodell 1915 mit magnetischer Koppelung.
Handb. d. Flugzeugkunde, Bd. 9.

Tabelle 27.

Meßreihe I.

Freigespannter Luftdraht in 8 m Höhe, 34 m Länge.

Gegengewicht: 6 Drähte à 20 m vergraben, Grundwasser und Wasserleitung.

Sender Nr.	Welle 150 m		Welle 200 m		Welle 250 m	
	Amperé	entspricht Grad	Amperé	entspricht Grad	Amperé	entspricht Grad
8132	1,9	2°	2,1	6,1°	2,1	6,4°
7808	1,6	2°	1,9	5,8°	2,0	6,6°
7756	0,1	0,1°	2,2	6,0°	2,1	5,6°
8109	1,6	1°	1,9	6,0°	1,9	6,1°
7984	1,7	1°	2,0	6,0°	1,9	6,4°
7744	1,75	0,1°	1,8	6,0°	1,8	5,5°
8015	1,8	0,1°	1,9	5,7°	1,8	5,8°
8358	1,75	4,3°	2,1	6,4°	2,9	7,0°
8014	1,6	0,1°	1,7	6,3°	1,7	6,3°
8312	1,7	2,2°	1,9	6,5°	1,9	6,6°
7926	1,75	0,1°	1,8	5,4°	1,8	5,8°

Vergleich von Huth-Sendern.

5578	1,6	0,0°	1,6	8,0°	1,7	10°
4901	1,7	1,6°	1,9	7,0°	1,85	7,8°
5308	1,2	0,1°	1,254	5°	1,5	6,0°
5327	1,5	4,5°	1,7	9,5°	1,6	10°
5300	1,6	0,0°	1,85	8,5°	1,7	8,2°
2720	1,75	0,0°	1,8	6,7°	1,8	8,2°
4875	1,75	5,5°	1,8	8,7°	1,8	8,0°
5316	1,6	0,0°	1,7	8,0°	1,7	9,0°
2550	1,1	0,0°	1,2	8,5°	1,2	10°
2712	1,8	0,0°	1,85	9,0°	1,8	10°
5324	1,6	0,0°	1,75	8,5°	1,75	8,5°

Tabelle 28.

Meßreihe II.

Messung an künstlicher Antenne (Senderkerzgestell Rumpfer).

Telefunken-Sender Nr.	Welle 150 m		Welle 200 m		Welle 250 m	
	Amperé	entspricht Grad	Amperé	entspricht Grad	Amperé	entspricht Grad
8132	2,7	2,2°	3,25	5,7°	2,6	6,5°
7756	2,2	0,1°	2,8	5,5°	2,5	5,5°
7891	2,25	0,1°	3,0	5,3°	3,0	5,5°
7916	2,5	0,1°	3,2	5,2°	3,0	5,0°
Huth-Sender						
4875	2,75	3,0°	2,85	8,2°	2,8	8,8°
5578	2,2	3,5°	2,7	7,5°	2,55	9,0°
4906	2,6	0,0°	2,0	9,0°	2,75	10,0°



Abb. 157. Firma Dr. E. F. Huth: Einheitsflugzeug-Sendermodell 1914/15 mit galvanischer Koppelung.

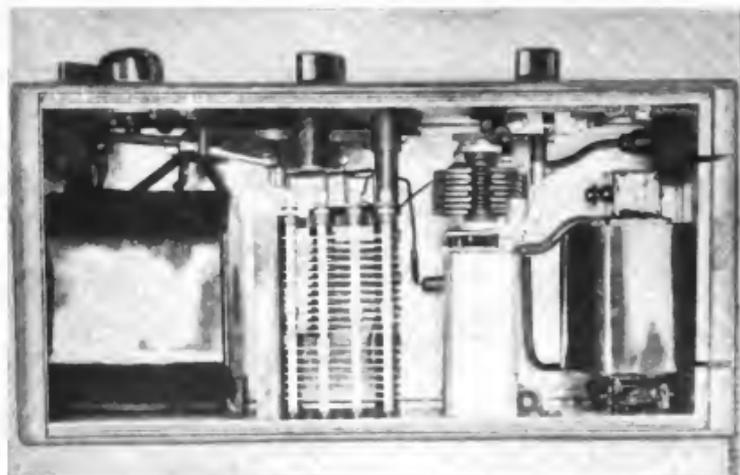


Abb. 158. Firma Dr. E. F. Huth: Einheitsender mit galvanischer Koppelung. Kleinste Ausführung.

Tabelle 29.

Meßreihe III.

Messungen im Fluge mit Rumpler-Flugzeug C. I.

Telefunken-Sender Nr.	Welle 150 m		Welle 200 m		Welle 250 m		Antennenlänge
	Ampère	entspricht Grad	Ampère	entspricht Grad	Ampère	entspricht Grad	
8132	2,2	2,0°	2,0	7,0°	3,0	6,5°	37,5 m
Huth-Sender							
4875	2,2	2,0°	2,9	7,5°	2,8	10,0°	39,0 m

Messungen im Fluge mit Flugzeug-Type L.V.G. C. II.

Telef.-Sender							
8132	2,2	3,3°	2,4	5,0°	2,8	7,0°	39,0 m
Huth-Sender							
4875	1,7	2,0°	2,2	8,0°	2,5	9,5°	39,0 m
4875	2,0	3,0°	2,5	9,5°	2,7	9,8°	Antennen- aufwickelzeit 39,5 m

Tabelle 30.

Meßreihe IV.

Gesamtergebnis der Abstimmversuche.

Telefunken-Sender Nr. 8132.

	Welle 150 m		Welle 200 m		Welle 250 m	
	Ampère	entspr. Grad	Ampère	entspr. Grad	Ampère	entspr. Grad
Ausgespannter Erdluftdraht . . .	1,9	2°	2,1	6,1°	2,1	6,4°
Künstlicher Luftleiter	2,7	2,2°	3,25	5,7°	2,6	6,5°
Im Fluge L.V.G.	2,2	3,3°	2,4	5°	2,8	7,0°
Im Fluge Rumpler	2,2	2°	2,9	7°	3	6,5°
Künstlicher Luftleiter Huth	2,95	2,8°	2,85	6,4°	2,6	5°
Künstlicher Luftleiter Telefunken normal	unter	1°	3,3	5,1°	3,2	5,5°
Künstlicher Luftleiter Telefunken 3/4 Windungen verk.	3,0	3°	3,4	6°	3,2	6°

Huth-Sender Nr. 4875.

Ausgespannter Erdluftdraht . . .	1,75	5,5°	1,8	8,7°	1,8	8°
Künstlicher Luftleiter	2,75	3°	2,85	8,2°	2,8	8,8°
Im Fluge L.V.G.	1,7	2°	2,2	8°	2,5	9,5°
Im Fluge Rumpler	2,2	2°	2,9	7,5°	2,8	10°
Künstlicher Luftleiter Huth	2,9	4,8°	3	8°	2,9	7,6°
Künstlicher Luftleiter Telefunken normal	unter	1°	2,85	7°	2,85	7°
Künstlicher Luftleiter Telefunken 3/4 Windungen verk.	2,68	5°	2,75	8°	2,72	8°

Aus der Zusammenstellung ergeben sich die nachstehenden Schlußfolgerungen:

A. Die Telefunken- und Huth-Sender in normaler Lieferung weichen in ihren Abstimmungen nicht unerheblich voneinander ab. Die Abstimmung ist bei Telefunken- und Huth-Sendern teilweise so breit, daß eine Abstimmung aller 3 Wellen eines Senders mit einer bestimmten Drahtlänge nicht erzielbar ist. Da sich jedoch Sender darunter befinden, bei denen die Abstimmung der 3 Wellen ziemlich dicht aneinander liegt, so ergibt sich daraus, daß die Sender mit günstig liegender Eichung ohne weiteres geliefert werden können.

B. Huth- und Telefunken-Sender weichen bezüglich der Luftdrahtlänge, welche

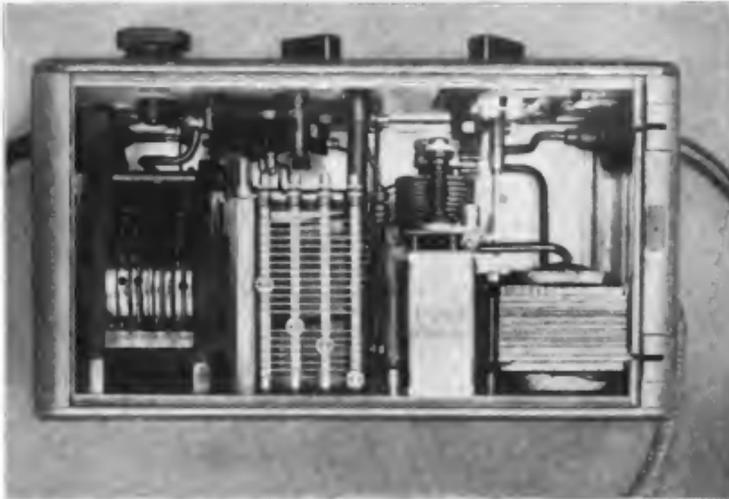


Abb. 159. Firma Dr. E. F. Huth: Einheitsflugzeug-Sender mit galvanischer Koppelung, geöffnet.

zur Erzielung der Abstimmung für alle 3 Wellen notwendig ist, bei einzelnen Flugzeugtypen voneinander ab. Diesem Umstand wird dadurch Rechnung getragen, daß in den Flugzeugtypen auf einem Schild vermerkt wird, welche Drahtlänge für Sendertypen „Huth“ und „Telefunken“ erforderlich ist.

C. Aus dem Vergleich der Abstimmungen der ausgewählten Sender bei Prüfung an einem künstlichen Luftleiter und im Fluge ergibt sich, daß die Abstimmung im Fluge breiter wird, als wie an der künstlichen Antenne sich ergibt.

D. Für die Prüfung und Abnahme der Sender ergibt sich daher, daß die Abstimmung an den künstlichen Luftleitern für alle 3 Wellen dicht zusammenliegen muß. Wenn dies der Fall ist, so läßt sich für alle seinerzeit bekannten Flugzeugtypen eine Drahtlänge ermitteln, bei welcher die Abstimmung für alle 3 Wellen ebenfalls zu erzielen ist.

3. Leistungsvergleich von Sendern für C-Flugzeuge.

Type „Telefunken“ und „Huth“.¹⁾

Die Leistung in Watt, die pro Funken im Primärkreis zur Entladung kommt, ist durch die Gleichung bestimmt:

$$\frac{1}{2} C V^2 = W,$$

wobei C die Kapazität des Primärkreises,

V die Einsatzspannung der Funkenstrecke,

W die Leistung (in Watt) pro Funke ist.

Die Leistung pro Sekunde ergibt sich durch Multiplikation der Wattzahl pro Funken mit der Anzahl Funken pro Sekunde.

Die Leistung eines Senders wird also bei konstanter Einsatzspannung der Funkenstrecke

1. durch die Primärkapazität,
2. durch die Entladungszahl pro Sekunde bestimmt.

Die Kapazität des Primärkondensators beträgt

im Telefunken-Sender	4000 cm
im Huth-Sender	3700 „

die durch die Primärkapazität bestimmte Leistung des Huth-Senders ist also bei gleicher Entladungszahl pro Sekunde, d. h. bei gleicher Wechsel- bzw. Periodenzahl der Wechselstromgeneratoren

im Verhältnis 3700 : 4000, d. h. um 9,3%

kleiner als die des Telefunken-Senders.

Die zu den Flugzeugsendern gehörigen Wechselstromgeneratoren sollen bei Telefunken wie bei Huth mit 4500–4800 Umdrehungen pro Minute laufen. Bei 4500 Umdrehungen liefert der

Telefunken-Generator 600 Perioden — 1200 Funken (Entladung) pro Sekunde,
der Huth-Generator 675 Perioden — 1350 Funken (Entladung) pro Sekunde.

Die Entladungszahl ist also bei gleicher (vorgeschriebener) Umdrehungszahl beim Telefunken-Sender gegenüber dem Huth-Sender

im Verhältnis 600 : 675, d. h. um 8,9%

kleiner, d. h. bei gleicher Primärkapazität würde die Leistung des Telefunken-Senders um 8,9% kleiner sein als beim Huth-Sender.

Da die Primärkapazität des Huth-Senders um 9,2% kleiner als die des Telefunken-Senders, seine Funkenzahl um 8,9% größer als die des Telefunken-Senders ist, so muß bei gleicher Tourenzahl des Generators (4500–4800) die Sendeleistung beider Sendarten gleich sein.

Der Huth-Sender mit Zwischentransformator ist daher mit der für die Huth-Sender erforderlichen Periodenzahl (Funkenzahl) zu betreiben; falls dies nicht ge-

¹⁾ Nach Arbeiten von Dr. Kottgardt.

schieht, so kommt zu dem durch den Wirkungsgrad des Zwischentransformators bedingten Verlust von ca. 10% der Verlust von 9,2% durch den kleineren Kondensator des Huth-Senders hinzu, also insgesamt etwa 19%.

Zahlenmäßig macht das:

statt 1,2 Amp. in der Antenne mit Huth-Generator 1,08 Amp..

„ 3 „ „ „ „ „ „ „ 2,7 „

Aus den Vergleichsversuchen zwischen Huth- und Telefunken-Sender bei gleicher Periodenzahl könnte man schließen, daß der Huth-Sender weniger als der Telefunken-Sender leistet, weil die Einsatzspannung der Huth-Funkenstrecke kleiner als die der Telefunken-Strecke sei.

$$\frac{1}{2} C V^2 = W,$$

wenn V (Telefunken) größer ist als V (Huth).

Falls dies tatsächlich der Fall wäre, so wäre es sachlich gleichgültig, weil sich die Spanning bzw. Leistung durch Einfügen einer 7. Funkenstrecke vergrößern läßt.

Aus Versuchen geht aber nicht die obige Schlußfolgerung hervor.

Der Huth-Sender muß bei gleicher Periodenzahl wie der Telefunken-Sender wegen seines kleineren Kondensators 9,2% weniger leisten. Ferner ist es klar, daß, wenn zwei Wechselstromgeneratoren bei einer bestimmten Umdrehungszahl (4500 pro Sekunde) gleiche elektrische Leistung abgeben, bei langsamerer Umdrehungszahl des einen dieser weniger leisten muß als der andere.

Bei dem Versuch mit 600 Perioden lief der Huth-Generator mit 4000, der Telefunken-Generator mit 4500 Touren, also mit 500 Umdrehungen pro Minute mehr als der Huth-Generator, hierbei zeigte sich, daß bei gleicher Wechselzahl die Leistung des Huth-Senders einerseits mit Huth-Generator, andererseits mit Telefunken-Generator mit Zwischentransformator gleich ist, d. h. der letztere muß bei 4500 Touren mindestens um die durch den Wirkungsgrad des Zwischentransformators bedingten Verluste mehr leisten als der Huth-Generator bei 4000 Touren, also mindestens 10%.

Bei gleicher Periodenzahl muß also die Leistung des Huth-Senders um 19% kleiner sein als die des Telefunken-Senders, d. h. bei Welle 150 m.

	Telefunken gemessen	Huth gemessen	Huth berechnet
Welle 150 m	3,02	2,75	2,72
Welle 200 m	3,3	2,88	2,96
Welle 250 m	3,2	2,70	2,87

Dabei ist zu beachten, daß der Telefunken-Generator mit der normalen Umdrehungszahl 4500, der Huth-Generator mit 4000 Umdrehungen arbeitet.

Ein Leistungsvergleich beider Sender muß daher bei 4500 Touren und gleicher angemessener Primärleistung durchgeführt werden.

e) Die ersten brauchbaren Bordempfänger.

Es ist bereits früher erwähnt, welche funkentelegraphisch technischen Schwierigkeiten der Konstruktion eines brauchbaren Flugzeugbordempfängers entgegen-

standen. Es galt zunächst, den Empfang gegen die mechanischen Erschütterungen im Flugzeug unempfindlich zu machen, da das unaufhörliche Vibrieren Wackelkontakte hervorrief, die Einstellung und damit gleichzeitig die Abstimmung änderte und insbesondere die damals allgemein gebräuchlichen hochempfindlichen Detektoren, wie Pyrit- und Siliziumdetektoren, außer Betrieb setzte; der weiteren mußte die Bedienung so einfach sein, daß sie der Beobachter bei seiner sonstigen vielseitigen Tätigkeit im Flugzeug auch wirklich ausüben konnte. Diese rein mechanischen Erfordernisse wurden in einer Reihe von Versuchsflügen, die der Verfasser aus eigener Initiative bei der Feld-Flieger-Abteilung 38 im Sommer 1915 an der Ostfront mit Unterstützung des Ober-Ing. Leutnant d. R. Beck von der damaligen Verkehrstechnischen Prüfungskommission und unter Mithilfe der Herren Ober-Ing. Dr. Rottgardt und Ing. Menge ausführte (beide Herren damals bei der Dr. Erich F. Huth G. m. b. H.), richtig erkannt und in entsprechender Konstruktion verwertet. Der Verfasser, der vor seinem Übertritt zur Flieger-

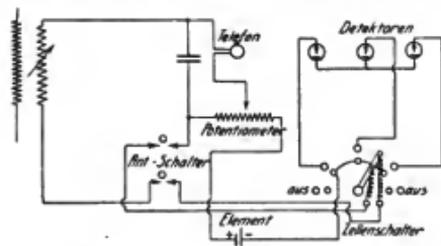


Abb. 160. Grundsätzliches Schaltschema von Kurbo- und Detektoren mit Hilfe E. M. K. im Empfänger.

truppe der Funkertruppe angehörte, legte als damaliger Artilleriebeobachter den allergrößten Wert darauf, in wechselseitige Verbindung mit der fechtenden Truppe am Boden zu treten. Wenn auch das F.-T.-Senden vom Flugzeug im Vergleich zu der bisher verwendeten Leuchtpistole und Meldeabwurfmaschine schon einen großen Fortschritt bedeutete, so konnte doch die volle Aus-

nutzung der F.-T. für die Fliegertruppe erst durch Einführung des F.-T.-Wechselverkehrs gewährleistet werden. Durch den Send-Empfangsbetrieb mußte die F.-T. zur Sprache und zum Orientierungssinn des Fliegers werden. Diese ersten Empfangsversuche im Sommer 1915 führten bald zu brauchbaren Ergebnissen. Alle Leitungen des Empfängers wurden festgelegt, alle Anschlußpunkte mit doppelten Muttern versehen und obendrein verlötet. Die Achsen aller Griffe erhielten eine besondere Führung und die Möglichkeit, durch Schrauben festgestellt zu werden, um eine Änderung der Einstellung während des Fluges zu verhindern. Die mechanischen hochempfindlichen Kontaktdetektoren wurden durch mechanische unempfindliche Karborunddetektoren ersetzt. Die Schaltung solcher Detektoren mit Hilfsspannung zeigt Abb. 160.

Mit derartig gebauten Empfängern gelang jedoch ein Empfang nur im Gleitflug bei abgestelltem Motor in unmittelbarer Nähe der Sendehafenstation. Um den Empfang bei laufendem Motor und auf größere Entfernungen zu ermöglichen, mußte der schwache Empfang derartig laut verstärkt werden, daß trotz des Motorgeräusches die Aufnahme der Morsezeichen erfolgen konnte.

Die verschiedenen Versuche, eine derartige Verstärkung durch ein mechanisches Relais zu erreichen, scheiterten an der technischen Unzulänglichkeit der damals

und der „Huth“-Bodenempfänger entsprechend umgebaut. Das Schaltschema der beiden Empfänger zeigen Abb. 161 und 162. Eine Ansicht der beiden so umgebauten Gerate wird in Abb. 163 und 164 wiedergegeben.



Abb. 163. Firma Dr. E. F. Huth; Erster Flugzeugempfanger mit angebaurem Sende-Empfangsumschalter, 1915/16.



Abb. 164. Telefunken; Erster brauchbarer Flugzeugempfanger, 1915/16.

Die Untersuchungen mit diesen Apparaten ergaben jedoch ihre Nichteignung fur den beabsichtigten Zweck, weil sie zu schwer, zu kompliziert in der Anordnung und Bedienung und nicht betriebssicher genug waren. Infolgedessen wurde die

Durchbildung eines völlig neuen Gerätes notwendig. Leider war die zur Verfügung stehende Zeit von 4 Wochen zu kurz, um diese Arbeiten mit jener Gründlichkeit durchzuführen, die bei der Wichtigkeit der Aufgabe wünschenswert gewesen wäre, zumal die F.-T.-Technik hier ein Gebiet beschritt, auf dem jede Erfahrung bisher fehlte.

Trotzdem ist es durch gemeinsames energisches Zusammenwirken der Telefunken-Gesellschaft und der Dr. Erich F. Huth G. m. h. H. mit der Versuchsabteilung bei Tag- und Nacharbeit und durch Ausführen von Versuchsflügen bei jedem Wetter gelungen, in der kombinierten Sender-Empfangstypen Jdflieg „D“ ein durchaus frontrauchbares Gerät zu schaffen, dem zwar zunächst noch einige Kinderkrankheiten anhafteten, die jedoch in kurzer Zeit erkannt und behoben wurden.

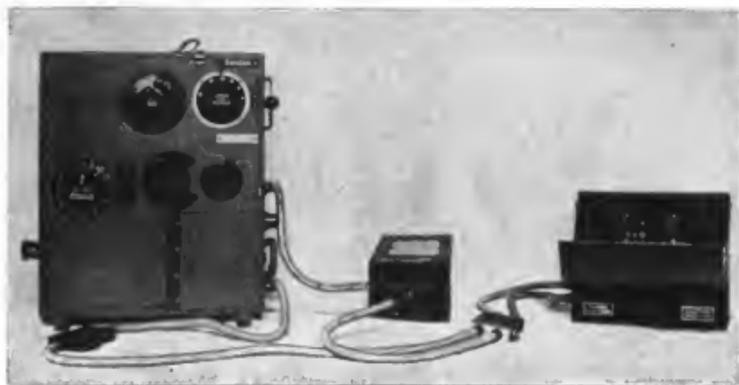


Abb. 165. Senderempfänger, Bauart 1916/17, Type Jdflieg „D“ mit 2 Röhrenverstärkern Telefunken und zugehöriger 100 Volt Anodenbatterie.

d) Der Sender-Empfänger für C-Flugzeuge.

1. Der Sende-Empfänger Type J. d. Flieg. D. (S. A. h. 165 – 172.)

I. Allgemeines.

Der Sender-Empfänger Type Jdflieg D 1916 (abgekürzt D-Sender genannt) vereinigt Sendeeinrichtung, Empfangseinrichtung und Luftdrahtumschalter in einem Kasten.

Er findet seine Verwendung vorwiegend im C-Flugzeug, kann aber auch in jedem anderen Flugzeugtyp verwendet werden.

Entsprechend seinen Aufgaben arbeitet er mit verschiedenen Energiestufen: in der älteren Ausführung mit 4 Energiestufen bei 3 Tönen, in der neueren mit 2 Energiestufen, einer großen mit dem Ton 1200 Schwingungen pro Sekunde und 3 gleichen kleinen mit den Tönen 300, 600 und 1200 Schwingungen pro Sekunde.

Mit zwei verschiedenen Luftdrahtlängen besitzt er einen ausgedehnten Wellenbereich:

mit im Mittel 36 m langem Luftdraht:

als Sender die Wellen 150, 200, 250, 300, 350 m,

als Empfänger fortlaufend die Wellen etwa von 140—450 m;

mit im Mittel 65 m langem Luftdraht:

als Sender die Wellen 300, 350, 400, 450, 500 m,

als Empfänger fortlaufend die Wellen etwa von 160—530 m.

Als Stromquelle dient dem D-Sender die Wechselstrommaschine Type Jdflieg D 1916.

Zum Empfang arbeitet er mit einem Dreifachlautverstärker zusammen.

Sein Gewicht beträgt 9,5 kg.

Der D-Sender ist in gemeinsamer Arbeit der F.-T.-Versuchsabteilung und der Firmen „Telefunken“-Gesellschaft und Dr. Erich F. Huth G. m. b. H. entstanden. Es ist hier mit Erfolg zum ersten Male auf funkentelegraphisch technischem Gebiete die Frage eines organischen Zusammenbaues von Sender-Empfänger und Sendempfangsumschalter einwandfrei gelöst worden.

II. Die Gesamtanordnung.

Der D-Sender ist in einem Holzkasten von den Abmessungen 31 cm (Länge) × 37 cm (Höhe) × 15 cm (Tiefe) eingebaut.

Die Vorderwand ist nach Lösen der Klammern abnehmbar. Dabei bleiben sämtliche Griffe auf den Innenapparaten sitzen, so daß der D-Sender auch mit abgenommener Vorderwand bedient werden kann. Auf der Vorderwand selbst bleiben lediglich die Skalen und Schilder. Bei neueren Sendern sind auch die Wellenskalen innen befestigt und bei Aufsetzen der Vorderwand außen sichtbar.

Die Rückwand ist mit Schrauben befestigt und trägt die Haltebügel zum Aufhängen des D-Senders im Flugzeug. Nach Lösen der Schrauben kann die Rückwand für Prüfzwecke usw. entfernt werden.

Sämtliche Skalen und Schilder, die zur Senderseite des D-Senders gehören, tragen weiße Beschriftung auf rotem Grunde.

Sämtliche Skalen und Schilder der Empfängerseite tragen weiße Beschriftung auf schwarzem Grund oder schwarze auf weißem Grund.

Nur die Handgriffe, deren Bedienung unbedingt notwendig ist, sind auf der Vorderseite zugänglich. Alle Teile, deren Bedienung nur in bestimmten Fällen notwendig wird, befinden sich hinter einer Klappe, die nach Lösung einer Klammer sich selbst öffnet.

Die Innenteile des D-Senders zerfallen in eine Gruppe von Apparaten, die fest in den Holzkasten eingebaut sind, und eine, die, in einem Rahmen untergebracht, sich entfernen läßt. Die herauszunehmenden Rahmen vereinigen in sich die Teile, die zu verändern sind, um den D-Sender entweder für den Bereich der kleinen Sendempfangswellen mit im Mittel 36 m langem Luftdraht (Einsatz für kleine Wellen, kleiner Einsatz), oder für den Bereich der großen Sendempfangswellen mit im Mittel 65 m langem Luftdraht (Einsatz für große Wellen, großer Einsatz) bereit zu machen.

Diese zu verändernden Teile sind:

auf der Senderseite: Stoßkreis-Selbstinduktion, Wellenschalter, feste Luftdrahtspule,

auf der Empfängerseite: die Wellenprüfeinrichtung.



Abb. 166. Inspektion der Fliegertruppen: Sende-Empfänger Type D mit aufgesetztem Zusatzgerät für Empfang der Wellen 500—900 m.

Der kleine oder große Einsatz werden, je nachdem mit welchem Wellenbereich man arbeiten will, in den eigentlichen Kasten eingesetzt. Die erforderlichen Verbindungen werden auf der Senderseite durch 4 Kontakte, auf der Empfängerseite durch 3 Kontakte hergestellt.

Die Teile der Senderseite nehmen im wesentlichen die linke Kastenseite, beinahe zwei Drittel des gesamten Raumes, die Teile der Empfängerseite die rechte Kastenseite ein. Der Luftdrahtumschalter ist unten im Kasten untergebracht.

A. Senderseite.

Der Gleichstrom und Wechselstrom wird dem D-Sender durch Vierfachkabel in, Metallschlauch mit großem Vierfachstecker zugeführt.

Im D-Sender endigen die beiden Gleichstrom- und die beiden Wechselstromleitungen an Klemmen und führen von dort über die Kontakte des Luftdrahtumschalters zum Gleichstrom bzw. Wechselstromteil des Energieschalters.

Der Energieschalter.

Der Energieschalter hat die Aufgabe, die Wechselstromleistung einzustellen, die zur Ladung des Stoßkreiscondensators entsprechend der jeweiligen Energiestufe erforderlich ist. Er führt diese durch gleichzeitige Einstellung der zusammengehörigen Gleichstromerregung der Wechselstrommaschine, der Abzweigung der primären Wicklung des Spannungswandlers und der Funkenstreckenzahl durch.

Die Anzahl der Energiestufen beträgt 4; entsprechend besitzt der Energieschalter 4 Stellungen: I, II, III, IV, und außerdem eine Stellung „aus“, bei der jede Stromzuführung zum Sender unterbrochen wird.

Die Sendeleistungen

der einzelnen Energiestufen der älteren Sender verhalten sich etwa wie 40 (I)

: 24,5 (II) : 12,25 (III) : 4 (IV);

der neueren Sender wie 36 (I) : 4,15 (II) : 2,25 (III) : 1 (IV).

Gleichzeitig mit der Energie regelt der Energieschalter auch die Sendetonhöhe: Sie ist

bei der Stellung I	1200	Schwingungen in der Sekunde,			
„ „ „ II	600	„	„	„	„
„ „ „ III	800	„	„	„	„
„ „ „ IV	1200	„	„	„	„

Mechanisch ist der Schalter so durchgebildet, daß auf der Griffachse sowohl der Schaltmesser des Gleichstromteiles in der Form eines Halbkreissegmentes, wie auch der Schaltmesser des Wechselstromteiles aufgesetzt sind. Sie greifen in konzentrisch zur Achse angeordnete, den 4 Energiestufen entsprechende Kontakte ein, zu denen die Leitungen geführt sind, und stellen so die erforderlichen Verbindungen her. Ebenfalls konzentrisch zur Achse ist ein veränderlicher Widerstand angebracht, der in der Erregergleichstromleitung der Wechselstrommaschine bei bestimmten Energiestufen eingeschaltet ist und zur Toneinstellung dient.

Der Energieschalter wird durch den Drehgriff mit der Aufschrift „Energie“ betätigt.

Spannungswandler.

Beide Spulen (primäre und sekundäre) sind gemeinsam um das Mittelstück eines **□**förmigen eisernen Rahmens gewickelt.

Der eiserne Rahmen wird aus einzelnen aufeinander gelegten Eisenblechplatten gebildet, die voneinander durch dünne Isolierschichten getrennt sind (zwecks Vermeidung von unnötigen Wirbelströmen im Eisen).

Die primäre Spule besitzt außer Anfang und Ende zwei weitere Abzweigungen, die zur Herstellung der verschiedenen Sendetöne nötig sind und zum Energieschalter geführt werden.

Die Enden der sekundären Spule sind an der Funkenstrecke angeschlossen.

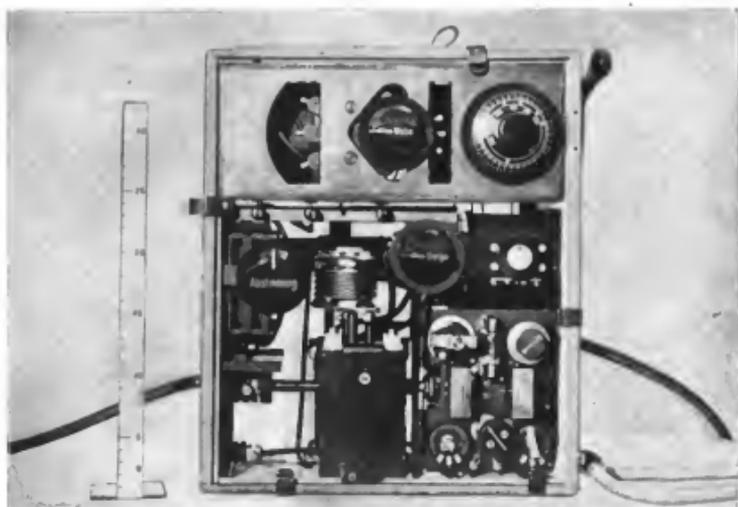


Abb. 167. Sender-Empfänger Type D, Vorderansicht mit abgenommener Deckplatte.

Der Stoßkreis.

Seine Teile sind:

Der Kondensator (Stoßkreis-kondensator) von 4000 cm Fassungsvermögen. Er besteht bei einem Teil der D-Sender aus sehr dünnen Kupferblättern mit dazwischen gelagerten Glimmerplatten, bei den anderen aus gleichen Kupferblättern mit dazwischen gelagerten Glasplatten von sehr geringer Stärke. Er ist nicht stellbar.

Die Funkenstrecke.

Sie ist derartig gebaut, daß der Funke mehrere Luftzwischenräume hintereinander zu überspringen hat. Sie besteht zu diesem Zwecke aus 8 tellerförmigen Silber-

platten mit dazwischen gelagerten Glimmerringen von etwa 0,2 mm Stärke (7fache Funkenstrecke). Der geringe Abstand von 0,2 mm in Verbindung mit den gewählten elektrischen Größen des Stoßkreises und des Luftdrahtkreises (Kupplung) hat zur Folge, daß der Funke schnell verlöscht. Hierdurch ist der Stromweg über die Funkenstrecke wieder unterbrochen, so daß eine neue Ladung des Stroumkreis-kondensators beginnen kann.

Die Funken gehen am Außenrand der Funkenstreckenplatten äußerlich sichtbar über, d. h. die Funkenstrecke ist eine offene Funkenstrecke. An dem Verhalten der Funken im Betriebe, die durch ein Schauloch an der Vorderwand des D-Senders von außen sichtbar sind, ist erkennbar, ob der Sender in bezug auf Abstimmung und Kupplung richtig eingestellt ist.

Bei richtiger Einstellung ist der Funke von blauer Farbe, hat sich ins Innere der Funkenstrecke zurückgezogen, so daß er mager erscheint, und tönt nur leise.

Bei falscher (schlechter) Einstellung ist der Funke grün, scheint aus der Funkenstrecke herausquellen zu wollen und rauscht stark.

Der Energieschalter sorgt bei den einzelnen Energiestufen für Abschaltung von Funkenstrecken mit Hilfe einer von ihm betätigten Stellvorrichtung. Bei geringerer Funkenstreckenzahl findet der Funkenübergang bei geringerer Spannung, also geringerer Ladung des Stoßkreis-kondensators und damit geringerer Wechselstromentnahme aus der Wechselstrommaschine statt.

In älteren D-Sendern sind eingeschaltet: für die Stufe I, II und III: 7 Funkenstrecken; für die Stufe IV: 2 Funkenstrecken.

In neueren D-Sendern sind eingeschaltet: für die Stufe I: 6 Funkenstrecken, für die Stufen II- und III: 3 Funkenstrecken, für die Stufe IV: 1 Funkenstrecke.

Die Funkenstrecke ist herausnehmbar.

Die Selbstinduktionsspule (Stoßkreis-Selbstinduktion).

Sie gehört zu den Teilen, die je nach dem erforderlichen Sendewellenbereich mit den Einsatzrahmen ausgewechselt werden müssen. Zu dem D-Sender gehören also zwei Stoßkreis-Selbstinduktionen verschiedener Größe, eine kleine im kleinen Einsatz und eine große im großen Einsatz.

Sie sind aus hochkantgewickeltem Flachkupfer hergestellte Zylinderspulen von rechteckigem Querschnitt. Im Innern besitzen sie 5 Abzweigungsanschlüsse, entsprechend den Sendewellenlängen, also für 150, 200, 250, 300, 350 m bzw. 300, 350, 400, 450 und 500 m. Die Abzweigungen führen zu den rechten Kontakten des Wellenschalters, der je nach seiner Stellung eine von ihnen mit dem Stoßkreis-kondensator verbindet und so den Stoßkreis schließt.

Über den Stoßkreisspulen liegen 5 Metallschienen mit Metallreitern, die nach Lösen der Vierkantschrauben und Verdrehen nach rechts oder links verschoben werden und auf jeder der Spulenwindungen aufgesetzt werden können. Neben der Spule läuft eine Skala, auf der die einzelnen Windungen numeriert sind. Da jede Schiene einer Sendewelle zugeordnet ist, die auf ihr vermerkt ist, so ist der Sitz eines jeden Metallreiters auf einer Windung durch eine Zahlenangabe festgelegt. Die Schienen in Verbindung mit den Reitern bewirken, daß für jede Sende-

welle eine beliebige Zahl von Windungen der Stoßkreisspule in den Luftdrahtkreis je nach dem benutzten Flugzeugtyp herzustellen ist.

Der Luftdrahtkreis.

Seine Teile sind:

Die feste Selbstinduktionsspule (Luftdrahtzusatzspule).

Sie gehört ebenfalls zu den mit dem Sendewellenbereich auszuwechselnden Teilen. Zu jedem D-Sender sind also 2 verschieden große feste Selbstinduktionsspulen notwendig, in jedem Einsatz eine.

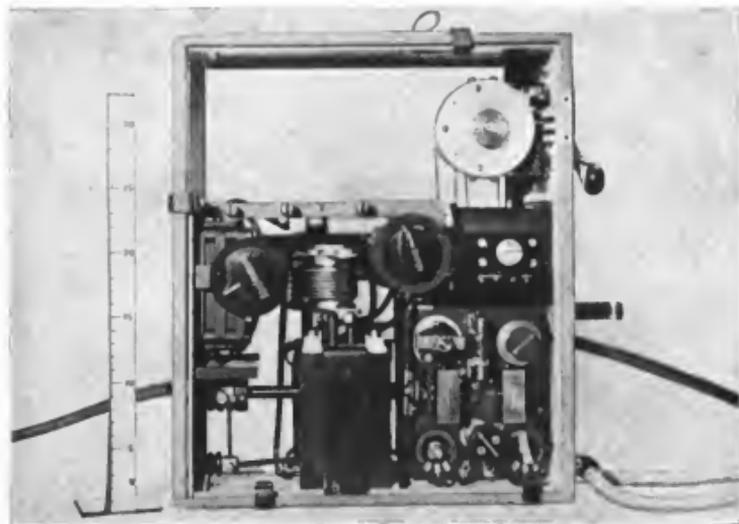


Abb. 168. Sender-Empfänger Type D J. d. Flieg mit herausgenommenem Stoßkreise.

Beide sind Zylinderspulen von sechseckigem Querschnitt aus Vollkupferdraht auf Isolationsrohr gewickelt. Sie besitzen eine Anzahl von Abzweigungen. Für jede Sendewelle sind 2 Abzweigungen so eingebaut, daß der Selbstinduktionswert, der zur Abstimmung des Luftdrahtkreises auf die eingestellte Welle des Stoßkreises erforderlich ist, in Verbindung mit der stellbaren Luftdrahtspule immer erzielt wird.

Die feste Luftdrahtspule des kleinen Einsatzes besitzt 8, die des großen Einsatzes 10 Abzweigungen. Sie sind an Gewindemuttern der Isolationsdeckplatte angelötet, von denen die vorn liegenden die Bezeichnung I, die hinten liegenden die Bezeichnung II tragen. Je eine Gewindemutter I und II liegt unter einer Metallschiene, deren je eine zu der unter ihr vermerkten Sendewelle gehört. Die

Spule des kleinen Einsatzes besitzt 4 solche Schienen, die des großen 5; Schrauben besorgen die Verbindung mit einer der Abzweigungen I und II, von denen die mit I bezeichneten gegenüber der mit II bezeichneten unter der gleichen Schiene den kleineren Selbstinduktionswert besitzen. Eine Angabe, z. B. 200, II, legt den für die Sendewelle 200 m erforderlichen Selbstinduktionswert fest.

Die feste Spule des Einsatzes für kleine Wellen besitzt gegenüber der für große Wellen nur 4 Schienen, weil die Sendewelle 150 m lediglich durch eine Hälfte der stellbaren Luftdrahtspule hergestellt wird.

Die stellbare Selbstinduktionsspule (Stellschule oder Variometer).

Sie besteht aus 4 Flachspulenpaaren aus Litzendraht, die in Isolationsmaterial eingebettet sind. Von ihnen stehen 2 (die erste und dritte) fest, die beiden anderen (die zweite und vierte) lassen sich parallel zu den festen Spulen verschieben. Der Wert der Selbstinduktion der Stellschule läßt sich dadurch in weiten Grenzen verändern.

Für die Sendewelle 150 m wird nur die Verschiebung einer festen Spule gegen eine bewegliche benutzt; die Selbstinduktionsveränderung ist dadurch bei ihr geringer.

Die Stellschule dient zur feineren Abstimmung des Luftdrahtkreises auf die eingestellte Welle des Stoßkreises.

Ihr eines Ende ist an das Ende der Luftdrahtspule, das andere an den Senderkontakt des Luftdrahtumschalters angeschlossen.

Die Bewegung der beweglichen Spule erfolgt durch eine Spindel mit einem Drehgriff: Aufschrift „Senderabstimmung“.

Der Wellenschalter.

Er wird, da er mit den mit den Wellenlängen zu ändernden Teilen zusammenarbeitet, mit diesen ausgewechselt, so daß zu jedem D-Sender 2 Wellenschalter, in jeden Einsatz einer gehören. Seine Aufgabe ist die gleichzeitige Einstellung

- a) der gewünschten Wellenlänge des Stoßkreises,
- b) der zugehörigen Abzweigung der festen Luftdrahtspule, und
- c) der Kupplungsabzweigung der Stoßkreis-Selbstinduktionsspule.

Die Kontakte seines rechten Teiles sind an die Wellenabzweigungen der Stoßkreisschule angeschlossen. Der Wellenschalter verbindet sie mit seiner Achse, die an den Stoßkreiskondensator anliegt, und erledigt so die Aufgabe a.

Die äußeren linken Kontakte sind an die Schienen der festen Luftdrahtspule, die inneren linken Kontakte an die Kupplungsschienen der Stoßkreisschule angeschlossen. Der Wellenschalter verbindet die beiden Kontakte je nach der eingestellten Sendewelle des Stoßkreises und löst so die Aufgaben b und c.

Der Wellenschalter wird bedient durch einen Handgriff mit der Aufschrift „Welle“. Bei älteren Sendern ist der Handgriff so befestigt, daß seine Marke, je nachdem der Einsatz für kleine oder große Wellen dem D-Sender eingeffigt ist,

auf die Skala der kleinen oder großen Wellen zeigt. Bei neueren Sendern ist nur eine Skala (entweder für kleine oder für große Wellen) sichtbar.



Abb. 169. Der auswechselbare Stoßkreis für Wellenbereich, $\lambda = 150-350$ m des Sender-Empfängers Type D J. d. Flieg. — Aufsicht.

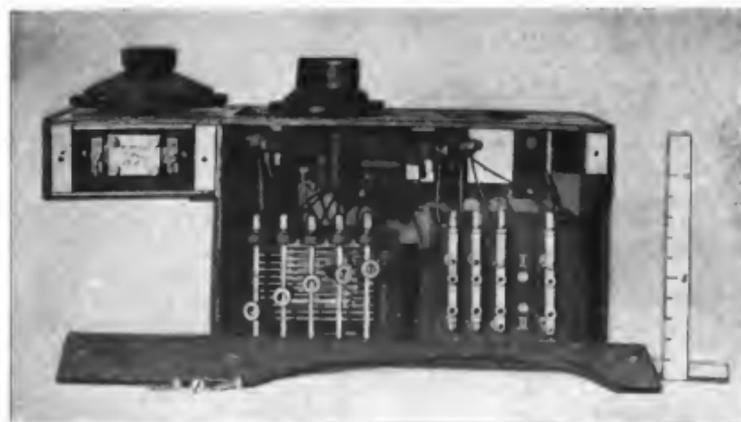


Abb. 170. Der auswechselbare Stoßkreis für Wellenbereich 150—350 m des Sender-Empfängers J. d. Flieg. Type D. — Seitenansicht.

Auf der Oberseite des Kastens befindet sich ein nach Lösung einer Schraube abnehmbarer Deckel. Es werden die Schienen der Stoßkreisspule und der festen Luftdrahtspule sichtbar. Es ist also die Einstellung der Kupplung und die Wahl der Abzweigung der festen Luftdrahtspule im Fluge möglich.

B. Empfängerseite.**Der Luftdrahtkreis.**

Seine Teile sind:

Die Induktionsspule.

Sie ist eine Zylinderspule von kreisförmigem Querschnitt aus Litzendraht; sie ist einmal unterteilt, so daß sie entweder zum Teil (für die Empfangswellen von 140 bis 200 m) mit dem im Mittel 36 m langen Luftdraht und von 145—295 m mit dem im Mittel 65 m langen Luftdraht oder ganz (für die Wellen von 240—450 m mit kurzem und von 245—530 m mit dem langen Luftdraht) in den Luftdrahtkreis eingeschaltet werden kann.

Der stellbare Kondensator und der Wellenschalter.

Sie sind in einem Gehäuse auf einer Achse angeordnet.

Der stellbare Kondensator besteht aus mehreren Metallplatten; das Zwischenmittel ist Luft. Die Platten des einen Poles lassen sich gegen die des andern durch Drehung verschieben. Es ist also eine fortlaufende Veränderung des Fassungsvermögens des Kondensators möglich. Sein Höchstwert beträgt etwa 500 cm. Er dient zur feinen Abstimmung des Luftdrahtkreises auf die zu empfangende Welle.

Der Wellenschalter besteht aus zwei unterbrochenen Metallringen und einem in der Mitte drehbar angeordneten Schalthebel, dessen beide Enden nicht leitend miteinander verbunden sind. Bei Drehung des Kondensators dreht er sich mit und schaltet entweder die ganze Induktionsspule oder nur einen Teil von ihr ein.

Der Zellenkreis.

Seine Teile sind:

Die Induktionsspule.

Sie befindet sich im Innern der Induktionsspule des Luftdrahtkreises, ist daher auf den Abbildungen nicht sichtbar. Ihre Windungen aus Litzendraht sind auf eine Kugel gewickelt, die in der Induktionsspule drehbar ist. Diese Veränderung der Lage der beiden Spulen zueinander dient der Einstellung der günstigsten Kupplung zwischen Luftdraht und Zellenkreis.

Die Drehachse ist von außen nach Abnahme der Vorderwand des D-Senders oder Öffnung des Metalldeckels zum Zweck der Einstellung zugänglich. Eine Veränderung der Einstellung ist im allgemeinen nicht notwendig.

Der Blockkondensator.

Er wird den Fernhörern nebengeschaltet; sein Fassungsvermögen beträgt 1000 cm.

Der Zellschalter.

Er dient zum wahlweisen Einschalten einer der beiden Zellen und erledigt dabei gleichzeitig das Nebenschalten des Fernhörers (Buchsen für Prüfzwecke) und des Lautverstärkers zum Blockkondensator.

Einrichtung zum Anlegen der Hilfsspannung an Zellen.

Bei Verwendung von Zellen mit Hilfsspannung (die normal für Empfang im Flugzeug zu verwenden sind, da alle anderen bisher bei Erschütterung versagen) sorgen diese selbsttätig für deren Zuführung.

Die Hilfsspannung liefert der Heizsammler des Lautverstärkers. Zugeführt wird sie durch zwei Leitungen in einem Metallschlauch, in dem sich auch die Zuleitungen vom Blockkondensator zum Lautverstärker befinden; er endet in einem kleinen Vierfachstecker.

Der Eisenwiderstand drosselt sie selbsttätig von etwa 6 Volt auf die notwendige Höhe von etwa 1,5 Volt herunter.

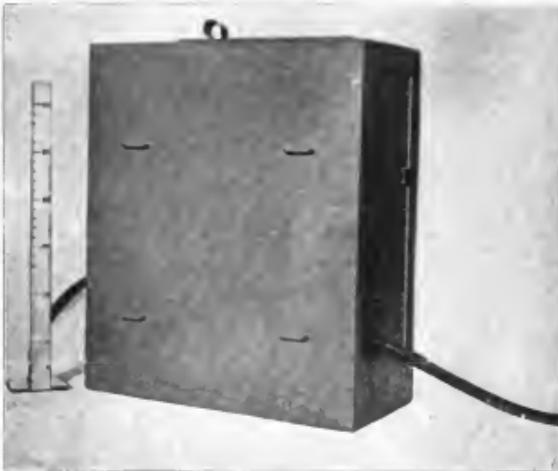


Abb. 171. Sender-Empfänger Type D J. d. Flieg.

Die Zellen für Hilfsspannung besitzen zwischen ihren Steckern einen Stift aus Isoliermaterial. Bei dem Einsetzen der Zelle in die Zellenbuchsen drückt der Stift einen Kontakt nieder, durch den die Hilfsspannung selbsttätig eingeschaltet wird.

Durch veränderliche Drehwiderstände wird die Hilfsspannung auf den für die Zellen günstigsten Wert eingestellt.

Der Schwingungskreis zur Wellenprüfung.

Er dient zur Einstellung der Zellen bzw. ihrer Drehwiderstände, zur Prüfung des Empfängers und Lautverstärkers, er bietet im Fluge die Möglichkeit, annähernd die Einstellung des stellbaren Kondensators des Luftdrahtkreises für die zu empfangende Wellenlänge zu finden.

Die Teile der Schwingungskreise selbst werden, soweit sie dem Empfangswellenbereich mit kurzem und langem Luftdraht entsprechen müssen, bei Übergang von dem kurzen zum langen Wellenbereich ausgewechselt, sind also in den Einsätzen untergebracht.

Ihre Teile sind:

Die Spulen und Kondensatoren.

Die Spulen sind auf sehr kleine Zylinder aus dünnem Vollkupferdraht gewickelt. Sie induzieren direkt auf die Luftdrahtspule. Besondere Kupplungswindungen im Luftdrahtkreis sind nicht vorhanden.

Die Kondensatoren sind nicht stellbar.

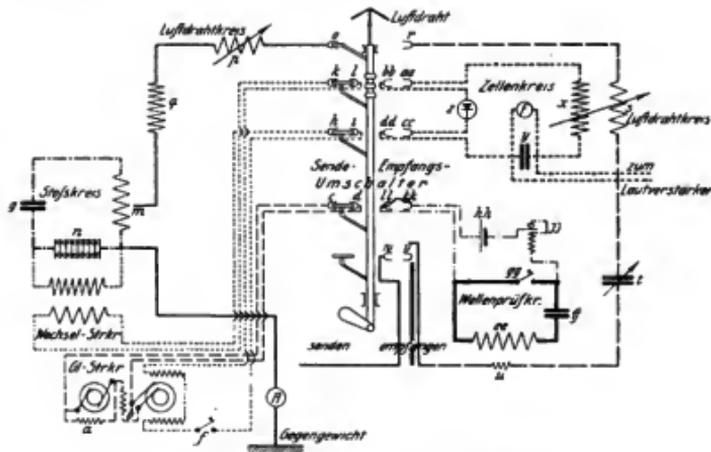


Abb. 172. Schaltschema des D-Sender-Empfängers.

Der Wellenlängenschalter.

Er besteht aus zwei mehrfach unterbrochenen Metallringen, auf denen ein in der Mitte drehbarer Metallhebel gleitet.

An den Metallringen sind die Spulen und Kondensatoren angeschlossen. Der Hebel schaltet diese bei Drehung zu Schwingungskreisen der Wellenlängen 150, 200, 300, 350 und 400 m in dem kleinen Einsatz, und der Wellenlängen 200, 250, 300, 350, 450 und 500 m im großen Einsatz zusammen. Die Achse des Hebels wird bei dem Einsetzen der Rahmen in den D-Sender mit der Achse des stellbaren Kondensators gekuppelt. Die Größe der Teile der Metallringe des Schalters ist so bemessen, daß die Wellenlänge des Schwingungskreises so lange einen bestimmten Wert, z. B. 200 m beträgt, als die Abstimmung des Luftdrahtkreises bei Drehung des stellbaren Kondensators sich etwa um diesen Wert bewegt.

Die Achse des Schalters und des stellbaren Kondensators wird durch einen Drehgriff mit der Bezeichnung „Empfänger-Abstimmung“ gedreht. Auf dem Drehgriff sind die einzelnen Bereiche, in denen der Schwingungskreis die bestimmte Wellenlänge besitzt, angegeben. Sie werden an der Marke abgelesen.

Der Summertaster schaltet den Strom zum Betriebe des Summers durch Drehen von links („aus“) nach rechts („ein“) oder durch Niederdrücken (Tasten) ein.

C. Luftdrahtumschalter.

Er wird betätigt durch den rechts oben am D-Senderkasten sitzenden Schalterhebel. Bei Stellung auf



Abb. 173. Telefunken: Sender-Empfänger Type N für C-Flugzeuge mit eingebautem Röhren-Verstärker. — Vorderansicht.

„Senden“ ist der Sender am Luftdraht angeschlossen, der Empfänger gesichert,

„Empfang“ liegt der Empfänger am Luftdraht, die Stromzuleitung des Senders ist unterbrochen,

„Aus“ ist Sender und Empfänger vom Luftdraht abgeschaltet; alle Stromverbindungen usw. sind unterbrochen.

Der Schalterhebel betätigt durch Übertragung die Schalterachse. An ihr sitzt auf der rechten Seite das mit dem Luftdraht verbundene Schaltmesser, das diesen entweder an den mit dem Empfängerluftdrahtkreis verbundenen anlegt oder löst. Auf der linken Seite der Achse sind die Schaltmesser bzw. Nasen aus Isoliermaterial angebracht, die unten den Gleichstrom und Wechselstrom unterbrechen bzw. einschalten, oben den Empfänger und seine Teile einschalten bzw. sichern.

D. Anschlüsse für Luftdraht und Gegengewicht und Lautverstärker.

Das Luftdrahtsteckerkabel sitzt auf der rechten Seite des D-Senderkastens. Es ist ein isoliertes Kabel, bei dem an einem Ende ein kleiner klauenförmiger Stecker mit Isolationshülle sich befindet, während bei älteren Sendern das andere Ende durch eine Durchführung in den Kasten eingeführt und innen angeschlossen ist, bei neueren Sendern die Litze zu einer festen Öse verlötet ist, mit der das Kabel dauernd an der Luftdrahtklemme des D-Senders befestigt ist. Sein Stecker ist für die Verbindung mit der Luftdrahtsteckvorrichtung des Luftschachtes bestimmt.

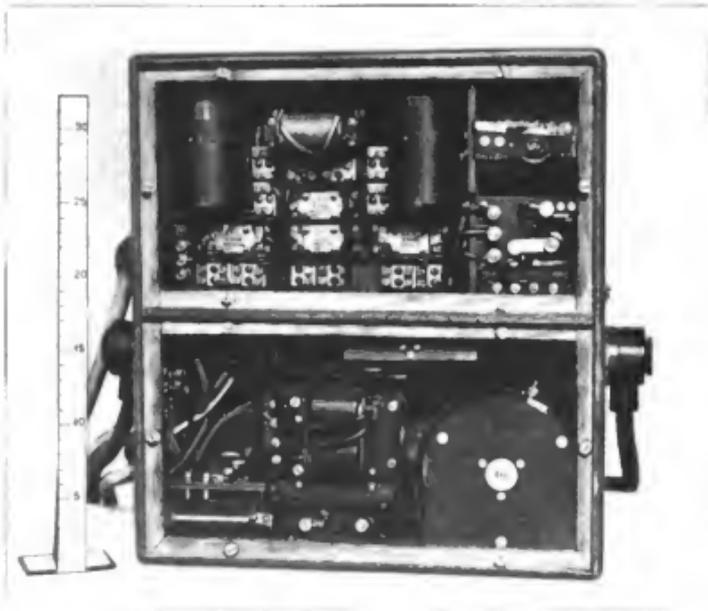


Abb. 174. Telefunken: Sender Empfänger Type X für C-Flugzeuge. — Rückansicht, geöffnet.

Das Gegengewichtssteckerkabel sitzt auf der linken Seite des D-Senders. Seine Ausführung stimmt mit der des Luftdrahtsteckerkabels überein. Sein Stecker ist für die Verbindung mit der „Gegengewichtssteckvorrichtung“ vorgesehen.

Die Aufgabe der Verbindungsleitungen ist:

Die Entnahme der Hilfsspannung von dem Heizsammler des Lautverstärkers und die Zuleitung der Empfängerströme zur Verstärkung zum Lautverstärker.

Der Vierfachstecker ist am D-Sender angebracht, der Fünffachstecker befindet sich am Lautverstärker.

Normal wird im Flugzeug der Dreifachverstärker verwandt.

2. Sender-Empfänger Type „N“.

Einen findbaren Fortschritt im Bau des Sende-Empfangsgeräts stellt die Type „Telefunken“ N dar. Hier sind zum ersten Male der Sender, der Empfänger und der Röhrenverstärker organisch miteinander verbunden. Die Abb. 173 und 174 geben eine Ansicht dieses Gerätes.

e) Das Sende-Empfangsgerät für Kampfeinsitzer.

1. Allgemeines.

Wie bereits im Abschnitt II dargelegt ist, bestand die Schwierigkeit in der Entwicklung von F.-T.-Gerät für Kampfeinsitzer in der Hauptsache darin, die Apparatur möglichst leicht bedienbar, von geringem Umfang und gering an Gewicht zu bauen, und ferner aus flugtechnischen Gründen die lang herunterhängende Antenne zu vermeiden. Für Kampfeinsitzer sollte vor allen Dingen eine Verbindung

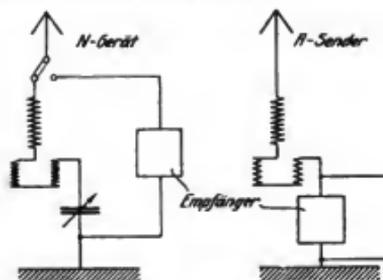


Abb. 175.
Paralleles Zwischenhören.

Abb. 176.
Serien-Zwischenhören.



Abb. 177. Telefunken: Primär-Empfänger Type E ohne Verstärker für Kampfeinsitzer.

innerhalb des Geschwaders angestrebt werden, um dem Geschwaderführer zu ermöglichen, auch in der Luft, insbesondere während des Kampfes, Befehle zu erteilen.

Ferner war eine Verbindung vom Boden zum Flugzeug notwendig. Insonderheit für die Jagdstaffeln des Heimatschutzes, um die eigenen Luftstreitkräfte an den Feind heranzubringen; denn gerade das Aufsuchen des Gegners gestaltete



Abb. 178. Telefunken: Primär-Empfänger Type E für Kampfeinsitzer, geöffnet.

sich für die eigenen Jagdflieger äußerst schwierig, weil der Feind naturgemäß alle Mittel in Anwendung brachte, um sich beim Angriff auf unser Heimatgebiet der Abwehr zu entziehen. So suchte er außerordentlich große Höhen auf, benutzte unsichtiges Wetter, flog im Zickzackkurs und versuchte seine Angriffe zu verschleiern. Die F.T. wurde hier ein wichtiges Hilfsmittel, um von den eigenen oder dem Beobachtungsposten am Boden die in der Luft befindliche Jagdstaffel über den jeweiligen Kurs des Gegners auf dem laufenden zu halten. Die an Land ausgelegten Sichtzeichen bzw. Richtungsschüsse von Flakbatterien mußten naturgemäß auf großen Entfernungen und bei unsichtigem Wetter versagen.

Entsprechend diesen verschiedenen militärischen Anforderungen galt es, Empfangsgerät, Sendegerät und Sende-Empfängergerät für Jagdflugzeuge zu entwickeln.



Abb. 179. Telefunken: Empfänger Type E. L. Größe: 15,3 - 11,5 - 18,2 cm. Gewicht: 3,02 kg.



Abb. 180. Telefunken: Audion-Empfänger Type E. L.

Die Aufgabe konnte nur dadurch gelöst werden, daß man sich in der funkentelegraphisch-technischen Ausgestaltung auf das Allernotwendigste beschränkte, denn

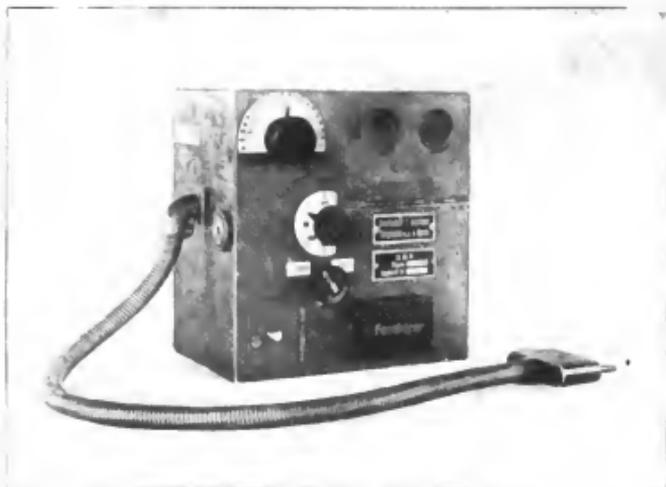


Abb. 181. Telefunken: Empfänger Type E. L. für Einsitzer.



Abb. 182. Firma Dr. E. F. Huth: Empfänger Type E. für Kampfsitzer mit Kristalldetektor und Lautverstärker.

bei keiner Type waren das Geizen mit jedem Gramm Gewicht, mit jedem Kubikcentimeter Raumbedarf und die Möglichkeit einer laienhaft einfachen Bedienung eine solche unbedingte Lebensfrage wie beim Jagdflugzeug.

Es wurde daher der Wellenbereich von vornherein begrenzt und das Gerät in den meisten Fällen nur für eine einzige Welle eingerichtet. Aus Gründen der notwendigen Störfreiung wurde bei einzelnen Typen die Möglichkeit vorgesehen, im Innern des Geräts jeweilig vor dem Flug eine beliebige Welle im Bereich von



Abb. 183. Firma Dr. E. F. Huth: Empfänger Type E. mit Kristalldetektor und organisch eingebautem Lautverstärker für Kampfeinsitzer.

150–350 m einzustellen. Aus Gründen der einfachen Bedienung wurde jedoch die Möglichkeit eines Wellenwechsels während des Fluges, also ein äußerlich bedienbarer Wellenschalter ausgeschlossen. Um das gegenseitige Sichfinden und die Abstimmung zu erleichtern, mußte auf Sekundärkreis verzichtet werden und wurde der Empfang durchweg als Primärempfang mit einer Abstimmungsbreite $\pm 10\%$ konstruiert.

Die Breite des Wellenbereichs 150–350 m für alle Einsitzergeräte erfolgte besonders aus dem Gesichtspunkte heraus, die Wellen möglichst niedrig zu halten, um kurze Antennen von ca. 20–30 m oder festeingebaute Antennen verwerten zu können.

Bei dem außerordentlich regen F.-T.-Verkehr an der Front machte sich jedoch im Laufe der Zeit immer mehr der Wunsch geltend, größere Störfreiung zu erhalten. Es störten in der Hauptsache die vielen Artilleriefieger, welche auf den Wellen 150—500 m arbeiteten. Es wurden daher Versuche mit verschiedenen Monotelephonen angestellt, d. h. mit Fernhörern, die nur auf eine bestimmte Welle, auf eine bestimmte Tonhöhe, z. B. Ton 1000, 800 oder 600 ansprechen. Diese Versuche erforderten jedoch eine größere Gewichtserhöhung der Apparatur, und das Monotelephon bildete somit eine neue Fehlerquelle, die unbedingt zu ver-



Abb. 184. Firma Dr. E. F. Huth: Empfänger Type E. L. mit Audion und Fernbedienung, Lautverstärker und eingebauter 25 Volt Anodenbatterie.

meiden war, denn die Betriebssicherheit des Gerätes bildete gerade beim Jagdflieger eine Lebensfrage. Während dieser Arbeiten schritten die Versuche mit ungedämpften Geräten so weit fort, daß an eine baldige Einführung gedacht werden konnte, und mit diesem Sende-Empfangsgerät wurde ja ohnedies ein Ideal bezüglich Störfreiung erreicht.

Erwähnt werden muß noch die Detektorenfrage. Die Erfahrung lehrte, daß der Jagdflieger während des Fluges sich auf keinen Fall damit befassen konnte, beim Versagen des Empfangs, insonderheit durch Versagen der Detektoren, die Fehlerquelle zu suchen. Es wurde daher beim Empfangsgerät ein äußerlich bedienbarer Detektorwahlschalter vermieden.



Abb. 185. Firma Dr. E. F. Huth: Empfänger Type E. L. mit Audion und Lautverstärker, eingebauter 25 Volt Anodenbatterie und Fernbedienung, geöffnet.



Abb. 186. Telefunken: Empfänger Type E. mit organisch eingebautem Verstärker für Kampfeinsitzer.



Abb. 187. Telefunken: Empfänger Type E, mit organisch eingebautem Verstärker für Kampfeinsitzer.

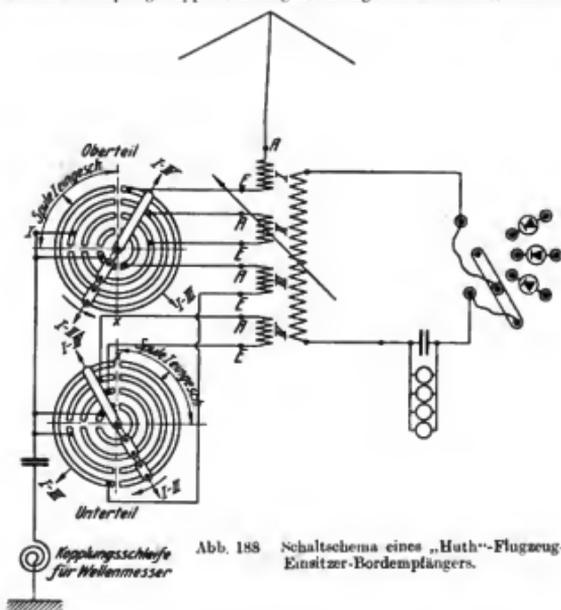


Abb. 188. Schaltschema eines „Huth“-Flugzeug-Einsitzer-Bordempfängers.

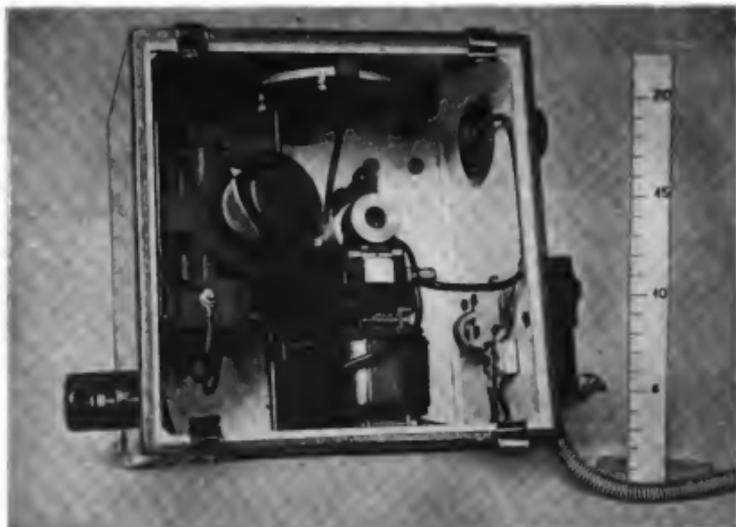


Abb. 189. Telefunken: Sender Type B, geöffnet, Welle 150 m, für Kampfeinsitzer.

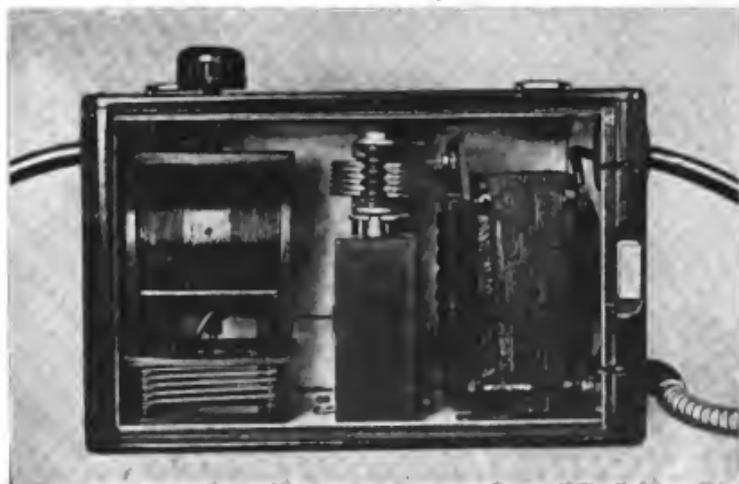


Abb. 190. Firma Dr. E. F. Huth: Sender Type B, mit einer Welle, geöffnet.
Handb. d. Fliegerkunde. Bd. 9. 15

Die Taste wurde in Spezialausführung so ausgebildet, daß sie am Steuerrad bzw. Steuerknüppel als Druckknopf befestigt wurde. Einige ältere Ausführungen zeigen die Taste am Senderkasten organisch eingebaut.



Abb. 191. Firma Dr. E. F. Huth: Sender mit einer Welle, geschlossen.

Sie wurde durchweg unter Vermeidung eines Empfangsumschalters so konstruiert, daß die gesamte Empfangsapparatur an der in Ruhe befindlichen Taste lag, d. h. es wurde mit Zwischenhöreinrichtung gearbeitet. Die Zwischenhörein-

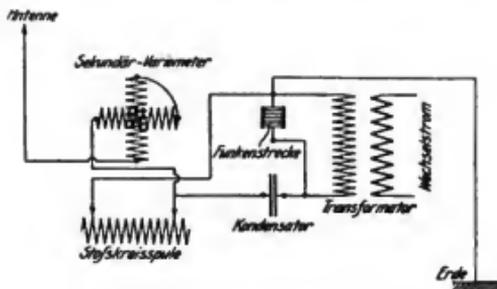


Abb. 192. Schaltschema Sender Type B.

richtung wurde entweder als paralleles Zwischenhören wie beim früher erwähnten N-Gerät ausgebildet, oder es wurde ein „Serien-Zwischenhören“ angewendet (s. Abb. 175 und 176).

2. Empfänger für Kampfeinsitzer.

Der erste brauchbare Kampfeinsitzerempfänger, der von der Telefunken-Gesellschaft geliefert wurde, ist im geschlossenen Zustand in Abb. 177, im geöffneten Zustand in Abb. 178 abgebildet. Es sind nur zwei Bedienunggriffe vorhanden,



Abb. 193. Firma Dr. E. F. Huth; Empfänger-Sender Type A mit Gegensprecheinrichtung.

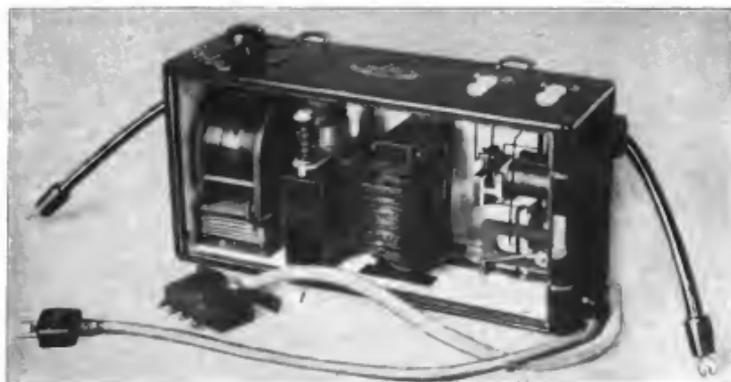


Abb. 194. Firma Dr. E. F. Huth; Sender-Empfänger Type A geöffnet.

und zwar ein Griff für die Abstimmung (der obere), und ein zweiter Griff zum Ein- und Ausschalten der Hilfsspannung für die Karborunddetektoren vor bzw. nach

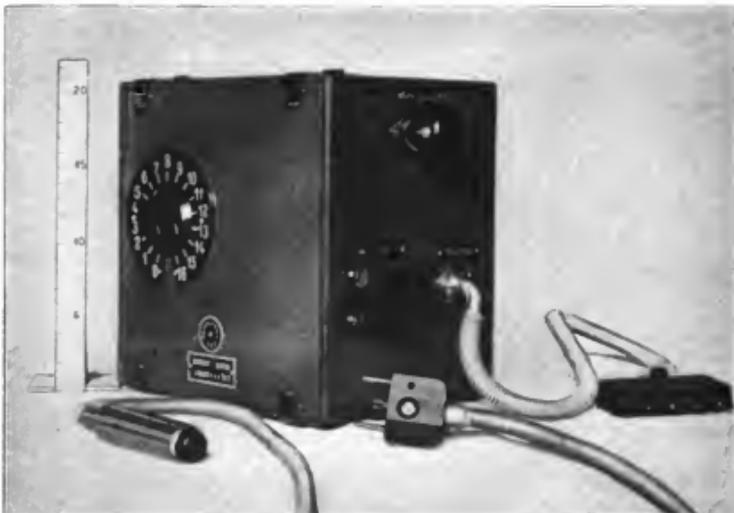


Abb. 195. Telefunken; Sender-Empfänger Type A für Kampf-Einsitzer, Welle 150 m, Knopf-taste mit Zwischenhöreinrichtung.

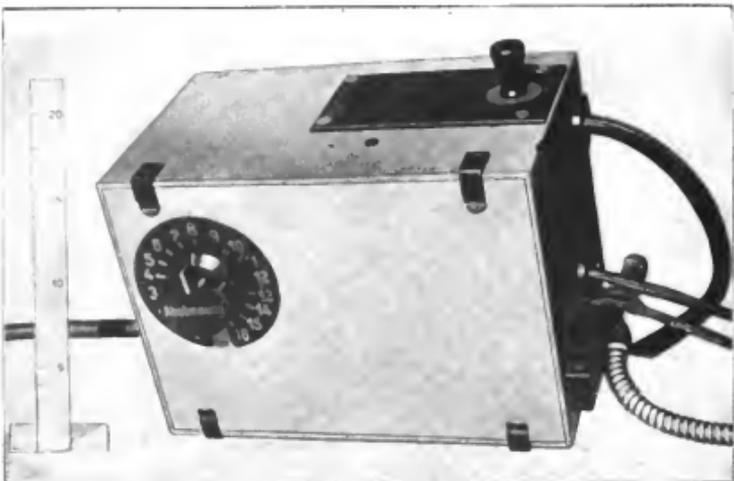


Abb. 196. Sender-Empfänger Type A für Kampf-Einsitzer, Welle 150 m, mit eingebauter Taste und Zwischenhöreinrichtung.



Abb. 197. Telefunken; Sender-Empfänger Type A mit Zwischenhöreinrichtung u. organ. eingebauter Taste.

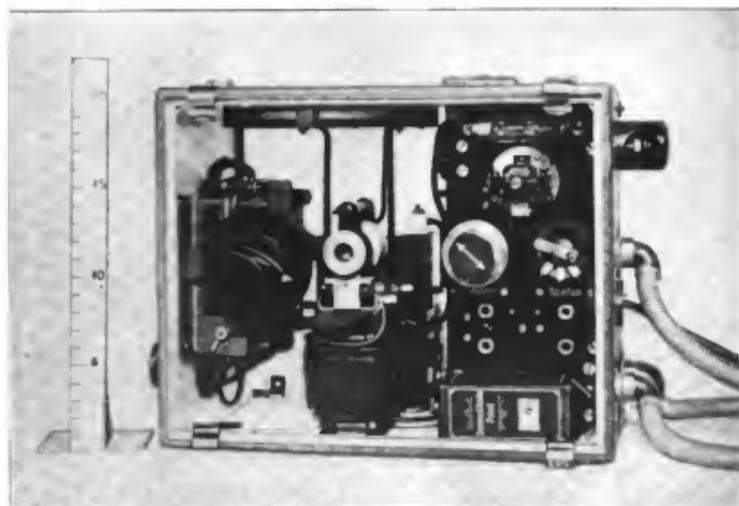


Abb. 198. Telefunken; Sender-Empfänger Type A, geöffnet.

dem Fluge, aus Gründen der Stromersparnis. Während beim Empfänger von Abb. 177 und 178 der Lautverstärker getrennt vom Empfänger benutzt wird, ist in dem Gerät von Abb. 179, 180 und 181 dadurch ein bedeutender Fortschritt erzielt, daß der Lautverstärker organisch mit dem Empfänger vereinigt ist. Bei diesem Gerät sind ferner die Karborunddetektoren fortgefallen und wird die erste Röhre des Verstärkers als Audiodetektor benutzt.

Auch die Dr. Erich F. Huth G. m. b. H. lieferte äußerst brauchbare Empfänger für Einsitzer, die in Abb. 182—187 wiedergegeben sind. Die Schaltung eines solchen „Huth“-Einsitzer-Bordempfängers ist aus Abb. 188 ersichtlich.

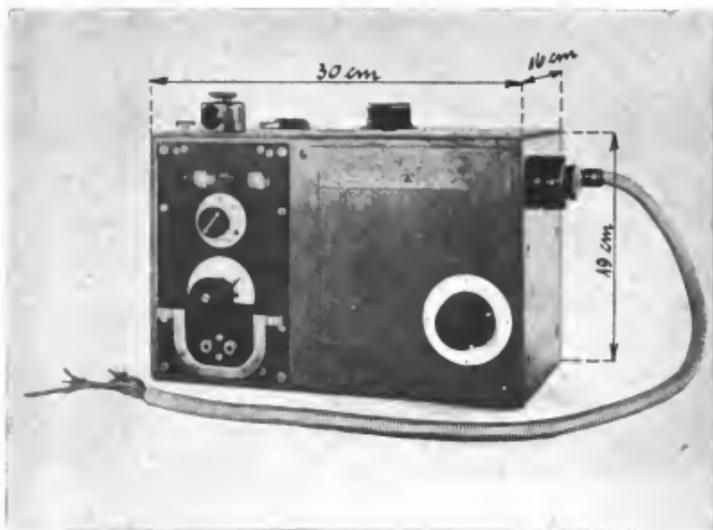


Abb. 109. Telefunken; Sender-Empfänger Type A für Kampf-Einsitzer.

3. Sender.

Verschiedene Ausführungsformen von Sendern sind in den Abb. 189—191 wiedergegeben. Es sind dies Erzeugnisse der Telefunken-Gesellschaft und der Dr. Erich F. Huth G. m. b. H. Diese Sender führen die allgemeine Typenbezeichnung „B“; die Schaltung des Geräts erhellt aus Abb. 192.

4. Die Sende-Empfänger für Kampfeinsitzer.

Ähnlich wie der eingehend beschriebene „D-Sender“ eine organische Vereinigung von Sender, Empfänger und Röhrenverstärker darstellt, ist auf Grund der Er-

fahrung mit diesem Gerät die Sende-Empfängerapparatur für Einsitzer entwickelt. Die Abb. 193–199 geben eine ausführliche Darstellung der verschiedenen Entwicklungsstadien dieses Gerätes. In Abb. 200 ist insonderheit der Einbau der Taste an dem Steuerknüppel gezeigt. Abb. 201 gibt die erste Jagdstaffel, die mit F.-T.-Gerät ausgerüstet war, wieder. Sie wurde im Jahre 1917 bei der F.-T.-



Abb. 200. Steuerknüppel mit fest eingebauter F.-T.-Taste (oben rechts).

Versuchsabteilung vom Verfasser aufgestellt und hat unter Führung des Piloten Leutnant d. R. Dr. Gericke an den verschiedensten Teilen der Westfront mit großem Erfolg und zum Staunen des Gegners gearbeitet. Das Flugzeug am weitesten links ist das Führerflugzeug. Die Wechselstrommaschine an der rechten Strebe des Fahrgestells ist deutlich zu erkennen. Alle Flugzeuge sind mit einer fest eingebauten Antenne ausgerüstet. Der Mast hat tropfenförmigen Querschnitt und

befindet sich unmittelbar hinter dem Führersitz. Das Führerflugzeug ist ferner mit einer abwickelbaren 20-m-Antenne ausgerüstet, um vor dem Luftkampf auf große Entfernungen funken zu können.

Die herabhängende Antenne ist etwas hinter dem Führersitz zu erkennen. Einen Überblick über die Gewichtsverhältnisse dieser Geräte gibt nachfolgende Tabelle:



Abb. 201. Kampf-Einsitzer-Staffel der F.-T.-Versuchs-Abt.

Gewichte der Kampfeinsitzer F.-T.-Apparatur.

Type A-Sender Telefunken	5,250 kg
„ A-Sender Huth	4,600 „
„ E-Empfänger Telefunken	1,790 „
„ E-Empfänger Huth	1,750 „
„ Audion E-Empfänger (Empfänger u. Verstärker)	5,250 „
Dreifachverstärker Telefunken	4,250 „
Puffer und Schiene	0,435 „
Maschine Typo B	8,050 „
Kupplung	2,750 „
100 Volt Batterie, Type H.B. 164	2,800 „
6 Volt Batterie, Type H.B. 163	2,900 „
Haspel	1,020 „
2strahlige Antenne	1,000 „
28-m-Antenne	0,420 „
Mastantenne	1,500 „
Taste	0,590 „
Einbau	1,000 „

Es wiegt also:

1. Sende-Empfangsapparat bestehend aus: A-Sender Telefunken, B-Maschine mit Kupplung, Dreifachverstärker mit Puffer und Schiene, 100 - Volt-Batterie, 6 - Volt-Batterie, Haspel, 2strahlige Antenne, Taste, Einbau 30,045 kg.



Abb. 202. Telefunken; Sender-Empfänger Type G, geöffnet. Vorderansicht.

2. Dasselbe mit Propellerantrieb 27,500 kg.
3. Apparatur wie zu 2, dazu A-Sender mit Audion-E-Empfänger zusammengebaut 25,710 kg.
4. Wie zu 3 mit Mastantenne (Fortfall der Haspel) 25,210 kg.
5. Bei Verwendung des Huth-A-Senders verringern sich die Gewichte um weitere 0,650 kg.

6. Senderapparatur ohne Empfangsseite, bestehend aus: B-Sender, B-Maschine mit Kupplung, Haspel, 2strahlige Antenne, Taste, Kabel 18,940 kg.
7. Dasselbe mit Propellerantrieb und Mastantenne 15,940 kg.
8. Empfangsapparatur, bestehend aus: E-Empfänger Telefunken, Dreifachver-



Abb. 203 Telefunken: Sender-Empfänger Type G. Vorderansicht.
Größe: 56,5 × 36,3 × 16,5 cm. Gewicht: 22 kg.

stärker nebst Puffer und Schiene, 100-Volt-Batterie, 6-Volt-Batterie, Haspel, Antenne, Kabel 15,175 kg.

9. Dasselbe mit Mastantenne 14,675 kg.
10. Dasselbe wie zu 8 mit herabhängender 20-m-Antenne 13,175 kg.
11. Empfangsapparatur mit Audionempfänger und Mastantenne 13,450 kg.
12. Dasselbe wie zu 11 mit Fadenantenne 12,450 kg.

f) Das Gerät für Groß- (G) und Riesen- (R) Flugzeuge.

Die Geräte für Großflugzeuge sind ähnlich gebaut wie der früher ausführlich beschriebene „D-Sender“. Entsprechend der größeren Leistung (500 Watt primär) sind naturgemäß die Senderorgane größer durchgebildet. Alle Einzelheiten sind aus den Abb. 202—204 ersichtlich.

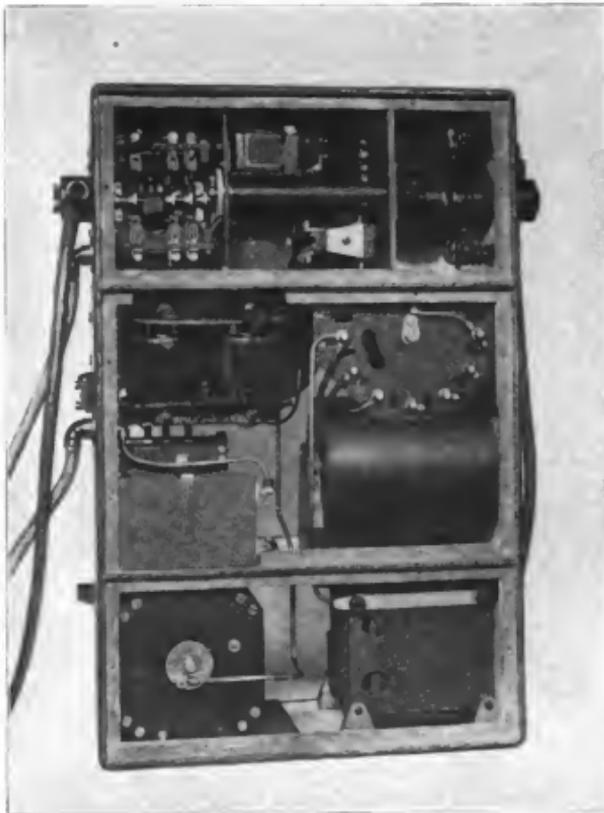


Abb. 204. Rückansicht (geöffnet) des Telefunken-Sender-Empfängers Type G.

Im R-Flugzeug liegen die F.-T.-Verhältnisse günstiger, weil hier in den meisten Fällen eine besondere Kabine zum Einbau des Gerätes zur Verfügung steht. Das erste F.-T.-Gerät für R-Flugzeuge wurde im Jahre 1915 von der Telefunken-Ge-

sellschaft und der Dr. Erich F. Huth G. m. b. H. entwickelt. Das Gerät der Dr. Erich F. Huth G. m. b. H. ist in Abb. 205 und 206 wiedergegeben; das Gerät der Telefunken-Gesellschaft in Abb. 8 Abschnitt II. Man erkennt hier deutlich die gesamte Anordnung der F.-T.-Apparatur im Innern der Kabine eines R-Flug-



Abb. 205. Firma Dr. E. F. Huth; Modell 1915 des ersten R-Flugzeug-Senders.

zeuges, einer Maschine der Gothaer Waggonfabrik; vorn links ist der Antennenschacht und Antennenaspel erkennbar, dahinter auf dem Boden fest aufmontiert der Sender und darüber an der Wand der Sende-Empfangsumschalter; der Empfänger, und zwar ein Primär-Sekundär-Empfänger, befindet sich an der Mittelwand,

und seitlich rechts unten ein alter, bereits früher beschriebener Vierröhrenverstärker Tolefunken.

Die neueren Geräte sind in den Abb. 207—214 wiedergegeben. Das Schalt-schema eines solchen Senders zeigt Abb. 215.

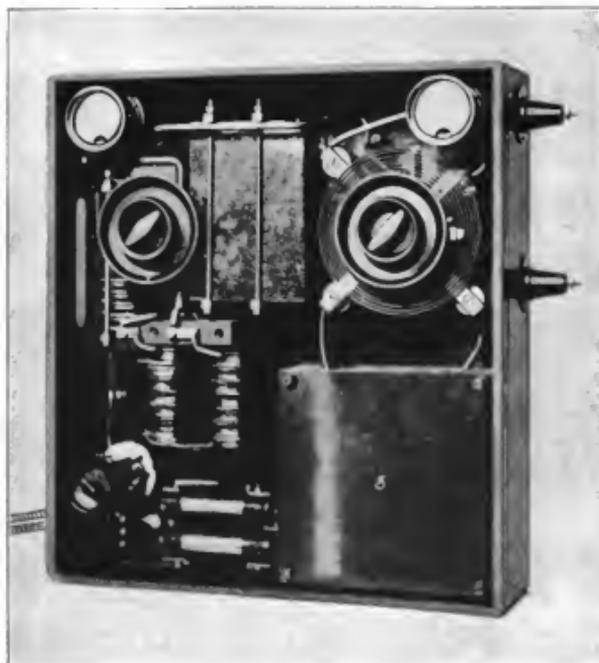


Abb. 206. Firma Dr. E. F. Huth; Erster R-Flugzeug-Sender Bauart 1915/16.



Abb. 207. Telefunken: R-Sender-Empfänger, Vorderansicht.

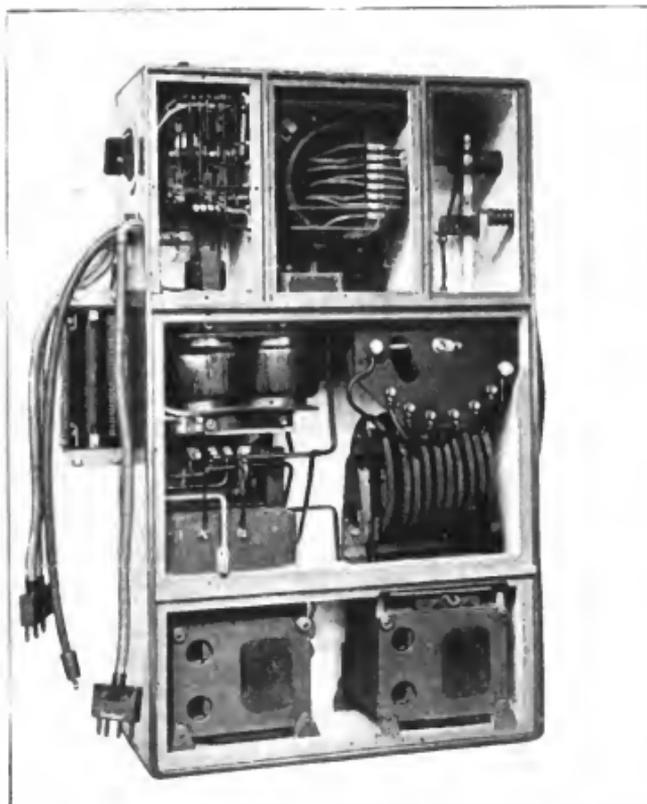


Abb. 208. Telefunken: Rückansicht des geöffneten Sender-Empfängers für Riesen-Flugzeuge.

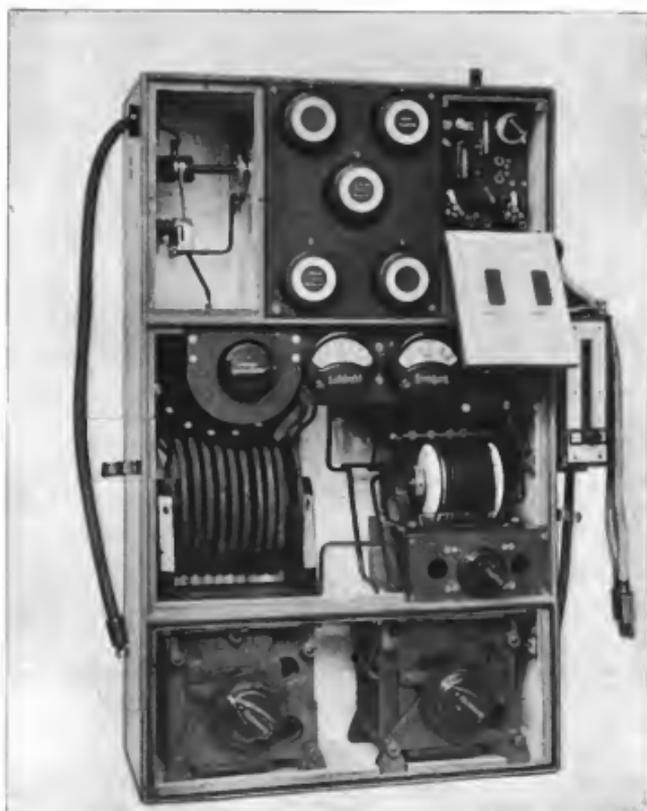


Abb. 209. Telefunken: R-Sender-Empfänger, Vorderansicht mit abgenommener Deckplatte.

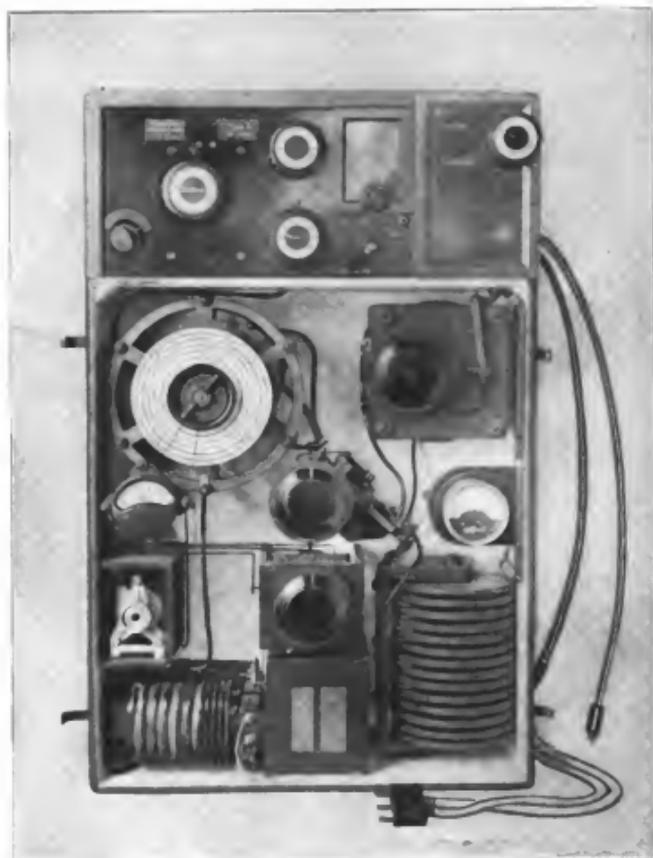


Abb. 212. Firma Dr. E. F. Huth; R-Sender-Empfänger, geöffnet.



Abb. 213. Firma Dr. E. F. Huth; R-Sender-Empfänger.



Abb. 214. Firma Dr. E. F. Huth: R-Flugzeugsender-Empfänger mit Audion und 3 Röhrenverstärker.

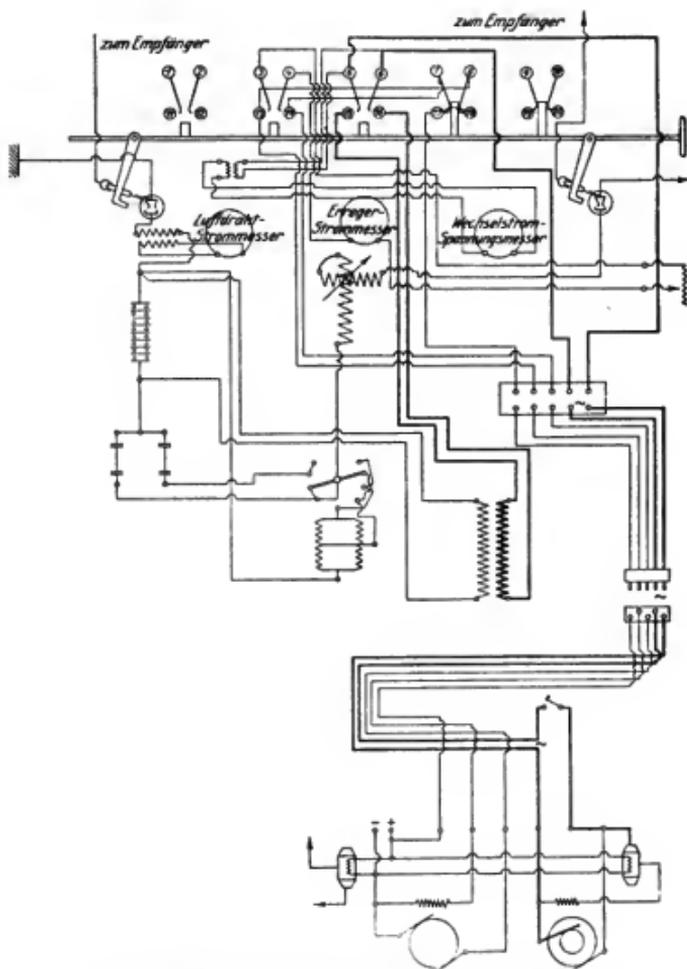


Abb. 215. Firma Dr. E. F. Huth: Schaltschema. R-Sender-Empfänger.

Abschnitt IX.

F.-T.-Bordgerät nach dem System des Röhrensenders.

a) Die Vorteile des ungedämpften Röhrensystems gegenüber dem System der gedämpften Wellen.

Wie bereits in Abschnitt V erwähnt, besteht der grundlegende Unterschied zwischen gedämpften und ungedämpften Wellen darin, daß die Senderenergie nicht mehr in einzelnen starken Stößen erzeugt und ausgestrahlt, sondern als schwacher kontinuierlicher Wellenstrom verarbeitet wird, wie dies auch beim Bogenlampensystem für ungedämpfte, aber nicht ganz konstante Wellen möglich ist. Hierzu tritt bei den ungedämpften Röhrensendern als großer und ausschlaggebender Unterschied gegen alles Frühere die hervorragende Konstanz und Einseitigkeit der erzeugten Welle, die es möglich macht, mit Bruchteilen der bisher beim gedämpften System üblichen Energie die gleichen Reichweiten zu leisten. Aus dieser Eigenschaft der Röhrensender ergeben sich die nachstehend aufgeführten Umwälzungen im Aufbau der Apparatur und Antennen.

Für Flieger-F.-T.-Bordgeräte war es früher technisch undurchführbar, die Sender mit einem in weiten Grenzen kontinuierlich veränderlichen Wellenbereich auszustatten. Man mußte sich mit einigen wenigen Wellen begnügen, die durch komplizierte Schalter stufenweise einstellbar gemacht wurden. So sind z. B. beim gedämpften Sender, Type D der Jdflieg., 6 Wellen dadurch erzielt, daß mittels eines austauschbaren Schalterkastens 2 mal 3 Wellen eingestellt werden. Jede weitere Wellenstufe führt zu einer die innere Betriebssicherheit des Senders gefährdenden Komplikation der Leitungsführung oder zu einer unmäßigen Vergrößerung des Geräts. Die beim Röhrensender für gleiche Reichweite erforderliche Energie beträgt im günstigsten Falle bis zu $\frac{1}{100}$, im ungünstigsten Falle noch immer $\frac{1}{10}$ der früheren, und da diese Leistung nicht in Form starker Einzelstöße, sondern als äußerst schwacher, fortlaufender Wellenstrom auftritt, so ist es möglich, den unvergleichlich kleineren, am Gerät auftretenden Spannungen durch geringste Isolation zu begegnen. Dieser Umstand nun ermöglicht es, statt der Stufenschalter mit ihren fast unübersichtbaren Leitungen sich zur Wellenänderung im weitesten Maße des Drehkondensators und der stetig veränderlichen Selbstinduktion (des Variometers) zu bedienen.

Daher erhält man unter Beseitigung der bisher schon bei 6 Wellen unerträglichen Leitungskomplikation im Gerät nur einige wenige Verbindungen bei einem

beliebig einstellbaren Wellenbereich von einem Umfange, der bei den jetzigen Außenmaßen des Geräts bis zu 100 verschiedene Wellen störungsfrei nebeneinander zu benutzen gestattet.

Die oben erwähnte erhebliche Verminderung der bei den Röhrensendern auftretenden Spannung im Verein mit der absoluten Konstanz der ausgestrahlten Welle erlaubt es ferner, sowohl für den Sender wie für den Empfänger Antennen zu gebrauchen, die nach ganz neuen Gesichtspunkten ausgebildet, viel kleiner sein dürfen als die bisherigen Gebilde. Antennen mit einer Kapazität von 30—50 cm sind für die beim neuen Sender auftretenden Energien in ihrer Wirkung vergleichbar mit solchen von 300—800 cm beim Tonfunken.

Versuche mit einer kleinen Flächenantenne, fest in die Tragdecks eingebaut (2 Flächen von etwa 2 qm im Abstand von 1 m), haben diese Anordnung beispielsweise für Sendebetrieb als Ersatz der bisher üblichen herabhängenden 35-m-Antenne als brauchbar erwiesen.

Eine solche Antenne wurde sogar in Kraftwagen versuchsweise eingebaut und während der Fahrt zur Verbindung der festen Station mit dem fahrenden Auto verwendet. Die Verbindung gelang einwandfrei bis auf 8 km bei der kleinen Energiestufe, d. h. bei einem Antennenstrom von etwa 0,4 Amp.

Die Verringerung der Spannung an der Antenne ist hierbei natürlich nicht der alleinwirkende Umstand. Daß eine so kleine Antenne zur Ausstrahlung der Energie im Sender und zum Aufsaugen der Energie im Empfänger genügt, ist hauptsächlich der Konstanz der Frequenz der erzeugten Schwingung zu verdanken.

Durch diese Eindeutigkeit der Wellenlänge ist es möglich, wenn alles getan wird, um Verluste durch Erdströme auszuschließen und die sonstigen Verluste der Antenne gering zu halten, auf sofortige starke Ausstrahlung der der Antenne zugeführten Energie zu verzichten. Man läßt die Energie vielmehr aufschaukeln, bis die Amplitude erreicht ist, bei der auch bei derzeitlich geringerer Strahlungseigenschaft der Antenne genügend Energie an den Raum abgegeben wird.

Im Empfänger spielt sich der umgekehrte Vorgang genau so ab, d. h. die sehr kleine Empfangsantenne nimmt zwar zeitlich nur geringe Energie aus dem Raum auf; bei der Konstanz der Schwingungen und der geringen Dämpfung so kleiner Antennen aber schaukelt sie die Amplitude so hoch auf, daß das Ergebnis auch hier dem mit größeren Antennen erzielten beinahe gleichkommt.

Im Röhrenempfänger kommt außerdem noch durch den Vorgang der Rückkopplung eine sehr erhebliche Verstärkung hinzu. Als Folgeerscheinung bei Empfangsantennen so kleiner Abmessung und Dämpfung ist außerdem noch die bei weitem größere Störungsfreiheit zu erwähnen, da diese kleinen Antennengebilde nur dann eine solche Energieaufschaukelung zustande bringen, wenn der Empfangsapparat scharf auf die empfangene Welle abgestimmt ist. Entgegen den bisherigen F.-T.-Erfahrungen mit gedämpftem Gerät, daß die Länge bzw. die Höhe, kurz gesagt die Eigenschwingungen der Antennen eine verhältnismäßig enge Begrenzung des mit der gleichen Antenne erreichbaren Wellenbereichs ergeben, bringt die Verwendung des Röhrensenders auch hierin eine völlige Umwälzung. Diese ist besonders für die Flieger-F.-T. von Bedeutung, da das Flugzeug, besonders das Kampfflugzeug, möglichst von den Langantennen befreit werden muß.



Abb. 216. Telefunken: Ungedämpfter Versuchs-Sender, Type „Beetz“.



Abb. 217. Telefunken: Ungedämpfter Sender Empfänger Type ARS 75.
Größe: $15 \times 28,5 \times 31,7$ cm. Gewicht: 6,725 kg.

Nach dem oben Gesagten ist man also wegen der Wellenkonstanz in der Lage, die Energie sich in weitesten Grenzen in der Sendeantenne aufschaukeln zu lassen, bis endlich die Energieanhäufung trotz verminderter Strahlungsfähigkeit der Antenne genügend Energie an den Raum abführt.

Bisher war die Verwendung sehr langer Wellen an kurzen Antennen ja nur wegen der geringen zeitlichen Energieausstrahlung und der Unmöglichkeit, eine große Energieanhäufung durch Aufschaukelung zu erzielen, nicht möglich.

Die Vorteile des ungedämpften Röhrensystems gegenüber dem gedämpften System für Flugzeuge liegen demnach zusammenfassend gesagt in einer großen Betriebssicherheit, bedingt durch einfache Bauart, großer mechanischer Unempfindlichkeit und Erfordernis von nur geringen Isolationen, ferner in großer Störfreiung, in der Möglichkeit der Verwendung zahlreicher Wellen und schließlich im geringen Gewicht und kleinen Umfange des Geräts. Der Kostenpunkt ist dabei annähernd der gleiche. Die Erkenntnis obiger Verhältnisse ist im wesentlichen das Verdienst der Arbeiten von Herrn Direktor Dr. Bredow, Dr. Schapira, Prof. Dr. Wagner, Dr. Meißner (seinerzeit bei der Telefunken-Gesellschaft tätig) und des Herrn Rittmeister d. R. v. Lepel.

Die ersten Versuchsmodelle.

Der erste ungedämpfte Röhrensender-Empfänger, mit dem bereits 1917 ein einwandfreier Verkehr vom Flugzeug zur Erde gelang, ist in Abb. 216 dargestellt. Um seine Konstruktion haben sich besonders die Herren Prof. Dr. Wagner, Dr. Meißner, Dr. Alberti und Ing. Bretz von der Telefunken-Gesellschaft verdient gemacht. Dieses erste wirklich gut arbeitende Modell diente als Grundlage für alle weiteren Versuche mit Röhrengerät. Auf Grund der mit diesem Apparat gemachten Erfahrungen entstand der erste kombinierte Sender-Empfänger Telefunken Type ARS. 75 (Abb. 217).

Mit diesem Gerät wurde in 20 Exemplaren erfolgreich an der Westfront gearbeitet, und zeigten sich hier zum ersten Male in der Praxis die großen Vorteile des ungedämpften Geräts bezüglich Störfreiung und Betriebssicherheit gegenüber dem gedämpften Gerät. Einem mit ihm ausgerüsteten Flugzeug gelang es auf einem großen Fernflug im Frühjahr 1918 von der Front vor Verdun bis an die Kanalküste bei Ostende mit seinem Flughafen in Stenay fortgesetzt in betriebssicherem Wechselverkehr zu bleiben. Aus diesem ARS-75-Gerät entstand das Gerät Telefunken Type USEI, welches später eingehend beschrieben werden soll. Abb. 218 stellt eine Konstruktion der Firma Telefunken mit Zwischenhöreinrichtung dar. Diese Anordnung zeigte jedoch noch viele Unvollkommenheiten, insbesondere gab die Zwischenhöreinrichtung fortgesetzt Anlaß zu Störungen. Deshalb wurde vorläufig von der Weiterentwicklung dieses Prinzips abgesehen.

Auch bei der Firma Dr. Erich F. Huth G. m. b. H. mußte das ungedämpfte Gerät erst verschiedene Entwicklungsstufen durchmachen, bevor es gelang, etwas Brauchbares herauszubringen. Hier waren es besonders die Herren Dr. Rosenbaum, Dr. Rottgardt und Ing. Menge, die sich um den Bau des Röhrensender-Empfängers verdient gemacht haben.

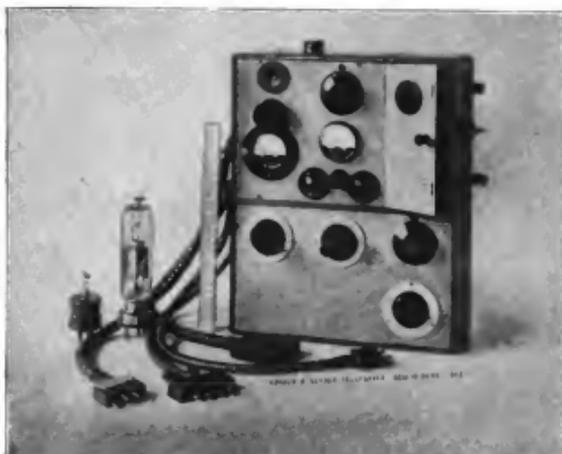


Abb. 218. Telefunken: Röhren-Sender-Empfänger mit Zwischenbüreinrichtung.



Abb. 219. Firma Dr. E. F. Huth: Erster ungedämpfter Sender mit Zwischenbüreinrichtung für eine Welle im Gebiet von 300—700 m für $10/15$ Watt Leistung. Type „Rues“.



Abb. 222. Firma Dr. E. F. Huth: Ungedämpfter Sender-Empfänger Type „Rude I“, offen.

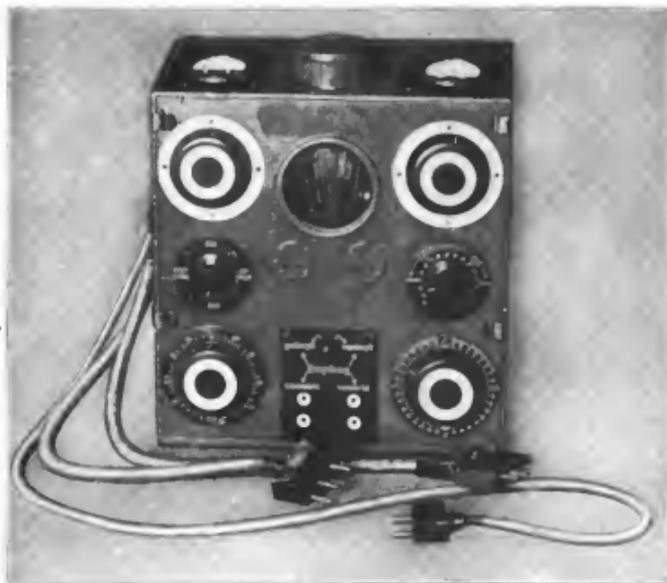


Abb. 223. Fa. Dr. E. F. Huth: Type „Rude I“ mit contin. Wellenskals, Sender-Empfänger mit Wellen von 200—700 m mit eingebautem Lautverstärker für tönenden und ungedämpften Empfang, geschlossen.

Abb. 219 und 220 zeigen das Modell eines ungedämpften Senders für Kampfeinsitzer mit Zwischenhöreinrichtung. Die Welle kann beliebig im Bereich 300 bis 700 m fest eingestellt werden. Etwas später entstand das in Abb. 221 und 222 dargestellte Gerät Type „Ruda 1“. — In Abb. 223—228 sind die weiteren Entwicklungsstufen, Type „Rude I. II und IV“, abgebildet. Aus Type „Rude IV“

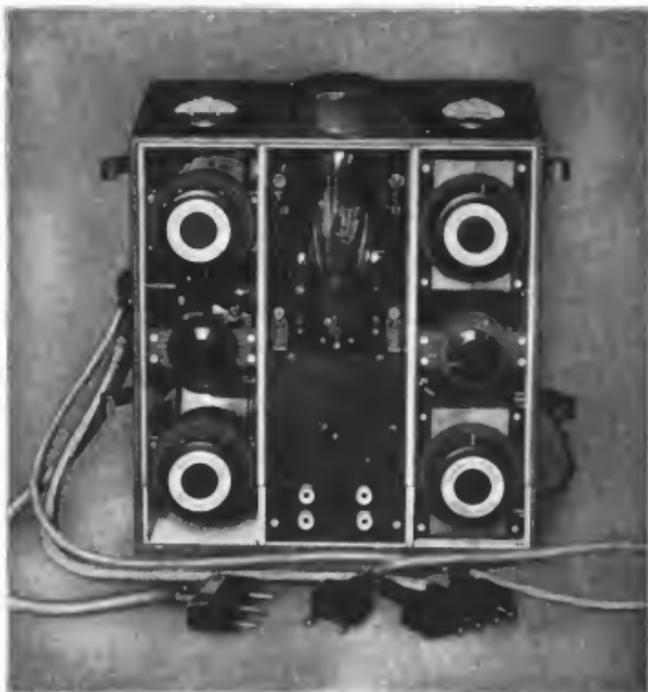


Abb. 224. Firma Dr. E. F. Huth: Ungedämpfter Sender-Empfänger Type „Rude I“, offen.

entstand das Modell F. R. D. 125, welches sich schließlich bewährte, deshalb eingeführt wurde und unten ausführlich beschrieben ist.

Bei der F.-T.-Versuchsabteilung haben an der Entwicklung des ungedämpften Geräts besonders folgende Herren Anteil: Leutnant d. R. Prof. Dr. Kalähne, Leutnant d. R. Dr. Droysen, Leutnant d. R. Dr. v. Sybel und Leutnant d. R. Klinkicht.



Abb. 225. Firma Dr. E. F. Huth: Type „Rude II“, Ungedämpfter Sender-Empfänger, geschlossen, für ungedämpften und gedämpften Empfang mit eingebauten 3-Röhrenverstärker für Send- und Empfangswelle von 150—600 m wie Type „Rude I“, jedoch muß mit derselben Welle gesandt werden, mit der empfangen wird.



Abb. 226. Firma Dr. E. F. Huth: Type „Ruse II“ geöffnet.



Abb. 227. Firma Dr. E. F. Huth: Type „Rude IV“ für Einstellung einer Welle für Sender und Empfänger im Bereich von 400—600 m mit eingebautem Audion-3fach-Verstärker und Senderöhre, geschlossen.



Abb. 228. Firma Dr. E. F. Huth: Ungedämpfter Sende-Empfänger, Type „Rude IV“.
Handb. d. Flugzeugkunde. Bd 9. 17

b) Röhren-Sende-Empfängergerät für C-Flugzeuge.

1. Das Telefunkengerät, Type USE I.

I. Der Sender-Empfänger.

A. Allgemeines.

Das Bordgerät USE I (Telefunken Type ARS 80) ist ein ungedämpfter Zwischenkreissender-Empfänger mit organisch eingebautem Lautverstärker (Niederfrequenzempfangsverstärker). Er dient zum Aussenden ungedämpfter und zum Empfang ungedämpfter sowie gedämpfter elektrischer Wellen. Die 3 Teile – Sen-



Abb. 229. Telefunken: Ungedämpfter Sende-Empfänger, Type USE I.

der, Empfänger und Verstärker – sind in einem Kasten von den Abmessungen $330 \times 175 \times 320$ mm (Breite, Tiefe, Höhe) untergebracht; Gewicht mit Kasten 10,9 kg.

Zur Abschwächung der vom Flugzeugmotor herrührenden Erschütterungen, gegen die Sender und Empfänger sehr empfindlich sind, ist der Kasten mit einer zweiteiligen federnden Aufhängevorrichtung versehen, bestehend aus zwei seitlich angebrachten federnden Trägern mit Konsolen (Abb. 229).

Hilfsteile.

Zum Betrieb des Gerätes gehören als Hilfsteile die Antenne (normale, 35 m lange Hängeantenne oder fest eingebaute Antenne) und das Gegengewicht (Flugzeugkörper mit allen Metallteilen oder künstliches Gegengewicht in den Tragdecks), die Senderanodenstromquelle (600-Volt-Gleichstrommaschine), die Heizstromquelle zur Heizung der Kathodendrähte der Sende-, Empfangs- und Verstärkeröhren (6 Volt-Bleisammler) und die Empfängeranodenstromquelle, die zugleich als Verstärkeranodenstromquelle dient (70-Volt-Batterie), sowie das Einbaugerät mit Hochspannungstaste und Antennenstrommesser.



Abb. 230. Telefunken: Ungedämpfter Sender-Empfänger, Type USE I, mit abgenommener Deckplatte.

Das Gerät ist für einen stetig veränderlichen Wellenbereich von etwa 300—750 m gebaut, von dem praktisch nur das Gebiet 400—600 m benutzt wird. Geeicht wird es für den Bereich von 380—720 m. Eich-tabelle und Kurve ist jedem Gerät beigegeben. Sende- und Empfangswelle werden gesondert eingestellt. Sie müssen stets einander gleich sein. Die für die Sendeseite erfolgte Antennenabstimmung ist zugleich Abstimmung für die Empfangsseite.

Um das Auffinden der Sendewelle seitens der Bodenempfangsstation zu erleichtern, ist neuerdings der Sender mit einer Anrufvorrichtung versehen. Sie ermöglicht es, durch Drehen eines Zusatzkondensators mittels Anrufgriffes die ausgesandte Welle innerhalb enger Grenzen stetig zu verändern, wodurch an der Empfangsstation, auch bei stark abweichender Einstellung derselben, vorübergehend

Empfang entsteht und deren Aufmerksamkeit erregt wird. Der Anrufempfang ist dadurch gekennzeichnet, daß der Empfangston bei feststehender Empfänger-einstellung rasch die ganze Skala der hörbaren Töne vom tiefsten zum höchsten und umgekehrt, wie „hui“ bzw. „juh“ klingend, durchläuft.

Am Sender-Empfängerkasten befinden sich äußerlich folgende Teile (Abb. 230):

Auf der Oberseite des Kastens ein Schieber mit Luftlöchern, der die Öffnung zum Einsetzen der Senderröhre verschließt.

An den Seitenwänden zwei Aufhängerosetten, zwei Festpunkte zum Anschluß mittels Schraub- und Zangensteckerkabels, links an den Luftdraht, rechts an das Gegengewicht, ein Senderkabel mit Vierfachstecker, ein Batteriekabel mit Dreifachstecker.

An der Vorderseite, durch Aussparungen der abschraubbaren Deckplatte herausragend:

In der Mitte der Sender-Empfangsumschalter, darunter eine Fernhörerhuchse „verstärkt“.

Links oben der Drehgriff zur Antennenabstimmung beim Senden („Sendeeinstellung“).

Rechts oben der Drehgriff zur Einstellung der Tonhöhe beim Empfang („Empfangseinstellung“).

Unter der abschraubbaren Deckplatte befinden sich verdeckt die nicht während des Betriebes, sondern nur bei der Werkstatt-einstellung des Gerätes zu betätigenden Einstellungen für Wellenlänge und Kupplungen.

Der untere Teil der Vorderwand wird von einer mit Kordelschraube schließbaren Klappe gebildet, die die Empfangsröhren (rechts) und Verstärkerröhren (links) verdeckt und zwei Beobachtungsfenster besitzt.

B. Senderteil. (Abb. 231.)

Grundlage der Senderanordnung

Der Sender erzeugt vermittels einer Senderröhre *RS 12* mit 3 Elektroden (Anode, Gitter, Kathode) in einem aus Kapazität (Kondensator) und Selbstinduktion (Spule) bestehenden Schwingungskreis (Zwischenkreis) ungedämpfte Schwingungen, deren Wellenlänge durch Einstellung dieses Kreises bestimmt wird. Diese werden durch Induktion auf die Antenne übertragen, die auf den Stimmungskreis abgestimmt werden muß und von dieser als elektrische Wellen ausgestrahlt.

Die erforderliche Anodenspannung beträgt normal 600 Volt, höchstzulässige Spannung im Betriebe ist 650 Volt. Die Spannungs- und Stromstärke für die Heizung der Kathode ist 6 Volt und 4,6 Ampere.

Grundsätzliche Schaltung.

Am Sender sind folgende Stromkreise zu unterscheiden:

Der Anodenkreis enthält außer Anode *A* und Kathode *K* den Blockkondensator *CB* und einen Teil der dem Schwingungskreis angehörenden Spule *L*. Die Taste *T*, die Anodenspannungsquelle *BA* (mit dem Parallelkondensator *CD*) und die Drossel *D* befinden sich im Anodenpeiskreis. Der Blockkondensator *CB* dient

zur Abhaltung des Gleichstroms vom Schwingungskreis; die Spule L bildet im Verein mit dem parallelgeschalteten Kondensator C den Schwingungskreis (Zwischenkreis), in dem die verlangte Welle hergestellt wird; die Taste T dient zum Geben der Morsezeichen und die Drosselspule D zur Abhaltung der hochfrequenten Ströme von dem Eintritt in die Anodenspannungsquelle $B A$. Der Kondensator $C D$ hält die Kollektorgeräusche von der Antenne bzw. dem Empfänger ab.

Der Gitterkreis enthält außer Gitter G und Kathode K einen kleinen Teil der Spule L .

Der Brennerkreis enthält außer der Glühkathode K die Brennerbatterie $B H$ von 6 Volt Spannung.

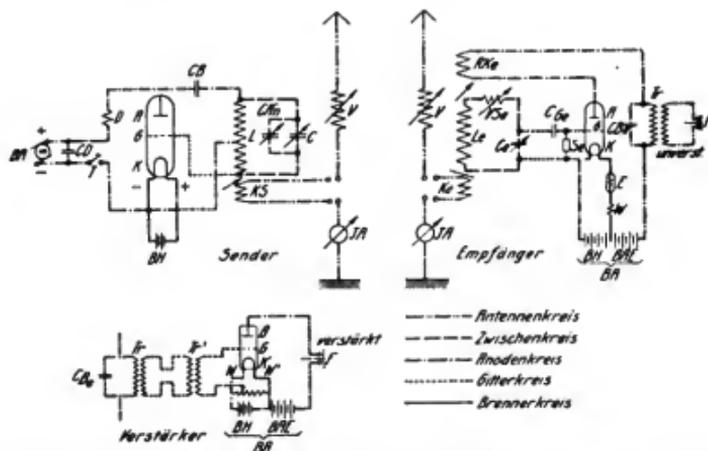


Abb. 231—233. Telefunken: Grundsätzliches Schaltbild des Röhren-Sender-Empfängers, Type USE L.

Der Schwingungskreis (Zwischenkreis) besteht aus der bereits erwähnten hierbei vollständig eingeschalteten Spule L und dem stetig veränderlichen Kondensator C , mit dessen Hilfe die Wellenlänge im Bereich von 300—750 m eingestellt werden kann. Parallel zum Kondensator C ist der Anrufkondensator C angeschaltet.

Der Antennenkreis enthält außer Antenne und Gegengewicht das Variometer V , die Kupplungsspule Ks und das Antennenamperemeter $J A$. Die Kupplungsspule Ks in der Nachbarschaft der Spule L ist eine Drehspule. (Mittels des Send-Empfangsschalters kann beim Empfang an Stelle der Senderkupplungsspule Ks die Empfängerkupplungsspule Ke in den Antennenkreis geschaltet werden.)

Bei Einstellung des Send-Empfangsschalters auf „Senden“ werden die Spannungsquellen $B A$ und $B H$ an die Senderröhre geschaltet und die Sendekupplungsspule Ks eingeschaltet. Durch das Niederdrücken der Taste T wird der Anodenkreis erregt, und im Schwingungskreis $L C$ werden ungedämpfte Schwingungen

von der dortselbst eingestellten Wellenlänge erzeugt. Diese übertragen sich über die Kupplungsspule K_s in den Antennenkreis, der mittels des Variometers V auf die gleiche Wellenlänge abgestimmt werden muß. (Das Antennenampèremeter J_A gibt durch seinen maximalen Ausschlag die erfolgte Abstimmung an.) Die Schwingungen werden sodann von der Antenne ausgestrahlt.

C. Empfängertell. (Abb. 232.)

Grundlage der Empfängeranordnung.

Der Empfänger ist ein Sekundär-Audion-Rückkopplungsempfänger. Er nimmt die von der Antenne aufgefangenen Wellen auf und wandelt sie durch die Gleichrichterwirkung der Audionröhre in periodische Gleichstromstöße um, die im Telephon einen Ton erzeugen, dessen Höhe dem Rhythmus der Stöße entspricht. Dabei ist zwischen Empfang gedämpfter und ungedämpfter Wellen zu unterscheiden.

Gedämpfte Wellenzüge.

Es wird nur die Gleichrichterwirkung des Audions wie beim Kristalldetektor benutzt. Die Tonhöhe im Telephon hängt allein von der Sendestation ab, sie ist durch die Zahl der in der Sekunde ausgesandten Wellenzüge gegeben (tönende Funken, Knarrfunken usw., Rückkopplung ganz lose).

Ungedämpfte Wellen.

Das Audion wird außer zur Gleichrichtung noch mittels der Rückkopplung zur Erzeugung einer Hilfsschwingung benutzt, deren Schwingungszahl von derjenigen der ankommenden Welle um einige hundert oder tausend — mittels des Toneinstellungskondensators beliebig wählbar — abweicht. Die Überlagerung beider Wellen ergibt die Erscheinung der Schwebungen, dadurch gekennzeichnet, daß Gruppen von an- und abschwelenden Schwingungen entstehen, die durch Zeiten schwacher Schwingungen (Nullstellen) getrennt sind. Diese Gruppen werden wie die Wellenzüge der gedämpften Wellen in Gleichstromstöße verwandelt und erzeugen im Telephon einen musikalischen Ton, dessen Höhe — im Gegensatz zu dem festen Ton der tönenden Funken — am Empfänger beliebig einstellbar ist (Überlagerungs- oder Schwebungsempfang).

Grundsätzliche Schaltung.

Der Empfänger enthält folgende Stromkreise:

Den Antennenkreis, der außer Antenne und Gegengewicht das Variometer V und das Antennenampèremeter J_A enthält, an den jedoch vermittels des Sendempfangsschalters jetzt die Empfängerkupplungsspule K_e gelegt wird. Diese ist drehbar zur Spule des (Empfänger-) Zwischenkreises angeordnet, auf den sie die Antennenschwingungen überträgt.

Den Zwischenkreis, einen abstimmbaren Kreis, der die Spule L_e , das Suchvariometer V_{Se} und den stetig veränderlichen Kondensator C_e enthält. Mit letzteren beiden Abstimmitteln wird auf diese Welle abgestimmt, und zwar wird die

verlangte Welle mit dem Kondensator grob und mit dem Suchvariometer fein eingestellt. Dieses dient auch zur Einstellung des Tones nach dem Überlagerungsverfahren.

Den Gitterkreis, der außer Gitter und Kathode der Audionröhre den Gitterkondensator GGe , den Kondensator Ce des Zwischenkreises und den sehr hohen Widerstand (Silbitwiderstand) Se enthält. Der Gitterkreis überträgt die Schwingung aus dem Zwischenkreis auf die Röhre.

Den Anodenkreis, der außer Anode A und Kathode K aus der Rückkuppelungsspule RKe , dem Transformator Tr und der Anodenspannungsquelle $B Ae$ besteht. Die Rückkuppelungsspule RKe ist in magnetischer Nachbarschaft der Zwischenkreisspule Le und zu ihr drehbar angeordnet. Zur Primärspule des Transformators Tr

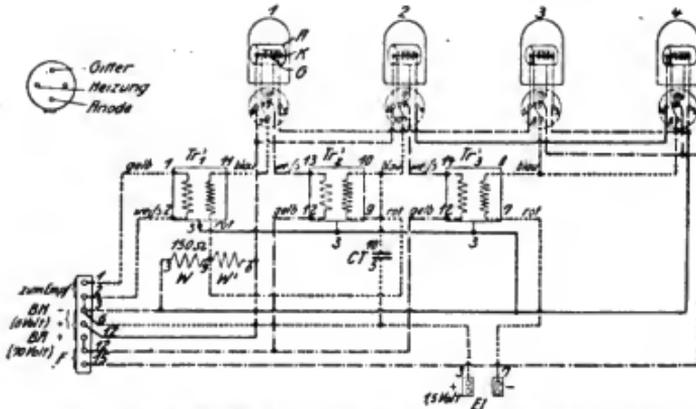


Abb. 234/235. Schaltbild des Vierröhren-Verstärkers im Telefunken S. E. Type USE 1.

ist der Blockkondensator C parallel geschaltet. Die Sekundärspule des Transformators nimmt bei Stellung „unverstärkt“ das Telephon F unmittelbar auf, während sie sonst zur Verbindung mit der Verstärkereinrichtung dient.

Den Brennerkreis, der außer der Glühkathode K und der Heizbatterie BH den festen Widerstand W und den automatisch wirkenden Eisenwiderstand E enthält. Statt der in dieser grundsätzlichen Beschreibung angenommenen einen Audionröhre werden in Wirklichkeit zur Erhöhung der Betriebssicherheit zwei parallel geschaltete benutzt. Jede hat im Brennerkreis einen festen und einen automatisch wirkenden Eisenwiderstand vorgeschaltet.

Der Antennenkreis (Primärkreis) des Empfängers nimmt die von außen kommenden ungedämpften Schwingungen auf und überträgt sie auf den Zwischenkreis (Sekundärkreis). In diesem wird gleichzeitig seine Eigenschwingung erregt, die durch Abstimmung mit dem Suchvariometer VSe auf eine von der aufgenommenen Welle etwas abweichende Wellenlänge eingestellt ist und mittels der Rückkuppelung

ungedämpft unterhalten wird. Die durch Überlagerung beider Schwingungen entstehende Schwebungsschwingung wird in der früher angegebenen Weise im Telefon als musikalischer Ton mit gewünschter Tonhöhe hörbar gemacht.

D. Verstärkerteil. (Abb. 233.)

Grundsätzliche Schaltung und Wirkungsweise.

Die von dem Audion bzw. von den beiden parallel geschalteten Audionröhren kommenden Gleichstromstöße können unmittelbar, unverstärkt, dem Telefon zugeführt werden, wenn man die Deckplatte des Senders abnimmt und den Telefonstecker in die dann zugängliche Fernhörbuchse „unverstärkt“ einsteckt. Dies letztere ist aber nur zur Werkstatteinrichtung des Gerätes vorgesehen. Im gewöhnlichen Betriebe werden nur die auch bei aufgesetzter Deckplatte freiliegenden Buchsen „verstärkt“ benutzt, d. h. die vom Audion kommenden Stromstöße werden durch einen Niederfrequenzverstärker hindurchgeleitet.

Der Verstärker ist ein Dreistufenniederfrequenzverstärker mit 4 Däumlingröhren *RE II*, dessen dritte Stufe zur Vermeidung übermäßiger Belastung der einzelnen Röhre von zwei parallel geschalteten Röhren gebildet wird.

Die grundsätzliche Schaltung des Verstärkeranschlusses zeigt Abb. 233, die Gesamtschaltung Abb. 234/235. Die Sekundärspule des Empfänger-Ausgangstransformators *Tr* ist mit der Primärspule des Verstärker-Eingangstransformators *Tr* verbunden, dessen Sekundärspule an das Gitter der Verstärkerröhre gelegt ist. Der Anodenkreis der Verstärkerröhre enthält die Anodenbatterie *BA* (die dieselbe ist wie für die Audione des Empfängers) und das Telefon *F*. Der Brennerkreis enthält grundsätzlich die Brennerbatterie *BH* und die Glühkathode *K*, sowie parallel zur Batterie einen Potentiometerwiderstand *W* und *W*¹, von dem zur Erzielung der günstigsten Spannung am Gitter eine Spannungsabzweigung vorgenommen wird.

In Wirklichkeit besitzt das Gerät drei Verstärkungsstufen, die letzte mit zwei parallel geschalteten Röhren, um die wegen der schon erheblichen Anfangslautstärke sehr beträchtliche Endstromstärke aufzunehmen und die Endlautstärke auf den größtmöglichen Wert zu bringen. Zwischen je zwei Stufen liegt ein Durchgangstransformator.

Die hiermit erzielte Verstärkerwirkung beträgt bei sehr geringen Anfangslautstärken rund 5000–8000, bei den im Flugzeug allein brauchbaren höheren Anfangslautstärken rund 500 oder weniger.

E. Gesamtschaltung.

Im Gesamtschaltbild (Abb. 236) sind die gleichen Bezeichnungen wie in den grundsätzlichen Schaltbildern angewendet. Ersteres enthält dagegen noch folgende in den grundsätzlichen Schaltbildern nicht erwähnten Teile: den Sende-Empfangschalter *SE*, das Stöpselbrett *St* für das Luftdrahtvariometer *V* und den Anruflkondensator *CA_n*.

Durch Stellung auf „Senden“ werden folgende Kreise geschlossen: der Antennenkreis durch die Verbindungen 4–5 und 6–7, der Schwingungskreis (Zwischen-

kreis) 15-15 a, der Anodenspeisekreis durch die Verbindung 20-21 und der Brennerkreis doppelpolig durch die Verbindungen 24-25 und 22-26.

Die Empfängerkreise sind hierbei geöffnet; es werden bei Stellung „Empfang“ geschlossen: der Antennenkreis durch die Verbindungen 4-9 und 7-8, der Zwischenkreis durch die Verbindung 35-43, der Anodenkreis durch die Verbindung 30-31 und der Brennerkreis doppelpolig durch die Verbindungen 25-34 und 26-35.

Sämtliche erwähnten Verbindungen sind bei Stellung „Aus“ des Sende-Empfangschalters geöffnet.

Um bei Verwendung einer 35-m-Antenne den gesamten Wellenbereich von 300-750 m zu umfassen, sind die Spulen des Antennenvariometers *V* mittels eines Stöpselbrettes *St* gemäß seiner Beschriftung „lange Welle“ oder „kurze Welle“ in Serie oder parallel zu schalten. Die richtige Stellung muß ausprobiert werden.

Die 4 Verstärkeröhren, mit 1, 2, 3 und 4 bezeichnet, sind wie folgt geschaltet:

Hinsichtlich der Brennerkreise: Die Röhren 1 und 4 sind in Reihe, ebenso die Röhren 2 und 3, und beide Gruppen sind parallel an die 6-Volt-Spannungsquelle *DH* angelegt.

Hinsichtlich der Anodenkreise: Die Röhren 3 und 4 liegen parallel. Die Anodenkreise der ersten und zweiten Röhre führen über die Primärspulen des zweiten und dritten Transformators (*Tr 2* und *Tr 3*), der Anodenkreis der dritten und parallel geschalteten vierten Röhre führt über das Telefon zum Pluspol der 70-Volt-Anodenbatterie *B Ae*.

Hinsichtlich der Gitterkreise: Die Primärspule des ersten Zwischentransformators *Tr 1* wird mit dem Empfänger verbunden (an Stelle des bei Schaltung „Unverstärkt“ verwendeten Telefons *F*). Im Gitterkreis eines jeden Verstärkers ist es erforderlich, an die Kathode negative Spannung zu legen. Dies wird bei dem vorliegenden Verstärker für die ersten beiden Röhren dadurch erzielt, daß ein Potentiometerwiderstand $W + W^1$ parallel zu den 6 Volt der Brennerbatterie *BH* gelegt ist, von dem die für das Gitter erforderliche negative Spannung an die Kathode der ersten sowie der zweiten Röhre gelegt ist. Zur Erzielung negativen Potentials am Kathodenpunkt des Gitterkreises der dritten und vierten Röhre dient ein in diesen Kreis eingeschaltetes Element *E1* von 1,5 Volt Spannung. Um das Auftreten des Tönens im Verstärker zu vermeiden, liegt im Gitterkreis der zweiten Röhre ein Kondensator *CT*.

F. Anordnung der Einzelteile.

Abb. 229 zeigt das Gerät im Kasten mit Deckplatte, die zur Verbindung der Kapazitätsbeeinflussung dient und aus Metall besteht. Abb. 230 zeigt das Gerät mit abgenommener Platte und geöffnetem Deckel vor den Audion- und Verstärkeröhren.

Man erkennt: links oben den Drehknopf des Variometers, rechts daneben das Stöpselbrett mit den 8 Stöpsellöchern, von denen je vier untereinander befindliche durch einen Vierfachstecker geschlossen werden, je nachdem es sich um Parallelschaltung für kurze Wellen (links) oder (rechts) Serienschaltung für lange Wellen der Variometerspulen handelt. Daneben befinden sich die mittels Schraubenziehers zu betätigenden Kupplungen des Empfängerkreises, und zwar oben für die Rück-

kupplung und unten für die Luftdraht-Zwischenkreis Kupplung. Bei beiden Kupplungen zeigen Schildchen die Stellungen „fest“ und „lose“ an. In der rechten oberen Ecke ist der Drehknopf des Suchvariometers, betitelt „Empfangseinstellung“. Unter der Luftdrahtabstimmung, betitelt „SendeEinstellung“, ist der Drehknopf des Kondensators des Senderschwingungskreises mit der Aufschrift „Welleneinstellung Sender“; der Griff spielt über eine Skala von 180° ; zur Welleneinstellung dient eine dem Gerät beigegebene Eichkurve. Daneben ist die Senderluftdrahtkupplung, die ebenfalls mittels eines Schraubenziehers in die Stellungen „fest“ und „lose“ eingestellt werden kann. Daneben befindet sich oben (in der Mitte des Gerätes) der Sende-Empfangsschalter mit den 3 Stellungen „Senden“, „Aus“, „Empfang“. Darunter sitzen 2 Paar Stöpselbuchsen zur Aufnahme des Fernhörers. Die oberen Buchsen werden bei unverstärktem Empfang, die unteren bei verstärktem benutzt. Die oberen Steckbuchsen mit der Aufschrift „Unverstärkt“ dienen nur zur Prüfung des Gerätes und werden durch die Deckplatte verdeckt. Unter der Empfangseinstellung sitzt der Drehknopf des Steckers des Zwischenkreises mit der Beschriftung „Welleneinstellung Empfänger“.

Alle durch den aufgeschraubten Schutzdeckel verdeckten Teile dienen nur zur Einstellung des Gerätes im Stand oder während des Probefluges durch den F.-T.-Wart. Unter dem Deckel für die Verstärkerröhren erkennt man links die 4 Verstärkerröhren und rechts die beiden Audione.

II. Stromquelle.

A. Allgemeines.

An Stromquellen sind vorhanden: Eine 600-Volt-Gleichstromdynamomaschine für den Anodenstrom der Senderröhre zur Erzeugung der Schwingungsenergie. Eine 70-Volt-Batterie zur Speisung des Anodenstroms der Empfänger audione und der Verstärkerröhren, ein 6-Volt-Sammler (Bleiakkumulator) zur Heizung der Glühkathoden sämtlicher Röhren.

B. Die 600-Volt-Gleichstrommaschine.

Zu der 600-Volt-Gleichstrommaschine gehört: die Dynamomaschine mit fest-eingebautem Vorgelege, die Kupplung zum Anschluß an den Flugmotor, der Schaltkasten.

Die Dynamomaschine.

Den Anodenstrom der Senderöhre liefert eine Gleichstromdynamomaschine. Dieselbe Maschine liefert gleichzeitig Niederspannungsgleichstrom zur Heizung der Maschinengewebre und der Flugbekleidung. Zur Vermeidung gegenseitiger Beeinflussung der beiden Stromkreise sind die Hochspannungs- und die Niederspannungswickelung auf getrennten Ankern untergebracht, die auf derselben Achse sitzen. Bei normaler Drehzahl von 4800 Umdrehungen in der Minute liefert die Maschine auf der Hochspannungsseite $600 \text{ Volt} \times 0,1 \text{ Ampere} = 60 \text{ Watt Leistung}$ (bei Dauerbetrieb nur 40 Watt zulässig), auf der Niederspannungsseite $50 \text{ Volt} \times 5 \text{ Ampere} = 250 \text{ Watt}$. Die Hochspannung kann mittels eines Regulierwiderstandes, der sich im Schaltkasten befindet, zwischen 450 und 700 Volt eingestellt werden.

Das Vorgelege ist in dem Maschinenfuß, der mit der hinteren Maschinenkappe ein Gußstück bildet, fest eingelassen und eingekapselt. An seiner Stirnseite ragt eine Achse mit Scheibe zum Ansetzen der Kupplung heraus. Oberhalb dieser Scheibe ragt die durchgehende Maschinenachse mit Gewinde zum Aufsetzen der Luftschraube hervor; bei normalem Betrieb (mit Kupplung an den Flugmotor) durch eine Kappe verdeckt.

Als Kupplung dient die Type „Otto-Kupplung E 18“.

Der Schaltkasten enthält: einen Regulierwiderstand mit Klemmschelle für die Dynamomaschine, eine Umschaltvorrichtung für Rechts- und Linkslauf, einen Kondensator von 2 Mikrofarad zur Dämpfung der Kollektoreräusche beim Senden und Empfang an den Hochspannungsleitungen, einen Kondensator von 2 Mikrofarad zu gleichem Zweck an den Heizspannungsleitungen.

Als Anodenbatterie dient eine Trockenbatterie von 50 Elementen mit 75 Volt Höchstspannung in Holzkasten. Type TA 70.

Den Heizstrom liefert ein Bleisammler, Type 3 WH, von 6 Volt in Kälteschutzkästen. Kapazität 21 Ampèrestunden bei 4,5 Ampère Entladestrom.

III. Das Einbaugerät.

Das Einbaugerät ist in seiner äußeren Form das normale, früher für gedämpftes Gerät benutzte.

Es umfaßt: Luftdraht und Haspel und die Einbauleitungen mit Taste und Strommesser.

Von den im Einbaugerät vorhandenen 4 Leitungen (2 Wechselstromleitungen und 2 Gleichstromleitungen) werden nur die beiden an die äußersten Stifte und Buchsen der Stecker angeschlossen benutzt. Die mit dem dicken Stift verbundene Leitung führt zum negativen Pol der Hochspannungsmaschine.

Die Taste liegt in der negativen Leitung; der hohen Spannung wegen ist sie mit Pertinaxsockel statt Holzsockel versehen und darf auf der Oberseite keine Fernhörerbuchsen enthalten.

Als Antennenstrommesser dient ein Hitzdrahtamperemeter mit zwei Meßbereichen von 0-1 und 0-4 Ampère, umschaltbar.

Zur Prüfung der Maschinenspannung kann ein Hochspannungsvoltmeter (Meßbereich bis 1000 Volt) mit Zwischenstecker in die Leitung eingeschaltet werden.

IV. Leistung des Geräts.

A. Senderleistung.

a) Im Stand.

Das USE I-Gerät kann im Stand, z. B. bei Notlandungen, mit Generator oder zu diesem Zwecke besonders mitgeführten Batterien in Betrieb genommen werden.

Folgende Leistungen wurden im Stande mit verschiedenen festen Antennen bei verschiedenen Wellen erzielt.

Flugzeug: Rumppler C IV Nr. 4660, 160 PS.

Antenne: Auf Isolatoren an den oberen beiden Tragdecks am vorderen Tragdeckstirnholm.

Gegengewicht: Auf Isolatoren an den unteren beiden Tragdecks der vorderen Tragdeckstirnholme.

Glitterkondensator	Welle	Antennenstromstärke
45	540 m	0,4 Ampère
90	430 ..	0,5 ..
135	310 ..	0,7 ..
180	220 ..	0,85 ..

Flugzeug: Rumppler C VII, Nr. 8550, 260 PS.

Antenne: Auf Isolatoren am vorderen Tragdeckstirnholm der beiden oberen Tragdecks.

Gegengewicht: Auf Isolatoren am vorderen Tragdeckstirnholm der beiden unteren Tragdecks.

Glitterkondensator	Welle	Antennenstromstärke
45	540 m	0,35 Ampère
90	430 ..	0,48 ..
135	310 ..	0,61 ..
180	220 ..	0,51 ..

Flugzeug: Rumppler C VII Nr. 6404, 260 PS.

Antenne: An Tragdeckvorderkante der beiden oberen Tragdecks mittels Leinenstreifen aufgeleimt.

Gegengewicht: An Tragdeckvorderkante der beiden unteren Tragdecks mittels Leinenstreifen aufgeleimt.

Glitterkondensator	Welle	Antennenstromstärke
45	540 m	0,15 Ampère
90	430 ..	0,22 ..
135	310 ..	0,37 ..
180	220 ..	0,2 ..

Flugzeug: Albatros C XII Nr. 3584, 200 PS.

Antenne: An Vorderkante der Stirnholme der beiden oberen Tragdecks mittels Leinenstreifen angeklebt.

Gegengewicht: An Vorderkante der Stirnholme der beiden unteren Tragdecks mittels Leinenstreifen angeklebt.

Gitterkondensator	Welle	Antennenstromstärke
45	540 m	0,35 Ampère
90	430 „	0,48 „
135	310 „	0,74 „
160	220 „	1,1 „

β) Leistung des Senders in der Luft.

Im Fluge gibt das USE I-Gerät in normalen C-Flugzeugen von 160–260 PS. bei 35 m herabhängender Antenne bei den Wellen 400–600 m im Durchschnitt 0,5 Ampère Stromstärke. Das entspricht einer Reichweite gegen eine Hafenstation mit 18 m Mast und Doppel-T-Antenne mit Rückkopplungsempfänger und Zweiröhrenverstärker von

- ea. 250 km über Land bei Tage, oder
- ea. 350 km über Land bei Nacht, oder
- ea. 500 km über See bei Tage, oder
- ea. 700 km über See bei Nacht.

2. Das Huth-Gerät, Type FRD 125.

I. Allgemeines.

Das Sende-Empfangsgerät Huth, Type FRD 125, arbeitet mit ungedämpften Schwingungen, die mit Hilfe von Heizkathodenröhren in der der Dr. Erich F. Huth G. m. b. H. geschützten Schaltung erzeugt werden.

In einem gemeinsamen Kasten sind Sender, Empfänger und Dreiröhrenantverstärker untergebracht. Der Kasten ist 35 cm breit, 33 cm hoch und 12 cm tief; er ist mit seinen geringen Abmessungen für sehr enge Räume gebaut und mit seinem Gesamtgewicht von nur 6,5 kg besonders für Flugzeuge geeignet. Um die Bedienung rasch zu erlernen, ist er mit möglichst wenigen Handgriffen versehen.

II. Die Antenne.

Die für den Apparat passende Antenne soll etwa 250 cm Kapazität bei ungefähr 100 m Eigenschwingungen besitzen. Es wird mit einer Dämpfung von etwa 30 Ohm gerechnet. Diese Daten entsprechen einer Flugzeugantenne von etwa 35 m Länge (Bronzelitze), wenn der Flugzeugkörper selbst als Gegengewicht dient.

Es kann aber auch jede andere Form von Antennen, z. B. fest in die Tragflächen verlegte Gebilde, benützt werden.

Man wird nur Wert darauf legen, daß ungefähr die oben angegebenen Daten in bezug auf Kapazität und Eigenwellen innegehalten werden müssen, weil es darauf ankommt, daß Abstimmung zwischen dem Gitterkreis (siehe später) und

dem Luftdrahtkreis innerhalb des ganzen Bereiches möglich ist. Bei größeren Antennen wird man also in diese selbst eine Verkürzung außerhalb des Senders einschalten.

III. Der Wellenbereich.

Der Wellenbereich des vorliegenden Senders erstreckt sich von etwa 380–620 m stetig veränderlich, und zwar sowohl auf der Sender- wie auch auf der Empfängerseite. Es ist jedoch möglich, den Wellenbereich von unter 300 bis über 800 m kontinuierlich veränderlich umzugestalten, ohne daß sich dadurch die äußeren Ausmessungen des Gerätes vergrößern. Zum Zwecke der bequemen Bedienung

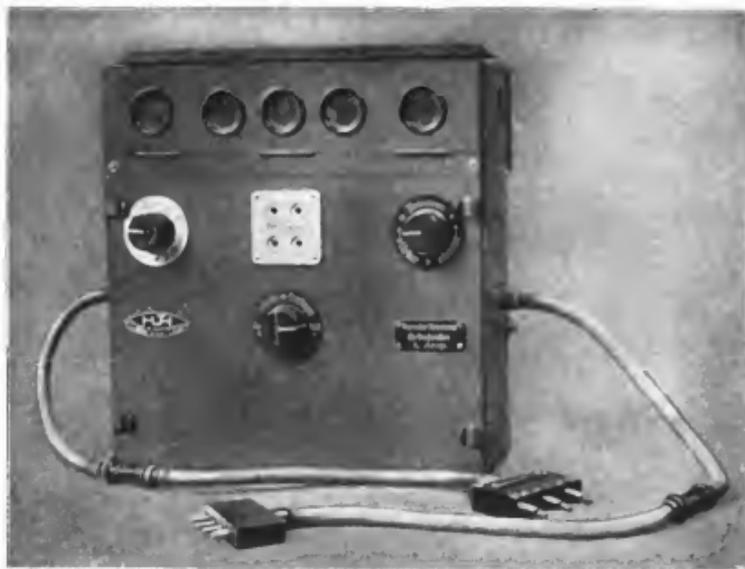


Abb. 237. Firma Dr. E. F. Huth: Ungedämpfter Sender-Empfänger.

sind bei der Ausführungsart A (Abb. 237 und 238) äußere Handgriffe für die die Wellen verändernden Organe fortgelassen. In dem oben angegebenen Bereich von etwa 400–600 m wird sowohl sender- wie empfangsseitig eine bestimmte Welle eingestellt und abgestimmt, die dann dem Verkehr dient. Irgend eine Nachstimmung ist nicht erforderlich. Es kann z. B. für Senden die Wellenlänge 420, für den Empfang die Wellenlänge 580 gewählt werden. Es ist aber auch jederzeit möglich, die Wellenlängen beliebig zu ändern, z. B. 415 für Sendewellen und 420 für Empfangswellen einzustellen. Lediglich auf der Empfängerseite ist noch ein weiterer Griff vorgesehen, der die Überlagerungswelle ändert, damit bei Schwebungsempfang die

zur Erzeugung des gewünschten Tones erforderliche Überlagerungswelle eingestellt werden kann. Dieser Griff dient also lediglich zum Verändern der Empfangshöhe.

Bei der Ausführung B des Senders sind die Achsen der Abstimmungsorgane durch die Vorderwand durchgeführt und von außen mit Griffen versehen, so daß jede beliebige Welle während des Betriebes eingestellt werden kann.

IV. Die Schaltung.

Die Sende- und Empfangsschaltungen sind der Dr. Erich F. Huth G. m. b. H. durch deutsche Reichspatente und Auslandspatente geschützt. Die Sendeschaltung

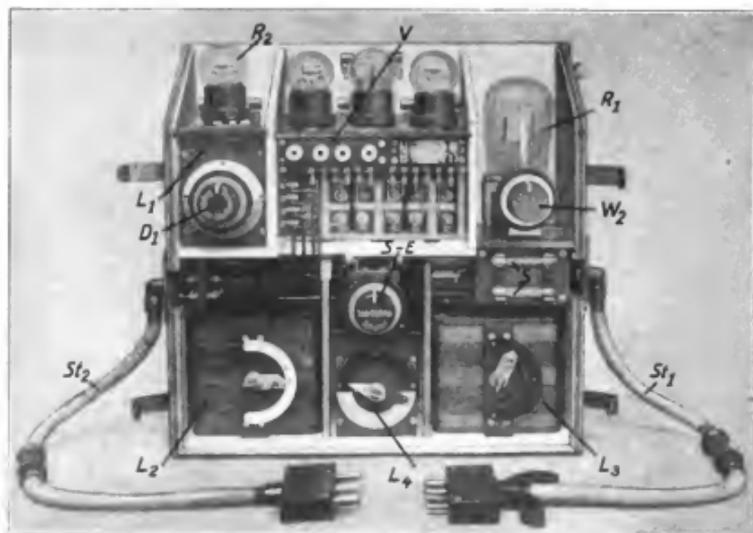


Abb. 238. Firma Dr. E. F. Huth: Ungedämpfter Sender-Empfänger.

zeichnet sich dadurch aus, daß sie ohne Rückkopplung arbeitet. Die prinzipielle Schaltung zeigt Abb. 239. Die Röhre R enthält den Heizdraht H , das Gitter G und die Anode A . Der Heizdraht wird durch die Batterie B über den Widerstand W geheizt. Zwischen Gitter und Heizdraht liegt der Gitterkreis, der aus veränderlichen oder festen Selbstinduktionen (I) und Kapazitäten (2) gebildet wird. Zwischen Anode und Heizdraht liegt der Anodenkreis mit der Spule 3 und dem Blockkondensator 6 . Den Luftdrahtkreis bildet die Antenne, die veränderliche Selbstinduktion 4 , die Anodenspule 3 , das Luftdrahtinstrument 5 und die Erde. Für Sendezwecke wird dem Blockkondensator 6 die Sendehochspannungs-

batterie parallel geschaltet, für Empfangszwecke wird die Batterie abgeschaltet und an ihre Stelle Empfangsbatterie und Telefon angeschlossen.

Der Gitterkreis ist als Wellenmesser geeicht; die auszusendende Welle wird nach seiner Wellenteilung eingestellt und der Luftdrahtkreis durch seine veränderlichen Organe auf ihn abgestimmt, und zwar wie üblich auf maximalen Ausschlag des Luftdrahtinstrumentes. Bei Empfang wird der Luftdraht auf die zu empfangende Welle eingestellt und der Gitterkreis in geringen Grenzen um diese Empfangswelle variiert, um den gewünschten Überlagerungston hervorzubringen. Abb. 240 zeigt die genauere Schaltung des Gerätes.

V. Der Zusammenbau des Geräts.

Abb. 237 stellt den geschlossenen Apparat dar. Es ist ein Holzkasten, dessen volle Vorderseite abgenommen werden kann; Abb. 238 zeigt den Apparat geöffnet. Die Röhren (Sende- und Empfängeröhren) sind nach der Öffnung der oberen Klappe, durch deren Fenster sie auch in geschlossenem Zustande beobachtet werden können, zugänglich. Die Klappe ist mit einem Ahzug versehen, um die von den Röhren erzeugte Wärme abzuführen. Von den auf der Vorderseite vorhandenen Griffen dient der mit „Heizstrom“

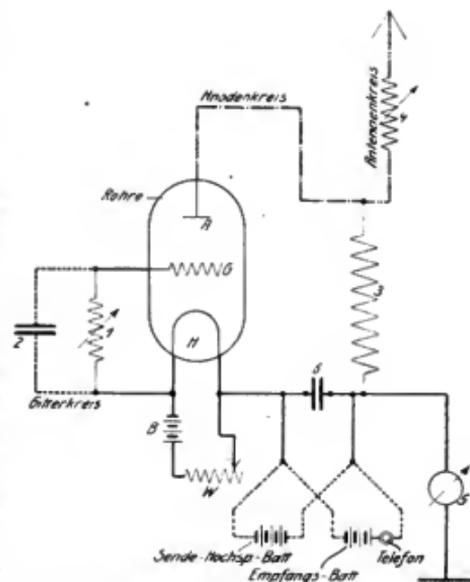


Abb. 239. Prinzipielle Schaltung des Sende-Empfänger-Geräts „Hoth“.

bezeichnet zum Einstellen der für den Heizdraht der Senderöhre erforderlichen Stromstärke. Der Griff auf der linken Seite mit der Bezeichnung „Wellen“ dient zur Regulierung der Empfangstonhöhe. Der mittlere Griff bedient den Sende-Empfangsumschalter. In den beiden Stellungen „Aus“ links und rechts ist der Apparat vollständig abgeschaltet. Bei Stellung auf „Senden“ ist er sendebereit; bei Stellung auf „Empfang“ ist er empfangsbereit. Die Leitungen mit Steckern auf der linken und rechten Seite dienen zur Zuführung von Hochspannung und Heizspannung. Für die Röhren sowie für die Antenne bzw. Erde werden auf der rechten bzw. linken Seite vorhandene kleine Durchführungen angeschlossen. Es können zwei Telephone an den mit Fernhörern bezeichneten Buchsen eingeschaltet werden

Auch in geöffnetem Zustande, nach Abnahme der vorderen Deckplatte, bleibt das Gerät bedienbar, so daß eine Kontrolle sämtlicher Organe bequem möglich ist. R_1 ist die Senderöhre. W_3 reguliert deren Heizstrom. S sind Sicherungen der Hochspannungsmaschine. L_4 ist die veränderliche Selbstinduktion des Sendegitterkreises zur Einstellung der Wellenlängen. L_2 ist die Anodenspule des Anodenkreises und der Abstimmselfinduktion des Antennenkreises. L_3 ist die Anodenluftdrahtspule des Empfangskreises, L_1 die veränderliche Selbstinduktion des Gitterkreises für den Empfang, R_2 die Audionöhre. V ist der Dreiröhrenverstärker, der als solcher als Ganzes aus dem Apparat herausgenommen und auch außerhalb beliebig benutzt werden kann. Der Verstärker hat die bekannte Schaltung. Der

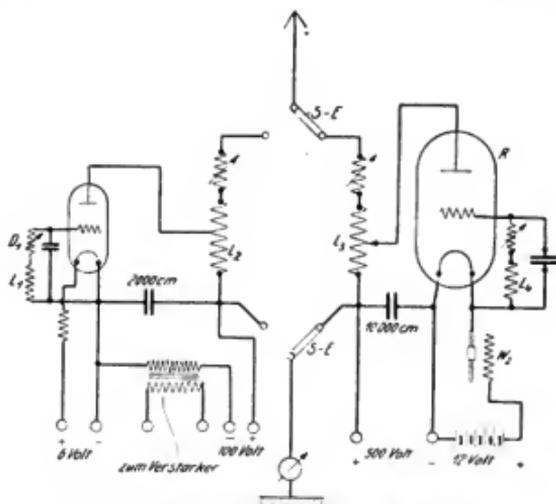


Abb. 240. Schaltschema des Sende-Empfangs-Geräts „Huth“.

Verstärkungsgrad ist hierbei 1 : 3000, d. h. die ankommende Energie wird im Telephon 3000 mal lauter wahrgenommen als ohne Verstärker, vorausgesetzt, daß ein Telephon von 4000 Ohm benutzt wird.

VI. Die Kraftquelle.

a) Akkumulatoren.

Zum Heizen der Heizdrähte der Röhren dienen Akkumulatorenbatterien von 6 Volt für die Lautverstärker und Audionöhren und von 12 Volt für die Senderöhren. Die Senderöhren arbeiten mit einer Heizstromstärke von etwa 1,8–2 Ampère. Die Schaltung der mitzuliefernden Batterie ist so, daß 2 Gruppen von je 6 Volt zusammen

in einem gemeinsamen Kasten untergebracht sind und beim Senden beide in Serie an den Heizfaden der Senderöhre und beim Empfang getrennt an das Audion bzw. an den Lautverstärker gelegt werden.

b) Hochspannungsbatterien bzw. -maschinen.

Zur Lieferung der Hochspannung zum Betriebe der Senderöhren dient entweder eine Hochspannungsbatterie aus Akkumulatoren oder Trockenelementen von 400 bis 800 Volt oder Hochspannungsmaschinen. Als Hochspannungsmaschine dient eine Gleichstrom-Hochspannungsmaschine für Antrieb durch den Flugzeugmotor oder für Notlandungen eine Hochspannungs-Handkurbelmaschine für 500 Volt.

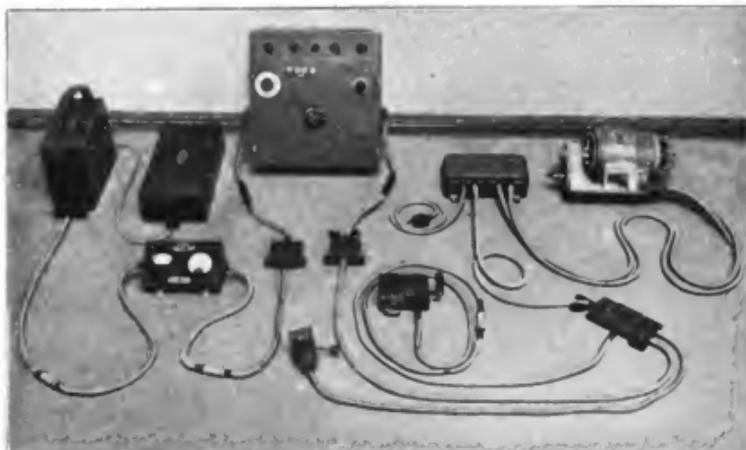


Abb. 241. Firma Dr. E. F. Huth: Ungedämpfter Flugzeug-Sende-Empfänger mit allen Zubehörteilen.

Die Hochspannungsmaschine wird entweder mit Luftpropellern oder vermittels direkter Kupplung mit Flugzeugmotor angetrieben. Abb. 241 zeigt eine Maschine, die in der angegebenen Weise benutzt werden kann und so gewickelt ist, daß sie eine Spannung von 500 Volt und eine Stromstärke von 100 Ampère liefert und am Kollektor gleichzeitig etwa 250 Watt Gleichstrom bei 50 Volt Spannung hergibt, die im Flugzeug zu Heizzwecken benutzt werden kann.

c) Anodenbatterie für Empfang.

Für den Empfang wird entweder eine Akkumulatorenbatterie oder Trockenelementbatterie von 90 Volt oder 25 Volt Spannung benutzt, je nachdem ob die Audion- und Verstärkeröhre für die eine oder die andere Spannung gewählt werden.

Abb. 241 zeigt den Apparat in Verbindung mit den Stromquellen.

Tabelle 31.

VII. Übersicht über Abmessungen, Gewicht und Leistung der Einzelapparate.

	Abmessungen	Gewicht kg	Leistung	Verstärker- zahl	Spannung
Sender-Empfänger	35 × 33 × 12 cm	6,5	20 Watt	—	—
Verstärker (im Gerät) . .	15 × 19 × 18 cm	1,000	—	3000-fach	Anodenbatterie 90 oder 25 Volt
Handkurbel-Hochspan- nungsmaschine	{ 25 cm lang } { 15 cm Durchm. }	6,0	{ 15—20 Watt } { bei 500 Volt }	—	500 Volt
Gleichstrom-Hochspan- nungsmaschine mit Motorantrieb	29 × 18 × 14 cm	9,5	{ 1. 50 W. bei 500 V. } { 2. 250 „ „ 30 „ }	—	{ 1. 500 V. { 2. 50 „ }
Heizbatterie	23 × 19 × 10 cm	7	20 Ampèrestund.	—	2,6 Volt
Anodenbatterie 90 Volt . .	33 × 15 × 9 cm	3,750	—	—	90 Volt
Anodenbatterie 25 Volt . .	19 × 16 × 9 cm	1,500	—	—	25 Volt

Abschnitt X.

F.-T.-Bodenstationen als Gegenstationen für Flugzeuge.

a) Flieger-Bodenempfangsstationen.

Als im Winter 1914/15 die ersten Flugzeuge mit Sendern ausgerüstet wurden, die — wie bereits früher erwähnt — über den Wellenbereich 150–250 m verfügten, besaß die damalige Funkertruppe der Armee keine geeignete Station, die als Gegenstation für die Artillerieflieger bei der Artillerie in vorderster Linie hätte dienen können. Das Funkerkommando einer Armee bestand zu jener Zeit aus zwei „schweren Funkenstationen“ beim Armee-Oberkommando, aus einer „schweren Funkenstation“ beim Stabe einer evtl. zugeordneten Kavalleriedivision, ferner aus etwa 5–8 „leichten Funkenstationen“ bei den Stäben der Korps und Divisionen. Alle diese Stationen konnten als kleinste Welle im Empfänger soeben noch Welle 300 m herstellen. Die Empfangsapparate selbst waren schwer und unhandlich und fest in die Fahrzeuge eingebaut. Die ganzen Fahrzeuge konnten aber unmöglich in allervorderster Linie eingesetzt werden. Die Armeefunker waren also weder technisch qualitativ noch quantitativ in der Lage, geeignete und in der Zahl hinreichende Flieger-Empfangsstationen für die fechtende Truppe zu stellen.

Die Fliegertruppe sah sich daher vor die schwierige Aufgabe gestellt, in höchster Eile selbst geeignete Boden-Empfangsstationen zu entwickeln und das notwendige Personal dazu auszubilden. So entstanden im Winter 1914/15 die Fliegerfunker mit ihren Spezial-Fliegerfunkenstationen.

Diese Empfänger mußten äußerst wetterfest, mechanisch unempfindlich sein, weil sie auf den Protzen der Batterien mitgeführt wurden. Einfachste Bedienung und leichteste Auswechselbarkeit aller einzelnen Konstruktionselemente war eine Selbstverständlichkeit. Der Wellenbereich ging von 150–300 m. Um die Handhabung zu vereinfachen, kamen nur Primärempfänger zur Verwendung.

Als Antenträger wurden Bäume, Telegraphenstangen, Häuser oder Ähnliches behelfsmäßig benutzt. Auf flachem, un bebautem und unbewachsenem Gelände wurden leichte, tragbare Handteleskopmaste der Firma Magirus-Ulm benutzt.

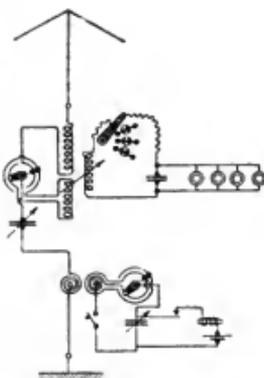
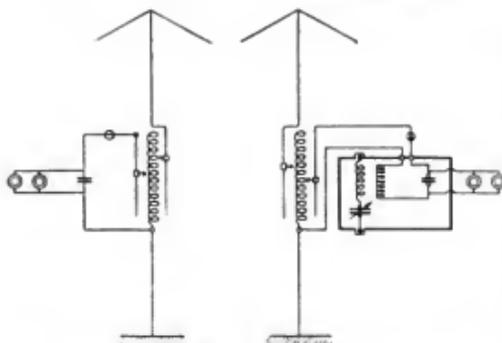


Abb. 242. Einheits-Empfänger.
Schaltenschema.

Die Bauart dieser ersten Empfänger ist schon im Abschnitt VIII gelegentlich der ersten F.-T.-Empfangsversuche im Flugzeug erwähnt.



Abb. 243. Empfänger der fahrbaren Flieger-Hafenstation aus dem Schutzkasten herausgenommen. (Einheits-Empfänger.)



Mit Artillerie-Empfänger.

Ohne Artillerie-Empfänger.

Abb. 244. Schaltung für Zeitungsdienst.

Aus Gründen eines vereinfachten Ersatzes und vereinfachter Ausbildung brachte die F.-T.-Versuchsabteilung im Herbst 1915 in gemeinsamer Arbeit mit 'Telefunken' und der Dr. E. F. Huth G. m. b. H. einen 'Einheitsempfänger' heraus, dessen Schaltschema aus Abb. 242 u. dessen Bauart rechts in Abb. 243 zu sehen ist. (Er wurde auch in der 1916 entwickelten fahrbaren Flieger-Sende-Empfangsstation als Empfänger benutzt).

Bekanntlich wurde während der ganzen Dauer des Krieges von einzelnen Radio-Größstationen, wie Nauen, Lüttich, Warschau der Heeresbericht täglich gefunkt.

der Motor muß vollkommen betriebssicher sein und beim Empfang mit geringer Tourenzahl langsam mitlaufen, um bei Übergang auf Senden sofort wieder auf volle Tourenzahl zu kommen;

alle Teile müssen leicht bedienbar und auswechselbar sein und sind gegen Eindringen von Wasser, Staub und Schmutz und gegen Erschütterungen zu schützen;

die gesamte Bedienungsmannschaft muß auf dem Fahrzeug während des Marsches aufsitzen können.

Wie gesagt, erfüllte keine der vorhandenen Armeetunkerstationen diese Bedingungen und wurden daher vom Verfasser in gemeinsamer Arbeit wiederum mit den Firmen „Telefunken“ und „Huth“ zwei Fliegerspezialstationen entwickelt: in einem vierspännigen Protzfahrzeug die fahrbare Flieger-Gefechtsstation; in einem Kraftwagen die Flieger-Kraftwagenhafestation.

Bei diesen Arbeiten wurde der Verfasser in ausgezeichnete Weise von Herrn Oberingenieur Dr. Rottgardt, damals bei der F.-T.-Versuchsabteilung, unterstützt.

Die Schwierigkeit der Aufgabe lag vor allem in der Kürze der zur Verfügung stehenden Zeit. Nachdem der Empfang im Flugzeug einwandfrei geglückt war und sich an der Front bei den ersten praktisch durchgeführten Artillerieeinschießen bewährte, sollten Bordgerät und Bodenstation innerhalb 8 Wochen zur Serienfabrikation fertig entwickelt werden.

Bei der dringend befohlenen Schnelligkeit mußte auf Vorhandenes zurückgegriffen werden und leider auch überall stärker dimensioniert und konstruiert werden (meist mit 25% Sicherheit), um in der Leistung der Station an der Front unter keinen Umständen Fehlschläge zu erleben. Trotz größter Schwierigkeiten gelang die Arbeit.

Im ganzen weiteren Verlaufe des Krieges haben sich die Stationen glänzend bewährt und sind allen Anforderungen der Luftstreitkräfte gerecht geworden.

2. Die fahrbare Flieger-Gefechtsstation.

I. Beschreibung.

A. Die allgemeine Bauart.

Die fahrbare Flieger-Bodenstation für Wechselverkehr soll der drahtlosen Nachrichtenübermittlung von und zum Flugzeug und der Verbindung der Flughäfen untereinander dienen.

Entsprechend den Anforderungen des Bewegungs- und Stellungskrieges muß sie folgende Bedingungen erfüllen:

Sie ist fahrbar, entsprechend der Marschgeschwindigkeit der schweren Artillerie im Trab.

Das F.-T.-Gerät ist im Fahrzeug bedienbar (Abb. 246).

Die erforderliche Aufbauzeit beträgt ca. 10 Minuten.

Das F.-T.-Gerät ist aus dem Fahrzeug herausnehmbar, in mehreren Traglasten transportfähig, gegen Schmutz und Witterung geschützt und in kürzester Zeit betriebsbereit zusammensetzbar (Abb. 247).

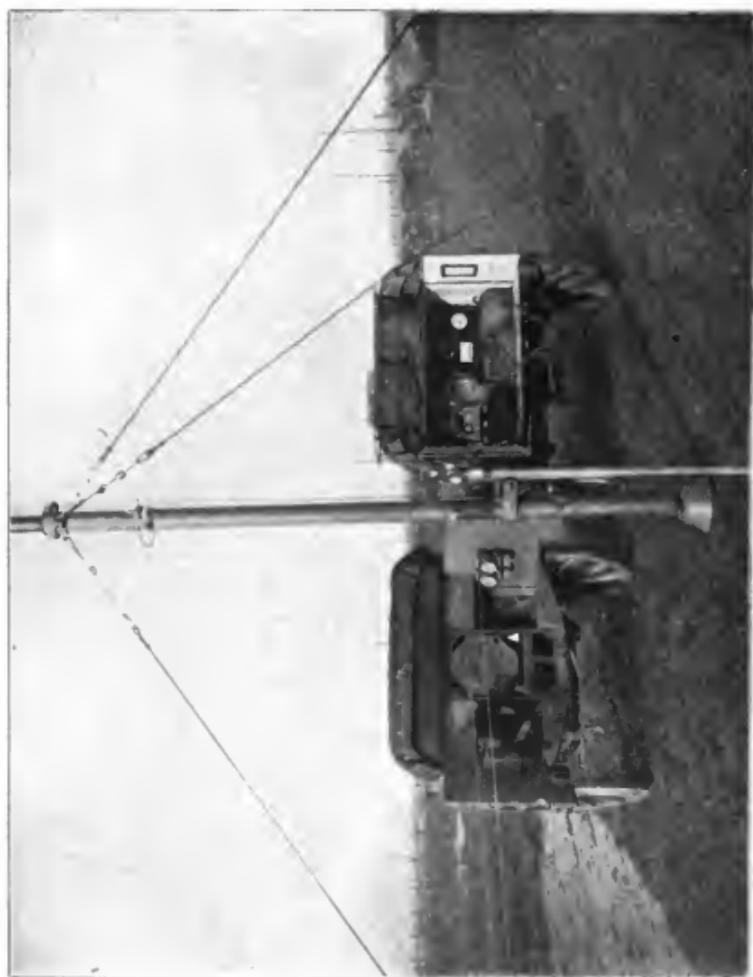


Abb. 246. Flieger-Gelechts-F.-Station betriebsbereit (im Fahrzeug bedienbar) aufgebaut.



Abb. 247. Flieger-Geräte-F. T.-Station betriebsbereit (die Apparatur außerhalb des Fahrzeuges) aufgebaut.

Sender und Empfänger arbeiten mit jedem Luftdrahtgebilde, wie es durch die jeweiligen örtlichen Verhältnisse des Aufbauortes bedingt wird. Die Bedienungsmannschaft kann bis auf 2 Mann aufsitzen.

Das Fahrzeug der Flieger-Bodenstation ist ein aus Vorder- und Hinterwagen bestehendes Protzfahrzeug.

Die F.-T.-Einrichtung ist im wesentlichen auf die Wagen so verteilt, daß sich auf dem Vorderwagen das F.-T.-Gerät (Sender, Empfänger, Wellenmesser, Lautverstärker), auf dem Hinterwagen das Maschinengestell (Benzinmotor, Wechselstrommaschine, Ladeeinrichtung) und die Masten befinden.

Die Luftdrahtgebilde, das Telephongerät, der Brennstoff- und sonstiger Vorrat sind auf beide Wagen verteilt.

Die Wechselstromleistung beträgt am Spannungswandler maximal etwa 1,4 Kilowatt. Im Luftleiter sind also bei Benutzung aller Funkenstrecken mindestens 0,7 Kilowatt Schwingungsleistung vorhanden. Sie kann in 12 Stufen geregelt werden, entsprechend der Zahl von 12 Funkenstrecken, die von 1–12 nach Wahl einzuschalten sind.

Es kann mit 3 Sendetonhöhen entsprechend 1200, 600 und 300 Funken in der Sekunde gesandt werden:

Tonhöhe	I = 1200	Schwingungen in der Sekunde
„	II = 600	„ „ „ „
„	III = 300	„ „ „ „

Zum Flugzeug soll nur mit dem Ton I gesandt werden.

Der Sendewellenbereich erstreckt sich mit dem normalen Luftdrahtgebilde (T.-Luftdraht) fortlaufend über 140–550 m.

Der Empfänger arbeitet mit direktem Empfang; sein Empfangswellenbereich erstreckt sich mit dem normalen Luftdrahtgebilde (T.-Luftdraht) fortlaufend von 140–680 m.

Reichweiten.

Die Reichweite beträgt mit normalem Luftdrahtgebilde höchstens im Mittel über Land gegen gleiche Gefechtsstation etwa 200 km, gegen ein fliegendes Flugzeug

mit 35 m langem Luftdraht	etwa 50 – 60 km
„ 65 m „ „ „	„ 75 – 100 km ohne Störer.

Das Gewicht der vollständigen Gefechtsstation mit sämtlichen Ersatzteilen beträgt ohne Mast etwa 1513 kg, des Vorderwagens allein etwa 595 kg, des Hinterwagens allein etwa 918 kg. Der Mast wiegt 77 kg (Abb. 248).

B. Das Maschinengestell.

Allgemeines.

Im Maschinengestell der Flieger-Bodenstation sind folgende Teile vereinigt: Benzinmotor mit Zubehör, Wechselstrommaschine, Lademaschine mit Ladeschalttafel, Verbindungskabel.

Das Gestell ist als Rahmen aus Winkeleisen gebaut. Sein Gesamtgewicht beträgt etwa 260 kg; seine Abmessungen sind 105,5 cm Länge, 78 cm Tiefe, 90 cm Höhe. Auf seiner Oberkante sind 2 Vorreiber angebracht, die zum Einpassen und Festhalten des Maschinengestells im Fahrzeug dienen.



Abb. 248. Flieger-Gefechts-F.-T.-Station mit ausgekurbeltem 17 m Mast.

Zum Zweck leichteren Fortschaffens wird der ganze Rahmen nach Lösen einiger Schrauben, z. B. der Schraube der Verbindungen zwischen den einzelnen Apparaten, z. B. des Benzinrohrs vom Benzinbehälter, in zwei Teile zerlegt.

Der größere Teil enthält im wesentlichen den Benzinmotor mit Kühler und Auspufftopf; sein Gewicht beträgt bei 60,5 cm Länge, 78 cm Tiefe und 90 cm Höhe 185 kg.

Der kleinere Teil enthält im wesentlichen Benzin- und Ölbehälter, Wechselstrommaschine, Lademaschine mit Schalttafel und Verbindungsleitungen; sein Gewicht beträgt 75 kg bei 45 cm Länge, 78 cm Tiefe und 90 cm Höhe.

Der Benzinmotor.

Der Benzinmotor ist ein wassergekühlter 4-Zylindermotor, der bei 1500 Umdrehungen in der Minute etwa 7,5 PS. leistet.

Seine Umdrehungszahl wird durch ein Handrad eingestellt. Durch die Handrad-einstellung einer bestimmten Umdrehungszahl wird dafür gesorgt, daß sich der Motor auf diese stets von selbst wieder (z. B. bei Belastung) einreguliert; dies erfolgt durch selbsttätig wirkende Regelung der Drosselklappe des Vergasers. Durch Drehung des Hebels auf der Fläche wird die entsprechende Einstellung im Vergaser bewirkt. Diese Einwirkung wird wieder beseitigt, wenn der Hebel ganz wieder zurückgestellt wird, so daß der Motor dann wieder mit der durch das Handrad eingestellten Umdrehungszahl laufen kann. Durch Bewegung des Hebels wird also jede Umdrehungszahl von der durch das Handrad als höchsten eingestellten bis zur langsamen Leerlaufumdrehungszahl (200 Umdrehungen in der Minute) erzielt. Nach einmaliger Einstellung der erforderlichen Umdrehungszahl durch das Handrad wird diese somit nur noch durch den Hebel geregelt.

Die normale Umdrehungszahl für Flieger-F.-T. ist 1500–1600 in der Minute; eine andere wird außer der ganz langsamen von etwa 200 in der Minute überhaupt nicht benutzt (Leerlaufenlassen bei schnellem Wechselverkehr während des Empfanges). Die Umdrehungszahl wird am Tourenzähler abgelesen, der von der Motorachse aus durch bewegliche Welle angetrieben wird.

Der Hochspannungszündmagnet ist links am Motor angesetzt. Durch den Hebel wird Früh- oder Spätzündung eingestellt (oben Spät-, unten Frühzündung). Durch Niederdrücken des Kopfes oder Kurzschließen der Buchsen der Steckdose wird die Zündung kurz geschlossen, der Motor also abgestellt.

Angeworfen wird der Motor durch eine auf dem Vierkantkonus aufsitzende Kurbel.

Die Kühlung des Motors erfolgt durch Wasser, das die Arbeitszylinder umströmt und dann dem Kühler zugeführt wird.

Ein vierflügeliger Propeller, der durch Flachriemen vom hinteren Ende der Motorachse aus angetrieben wird, dient zum Durchsaugen von Luft durch den Kühler.

Die Schwungscheibe des Motors dient als Riemenscheibe zum Auflegen eines Flachriemens zum Antrieb der Wechselstrommaschine.

Die vorn auf der Achse aufgesetzte Riemenscheibe dient zum Antrieb der Lademaschine.

Die Wechselstrommaschine.

Die Wechselstrommaschine befindet sich mit einer auf ihrer Achse angeordneten Gleichstromerregerrmaschine mit Nebenschlußwicklung in einem Gehäuse. Sie ist nach dem Wechselfolien-System mit einem Klauenanker gebaut, dessen Magnetwicklung der Erregergleichstrom durch Schleifbürsten auf Schleifringen zugeführt wird. Die Wechselstromspulen sind feststehend.

Bei 3600 Umdrehungen in der Minute — ihrer normalen Umdrehungszahl — liefert sie einen einphasigen Wechselstrom von 600 Perioden (= 1200 Stromwechseln) in der Sekunde.

Die Gleichstrommaschine besitzt eine Höchstleistung von 130 Watt. Ihre Klemmspannung beträgt im Höchstfall 65 Volt.

Die Leistung der Wechselstrommaschine beträgt bei 3600 Umdrehungen in der Minute bei voller Erregung etwa 2000 Watt. In der Gefechtsstation werden ihr im Höchstfall 1400 Watt entnommen.

Eine Klemme der Gleichstrommaschine ist (über Schleifbürste und Schleifring) an das eine Ende der Magnetwicklung der Wechselstrommaschine angeschlossen. Das andere Ende und die zweite Klemme der Gleichstrommaschine, diese unter Zwischenschaltung eines am Maschinengestell angebrachten, mittels Schelle veränderlichen Widerstandes, ist durch Kabel mit den mit „Gleichstrom“ bezeichneten Buchsen des Vierfachsteckers verbunden. Durch das Maschinenkabel werden die Buchsen an dem im Senderkasten untergebrachten veränderlichen Widerstand (Tonschieber) angeschlossen, durch den somit die Erregerstromstärke der Wechselstrommaschine eingestellt und ihre Leistung geregelt wird. Der Widerstand dient zum Ausgleich von Gleichstromspannungsunterschieden bei Austausch von Wechselstrommaschinen, also zum Anpassen an den Tonschieberwiderstand im Senderkasten. Die Klemmen der Wechselstrommaschine sind an den mit „Wechselstrom“ bezeichneten Buchsen des Vierfachsteckers angeschlossen.

Die vier Gleich- und Wechselstromleitungen, die zum Vierfachstecker führen, sind durch Metallschlauch geschützt. Das Gewicht der Wechselstrommaschine mit Riemenscheibe und Kabel mit Vierfachstecker beträgt $24\frac{1}{2}$ kg.

Im Maschinengestell sitzt die Wechselstrommaschine unter dem Benzinbehälter. Sie wird durch eine um ihr Gehäuse gelegte Schelle gehalten. Auf dem rückwärtigen Teil ihrer Achse sitzt die Riemenscheibe aus Holz. Zum Anpassen und Spannen des Riemens dient eine Spannvorrichtung auf dem oberen Teil der Schelle. Sie wird durch Drehen des sechskantigen Metallteils nach rechts oder links betätigt.

Ladeeinrichtung (Abb. 249).

Die Ladeeinrichtung in Maschinengestell der Gefechtsstation soll zum Laden der Lautverstärkerbatterien dienen.

Sie besteht aus der Lademaschine, der Ladeschalttafel mit Schutzkappe und dem Ladekabel.

Die Lademaschine ist eine Gleichstrom-Nebenschlußmaschine. Ihre normale Umdrehungszahl in der Minute beträgt 4500. Ihre Höchstleistung beträgt 240 Watt; bei einer Klemmspannung von 20 Volt können ihr 12 Ampère entnommen werden.

Im Maschinengestell ist sie links vorn von der Wechselstrommaschine angebracht. Sie wird durch Rundlederriemen vom Motor aus angetrieben. Ihre Riemenscheibe ist so bemessen, daß der Benzinmotor beim Laden mit 1500 Umdrehungen laufen muß. Am Fuß der Maschine sitzt eine Steckdose, in die das Ladekabel zur Herstellung der Verbindung mit der Ladeschalttafel eingeschaltet wird.

Die Ladeschalttafel ist mit Riemen im Maschinengestell rechts vorn befestigt. Sie wird durch eine Schutzkappe geschützt, die bei Benutzung abgenommen wird.

Auf der Ladeschalttafel befindet sich eine Steckdose, in die der Buchsenstecker des Ladekabels eingeschaltet wird. Der Drehschalter schaltet den Ladegleichstrom ein bzw. aus. Der Schieberwiderstand dient zur Regelung der Ladestromstärke. Der Strommesser für 0–10 Ampère mißt die Ladestromstärke der Spannungsmesser von 0–30 Volt, bei Stellung des Drehschalters auf „Maschine“ die Klemmenspannung der Lademaschine, die der Sammlerbatterien während des Ladens bei Stellung des Drehschalters nach unten. An den beiden Klemmen werden die zu ladenden Batterien angeschlossen.

C. Das F.-T.-Gerät (Abb. 250 und 251). Allgemeines.

Das F.-T.-Gerät setzt sich zusammen aus der Sendeeinrichtung, der Empfangseinrichtung, dem Lautverstärker mit Batterien, dem Wellenmesser.

Die Teile der Sende- und Empfangseinrichtung sind in zwei verschließbaren Holzkästen untergebracht.

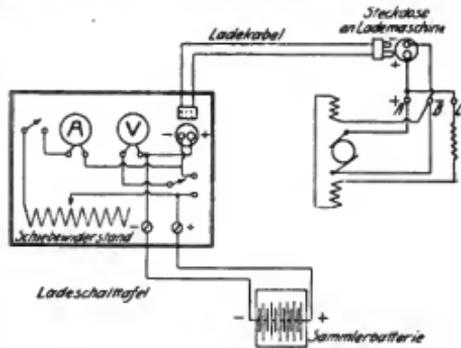


Abb. 249. Lademaschine. Drehrichtung bei Aufsicht von Antriebsseite; rechtslaufend.

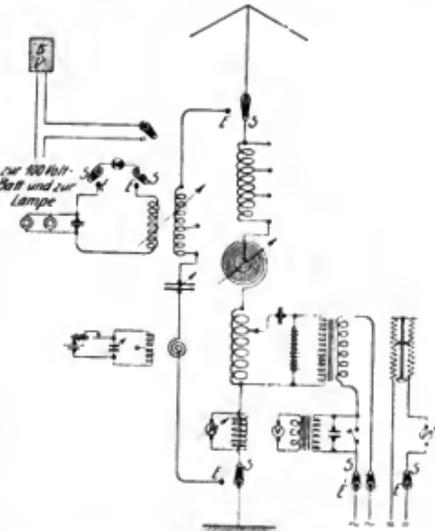


Abb. 250. Gefechts-Station. Übersicht. Die einzelnen Schalter sind im Sende-Empfang-Umschalter vereinigt.

Der Senderkasten enthält Gleichstromerregewiderstand, Spannungswandler, die Teile des Stoßkreises und des Luftdrahtkreises.

Der Empfängerkasten enthält den Einheitsempfänger Type C 1916a oder einen Zwischenkreiseempfänger von Telefunken, den Luftdrahtumschalter mit den Sicherungsschaltern, die Meßinstrumente und den Taster.

Die Verbindungen zwischen Sender- und Empfängerkasten sowie dem Lautverstärker bewirken Kabel mit Stöpseln, die für Verwendung im Fahrzeug dort fest eingebaut sind.

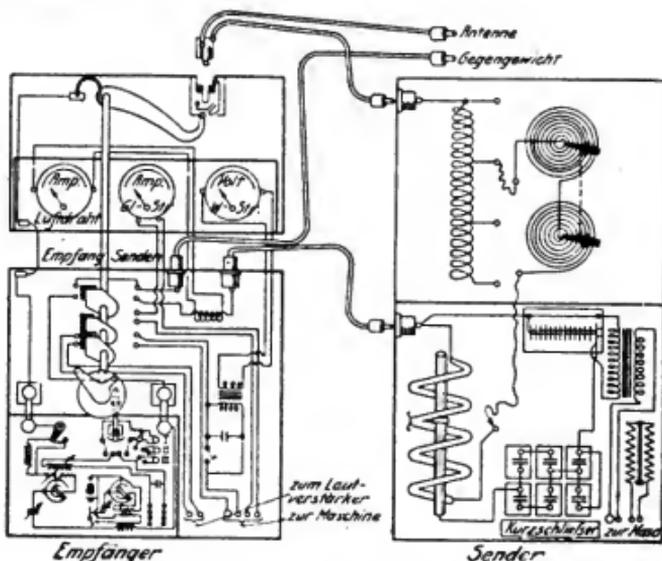


Abb. 251. Schaltenschema der „Gef.“-Station.

Die Stromzuleitung erfolgt durch das sog. Maschinenkabel mit vierpoligem Stecker.

Schaltung.

Die schematische Schaltung zeigt Abb. 252.

In ihr sind eingerahmt (1–7) die im Senderkasten vereinigten Teile, rechts (8–24) die im Empfängerkasten vereinigten angegeben, es ist:

1. der Gleichstromerregewiderstand zur Ton- und Energieeinstellung (Ton-schieber),
2. der Spannungswandler,
3. der Stoßkreiskondensator,

4. die Löschfunkenstrecke,
5. die Stoßkreisstellspule,
6. die Luftdrahtstellspule,
7. die Luftdrahtstufenspule,
8. der Luftdrahtschalterknopf des Sende-Empfangsumschalters (b ist am Luftdraht angeschlossen, a ist eine Feder, die mit der Luftdrahtstufenspule des Senders verbunden ist und bei Senden an b anliegt),
9. der Sende-Empfangsschalter.

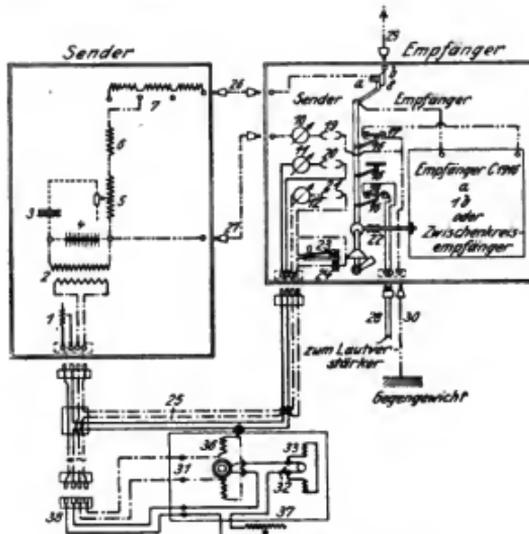


Abb. 252. Schaltschema der „Gef.“-Station.

10. der Luftdrahtstrommesser,
11. der Erregergleichstrommesser,
12. der Wechselstromspannungsmesser,
13. der Empfänger C 1916a oder der Zwischenkreisempfänger von Telefunken,
- 14, 15, 16 sind Schaltmesser des Sende-Empfangsschalters, von denen 14 bei Senden bzw. Empfang durch Öffnen bzw. Schließen der Kontakte 17 und 19 das Gegengewicht an den Sender oder Empfänger legt.
15. bei Senden bzw. Empfang an dem Kontakt 20 den Erregergleichstrom einschaltet bzw. unterbricht,
16. bei Senden den Wechselstrom einschaltet (Kontakt 21) und den Heizstrom des Lautverstärkers unterbricht (Kontakt 18), bei Empfang den Wechselstrom unterbricht und den Heizstrom einschaltet,

22. ist ein Nocken, der die Abschaltmesser in den Empfängern betätigt, wodurch die Zellen und übrigen Teile des Empfängers gegen die Sendeströme geschützt werden,
23. ist der Taster,
24. ist ein dem Tastkontakt nebengeschalteter Kondensator.

Die Verbindungen zwischen Wechselstrommaschine, Sender- und Empfängerkasten, Lautverstärker, Luftdraht und Gegengewicht werden durch die freien Leitungen 25–30 bewirkt.

Der Senderkasten.

Der Senderkasten ist ein rechteckiger grauer Holzkasten von 52,5 cm Länge, 37,5 cm Breite und 41,5 cm Höhe. Sein Gewicht beträgt mit sämtlichen Apparaten 39 kg.

Sowohl im Boden wie im Deckel des Senderkastens sind Apparateile untergebracht, und zwar im Boden die Teile des Gleichstrom-, Wechselstrom- und Stoßkreises, im Deckel die des Luftdrahtkreises. Im wesentlichen sind 7 in sich geschlossene Apparate zu unterscheiden. Durch die zwei Holzdeckplatten ragen nur die Bedienungsgriffe bzw. Stöpsel hindurch. Die Deckplatten sind nach Lösen von Schrauben abnehmbar.

Der Anschluß des mit „S“ bezeichneten Vierfachsteckers des Maschinenkabels an den Sender erfolgt an der vorderen Kastenwand an der mit „Maschine“ bezeichneten Öffnung nach Entfernung des Schutzsteckers. Dort wird also Gleich- und Wechselstrom zugeführt.

Rechts hinten liegt der Spannungswandler mit II bezeichnet, von dem verschiedene Ausführungsformen Verwendung finden. Die Enden seiner Niederspannungswicklung sind den Wechselstromsteckern angeschlossen. Die Enden seiner Hochspannungswicklung sind mit der Löschfunkenstrecke verbunden. Außerdem ist ihnen eine Sicherheitsfunkenstrecke nebengeschaltet, deren Aufgabe es ist, schädliche Überspannungen der Wicklungen des Spannungswandlers fernzuhalten; sie muß so eingestellt sein, daß ihre Durchschlagspannung ein wenig höher ist als die Löschfunkenstrecke, wenn die Höchstzahl der Funkenstrecken eingeschaltet ist.

In der Mitte vorn sitzt der Stoßkreiskondensator mit III bezeichnet. Er besitzt eine Kapazität von etwa 7500 em. Es kommen Glimmerkondensatoren (schwarz) und Glaskondensatoren (blaugrau) zur Verwendung. Die innere Bauart ist bei beiden die gleiche. Zwischen Kupferblättchen als Kondensatorbelegungen sind Glimmer oder dünne (1 mm) ebene Glasplatten gepreßt, die in mit Paraffin ausgegossenen Holzkästchen untergebracht sind. Die Kapazität von etwa 7500 em wird bei Glimmerkondensatoren durch Hintereinanderschaltung von 2 Gruppen von 2 parallel geschalteten Kondensatoren von 7500 em erzielt. Die Enden des Kondensators sind einerseits mit dem Schieber der Stoßkreisstellspule, andererseits durch den Druckfederkontakt mit der Löschfunkenstrecke verbunden. Der Kondensator kann als Ganzes, oder auch jeder seiner Einzelkondensatoren für sich herausgenommen werden.

In der Mitte hinten befindet sich die 12teilige, offene Löschfunkenstrecke. Die Funken gehen an den äußeren Rändern der Funkenstrecken sichtbar über. Jede Einzelfunkenstrecke besteht aus zwei am Rande mit Silber belegten Elektroden.

zwischen denen der erforderliche gleichmäßige Abstand durch Zwischenlage von $\frac{7}{10}$ mm dicken Glimmerringen erzeugt wird. Die 24 Elektroden werden in dem Gestell durch die Druckschraube festgehalten. Nach deren Lösung können sie zum Zweck der Reinigung, um Glimmerblättchen auszuwechseln usw., aus dem Gestell herausgenommen werden.

Das Gestell besitzt ebenso wie die Elektroden und Glimmerringe in der Mitte eine Bohrung, so daß sie mit Hilfe eines Aufreihstabes in dem Gestell wieder aufgereiht und eingesetzt werden können.

Je nach der zu erzielenden Reichweite wird die Zahl der Funkenstrecken gewählt. Zunächst sind alle 12 eingeschaltet; von ihnen wird nach Bedarf abgeschaltet. Diese Abschaltung wird bei älterer Ausführung durch Kurzschließer besorgt. Bei Sendern neuerer Ausführung ist ein Schieber auf der oberen Metallstange des Gestells aufgesetzt.

Die Stoßkreisstellspule ist eine aus blankem Kupferdraht hergestellte Spiralspule. Mit Hilfe eines Schiebers, der auf einem in der Mitte der Spule angebrachten und durch den Handgriff beweglichen Vierkantrohr gleitet, wird gleichzeitig das Kupferrohr halb von innen umfaßt; dadurch werden mehr oder weniger Windungen der Spule in den Stoßkreis eingeschaltet. Seine Stellung bedingt also die Stoßkreiswellenlänge. Bei einmaliger Umdrehung des Handgriffes durchläuft der Schieber die ganze Spule. Sie stellt in Verbindung mit dem Stoßkreis Kondensator von etwa 7500 cm fortlaufend die Wellenlängen von 150 bis 500 m her. Das hintere Ende der Stoßkreisstellspule ist an der mit X bezeichneten Durchführung angeschlossen, die über den Sender-Empfangsumschalter in Verbindung mit dem Gegengewicht bzw. der Erde steht. Die Luftdrahtstellspule ist im Deckel des Senderkastens rechts untergebracht. Sie wird aus zwei hintereinanderliegenden flachen Spiralen aus Flachkupfer- oder Messingband gebildet, die hintereinanderschaltet sind. Auf jeder Spule schleift ein auf einem radialen Metallstab gleitender Schieber. Der Schieber regelt also die Anzahl der Windungen der Spule, die in den Luftdrahtkreis eingeschaltet werden.

Die Luftdrahtstufenspulen nehmen die linke Seite des Senderkastendeckels ein. Es sind 14 hintereinandergeschaltete, in Isoliermaterial eingebettete Flachspulen aus Litze. Ihr unteres und oberes Ende und 2 Abzweigungen sind an 4 Buchsen geführt, so daß durch Einsetzen des Stöpsels in diese Buchsen die jeweils zur Abstimmung auf die Stoßkreiswelle erforderliche Selbstinduktion in den Luftdraht eingeschaltet wird.

Der Empfängerkasten mit Sende-Empfangsumschalter.

Der Empfängerkasten ist, wie der Senderkasten, ein rechteckiger, grauer Holzkasten von 37 cm Länge, 35,5 cm Breite, 29 cm Höhe. Sein Gewicht beträgt mit sämtlichen Apparaten etwa 16 kg.

Im Bodenteil des Empfängerkastens ist der eigentliche Empfänger, die Taste, die Instrumente und der Sende-Empfangsumschalter mit Griff untergebracht. Diese sämtlichen Teile sind in ein Gestell eingebaut, das als Ganzes nach Lösung der Verbindung zum Sende-Empfangsumschalter aus dem Kasten herausgehoben werden kann.

Im Deckelteil befindet sich lediglich der Luftdrahtumschalter des Sende-Empfangsumschalters, um alle Hochspannungsteile soweit wie möglich dem Empfänger und seinen Griffen fernzuhalten. Gleich- und Wechselstrom wird durch die mit „E“ bezeichneten Vierfachsteckbuchsen des Maschinenkabels durch Einführung in die mit „Maschine“ bezeichnete Öffnung zugeführt. Der hinter dieser befindliche Vierfachstecker ist an dem Gestell befestigt. Der Erregergleichstrom wird von dem Vierfachstecker über die entsprechenden Schaltmesser des Sende-Empfangsumschalters zu dem in der Mitte der Gestellrückwand sitzenden Gleichstrommesser von 0–1 Ampère geführt.

Die Wechselstromstecker sind über das Sende-Empfangsumschaltersmesser an den Kontakten des Tasters angeschlossen, dessen Griff aus der abnehmbaren Holzdeckplatte hervorragt. Den Tastenkontakten nebengeschaltet ist ein Blockkondensator und die primäre Wicklung eines Spannungswandlers, an dessen sekundären Wicklungsenden der Wechselstromspannungsmesser von 0–300 Volt liegt.

Die Erhöhung des Wellenbereichs wird durch Hinzufügen einer aus Litze gewickelten Flachspule erzielt, die der bisherigen Luftdrahtspule so angebaut ist, daß sie ebenfalls auf die im Innern jener Spule befindliche Induktionsspule des Zellenkreises induzieren kann.

Der Lautverstärker ist ein Telefunken-Zweifachröhrenverstärker der kleinen Art in bekannter Schaltung.

Der Wellenmesser kann als Sender mit Summer, im besonderen für Empfänger und Luftdrahtmessungen, als Empfänger mit Glühlampe als Anzeigeelement für Sendermessungen benutzt werden.

Der Kurbelmast.

Der Kurbelmast ist der Hauptluftdrahtträger. Er läßt sich bis zu einer Länge von 17 m ausziehen. Zusammengesetzt ist er aus sechs einzelnen teleskopartig ineinandergeschobenen Stahlrohren, die durch Drahtseile miteinander verbunden sind.

Alle Rohre bis auf das unterste äußerste Rohr sind auf einer Seite abgeflacht. Diese Fläche gleitet am Oberteil des nächstuntersten Rohres, so daß verhindert wird, daß sich die Rohre gegenseitig verdrehen. Gleichzeitig wird durch diese Abflachung ein größerer Spielraum zwischen den Rohren für die Auszugsseile gewonnen.

Die Rohre führen sich gegenseitig durch besondere Führungsstücke, die an den Rohrenden festgenietet sind. Diese werden Oberteile an den oberen Enden der Rohre und entsprechend Unterteile am unteren Ende genannt. Die Oberteile sind zugleich Lager für die Auszugsseilrollen; die Schmierung erfolgt durch Staufferbuchsen.

Die Auszugsrollen sind je nach der Seilzahl ein- oder zweirillig und laufen auf Kupplungen. Die Rohrunterteile, die die Rohrführung bilden, dienen beim Rohr III–VI zugleich zum Befestigen der Auszugsseile, beim Rohr II zur Lagerung der Seilrolle.

Das obere Ende des VI. Rohres ist zur Aufnahme des Luftdrahtisolators mit Gewinde ($1\frac{1}{2}$ Zoll Gasgewinde) versehen.

Das untere Ende des untersten Rohres ist mit einem Deckel verschlossen. Auf dem Boden des Deckels ist ein Vierkant, der in den Isolierfuß gestellt wird.

Vor zu weitem Ausziehen der Rohre, über 17 m, schützt ein am untersten Rohr angeordneter Anschlagbolzen. Es trägt außerdem noch einci durch Isolatoren von ihm isolierten Ring zum Anhängen der Gegengewichtsdrähte, einen Auftritt, ein Auszugsgetriebe und eine Wasserwage zum Senkrechtstellen des Mastes.

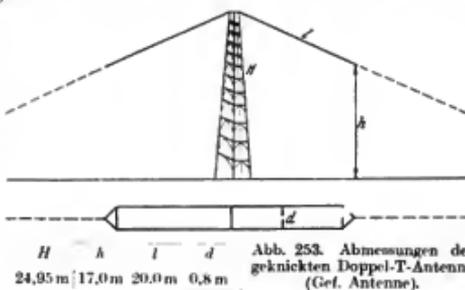
Luftdrahtgebilde.

Die Station ist mit 2 Luftdrähten ausgerüstet, die entweder mit dem Kurbelmast oder als Ersatz mit dem Handteleskopmast oder mit behelfsmäßigen Trägern aufgebaut werden. Ihre Abmessungen sind so gewählt, daß die beiden Luftdrähte mit den drei beigegebenen Gegengewichten oder gegen Erde bei der für den Sender passenden Kapazität (etwa 220 cm) eine Eigenwelle von 175–210 m besitzen. Voraussetzung für diese kleinen Eigenwellen ist dabei immer, daß die Zuleitung zu Luftdraht und Gegengewicht so kurz wie irgend möglich gewählt wird.

Die Sendewellenlängen unter der Eigenwelle werden durch Einschalten eines Verkürzungskondensators hergestellt.

Bei Benutzung einer Reusen-zuleitung wird eine Verkürzung um ungefähr 45 m erreicht.

Die einzelnen Luftdrähte und Gegengewichte sind mit dem nötigen Ersatz an Litze, Isolatoren, Abspannseil in Rucksäcken verpackt.



Das isolierte zweidrahtige Gegengewicht.

Es setzt sich aus 2 Teilen zusammen, von denen jeder auf einer Trommel aufgespelt ist. Die Litzenlänge beträgt 50 m. Die Abspannseile sind 6 m lang. Der Abstand der beiden Drähte wird durch Stahlrohre von 1,50 m Länge bewirkt. Der Aufbau erfolgt so, daß nach der Zusammensetzung der beiden Teile jedes Ende über einem Gegengewichtspfahl von 1,55 m Höhe kurz zur Erde abgespannt wird. In der Mitte wird jeder Draht durch je einen Gegengewichtspfahl mit Isolator unterstützt, indem die Gegengewichtslitze unter eine Flügelmutter dieses Isolators untergeklemmt wird. Unter dieser wird auch gleichzeitig die Gegengewichtszuleitung festgelegt.

II. Richtwirkung der doppelten T-Antenne der fahrbaren Flieger-Gefechtsstation gegen das Flugzeug.

Die Ansichten der Praktiker über die Richtwirkung der doppelten T-Antenne gegen das Flugzeug gingen vielfach auseinander, indem einerseits Richtwirkung beobachtet sein sollte, andererseits das Bestehen einer solchen verneint wurde. Die im folgenden zusammenfassend beschriebenen Versuche sollten auf Grund scharfer Messungen diese theoretisch und praktisch gleich wichtigen Fragen beantworten.

Die Versuchsanordnung im gedämpft sendenden Flugzeug und in der Bodenempfangstation war die im Abschnitt III, Kapitel d beschriebene. Die Versuche selbst wurden von Oberleutnant d. Res. Prof. Baldus und Leutnant d. Res. Dr. Hase auf dem Flugplatz Lärz durchgeführt. Als Antenne wurde eine geknickte Doppel-T-Antenne am 25 m Holzmast, die der Antenne der fahrbaren Hafestation entspricht, verwendet. Die Ausmaße der Antenne gibt Abb. 253 wieder, Gegengewicht war Erde.

Die Versuche selbst wurden in der Weise durchgeführt, daß die Bodenstation vom Flugzeug in 3 km Entfernung und 500 m Höhe zu wiederholten Malen unkreisförmig wurde; das Flugzeug sandte, indem es gleichzeitig photographierte; in der Boden-



Abb. 254. Rundflug in Lärz am 2./VII 18 in 500 m Flughöhe.

station wurde die relative Empfangsenergie gemessen. Die einzelnen Messungen folgten aufeinander in Abständen von ungefähr 30–35 Sekunden.

Abb. 254 gibt den photographisch bestimmten Ort und die Richtung des Flugzeuges im Augenblick der Messung eines Versuchstages, des 2. Juli 1918, an. Der Kreis bezeichnet den Ort des Flugzeuges, der Pfeil gibt die Richtung der Flugzeugachse an. Die Antenne wurde mehrmals umflogen, um von zeitlichen Schwankungen der Zwischenmedien frei zu sein. Die beigebeschriebenen Zahlen geben die Reihenfolgen der Messungen an.

Die in der Bodenstation gemessenen Galvanometerausschläge wurden wieder nach der Stromstärke des sendenden Flugzeuges quadratisch auf 3 Ampere reduziert, außerdem nach der Entfernung in der weiter unten beschriebenen Weise auf 3 km.

Die so gefundenen Werte sind in Tabelle 32 aufgezeichnet.

Tabelle 32.

Nummer der Messung	Messung auf der Erde Teilstrich	Antennenstromstärke im Flugeseg Ampere	Entfernung Flugeseg Bodenstation km	Auf 5 Ampere und 5 km reduzierte Messung Teilstrich
1	87	3,1	3,1	88
2	102	2,0	3,05	106
3	78	2,9	3,0	83
4	46	2,95	3,15	52
5	39	2,95	3,4	51,5
6	64	2,9	2,95	66
7	60	2,9	2,75	54
8	77	2,95	2,65	62
9	66	2,8	2,55	55
10	57	2,9	2,6	46
11	62	2,85	2,75	57
12	77	2,95	2,65	62
13	77	2,95	2,5	55
14	67	2,9	2,45	48
15	53	2,9	2,65	44,5
16	53	2,9	2,9	53,5
17	82	3,0	2,7	66,5
18	84	2,9	2,35	55
19	67	2,9	2,6	54
20	63	2,8	2,9	68
21	112	2,8	2,8	113
22	121	2,8	2,65	109
23	94	2,8	2,55	78
24	54	2,9	2,75	49
25	49	2,9	3,15	58,5
26	61	2,85	3,15	74
27	78	2,85	2,9	80,5
28	72	2,9	2,65	60
29	74	2,8	2,5	59
30	80	2,9	2,15	44,5
31	53	2,85	2,4	38
32	100	2,85	2,6	80
33	98	2,8	2,5	79

In Abb. 255 sind die reduzierten Werte der ersten 16 Messungen eingetragen in der Weise, daß die Lage des Punktes zur Antennenmitte die Richtung nach dem Flugzeug angibt, der Abstand des Punktes von der Antennenmitte die Empfangsenergie. Aus der in der Mitte angegebenen Antennenrichtung ist zu ersehen, daß die Antenne ungefähr von NW nach SO verlief. Die Kurve zeigt eine deutliche Ausbuchtung nach SW, d. h. wesentlich besseren Empfang in dieser Richtung. Die sämtlichen Punkte schließen sich hier gut zu einer stetigen Kurve zusammen, ein Zeichen für die Zuverlässigkeit der Ergebnisse und das Fehlen von Störungen.

Nach der 16. Messung wurde die Bodenantenne um ungefähr 60° gedreht und dann mit den Messungen fortgefahren. Die Ergebnisse dieser Messungen 17—33 zeigt Abb. 256 wieder mit der dazugehörigen Richtung der Bodenantenne, die

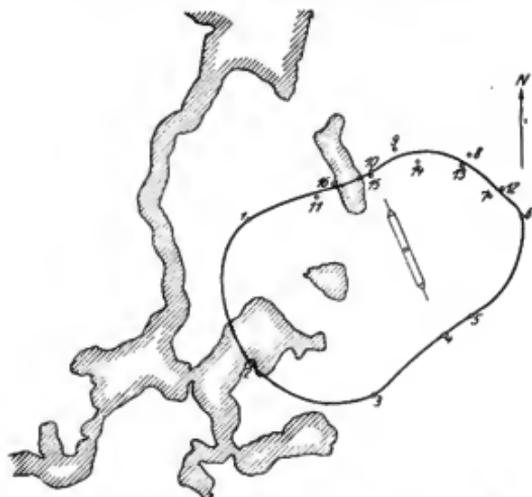


Abb. 255. Empfangscharakteristik der Gef.-Antenne. 1. Lage.

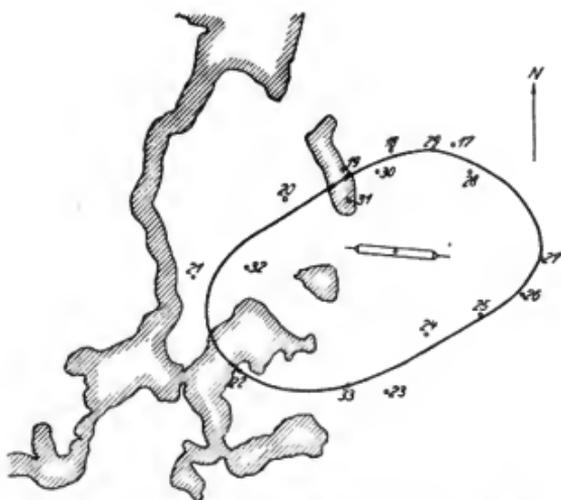


Abb. 256. Empfangscharakteristik der Gef.-Antenne. 2. Lage.

in diesem Falle ziemlich genau von O nach W verlief. Man erkennt sofort, daß hier dieselbe Ausbuchtung nach SW auftritt, wie bei der früheren Antennenlage.

Abb. 257 zeigt die vollständige Übereinstimmung der Empfangscharakteristik bei den beiden Antennenlagen, d. h. die geknickte T-Antenne hat keine Richtwirkung. Die Unsymmetrie der Empfangscharakteristik kann nicht auf Rechnung der Antenne gesetzt werden, da sie beim Drehen der Antenne unverändert blieb. Durch eine Reihe ähnlicher Versuche wurde das Ergebnis bestätigt, daß die Empfangscharakteristik der Antenne unabhängig von der Lage ist.

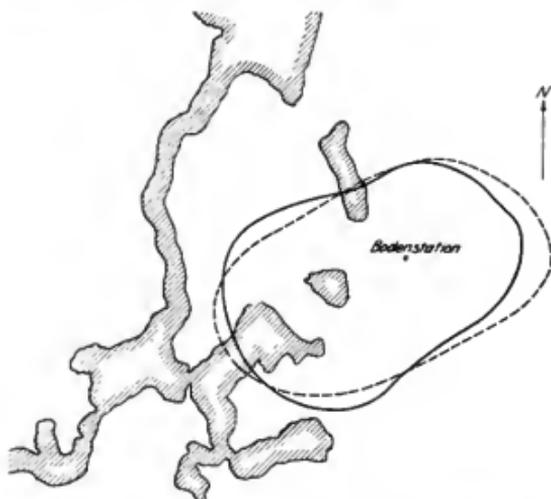


Abb. 257. Empfangscharakteristik der Gef.-Antenne. Lage 1 und 2.

Die Empfangscharakteristiken der verschiedenen Tage zeigten dabei eine gute Übereinstimmung. Daraus folgt, daß die Unsymmetrie der Empfangscharakteristik auch nicht durch Tageseinflüsse bedingt ist, sondern im wesentlichen in der Bodenbeschaffenheit ihre Ursache hat. Die Frage, ob dabei der Boden in weiterer Ausdehnung um die Antenne oder, weil die geerdet war, überwiegend die nächste Umgebung der Antenne eine Rolle spielte, konnte noch nicht geklärt werden. Als bemerkenswert und übereinstimmend mit anderen Versuchen sei auf die Tatsache hingewiesen, daß die Richtung der größten Empfangslautstärke auf die nächste größere Wasserfläche hinweist.

Solche Unsymmetrien der Empfangscharakteristik, die nach dem eben Gesagten nicht auf die Richtwirkung der Antennen zurückzuführen sind, mögen die Ursachen davon sein, daß in der Front vielfach eine Richtwirkung der Gefechtsstationsantenne beobachtet sein soll.

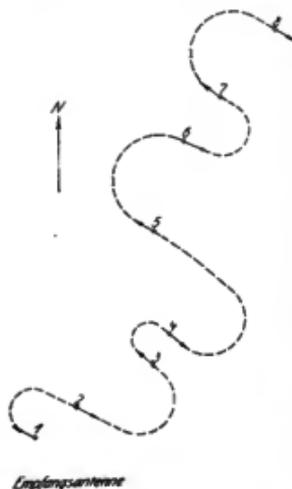
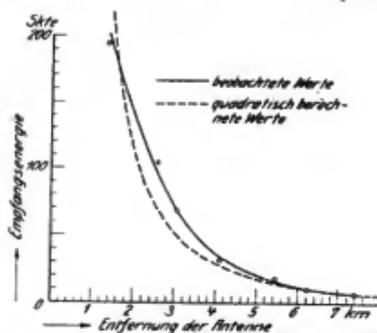


Abb. 258. Mäanderflug zur Bestimmung des Entfernungsgesetzes für 1,4—7,4 km.



Nr. der Messung	Messung auf der Erde Teilstriche	Antennenstromstärke im Flugzeug Ampère	Entfernung Flugzeug-Bodenstation km	Ant 8 Amp und 3 km reduzierte Messung Teilstriche
1	168	2,8	1,4	194
2	90	2,8	2,6	104
3	50	2,8	3,05	68
4	28	2,8	4,1	32
5	15,7	2,8	5,45	18,1
6	9,3	2,8	6,23	10,7
7	7,4	2,9	7,4	7,9

Abb. 259. Entfernungsgesetz für 1,4—7,4 km Abstand.

Da es praktisch nicht möglich war, beim Fliegen genau einen Kreis von 3 km Halbmesser innezuhalten, mußten die gemessenen Werte alle auf eine Entfernung von 3 km umgerechnet werden. Zu diesem Zweck war es nötig, die Beziehung zwischen Entfernung des sendenden Flugzeuges und Empfangsenergie für den Fall, daß die Empfangsstation seitlich zum Flugzeuge liegt, zu finden.

Der Versuch wurde derart durchgeführt, daß vom Flugzeug in 500 m Höhe die in Abb. 258 bezeichnete Flugbahn zurückgelegt wurde und das Flugzeug an den Stellen 1—7 sandte. Dabei wich der Winkel zwischen Flugzeugachse und Sehstrahl der Gefechtsstation bei der ersten Messung um 5° , bei der 6. um 7° von einem rechten ab, sonst nie mehr als 3° .

In Abb. 259 sind als Meßergebnis die reduzierten Werte und die daraus graphisch ermittelte Kurve eingetragen, daneben zum Vergleich die Kurve, welche der quadratischen Abnahme der Empfangslautstärke mit der Entfernung entsprechen würde. Die Messungen zeigen, daß im Bereich zwischen 1,5 und 7,5 km das Entfernungsgesetz nahezu quadratisch ist.

Praktische Folgerungen.

1. Die doppelte T-Antenne hat keine Richtwirkung.
2. Je nach dem Aufstellungsplatz empfängt die Antenne nicht von allen Seiten gleich gut.
3. Schon in Entfernungen über 3 km nimmt die Empfangslautstärke mit dem Quadrat der Entfernung ab, wenn die Bodenstation seitlich zum Flugzeug liegt.

3. Die Kraftwagen-Fliegerhafensstation.

Während die Fliegergefechtsstation in erster Linie für den F.-T.-Verkehr mit Einsitzern und Doppelsitzern (D- und C-Flugzeugen) gebaut



Abb. 200. Telefunken: Innenansicht der Flieger-Kraftwagen-Hafenstation.

wurde, entstand gleichzeitig eine stärkere Type mit vergrößertem Wellenbereich, die auch mit Groß- (*G*) und Riesenflugzeugen (*R*) verkehren konnte.

Ihre Bauart entspricht in der Schaltung und Anordnung im wesentlichen der der vorher beschriebenen Gefechtsstation. Jedoch ist die ganze Anlage in einem Kraftwagen eingebaut (s. Abb. 260).

Eine Außenansicht gibt Abb. 261 wieder. Der Verfasser führt hier die erste fertiggestellte Station dem Inspekteur der Fliegertruppen, Herrn Oberstleutnant Siegert und dem Chef der Feldtelegraphie, Herrn Oberst Hesse, vor.

Die Leistung.

Die Wechselstrommaschinenleistung beträgt im Spannungswandler 2 Kilowatt. Im Luftleiter sind bei Benutzung aller Funkenstrecken etwa 1 Kilowatt Schwingungsleistung vorhanden. Sie kann in 10 Stufen geregelt werden, entsprechend der Anzahl von 10 Funkenstrecken, die von 1–10 nach Wahl vermittels der mitgelieferten Kurzschließer einzuschalten sind. Bei Verwendung der kleinen Antenne kann des weiteren noch eine 11. Funkenstrecke zugeschaltet werden



Abb. 261. Die erste Kraftwagen-Kasten-F.-T.-Station wird vom Verfasser dem Inspekteur der Fliegertruppen, Herrn Oberstleutnant Siegert vorgeführt.

Sendetöne.

Es kann mit 3 Sendetonhöhen entsprechend den Tönen 1200, 600, 300 gesandt werden. Ton 1 = 1200, Ton 2 = 600, Ton 3 = 400.

Für den Verkehr mit Flugzeugen kommt nur der Ton 1 in Frage.

Sendewellenbereich (Abb. 262).

Der Sendewellenbereich erstreckt sich bei Verwendung der kleinen Antenne von ca. 200–600 m, bei Verwendung der großen Antenne von ca. 300–2000 m.

Der Empfänger (Abb. 262).

Die Stationen besitzen 2 getrennte Empfänger. Der Empfangswellenbereich des Primärempfängers erstreckt sich fortlaufend von 150–680 m, bei dem Sekundärempfänger von 150–6000 m.

Der Mast (Abb. 263 und 264).

Der Mast, welcher normal als Träger des Luftdrahtgebildes dient, ist ein Kurbelmast von 30 m Höhe. In dieser Höhe wird die bei der Station vorgesehene $\frac{1}{6}$ Schirm-

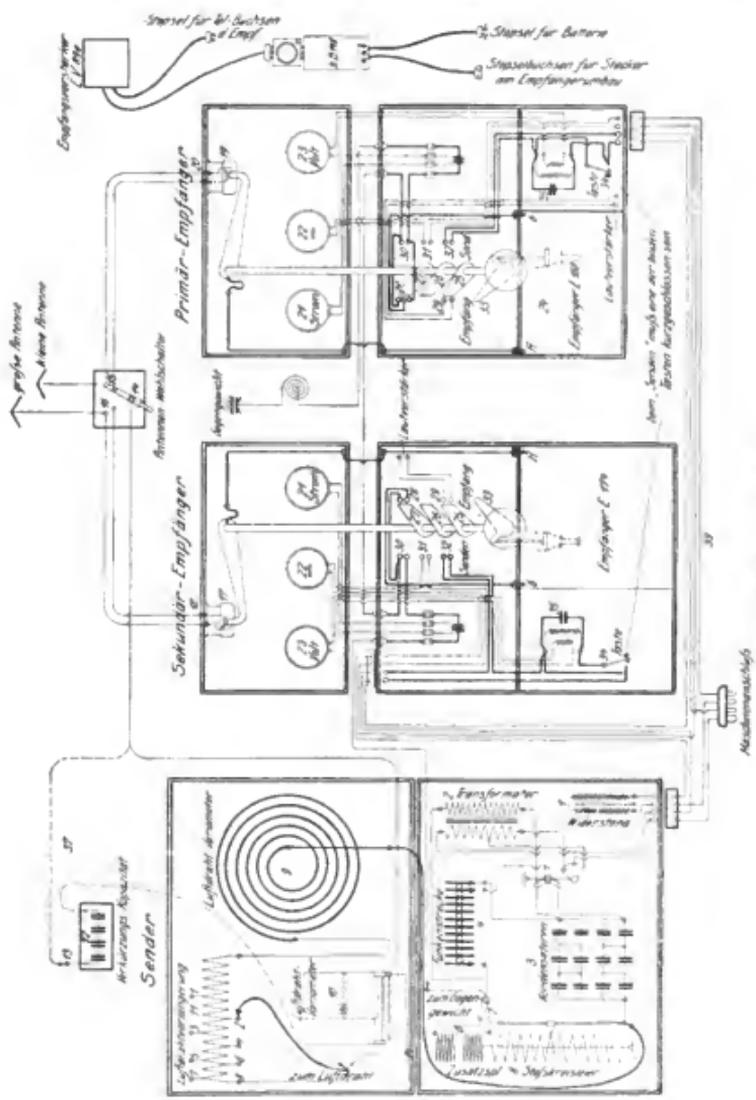


Abb. 202. Schaltbild der „H“-Station.

antenne befestigt, während in Höhe von 17 m über dem Boden die geknickte T-Antenne angebracht wird. Bei den für die verschiedenen Kest zur Verwendung gelangenden Holzmasten ist die Anbringung der Luftdrahtgebilde in gleicher Weise vorzunehmen.

Luftdrahtgebilde (Abb. 263 und 264).

Das normale Luftdrahtgebilde für große Wellenlängen ist eine $\frac{4}{5}$ Schirmantenne von je 25 m Länge, für kleine Wellenlängen eine geknickte T-Antenne von je 28 m Länge. Als Gegengewicht dient ein aus 6 Drähten von je 60 m Länge bestehendes isoliert und radial zum Mast ausgespanntes Netz.

c) Störstationen.

I. Allgemeines.

Im Laufe des Krieges machte sich immer mehr der Wunsch geltend, den feindlichen Flieger-F.-T.-Verkehr durch eigenes Dazwischenfunken zu stören. Insbesondere als der Bewegungskrieg zum Stellungskriege überging, alle Truppenverbände vom Armeecoberkommando bis zur Kompagnie im vordersten Graben durch Fernsprecher verbunden waren und infolgedessen die meisten Armeefunkstationen dadurch brotlos wurden, verlegten sich viele Armeefunkstationen mit behelfsmäßigen Einrichtungen auf das „Fliegerstören.“

Dieses Störfunken war jedoch nicht nur zwecklos; denn der Gegner arbeitete damals meist mit Knarr- bzw. Knallfunken, die sich vom deutschen hellen Tonfunken trotz gleicher Welle mit Leichtigkeit unterschieden, es störte naturgemäß auch die eigenen Flugzeuge in erheblichem Maße. Dieser Weg war also nicht gangbar. Ein Störfunken hätte nur Sinn gehabt, wenn mit gleichem System, also auch Knarr- und Knallfunken (rotierende Funkenstrecke) und unter Aufwand erheblicher Energien gearbeitet worden wäre.

So wurden versuchsweise einige Stationen mit rotierender Funkenstrecke gebaut, die jedoch nie ihre eigentliche Störtätigkeit aufgenommen haben, da alsbald der Übergang zum System der ungedämpften Röhren-Sender-Empfänger erfolgte, der neue Maßnahmen erforderte.

2. Der Schleiersender der Firma Dr. Erich F. Huth G. m. b. H.

I. Allgemeines.

Die militärische Verschleierung bezweckt, den Gegner zu hindern, in die eigenen Maßnahmen Einblick zu gewinnen, den Gegner zu stören und zu täuschen. Hierzu dient die Verschleierung durch Kavallerie, Flieger, Nebel, Rauch, die körperliche Dinge verdeckt.

Die neue Erfindung des Schleiersenders stellt die gleiche Aufgabe für die Nachrichtenübermittlung und gibt die Lösung hierfür. Die weiteren Ausführungen beschäftigen sich mit dem Schleiersender für F.-T.-Verkehr, der also den eigenen F.-T.-Verkehr der Einwirkung und Kenntnis des Gegners entzieht, den Gegner irreführt und stört.

Der Schleiersender löst die Aufgabe dadurch, daß er scheinbar lückenlos mit allen Wellen ununterbrochen sendet, der Gegner also empfangen muß, auf welche Welle er sich auch einstellt.

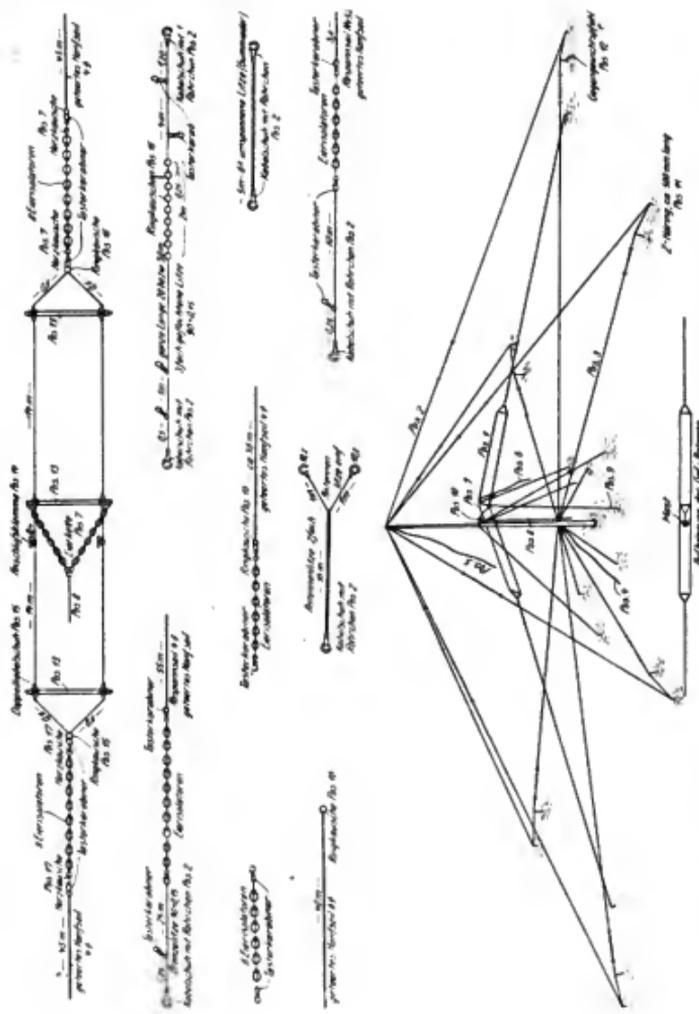


Abb. 263. Antennenanordnung der „H“-Station. Magirus-Teleskop-Mast 30 m, Aufhängung der Gef.-Antenne 17 m Höhe, Aufhängung für $\frac{1}{4}$ Gegengewicht 5 m Höhe.

Der eigene Verkehr findet in ganz schmalen Wellenlücken statt. Er ist dadurch unkenntlich, daß er sich für den Gegner nicht von dem Schleier unterscheidet.

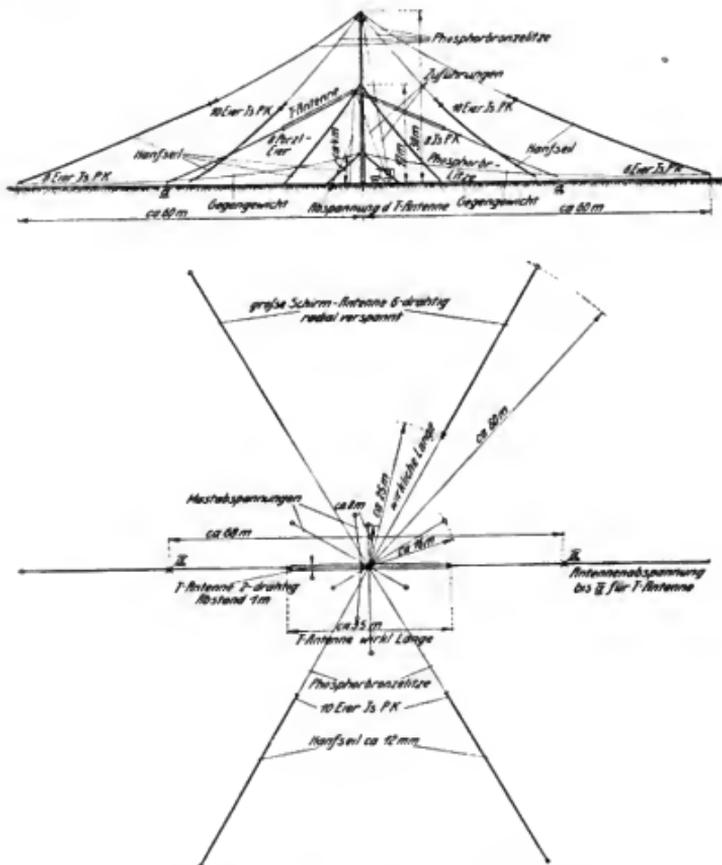


Abb. 264. Mast- und Antennengebilde der „Hafen“-Station.

Störung und eigener Verkehr sind im Schleiersender so verknüpft, daß es nur auf Störung des Gegners abgesehen zu sein scheint, während in Wirklichkeit der eigene Verkehr die Hauptsache ist und sich hinter dem Schleier abspielt.

II. Schleiersender und ungedämpfte Schwingungen.

Der Schleiersender läßt die Vorteile der ungedämpften Schwingungen ganz besonders ausnutzen und ist andererseits gerade bei U. S. technisch sehr gut durchzuführen. Die ungedämpften Schwingungen haben jetzt eine große Entwicklung erreicht. Ihre Verwendung auf neuer Grundlage (Röhrensender, Schwebungsempfang) steht im größten Maßstabe bevor. Die scharfe Abstimmung der ungedämpften Schwingungen, verbunden mit ihrer Unhörbarkeit in gewöhnlichen F.-T.-Empfangsapparaten, scheint eine große Sicherheit gegen Störung und fremdes Abhören zu bieten.

Tatsächlich kann der F.-T.-Verkehr mit ungedämpften Schwingungen ebenso gestört werden, wie der bisherige Verkehr, ja er bietet sogar technisch eine leichtere Möglichkeit, systematisch den ganzen Verkehr zu unterbinden. Es ist daher ratsam, sich auf die guten Eigenschaften der ungedämpften Schwingungen nicht allein zu verlassen und nicht von sonstigen Schutzmaßnahmen Abstand zu nehmen.

Es soll kurz auf die Wirkung der U. S. eingegangen werden. Mittels der neuen Röhrensender werden ungedämpfte Schwingungen erzeugt, die an und für sich in den Empfangsapparaten unhörbar sind. An der Empfangsstelle wird durch Schwebungsempfang eine zusätzliche Energie erzeugt, welche gestattet, den Ton in der Empfangsstelle selbst einzustellen. Durch diese zusätzliche Energie wird es gleichzeitig ermöglicht, mit sehr geringen Senderenergien auszukommen, bzw. mit kleinen Energien große Reichweiten zu erzielen.

Die scharfe Abstimmung der ungedämpften Schwingungen ermöglicht es, Stationen mit kleinen Wellenunterschieden nahe beieinander einzusetzen, die sich gegenseitig wenig oder gar nicht stören.

Rein technisch ist bei den Senderapparaten für ungedämpfte Schwingungen beachtenswert, daß die auftretenden Spannungen und Ströme sehr klein sein können im Gegensatz zu den Funkenstationen für gleiche Reichweiten. Letzteres ist für den Schleiersender von großer Bedeutung.

Der F.-T.-Verkehr mit ungedämpften Schwingungen und Überlagerungsempfang hat also folgende Eigentümlichkeiten bzw. Vorteile:

Es genügen kleine Senderenergien, große Abstimmungsfähigkeit, dadurch geringe Störungen eigener Stationen, geringe Störung fremder Stationen, Unhörbarkeit in gewöhnlichen Empfangsapparaten, keine festen Sendetöne, Einstellung des Tones beim Empfang, Verwendung des Schwebungsempfanges auf der Empfangsseite.

Bei Verwendung von Schwebungsempfang ist die Reichweite ziemlich unbegrenzt, so daß auch eine fernere Empfangsstation, z. B. die des Gegners, ohne weiteres in der Lage ist, den eigenen Verkehr abzuhören, wenn sie sich nur auf dieselbe Welle einstellt, während die Unhörbarkeit der ungedämpften Schwingungen mit gewöhnlichen Empfangsapparaten auf den ersten Blick es so erscheinen läßt, als ob die Abhörbarkeit erschwert ist. Es drängt dieses dazu, mehr noch wie bei tönenden Funken, eine Sicherung gegen unbeabsichtigtes Mithören zu schaffen. Die großen Reichweiten bei kleinen Sendenergien und die dabei vorhandenen kleinen Spannungen er-

leichtern es, sowohl den Gegner zu stören, als auch selbst ein Schutzmittel gegen Abhören zu schaffen.

Der Schleisersender nutzt diese beiden Eigenschaften dadurch aus, daß er eine schnelle Veränderung der Wellenlängen einer zu diesem Zwecke besonders eingerichteten Sendestation schafft, die den ganzen in Frage kommenden F.-T.-Bereich abdeckt, also verschleiert.

Die wirklich benutzten Wellenlängen und ihre Umgebung werden hierbei freigelassen. Da die Abstimmfähigkeit beim Empfang mit ungedämpften Schwingungen sehr groß ist, genügen sehr schmale Lücken im Schleierbereich.

III. Die technische Ausführung des Schleisersenders.

Der Schleisersender besteht:

- a) aus der Kraftquelle,
- b) den elektrischen Apparaten für Schwingungserzeugung und Abstimmung (Gruppen),
- c) Rotationseinrichtung,
- d) den Luftdrahtgebilden,
- e) gegebenenfalls dem selbsttätigen Zeichengeber.

Von diesen aufgeführten Teilen werden einige allen Gruppen gemeinsam sein, nämlich Kraftquelle, Rotationseinrichtung und selbsttätiger Zeichengeber. Geseondert muß jede Gruppe mit den elektrischen Apparaten zur Schwingungserzeugung und Abstimmung und Luftdrahtgebilden ausgestattet werden.

a) Als Kraftquelle dient ein Gleichstrom-Hochspannungsdynamo von ca. 600 bis 1000 Volt. Diese Dynamomaschine ist gleichzeitig so eingerichtet, daß ihr der Heizstrom für die Senderöhren bei etwa 6–12 Volt Spannung entnommen werden kann. Zum Antrieb dient ähnlich wie bei den fahrbaren Stationen für die bisherigen tönenden Funken ein Zwei- bzw. Vierzylindermotor mit direkter Kupplung zwischen Motor und Dynamo oder bei schnell laufendem Dynamo unter Zwischenschaltung eines Getriebes. Eine kleine Pufferbatterie ist für die Heizleistung wünschenswert. Geeignet wird das ganze Kraftaggregat, d. h. Motor mit Dynamo, Schalteinrichtung und Pufferbatterie transportabel eingerichtet, d. h. so, daß es aus dem Fahrzeug zu anderweitiger Aufstellung entfernt werden kann.

b) Die elektrischen Apparate für Schwingungserzeugung und Abstimmung bestehen in einzelnen aus Senderöhren, Abstimmungsorganen, Spulen, Variometern und Kondensatoren, Blockierungskondensator für die Gleichstrom-Hochspannung und den nötigen Instrumenten, Schalt- und Befestigungseinrichtungen. Der ganze Apparatesatz für eine Gruppe läßt sich in sehr geringem Raum unterbringen. Wieviel von diesen Gruppen zu einer Abteilung zusammengeschlossen werden können, bestimmt die Anzahl von einzelnen Luftdrähten, die sich in einem Antennengebilde an einem Orte aufstellen lassen. Es ist damit zu rechnen, daß mindestens 20 zusammenfaßbar sind. Vielleicht wird spätere Erfahrung den Zusammenbau einer viel größeren Zahl an einem Orte ermöglichen. Es werden also jedesmal 20 Gruppen zu einer Abteilung zusammengefaßt und bilden gemeinschaftlich einen Sender. Sämtliche Gruppen einer Abteilung werden gemeinschaftlich von ein- und demselben

Kraftaggregat gespeist und von der gleichen Rotationseinrichtung und selbsttätigem Zeichengeber bedient. Wählt man Senderöhren für regulierbare Luftdrahtleistung bis 25 Watt, so wird per Gruppe eine Gleichstromhochspannungsleistung von etwa 1500 Watt und eine Gleichstromheizleistung von etwa 500 Watt notwendig sein. Die Gesamtleistung, die dem Kraftaggregat entnommen wird, beträgt also in diesem Falle 2 Kilowatt. Die Reichweiten sind in Verbindung mit der Wahl der Antennengröße bis zu mehreren hundert Kilometern bequem regulierbar.

Die Abstimmungen sind so gewählt, daß mit Ihnen evtl. Antennenunterschiede ausgeglichen werden können.

c) Die Rotationseinrichtung besteht aus einem kleinen Motor für die Niederspannung der Gleichstromdynamo mit einer durchgehenden Achse, die längs der einzelnen Sendergruppen vorbeiführt. Mit dieser Achse sind die rotierenden Abstimmorgane jeder Gruppe mit erforderlicher Übersetzung ausrückbar gekuppelt, so daß jede Gruppe ununterbrochen arbeitet, solange sie nicht abgeschaltet wird. Die Unterbrechungszeiten für die einzelnen Lücken jeder Gruppe werden durch aufgesetzte Sperrklinken, die von Fall zu Fall verschoben werden, hergestellt, derart, daß jede Sperrklinke für einen entsprechenden Teil des Umfangs des Übersetzungsrades die Stromzuführung zu der zugehörigen Gruppe abschaltet, also während dieser Zeit keine Schwingungen ausstrahlen läßt.

d) Als Antenne für jede Gruppe ist ein einzelner vertikaler Luftdraht vorgesehen. Seine Höhe wird entsprechend der zu erzielenden Reichweite gewählt. Sämtliche Luftdrähte einer Abteilung, also der gesamten Station, werden durch einen einzigen Mast getragen, den sie gewissermaßen reusenartig, jedoch in größerer Entfernung, umgeben.

e) Der selbsttätige Zeichengeber wird von dem Motor der Abstimmungsorgane angetrieben. Er kann mit dem Umdrehungsapparat vereinigt werden. Dies geschieht dadurch, daß die Stromzuführung schleifend mit dem Umdrehungsrad verbunden ist und entsprechend den aufgetragenen Lücken und Kontaktstellen selbsttätig andauernd während der Umdrehung ein Zeichen ergibt. Die Umdrehungszahl dieses Kontaktgebers ist eine andere, wie die der Umdrehungsscheibe, so daß nicht immer dieselben Zeichen auf dieselbe Welle fallen. Bei Bedarf können die einzelnen Kontakträder ausgewechselt werden, um auf diese Weise nicht immer die gleichen Zeichen bei einer Gruppe senden zu brauchen.

Im allgemeinen wird man voraussichtlich ohne Zeichengeber, also mit Dauerstrich arbeiten, so daß obenstehende Apparate praktisch entfallen.

d) Ungedämpfte Röhren-Sende-Empfangsstationen.

Die großen, früher ausführlich beschriebenen Vorteile des Arbeitens mit ungedämpften Wellen, erzeugt durch Kathodenröhren, machten beim Übergang auf dieses System im Laufe des Jahres 1918 den besonderen Bau von Flieger-Bodenspezialgeräten wie seinerzeit beim System des tönenden Löschfunkens nicht notwendig. Denn die Armeestationen waren alle sehr klein, leicht und handlich gebaut und verfügten auch über die kleinen Wellenbereiche. Da in diesem Werk jedoch lediglich die spezifische Fliegerfunkentelegraphie behandelt werden soll, braucht auf den Bau der allgemein gebräuchlichen ungedämpften Röhrenstationen hier nicht näher eingegangen zu werden.

Abchnitt XI.

F.-T.-Peilung von Flugzeugen.

a) Allgemeine Versuchsanordnung.

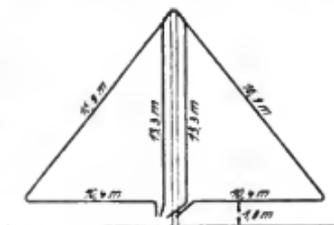
Im Sommer 1917 wurden Versuche zur Beantwortung der Frage eingeleitet, ob es möglich wäre, den Standpunkt eines C-Flugzeuges von der Erde aus auf funkentelegraphischem Wege zu bestimmen, genauer gesagt: ob die auf der Erde bewährten Methoden des Richtempfangs auch bei der Anpeilung von Flugzeugen brauchbare Ergebnisse lieferten. Die praktische Bedeutung dieser Frage war für das gesamte Flugwesen von größter Wichtigkeit, denn nach dem augenblicklichen Stande der Technik ist die F.-T. der „Orientierungssinn des Fliegers“, das einzige Mittel, bei fehlender Bodensicht, über Wolken oder bei Nacht und Nebel jederzeit den Flugort festzustellen. Aber auch rein wissenschaftlich war die Klärung der Vorgänge bei der F.-T.-Peilung von Interesse. Die theoretischen Ergebnisse Sommerfelds und seiner Schüler waren nicht einmal auf der Erde gründlich geprüft; die Verhältnisse im dreidimensionalen Raume waren vollends ganz ungeklärt.

Die ersten Peilversuche wurden bis zum Spätherbst 1917 fortgesetzt und dann unterbrochen, teils weil die Winterwitterung eine systematische Fortführung unmöglich machte, teils weil die Versuchsabteilung zu anderen, dringenderen Arbeiten herangezogen werden mußte. Schließlich vermehrte der sich ständig vergrößernde Umfang der Versuchsabteilung die funkentelegraphischen Störungen derart, daß sich bei heiklen Messungen die Fehlversuche häuften. Infolgedessen wurde eine Verlegung dieser und ähnlich empfindlicher Versuche auf ein anderes, günstigeres Versuchsgelände vorgenommen und die „Abteilung Lärz“ am Müritzsee in Mecklenburg ins Leben gerufen. Die Durchführung der Versuche lag in den Händen von Oberleutnant d. Res. Prof. Dr. Baldus, Leutnant d. Res. Dr. Hase und Leutnant der Res. Dr. Buchwald. Die drei Herren arbeiteten eng zusammen. Prof. Baldus führte die notwendigen vielen Flüge aus und nahm die Messungen im Flugzeug vor, Dr. Hase und Dr. Buchwald bildeten die Meßmethoden an den Bodenstationen durch und führten am Boden die Messungen praktisch aus. Die ersten Vorversuche in Döberitz sind nachstehend angegehen.

b) Peilstation und Sendeeinrichtung.

Die Peilstation wurde nach den von der verkehrstechnischen Prüfungskommission und späterhin von Prof. Pohl gemachten Angaben errichtet und mit dem von der gleichen Stelle ausgebildeten Richtempfänger Seibt, Type III, ausgerüstet. Form und Ausmaße der Antennenanlage ergeben sich aus Abb. 265 und 266. Die Station stand auf sandigem Boden inmitten von Buschwerk; die nächste niedrige Kiefernwaldung war über 100 m entfernt.

Als Maschinen wurden verschiedene Flugzeuge vom Rumpfer-C-I-Typ mit 150 PS.-Motor verwendet. Gesandt wurde mit Bordsender Type Firma Dr. Erich F. Huth (tönender Löschfunke ca. 120 Watt primär, Wellen 150, 200 und 250, m) bei 35 m herabhängender Antenne. Gearbeitet wurde meist mit Wellenlänge 200 m. Strom in der Antenne rund 2 Ampère. Die wahre Lage des Flugzeuges zur Peilstation – im Gegensatz zur angepeilten Lage – wurde nach ständig verbesserten Methoden festgelegt, die im folgenden in einzelnen besprochen werden sollen.



c) Kreisflüge und Sternflüge.

1. Kreisflüge, Anpeilen mit Fernrohrbusssole.

Um zunächst ein allgemeines Bild von dem Auftreten und der Größe von Mißweisungen zu gewinnen, wurde das Flugzeug auf nähere Entfernungen in den verschiedensten Stellungen und Richtungen zur Peilstation angepeilt. Die genaue Lage wurde dabei mittels Fernrohrbussolen festgelegt, von denen zur Kontrolle drei in Tätigkeit waren. Der Augenblick des Anpeilens wurde vom Flugzeug aus funkentelegraphisch bestimmt. Diese Methode der optischen Festlegung hat ihre Vorzüge und Nachteile. Zwar läßt sich nach ihr von einigermaßen geübten Beobachtern die Lage des Flugzeuges mit einer Genauigkeit bestimmen wie bei keiner anderen Methode. Die Beobachter waren imstande, genau den Propeller ins Fadenzkreuz zu nehmen; infolgedessen waren fehleranzeigende Dreiecke von nur wenigen Metern Seitenlänge späterhin die Regel. Aber das Wiederauffinden des einmal aus dem Gesichtskreis verlorenen Flugzeuges war oft schwierig oder ganz unmöglich, und bei Entfernungen über 10 km ver-

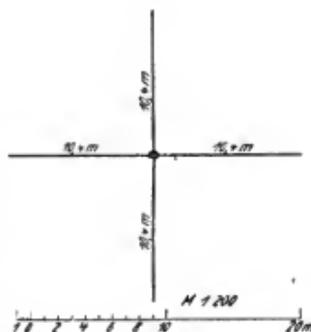


Abb. 265 u. 266. Ausmaße der Kreuzantenne.

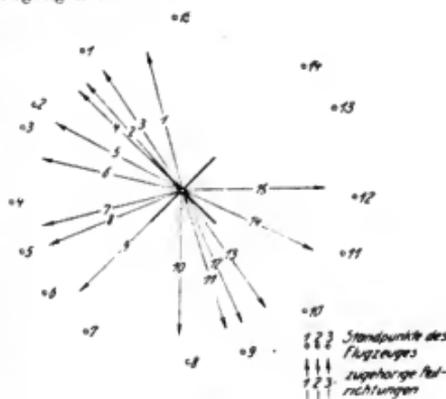


Abb. 267. Mißweisung bei einem Kreisfluge.

sagte das Verfahren ganz. Mißweisungen wurden fast immer beobachtet, darunter solche bis zu 70° , doch waren die ohwaltenden Gesetzmäßigkeiten derart verwickelt, daß zu planmäßigeren Flugbahnen übergegangen werden mußte. Es wurde daher eine Fernrohrbussole neben der Peilstation aufgestellt, und das Flugzeug beschrieb einen Kreis von nahezu 8 km Halbmesser um die Peilstation als Mittelpunkt. Derartige Kreisflüge in links- und rechtsläufigem Sinne wurden mehrfach ausgeführt. Abb. 267 gibt das bezeichnende Ergebnis eines solchen Fluges wieder. Die aufeinander folgenden Standorte des Flugzeuges und die zugehörigen Peilrichtungen sind darin angegeben, die Lage der Kreuzantenne angedeutet. Überall hinkt die Peilrichtung nach. Immer wird am Schwanz des Flugzeuges vorbeigepeilt. Dieses Ergebnis hat sich auch bei allen folgenden Beobachtungen in der ganz überwiegenden Mehrzahl der Fälle bestätigt. Zu den verschiedenen, im allgemeinen ansteigenden Werten der Mißweisung muß hemerkt werden, daß während des Fluges die Flughöhe von 700 auf 2700 m anstieg und andererseits die Flugzeugachse infolge des Windes nicht immer senkrecht zum

Schstrahl stand. Schließlich sind Einflüsse der Bodenbeschaffenheit nicht auszuschließen.

An die Kreisflüge wurden als weitere planmäßige Flugbahnen solche im Schstrahl von der Antenne weg und auf sie zu angeschlossen und Verbindungen zwischen



Abb. 268. Abhängigkeit der Mißweisung von der Entfernung.

derartigen geraden und Kreishöhen. Abb. 268 stellt die Messungen an einem Tage mit besonders klaren Versuchsergebnissen dar. Es wurde bei einer Flughöhe von 1000 m in westlicher Richtung von der Antenne weg, dann in derselben Bahn wieder auf sie zugeflogen. Der ost-südöstliche Wind bewirkte, daß das Flugzeug sowohl auf dem Weg, wie auf dem Rückflug der Peilstation seine linke Seite zuwandte. Im Einklange mit dem obigen Ergebnis wird demnach jedesmal rechts am Flugzeuge vorbeigepeilt. Als neues kommt hinzu, daß die Mißweisungen mit der Entfernung abnehmen. Der Winkel zwischen Flugzeugachse und Schstrahl betrug beim Wegflug $4-5^\circ$, beim Rückflug $3-4^\circ$. Der Standpunkt des Flugzeuges bei den Messungen wurde vom Flugzeugbeobachter mit freiem Auge nach der Karte bestimmt.

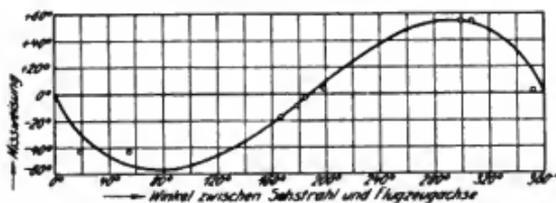
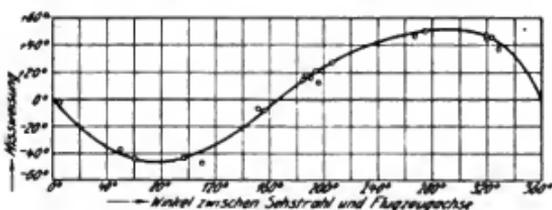
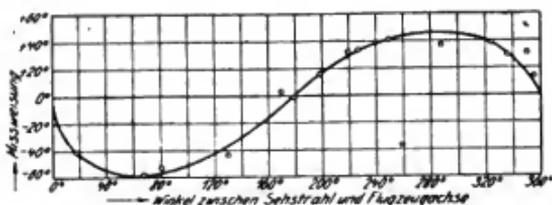
Bei den weniger eindeutigen Meßergebnissen an anderen Tagen zeigte es sich, daß noch zu viele Veränderliche in dieser Versuchsanordnung steckten: Bodenbeschaffenheit, Flughöhe, Entfernung und der eben erwähnte Winkel zwischen Flugzeugachse und Schstrahl, der mit φ bezeichnet werden soll.

Als nächste Aufgabe ergab sich die Klärung der Abhängigkeit zwischen Mißweisung und φ .

2. Sternflüge.

Zur Klärung der Sternflüge wurden bei der Versuchsanordnung die andern genannten Größen konstant gewählt, also das Flugzeug über demselben Geländepunkt in derselben Höhe bei verschiedener Flugrichtung angepeilt. „Sternflug“. Erst nach meh-

renen Vorversuchen gelang es durch Einführung einer besonderen Anzeigevorrichtung, die auch die Übertragung sehr geringfügiger Richtungskorrekturen vom Flugzeugbeobachter zum Flugzeugführer ermöglichte, die nötige Schärfe im Fliegen zu erzielen. Da sich herausstellte, daß schon kleine Änderungen des Winkels φ große Verschiedenheit der Mißweisung nach sich ziehen können, mußte φ schärfer fest-



gelegt werden als es bisher möglich war. Zu diesem Zwecke wurde eine Lichtbildkammer senkrecht nach unten so ins Flugzeug eingebaut, daß die Verbindungslinie zweier Lochmarken die Flugzeugachse angab. Im Augenblicke der Peilung wurde das Gelände unter dem Flugzeug aufgenommen und hinterher φ durch Vergleich von Lichtbild und Meßtischblatt bestimmt.

In Abb. 269 bis 270 sind Versuchsergebnisse bei Sternflügen — Entfernung 10,4 km, Flughöhe 1600 m — dargestellt. In Worten ausgedrückt: Die durch

Peilung festgelegte Richtung stimmt nur dann mit der tatsächlichen Richtung von der Peilstation zum Flugzeug überein, wenn die Flugzeugantenne in der durch Peilstation und Flugzeug bestimmten Vertikalebene liegt. Bildet die Antenne einen auch nur kleinen Winkel mit der Vertikalebene, so ergeben sich rasch wach-

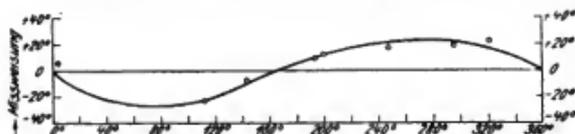


Abb. 272. Mißweisung bei Sternflug am 19. 12. 17. Drittes Flugzeug.

• Antennen um 1 km verlegt.

sende Mißweisungen — bis zu 60° — und zwar wiederum Mißweisungen am Schwanz des Flugzeuges vorbei. Neuere Beobachtungen deuten darauf hin, daß diese Mißweisungen verschwinden oder zum mindesten geringer werden, wenn in wesentlich niedrigeren Höhen (etwa 500 m) geflogen wird.

3. Gedrehte Antenne Versetzte Antenne.

Bei diesen Messungen lag der angepeilte Punkt annähernd auf einer Winkelhalbierenden des Antennenkreuzes. Abb. 271 zeigt, daß das Ergebnis dasselbe bleibt, wenn das Antennenkreuz um 45° gedreht wird, so daß der Punkt nahezu in Richtung einer Antenne zu liegen kommt. Hier betrug die Flughöhe 1000 m; auch war ein anderes Flugzeug in Tätigkeit. Dagegen nahmen die Mißweisungen merkwürdigerweise stark ab, als die Peilstation im Gelände verlegt wurde, Abb. 272, obgleich die Entfernung zum angepeilten Punkt sich um 1 km verkürzt hatte und die Bodenbeschaffenheit keinen auffälligen Wechsel erkennen ließ. Die Flughöhe betrug wie bei Abb. 269 und 270 1600 m. Leider fiel mit dem Wechsel des Antennenplatzes das Ausscheiden des zuletzt benutzten Flugzeuges durch Absturz zusammen, so daß sich zunächst nicht überblicken ließ, was auf Rechnung der Antennenverlegung und was auf die des Flugzeugwechsels zu setzen war.

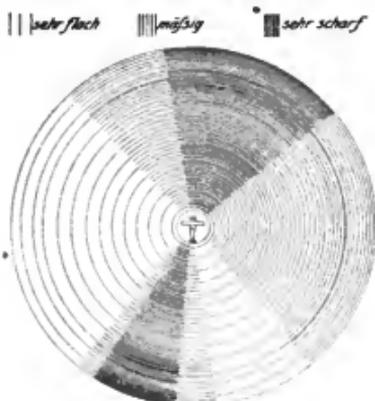


Abb. 273. Güte der Minima.

überblicken ließ, was auf Rechnung der Antennenverlegung und was auf die des Flugzeugwechsels zu setzen war.

4. Güte der Minima.

Bei allen Versuchen drängte sich die Beobachtung auf, daß die Güte der Minima am Richtempfinger außerordentlich verschieden war. Bis auf 1° scharfe Minima

wechselten mit Ablesungen, wo die Tonstärke fast auf dem ganzen Vollkreise die gleiche war. Hier scheinen die Verhältnisse noch verwickelter zu liegen als bei den Mißweisungen. Immerhin zeigen die Beobachtungen bei den Sternflügen, wenn nicht durch Witterungsverhältnisse (besonders durch Wolken und Dunst) besondere Komplikationen auftreten, Ähnlichkeiten. In der Abb. 273, die die Mittelwerte einer Reihe von Beobachtungstagen darstellt, sind die Winkelräume um das Flugzeug um so stärker schraffiert, je schärfere Minima die in ihnen liegenden Peilstationen beobachten. Bis auf eine eigentümliche geringe Verdrehung, die vielleicht mit der Abweichung der Antenne von der Flugzeugachse zusammenhängt, fallen mithin die Richtungen guter Minima mit denen richtiger Peilungen zusammen. In der Abbildung kommt nicht zum Ausdruck, daß das Minimum noch besser ist, wenn das Flugzeug von der Peilstation weg-, als wenn es auf sie zufliegt.

Die subjektive Bezeichnung eines Minimums als gut, mittel oder schlecht ist unbefriedigend. Im Bestreben nach einem objektiven Maße des Minimums wurde von der Firma Dr. R. Hase in Hannover ein Saitengalvanometer mit photographischer Aufzeichnung bezogen, das mit dem Richtempfänger gekuppelt, die Güte und Lage der Minima auf einem abrollenden Film im Lichtbilde festhält.

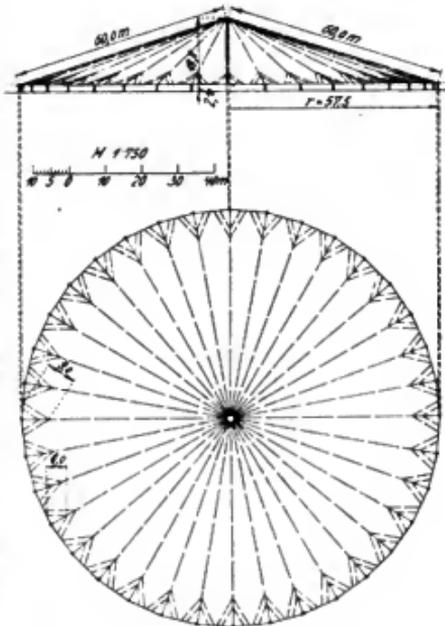


Abb. 274. Ausmaße des Antennennetzes.

5. Antennennetz, Aufbau und Ergebnis.

Da die großen stationären Richtempfangsstationen, wie sie für die Luft-Schiffe und vielfach auch für die Riesenflugzeuge in Betracht kommen, nicht mit der im vorhergehenden behandelten Kreuzantenne, sondern mit einem Antennennetz arbeiten, wurden die Versuche auf diesen ausgedehnt. Es wurde ein 36teiliges Antennennetz gebaut, dessen Ausmaße und Lage Abb. 274 und 275 zeigen. Der einzige zur Verfügung stehende Aufstellungsplatz wies beträchtliche Höhenunterschiede auf; so erklären sich die in Abb. 275 verzeichneten Höhenkoordinaten. Der Antennennetz wurde so angelegt, daß die einzelnen Antennen gleiche Neigung

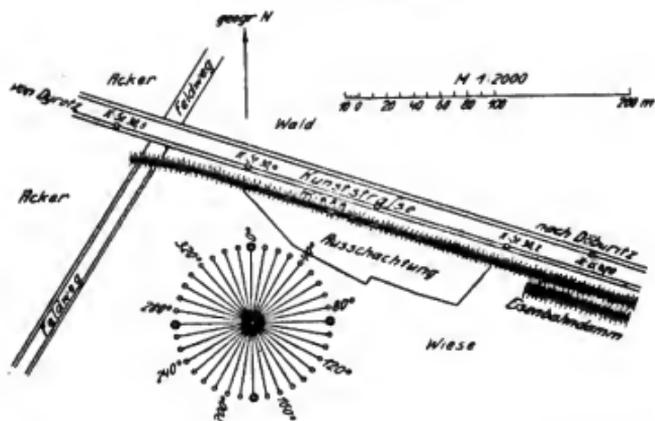


Abb. 275. Lageplan der Sternantenne.

Höhen über N. N.

Antenne bei 0°	Höhe in m über N. N.	Antenne bei 0°	Höhe in m über N. N.	Antenne bei 0°	Höhe in m über N. N.	Antenne bei 0°	Höhe in m über N. N.
0°	41,92	90°	42,17	180°	39,70	270°	39,38
10°	42,30	100°	41,88	190°	42,29	280°	39,62
20°	42,45	110°	41,83	200°	38,99	290°	39,70
30°	42,51	120°	41,50	210°	38,93	300°	39,66
40°	42,57	130°	41,35	220°	38,92	310°	39,71
50°	42,60	140°	41,19	230°	39,01	320°	39,84
60°	42,48	150°	40,83	240°	39,19	330°	40,05
70°	42,47	160°	40,52	250°	39,28	340°	40,58
80°	42,40	170°	40,10	260°	39,28	350°	41,28

Höhe der Erde beim Mast: 41,23 m.

Koordinaten.

Punkt	Rechtwinklige ebene konforme Koordinaten		Geographische Koordinaten	
	= y	= x	Länge	Breite
Antennenmast	23 527,75	18 109,58	+30° 39' 11" 479	52° 32' 14" 776
⊙ 1484 Dyrutz	25 646,82	17 245,80	30° 37' 18" 370	52° 32' 42" 375
⊙ 1550 Zeeston	25 253,40	14 168,37	30° 37' 38" 90	52° 34' 22" 01
⊙ 1406 Priort	22 815,55	20 134,22	30° 39' 49" 842	52° 31' 9" 374
⊙ 1380 ..	24 982,80	20 732,19	30° 37' 55" 053	52° 30' 49" 685
⊙ 1465 a Hoppenrade	27 269,59	18 087,12	30° 35' 52" 993	52° 32' 14" 869
Nullpunkt	0,00	0,00	31° 0' 0" 000	52° 42' 2" 5325

Meridiankonvergenz für Antennenmast: 0° 16' 31".

gegen die Wagerechte hatten. Durch einen geeigneten Schalter konnten die Antennen abwechselnd an einen Einheitsempfänger angelegt werden.

Die Zahl der Messungen am Antennenstern ist nicht groß. Daß grundsätzlich dieselben Verhältnisse wie bei der Kreuzantenne vorliegen — Vorbeipeilen am Schwanz, Mißweisungen bis etwa 60° — zeigt Abb. 276, die sich auf denselben Beobachtungstag wie Abb. 272 bezieht. Die Entfernung zwischen Antennenstern und angepeiltem Flugzeuge betrug auch hier rund 9 km, die Flughöhe 1000 m.

Die weiteren Versuche sollten die bisherigen Einzelergebnisse durch Häufung der Beobachtungen stützen, die noch bestehenden Unklarheiten beseitigen und mit der Fortentwicklung der Boden- und Flieger-F.-T. Schritt halten. Dieser Weg trug in gleicher Weise den theoretischen wie den praktischen Bedürfnissen Rechnung. Es kam also darauf an, Sternflüge in verschiedenen Höhen, Entfernungen und Richtungen von der Antenne zu machen, den Aufstellungsplatz der Antenne und den Flugzeugtyp mehrfach zu wechseln, die Einwirkung der Form der Boden-

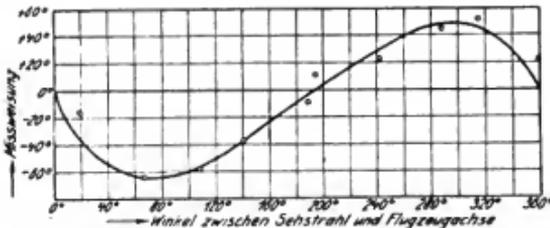


Abb. 276. Mißweisungen des Antennensterns bei Sternflug 19. 12. 1917.

antenne festzustellen (dreieckige, quadratische usw. Schleifen bei der Kreuzantenne), den Zusammenhang zwischen Fehlpeilung und Güte des Minimums zu klären und schließlich die Versuche auf andere Peilverfahren (Peilung mit beweglichem Rahmen) und auf ungedämpfte Wellen auszudehnen.

d) Mißweisungen.

1. Mißweisungskurve bei Sternflügen.

Die weiteren Versuche wurden auf dem „Flugplatz Lärz“ (Mecklenburg) durchgeführt. Unter den hier vorliegenden günstigeren Bedingungen ist die überwiegende Zahl der im folgenden verwerteten Ergebnisse gefunden worden.

In der Peilstation wurde wie bisher mit dem Richtempfeiler Seht, Type III, gemessen. Bei den Schleifen der Kreuzantenne wurde teilweise die Dreiecksform mit den in Abb. 265 und 266 angegebenen Ausmaßen beibehalten. Vertikaler Ast 13,3 m, schräger Ast 16,9 m, horizontaler Ast 10,4 m. Neuerdings wurde, um größere Lautstärke zu erzielen, fast ausschließlich mit trapezförmigen Schleifen von größerem Flächeninhalt gemessen, deren Ausmaße in Abb. 277 angegeben sind. Ein merklicher Unterschied in den Peilungen konnte hierbei nicht festgestellt

werden. Noch sorgfältiger als früher wurde auf die Gleichheit der einzelnen Schleifen geachtet. Schon der Aufbau der Station vollzog sich unter ständiger Aufsicht eines Trigonometers, des Herrn Voigt; auch späterhin wurde die mechanische und elektrische Gleichheit der Schleifen häufiger Nachprüfung unterzogen und nötigenfalls durch geringe Änderung, wie z. B. in der Führung der Zuleitungen, wiederhergestellt. Im folgenden ist das Ergebnis einer solchen Prüfung wiedergegeben.

Selbstinduktionsmessung mit der Dolezaleschen Meßbrücke (Siemens & Halske) (vgl. z. B. Orlich, Kapazität und Induktivität S. 244).

Nordschleife:

40,8; 40,8; 41,1; 41,0; Mittel $41,0 = 2.300 \cdot \frac{1}{3} = 0,767 \cdot 10^{-5}$ em Selbstinduktion.

Südschleife:

40,9; 40,9; 41,0; 41,0; Mittel $41,0 = 2.300 \cdot \frac{1}{3} = 0,767 \cdot 10^{-5}$ em Selbstinduktion.

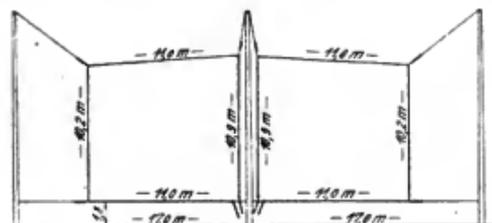


Abb. 277. Ausmaße der Kreuzantenne.

Ostschleife:

41,2; 41,0; 41,2; 41,0; Mittel $41,1 = 2.302 \cdot \frac{1}{3} = 0,767 \cdot 10^{-5}$ em Selbstinduktion.

Westschleife:

40,8; 41,0; 41,0; 40,9; Mittel $40,9 = 2.298 = 0,766 \cdot 10^{-5}$ em Selbstinduktion.

Vergleich der Kapazität mit Wechselströmen und Telephon:

Ostschleife gegen Westschleife:

36,7; 37,0; 37,1; 36,8; Mittel $36,9 = 180$ em Kapazität.

Nordschleife gegen Südschleife.

36,7; 36,9; 36,7; 37,0; Mittel $36,8 = 179$ em Kapazität.

Berücksichtigt man, daß gelegentlich Kapazität und Selbstinduktion absichtlich in meßbarer Weis verändert wurden, um ihren Einfluß auf die Größe der Mißweisungen zu untersuchen, und daß in Lärz der Richtempfänger nicht nur einer gleichen Prüfung wie die Antennenschleifen unterzogen, sondern auch mehrfach gegen einen neu geeichten wurde, so können die von dieser Seite her möglichen Beobachtungsfehler als ausgeschaltet angesehen werden.

Die Peilstation stand auf ebenem, sandigem Boden inmitten von Getreidefeldern; das Gelände ähnelt dem Augensehne nach dem Döberitzer, bis auf den weit höheren Stand des Grundwassers. Gelegentlich wurden auch Messungen einer II. Station verwertet.

Mit dem Antennenstern wurden in Lärz zunächst keine Beobachtungen gemacht.

Als Maschinen wurden zunächst auch weiterhin Flugzeuge vom Rumpfer-C-I-Typ mit 160 PS-Motor verwendet; fernerhin D-, F-, W-, C-V-Maschinen mit 200 PS-Benzomotor. Dabei zeigte es sich, daß der Flugzeugwechsel gegenüber dem schwankenden Einfluß von Luft und Erde nicht ins Gewicht fällt.

Die von Prof. Baldus durchgebildete photographische Methode der Festlegung von Flugzeuglage und -richtung wurde beibehalten und einerseits durch regelmäßige Mitnahme eines Höhenschreibers ergänzt, andererseits durch Verwendung einer eigens zu diesem Zwecke gebauten Kamera verbessert. Während des ganzen Versuches blieb die Lage der Kamera unverändert. Der Verschuß spannte sich infolge einer Sonderkonstruktion selbständig unmittelbar vor der Auslösung, die durch einen Druck auf einen senkrecht nach abwärts geführten Knopf erfolgte. Der Plattenwechsel erfolgte mit der Hand bei Verwendung von 6teiligen Wechselkassetten. Die Kamera war eine Spezialausführung der Firma Görz nach Angabe des Kommandos F.-T.-V.-A. Als Linse wurde ein Celordoppelanastigmat 1 : 4,8 gewählt mit 90 mm Brennweite, bei einem Plattenformat von 9 : 12 cm mit einem Öffnungswinkel von 67° bzw. 53°. Der große Öffnungswinkel lieferte einen genügenden Geländeausschnitt, so daß es auch bei veralteten Meßtischblättern immer gelang, die ebenen Koordinaten auf 1° genau festzulegen. Versuche mit verschiedenen fest eingebauten Flugzeugkameras mit Schlitzverschuß ergaben immer wieder Festhaken des Verschlusses trotz öfterer Reparaturen; deshalb wurde bei der Spezialkamera ein Sektorenverschuß gewählt. Die Belichtungsdauer schwankte zwischen $\frac{1}{100}$ und $\frac{1}{122}$ Sekunde bei zeitweiliger Verwendung einer vierfachen Gelscheibe.

Abb. 278 zeigt ein mit dieser Spezialkamera aus 500 m Höhe aufgenommenes Bild. Eingezeichnet ist der Geländeausschnitt, den eine 25 cm Flugzeugkamera wiedergeben, der aber zur Auswertung nicht genügen würde.

Die Mißweisungskurve bei Sternflügen wird gewonnen, indem das Flugzeug über denselben Geländepunkt in derselben Höhe bei verschiedener Flugrichtung angepeilt wird, stellt also die Abhängigkeit der Mißweisung δ von dem φ genannten Winkel zwischen den Projektionen der Verbindungslinie Peilstation-Flugzeug und der Flugzeugantenne dar. In Abb. 279 ist eine Mißweisungskurve aus Döberitz wiedergegeben. Wie schon betont, sind unter scheinbar denselben Versuchsverhältnissen in Döberitz auch viel flachere Mißweisungskurven beobachtet worden. Dieses Ergebnis hat sich auch fernerhin bestätigt: Die typische Form der Mißweisungskurve kehrt immer wieder, ihre numerischen Verhältnisse aber sind fast von Tag zu Tag anders. Neben der stark geschweiften Kurve Abb. 279, deren Mißweisung von den Lärzer Beobachtungen nie erreicht worden ist, zeigt Abb. 280 einen Fall geringer Mißweisung. Ein Unterschied in der Versuchsanordnung — in Abb. 279 war Welle 200, in Abb. 280 Welle 250 benutzt worden — hätte nur dahin gewirkt, die gegenseitigen Unterschiede noch krasser hervortreten zu lassen.

Der Grund für die Verschiedenheit dürfte in den wechselnden Zuständen der Atmosphäre und den schwankenden elektrischen Eigenschaften des Erdbodens zu

suchen sein, deren Einfluß vorläufig noch dunkel ist, sich aber möglicherweise durch geeignete Parallelmessungen der Leitfähigkeit der Erde usw. klären läßt. Vorläufig, vermutlich aber überhaupt, kann von einer Tabelle, die unter Berücksich-



Abb. 278. Aufnahme aus 500 m Flughöhe mit Görz-Spezialkamera; eingezeichnet entsprechendes Gesichtsfeld der 25 cm Flugzeugkamera.

tigung der Begleitumstände zu jeder Ablesung die richtige Peilung angibt, nicht die Rede sein. Wird doch auch von den Peilstationen, die gegen Erdstationen arbeiten, allgemein bestätigt, daß man nicht jedem Peilergebnis gleiche Genauigkeit zu-

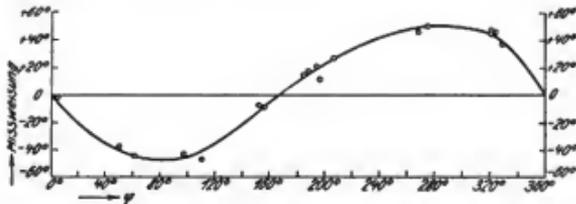


Abb. 279. Beobachtet am 1. 11. 17 in Döberitz; 10,4 km Entfernung, 1600 m Flughöhe.

schreiben darf, sondern daß nur die Erfahrung lehren kann, wie untereinander abweichende Messungen zu bewerten und zu mitteln sind.

Auch in der Anpeilung von Flugzeugen gibt es gelegentlich Tage mit gänzlich abweichenden Peilergebnissen, an denen z. B. nicht einmal die Form der Mißweisungskurve deutlich hervortritt. Da diese Tage selten sind, wurden sie bei der Zusammenstellung des Gesamtbildes zunächst außer acht gelassen.

2. Mißweisung und Flughöhe.

Sternflüge in verschiedener Höhe über demselben Geländepunkte haben ergeben, daß die Mißweisung mit der Höhe zunimmt. Als Beweis vergleiche man die Mißweisungen bei den Flughöhen 600, 1100 und 1600 m und einer mittleren Entfernung von $9\frac{1}{2}$ km in Abb. 281. Die Versuche wurden in Döberitz am 4. April 18 (1100 m und 1600 m) und am 6. April 18 (600 m) durchgeführt. Kontrollmessungen am zweiten

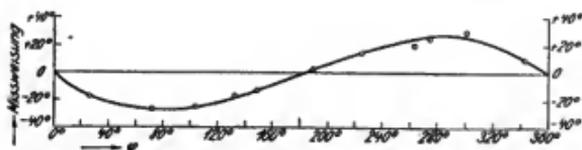


Abb. 280. Beobachtet am 6. 5. 18 in Lärz; 10 km Entfernung, 1600 m Flughöhe.

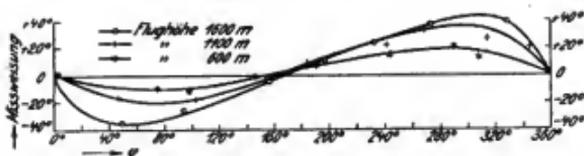


Abb. 281. Mißweisungen in $9,5$ km mittlerer Entfernung, bei verschiedener Flughöhe.]
Beobachtet am 4. und 6. 4. 18 in Döberitz.

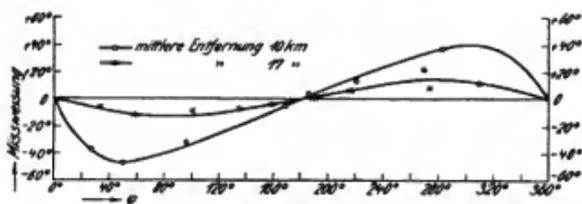


Abb. 282. Mißweisungen bei 2500 m Flughöhe in verschiedener Entfernung.
Beobachtet am 15. 4. 18 in Döberitz.

Tage in den Höhen des ersten Tages stellten den Anschluß der beiden Versuchsreihen aneinander ohne Umrechnung sicher.

Bemerkenswert ist die auch sonst zu beobachtende Tatsache, daß sich das Maximum der Mißweisungskurve von der Mitte fort gegen 0° und 360° verschiebt, um so mehr, je größer die Mißweisungen sind. Vgl. hierzu auch die Kurven Abb. 279 und Abb. 282.

Bei Messungen am Antennenstern wurde der gleiche Zusammenhang zwischen Flughöhe und Mißweisung gefunden.

3. Mißweisung und Entfernung.

Für einen Sonderfall war bereits früher die Abnahme der Mißweisung mit der Entfernung festgestellt worden. Diese Abnahme wurde auf zwei Weisen untersucht: erstens durch Sternflüge in derselben Höhe über verschiedenen Geländepunkten — für deren Ergebnis liefert Abb. 282 ein Beispiel —, zweitens durch eine Flugbahn, die man als Mäanderflug bezeichnen könnte. Während nämlich bei dem in Abb. 279 wiedergegebenen Beispiel φ nicht näher bestimmt, jedenfalls aber sehr klein war, so daß auch die Mißweisungen klein waren und verhältnismäßig rasch der 0 zustreben, war jetzt die Frage die, eine obere Grenze für die Mißweisungen zu bestimmen. Infolgedessen mußte sich das Flugzeug in verschiedener Entfernung in einer Lage anpeilen lassen, die dem Maximum der Mißweisung entspricht, also annähernd senkrecht zum Sehstrahl fliegen. So ergaben sich Mäanderbahnen, wie sie in Abb. 283 wiedergegeben sind.

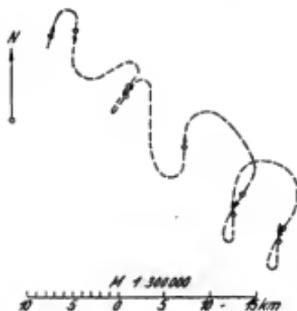


Abb. 283. Mäanderflug, Lärz 19. 7. 18.

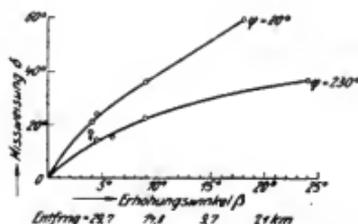
Abb. 284. Mißweisungen bei einem Mäanderflug.
Beobachtet am 19. 7. 18 in Lärz.
 $\delta = 40$ km Entfernung, 2600 m Flughöhe.

Abb. 284 stellt das Peilerggebnis des gleichen Tages dar: die Mißweisung δ in Abhängigkeit vom Erhöhungswinkel β . Dabei mußte, weil dem Flugzeug die Einhaltung gleicher φ -Werte nicht gelungen war, eine Umrechnung der Peilergebnisse auf gleiche φ vorgenommen werden, die an der Hand der empirisch gefundenen Mißweisungskurven bei Sternflügen und zum Teil unter Zuhilfenahme der Berechnung von Dr. Burstyn schätzungsweise durchgeführt werden konnte, die übrigens lediglich bei den näheren Punkten und auch hier nicht übermäßig ins Gewicht fällt. (Die Korrekturen betragen bei den eingezeichneten neun Punkten -7° , -4° , $+3^\circ$, -6° , 0° , 0° , $+1^\circ$, 0° , 0°). Die vier Punkte, in denen das Flugzeug der Peilstation seine rechte Seite zuwendet, wurden auf $\varphi = 80^\circ$ bezogen, die übrigen fünf auf $\varphi = 230^\circ$. Auch hier ist die Kurvenform gesichert, die Zahlenangaben sind aber nur als Einzelfall zu bewerten; z. B. lassen sich, obgleich die Flughöhe fast die gleiche war, die aus Abb. 282 zu entnehmenden Wertepaare den Kurven Abb. 284 nicht anpassen. Ein Grund für diese Unstimmigkeit wird später aufgedeckt werden.

Ob Flughöhe und Entfernung nur in ihrem Verhältnis, also als Erhöhungswinkel β in die Größe der Mißweisung eingehen, ist durch systematische Versuche noch nicht geklärt worden. Ein gelegentliches Ergebnis bei zwei Sternflügen, von denen einer in 5,5 km Entfernung und 800 m Flughöhe, ein anschließender in 11 km Entfernung und 1600 m Flughöhe durchgeführt wurde, spricht nicht dagegen.

4. Mißweisung und Richtempfüngerschaltung.

Sämtliche bisher mitgeteilten Ergebnisse sind, wie es bei den verwendeten Wellenlängen das Gegebene war, mit der Schaltung „kurz“ des Selbstgoniometers gewonnen worden, bei der ein Ende jeder Antennenschleife frei endet, die Schleifen also annähernd als offene Erdantennen (mit aufwärts gebogenen Enden) aufzufassen sind. Es erhob sich die Frage, ob durch Wahl der Schaltung „lang“, die die freien Antennenden verbindet, je zwei gegenüberliegende Schleifen also zu einer geschlos-

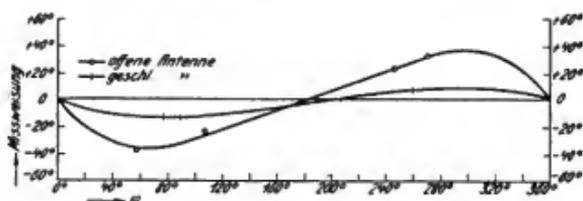


Abb. 285. Mißweisungen bei offener und geschlossener Antenne. Beobachtet am 25./7. 18 in Lärz. 11,7 km Entfernung. 1600 m Flughöhe.

senen großen Schleife vereinigt, ein Einfluß auf die Größe der Mißweisung zu gewinnen sei. Dieser Einfluß ist, was praktische Wichtigkeit hat, ausgesprochen vorhanden: die geschlossene Antenne gibt durchweg kleinere Mißweisungen als die offene. Nur an einem Versuchstage, an dem schlechte Minima den Vergleich erschwerten, waren die Mißweisungen merklich gleich.

Eine Schwierigkeit bei diesen Versuchen lag darin, eine Wellenlänge zu finden, die sowohl bei Schaltung „kurz“ wie bei Schaltung „lang“ eingestellt werden kann. Der sonst stets benutzte Sender, Type Dr. Erich F. Huth, lieferte eine solche Welle nicht; dagegen hatte man für die Welle 300 des Senders D der Idflieg. bei Schaltung „kurz“ gerade noch und bei Schaltung „lang“ gerade schon Einstellung. Später wurde, obgleich zugehen werden muß, daß dadurch die Durchsichtigkeit des Versuchs leidet, mit Hinzuziehung von Oberwellen gearbeitet, nämlich mit Welle 150 des Huth-Senders gesendet und bei Schaltung „kurz“ auf diese Welle selbst, bei Schaltung „lang“, auf die 6. Oberschwingung (Welle 900) eingestellt.

Abb. 285 stellt ein Versuchsergebnis dar, wie es grundsätzlich immer wiederkehrt. Acht Peilungen bei einem Sternflug (Entfernung im Mittel 11,7 km, Flughöhe 1600 m) sind abwechselnd mit offener und geschlossener Antenne durchgeführt; im zweiten Falle ist die Mißweisung auf $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$ herabgedrückt.

5. Mißweisung und Wellenlänge.

Im Bestreben, weitere Möglichkeiten zur Herabsetzung der Mißweisung aufzudecken, wurde die Abhängigkeit der Mißweisung von der Wellenlänge in den Kreis der Versuche einbezogen. Auch hier zeigte sich ein praktisch wichtiges Ergebnis. Die Mißweisung nimmt mit der Wellenlänge ab. Als bei einem Sternfluge die erste Hälfte der Peilungen mit der Wellenlänge 250, die zweite mit der Wellenlänge 150 — beide Male mit offener Antenne — durchgeführt wurde, fand man die Mißweisungen Abb. 286. Zu der Regel: „Man peile mit geschlossener Schleife“, kommt

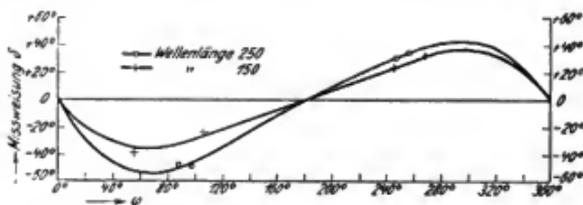


Abb. 286. Mißweisungen bei verschiedener Wellenlänge.
Beobachtet am 25./7. 18 in Lärz. 11,7 km Entfernung, 1600 m Flughöhe.

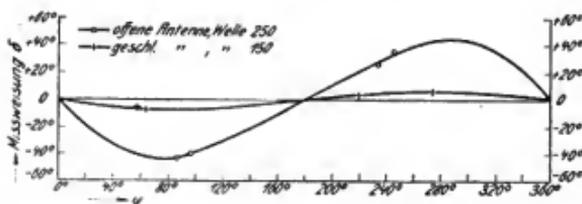


Abb. 287. Mißweisungen: 1. bei offener Antenne und Welle 250 —○—
2. bei geschlossener Antenne und Welle 150 —+—
Beobachtet am 20./7. 18 in Lärz. 12 km Entfernung, 1600 m Flughöhe.

also als zweite die hinzu: „Man wähle die Wellenlänge möglichst klein.“ Was man durch Überlagerung beider Wirkungen erreichen kann, ist aus dem Beispiel Abb. 287 zu ersehen: beide Kurven sind bei einem Sternflug in 12 km Entfernung und 1600 m Flughöhe unmittelbar hintereinander beobachtet worden, die stark geschweifte mit Welle 250 und offener, die ganz flache mit Welle 150 und geschlossener Antenne.

6. Mißweisung und Winkel zwischen Antennenschleifen und Sehstrahl.

Ursprünglich lag die Vermutung nahe, daß der Winkel θ zwischen der Richtung der Antennenschleifen und dem Sehstrahl von der Peilstation zum Flugzeug keinen Einfluß auf die Größe der Mißweisung haben würde und die früher angeführten

Versuchsergebnisse von Sternflügen, bei denen der angepeilte Punkt einmal „annähernd“ auf einer Winkelhalbierenden, das zweitemal „nahezu“ in Richtung einer Antenne zu liegen kam, sprachen dafür. Dieses Ergebnis läßt sich nicht mehr aufrechterhalten. Es genügte offenbar nicht, „annähernd“ und „nahezu“ in der Antennenrichtung und der Winkelhalbierenden zu arbeiten, um die Unterschiede in den Mißweisungen hervortreten zu lassen, auch wirkte damals ein in seinem Einfluß noch nicht erkannter Wechsel der Wellenlänge ausgleichend. Nunmehr steht fest, daß die Mißweisungen unter sonst gleichen Umständen kleiner ausfallen, wenn der Punkt in einer Antennenrichtung, als wenn er in einer Winkelhalbierenden liegt. Der Unterschied ist an klaren trockenen Tagen weniger, an feuchten Tagen mehr ausgeprägt, aber ausnahmslos beobachtet worden, wenn mit offener Antenne gemessen wird.

Abb. 288 enthält das Ergebnis eines Kreisfluges um die Antenne von 3 km Halbmesser und 500 m Flughöhe; φ war dabei annähernd 270° . (Die Umrechnung auf gleiche Entfernung und gleiches φ ist auch hier kaum von Bedeutung.) Die Mißweisung δ ist in Abhängigkeit von dem Winkel θ des Schtrahls gegen die Nordrichtung, in der eine Antennenschleife lag, dargestellt. Es ist deutlich zu sehen,

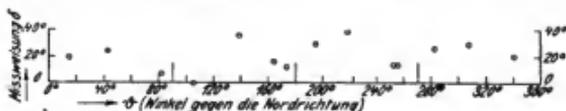


Abb. 288. Mißweisungen bei einem Kreisflug.
Beobachtet am 5./7. 18 in Lärz. Halbmesser 3 km, Flughöhe 500 m. Offene Antenne.

wie die Mißweisung ein Minimum annimmt, wenn das Flugzeug sich in Richtung einer Antenne (90° , 180° usw.) befindet, während der Winkelhalbierenden ein Maximum von δ zukommt. An dem gewählten Tage ist das Minimum ausgeprägt. An guten Tagen pendeln die Werte von δ , wenn man von einigen schlechten Minimas mit sehr unsicherer Einstellung absieht, nur um $8-9^\circ$ um den Mittelwert 20° , an schlechten Tagen dagegen um $20-30^\circ$ um annähernd den gleichen Mittelwert. Hier sind also einwandfrei und sich der Kurvenform einpassend Peilungen mit allerdings nur geringen Mißweisungen (bis 8°) am Kopfende des Flugzeuges vorbei gemessen worden.

Das Ergebnis der Kreisflüge ist durch unmittelbar aufeinanderfolgende Sternflüge genau in Richtung einer Antenne und genau in der Winkelhalbierenden bestätigt worden. Für die Praxis ergibt sich daraus die Regel, daß man eine der Antennenschleifen in die Richtung zu legen hat, in der sich das Flugzeug voraussichtlich in der Hauptsache befinden wird.

Nachträglich ließ sich zeigen, daß die gleiche Gesetzmäßigkeit auch aus den Döberitzer Kreisflügen herauszulesen ist, so ungenau die Feststellung von Flugzeuglage und -richtung bei den damaligen Vorversuchen auch war. Wählt man z. B. für den in Abb. 268 wiedergegebenen Kreisflug die gleiche Darstellungsform, wie bei Abb. 288, so ergibt sich Abb. 289. Auch hier treten die Minima in den Antennenrichtungen, die diesmal unter 45° , 135° usw. gegen die Nordrichtung lagen, hervor. Die an-

steigende Tendenz der Mißweisung ist, im Einklang mit dem früheren Ergebnis, darauf zurückzuführen, daß die Flughöhe nicht, wie neuerdings immer, konstant gehalten, sondern während des Fluges von 700 m auf 2700 m gesteigert wurde.

Wird mit geschlossener Schleife gepeilt, so liegen die Verhältnisse jedenfalls anders; doch kann hier das letzte Wort noch nicht gesprochen werden. Abb. 290 gibt das Versuchsergebnis an einem sonnigen Tage wieder; gearbeitet wurde mit Welle 150 und geschlossener Schleife (Einstellung auf die Oberwelle!), Halbmesser und Flughöhe waren die gleichen wie bei Abb. 289. Im Gegensatz zu Abb. 289 sind die Miß-

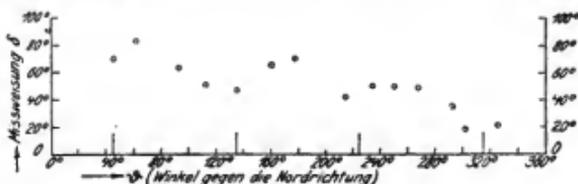


Abb. 289. Mißweisungen bei einem Kreisflug. Beobachtet am 6./9.17 in Döberitz. Halbmesser 8 km, Flughöhe von 700 m auf 2700 m ansteigend. Offene Antenne.

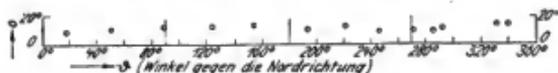


Abb. 290. Mißweisungen bei einem Kreisflug. Beobachtet am 27./7. 18 in Lärz. Halbmesser 3 km, Flughöhe 500 m. Geschlossene Antenne.

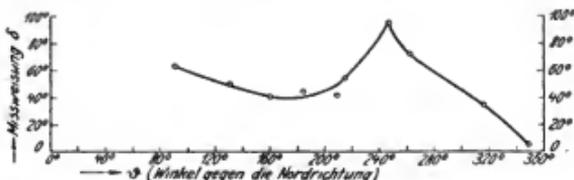


Abb. 291. Mißweisungen bei einem Kreisflug um den Sprotsoeberg. Beobachtet am 17./7. 18 in Lärz. Halbmesser 3 km, Flughöhe 500 m. Geschlossene Antenne mit Kondensator; Schaltung: Mittel.

weisungen erstens geringer geworden; zweitens aber zeigt die Kurve keine Einschnürungen mehr in Richtung der Antennenschleifen. Die geringen Schwankungen liegen innerhalb der Versuchsfehler. Andererseits wurde nach reichlichen Regenfällen auch eine Kurve mit Einschnürungen nur bei 0° und 180° gemessen. In dieser Richtung wird zur Zeit weitergearbeitet.

7. Mißweisung und Standort der Station.

Die Tatsache, daß in Lärz unter gleichen Versuchsbedingungen nie so große Mißweisungen beobachtet worden sind wie zum Teil in Döberitz, hängt möglicherweise damit zusammen, daß die Lärzer Peilstation näher am Grundwasserspiegel

liegt als die Döberitzer. Um diese Frage zu klären, wurde der Bau einiger Peilstationen mit verschiedenem Grundwasserabstand in Angriff genommen. Während die übliche Station A 66 m über Normalnull und etwa 3 m über Grundwasser liegt, ist die dem Grundwasser nächste unmittelbar in den beim Flugplatz gelegenen Sumpfssee (Höhe über Normalnull 63 m) gebaut; ihr Gegenstück ist eine Station auf dem Sprotscheberg (106 m), in annähernd nördlicher Richtung 2,7 km von Station A entfernt.

Gemessen wurde bisher nur auf dem Sprotscheberg; doch konnte die aufgeworfene Frage dadurch nicht beantwortet werden. Wohl wurden Andeutungen gefunden, daß unter sonst gleichen Verhältnissen oben selbst mit geschlossener Schleife die Mißweisungen noch größer waren als unten mit offener Antenne, doch war es wider Erwarten überhaupt unmöglich, die Messungen oben in der üblichen Weise durchzuführen. Abgesehen davon, daß die Minima meist schlecht waren, wurden Peilungen gemessen, die sich den an den bisherigen Stationen aufgedeckten Gesetzmäßigkeiten keineswegs fügen. Zum Beispiel ergaben Sternflüge in bestimmten Himmelsrichtungen bei der Messung mit offenen Antennen nicht den Kurventyp der Abb. 279, 280, 281 usw., sondern eine von φ unabhängige Mißweisung.

Nur der Absonderlichkeit wegen sei in Abb. 291 das von dem üblichen gänzlich abweichende Ergebnis eines Kreisfluges um den Sprotscheberg wiedergegeben.

Wie bei Abb. 288 betrug der Halbmesser des Kreises 3 km, die Flughöhe 500 m; doch ist jetzt der Kurvenverlauf ein ganz anderer. Deutlicher als in dieser Darstellungsform tritt in der Abb. 292 eine Gesetzmäßigkeit zutage. Es handelt sich um den gleichen Flug, doch sind hier unmittelbar die aufeinanderfolgenden Lagen des Flugzeuges und, gleich beziffert, die zugehörigen Peilungen eingetragen. Während das Flugzeug den Kreisbogen von etwa Südwest bis Ost durchfliegt, steigt die Mißweisung an; im Nordwestquadranten folgt dann ein nicht wiedergegebener Punkt mit uneinstellbar schlechtem Minimum; im Nordwestquadranten schließlich bleibt die Richtung der Peilung, unabhängig von der Lage des Flugzeuges, annähernd die gleiche.

Für die Praxis folgt, soweit die Messungen an dieser einen Station ein Urteil erlauben, daß es unzweckmäßig ist, eine Station auf Bergkuppen zu legen.

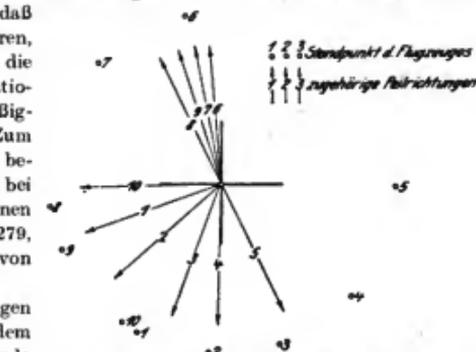


Abb. 292. Mißweisungen beim Kreisflug um den Sprotscheberg (Lärz, 17./7. 18). Halbmesser 3 km, Flughöhe 500 m.

8. Güte der Minima.

Während in den bisherigen Ausführungen die Abhängigkeit der Mißweisungen von den geometrischen Verhältnissen grundsätzlich geklärt werden konnte und nur

der immerhin sekundäre Einfluß der wechselnden Luft- und Bodenverhältnisse unklar blieb, scheint dieser Einfluß für die Güte der Minima der maßgebende zu sein. Gesetzmäßigkeiten über die Güte der Minima lassen sich aber noch nicht aufstellen. Die Regel über den Zusammenhang von Schärfe des Minimums und φ bei Sternflügen trifft in dieser Form in vielen Fällen zu, in annähernd eben so vielen aber auch nicht. Zum Beispiel gibt es Tage, wo die Minima durchweg gut, andere (bisweilen bei Dunst und Regenstimmung), wo sie durchweg schlecht sind.

Eine Gesetzmäßigkeit springt fast ausnahmslos bei den Kreisflügen um Antenne A heraus: In Abb. 293 ist Abb. 288 wiederholt, doch sind die Ablesungen mit auffällig schlechten Minima durch ausgefüllte Kreise, die mit hervorragend guten durch Kreise mit eingezeichnetem Mittelpunkt wiedergegeben. Es zeigt sich, daß die schlechten Minima annähernd in den Antennenrichtungen liegen, während die guten in die Winkelhalbierenden fallen. Auch der angeführte Döberitzer Flug (Abb. 289) zeigt wenigstens in größeren Höhen ähnliche Verhältnisse.

Wurde bei Kreisflügen mit geschlossener Schleife gepeilt, so konnte bisher ein wesentlicher Unterschied in der Güte der Minima nicht festgestellt werden; sie waren an guten Tagen gleichmäßig gut, an ungünstigen immerhin noch als mäßig zu be-

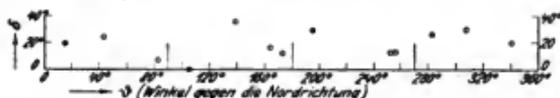


Abb. 293. Mißweisungen bei einem Kreisflug. Beobachtet am 5./7. 18 in Lärz. Halbmesser 3 km, Flughöhe 500 m, offene Antenne. \circ gute, \bullet schlechte Minima.

zeichnen, wie überhaupt die Minima bei geschlossener Schleife im Mittel besser zu sein scheinen als die mit offener Antenne. Sollte dieses Ergebnis weiterer Prüfung standhalten, so wäre die geschlossene Schleife auch hinsichtlich der Güte der Minima der offenen Antenne vorzuziehen.

9. Zusammenhang mit der Theorie.

Dr. W. Burstyn vom Kommando der k. u. k. Luftfahrtruppen, der bei mehrfachen Besuchen der F.-T.-Versuchsabteilung von deren Peilversuchen Kenntnis genommen hatte, hat es unternommen, durch einfache geometrische Betrachtungen unter Ausschaltung des Einflusses der Erde die Mißweisungen zu berechnen. Er findet so die Form der Mißweisungskurve bei Sternflügen mit ihren von $\varphi = 180^\circ$ fortrückenden Minima, ferner die Abnahme der Mißweisung mit abnehmender Höhe und zunehmender Entfernung. Zahlenmäßige Übereinstimmung von Rechnung und Versuch besteht nicht, ist auch nicht zu erwarten, da vereinfachende Annahmen, die der Rechnung zugrunde liegen, bei den Versuchen nicht erfüllt sind.

Da Geh.-Rat Sommerfeld in München und seine Schüler schon im Frieden eine Theorie der Ausbreitung funktentelegraphischer Wellen längs der Erdoberfläche ausgearbeitet hatten, setzte sich die F.-T.-Versuchsabteilung mit ihm wegen

der theoretischen Behandlung der Peilversuche in Verbindung. Die diesbezüglichen Arbeiten sind mit der Aussicht auf baldige, verwertbare Ergebnisse von ihm in Angriff genommen worden.

e) Praktische Folgerungen und Ausblicke.

Im folgenden sind die Richtlinien für das praktische Peilen, die sich aus dem Bisberigen ergeben haben, der Übersicht halber noch einmal zusammengestellt. Um die Mißweisungen möglichst herabzudrücken, ist folgendes zu beachten:

A. Für das Flugzeug.

1. Das Flugzeug fliege im Augenblick der Peilung möglichst auf die Station zu oder von ihr weg. (Genauer gesagt: es fliege so, daß seine Achse auf die Station zu oder von ihr weg weist).
2. Das Flugzeug fliege im Augenblick der Peilung möglichst niedrig. Allgemein gesagt, wenn das Flugzeug sich Peilungen wahlweise näher oder ferner von der Peilstation geben lassen kann: es sende bei möglichst geringem Erhöhungswinkel.
3. Das Flugzeug sende mit möglichst kleiner Welle.

B. Für die Peilstation.

4. Die Peilstation arbeite nicht mit offenen Antennen, sondern möglichst mit geschlossenen Schleifen.
5. Wenn mit offener Antenne gecipilt werden muß, so lege man einen Antennen-zweig in die Himmelsrichtung, in der sich das anzupeilende Flugzeug hauptsächlich befinden wird.
6. Man lege die Station niebt auf eine Bergkuppe.

Eine naeb 4 und 6 gebaute und mit Welle 150 arbeitende Goniometerstation würde bei Anpeilung eines C-Flugzeuges im ungünstigsten Falle mit einer Mißweisung rechnen müssen, die etwa gleich dem Erhöhungswinkel ist. Dies würde bei Verwendung zweier Peilstationen mit einer Basis von 50 km bei einer Entfernung des Flugzeuges von rund 45 km und 1600 m Flughöhe schlimmstenfalls einen Fehler von 2 km in der Ortsangabe naeb sieb zielen. Dabei ist angenommen, daß das Flugzeug parallel der Peilbasis fliegt, die beiden Peilstationen also an-nähernd seitlich liegen läßt. Fliegt dagegen das Flugzeug auf die Peilbasis zu oder von ihr weg, so verringert sich der Peilfehler auf etwa die Hälfte.

Um auch den mit diesen Gedankengängen weniger Vertrauten die Berechnung des in einem bestimmten Falle zu erwartenden Peilfehlers zu ermöglichen, sei im folgenden ein praktisches Beispiel ausführlich wiedergegeben.

Ein Flugzeug läßt sich von zwei Goniometerstationen die Peilung geben und will einen Überschlag über die Genauigkeit der Ortsangabe gewinnen. In Abb. 294 sind im Maßstabe 1 : 300 000 die Peilstationen A und B und die gecipilte Lage C des Flugzeuges angegeben. Der Beobachter im Flugzeug verbindet C mit A und trägt in C senkrecht zu dieser Verbindungslinie naeb beiden Seiten seine Flughöhe im

Maßstab der Karte auf. In Abb. 294 ist Flughöhe 2100 angenommen. Die beiden so gewonnenen Punkte verbindet er durch die Strahlen a_1 und a_2 mit A. Dasselbe Verfahren wiederholt er für die Station B und gewinnt so b_1 und b_2 . Das schraffierte Viereck gibt dem Beobachter dann

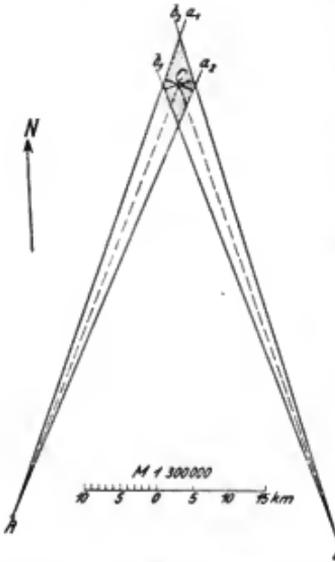


Abb. 294. Praktischer Überschlag über die Peilgenauigkeit.

die Größe der möglichen Peilfehler in ungünstigsten Falle in den verschiedenen Richtungen um C herum an; er kann also praktisch erwarten, sich innerhalb dieses Vierecks zu befinden. Dabei ist vorausgesetzt, daß die an der Fortpflanzung der Wellen beteiligten Medien Luft und Erde nicht durch außergewöhnliche Verhältnisse (Beugung an Wolken usw.) die aufgedeckten Gesetzmäßigkeiten stören.

Nachdem die bisherigen Versuche den Einfluß von Flugrichtung, Flughöhe, Entfernung und Wellenlänge geklärt und zur Wahl der geschlossenen Antenne bei der Peilstation als der günstigsten geführt haben, muß in Zukunft der Zusammenhang zwischen Bodenbeschaffenheit und Mißweisung festgestellt werden, um durch geeignete Wahl des Aufstellungs-ortes der Bodenstation die Peilfehler weiter herabdrücken zu können. Gleichzeitig mit den Peilungen müssen zu diesem Zwecke Leitfähigkeitsmessungen usw. des Bodens und meteorologische Beobachtungen erfolgen.

f) Das Richt-Sende-Verfahren

von Hauptmann d. Res. Prof. Dr. Kiebitz.

1. Einleitung.

Die Rechnungen, die Dr. W. Burstyn vom Kommando der k. u. k. Luftstreitkräfte im Anschluß an die Richtwirkungs- und Peilversuche des Kommandos F.-T.-Versuchsabteilung durchgeführt hat, haben deren Ergebnisse zwar nicht zahlenmäßig, aber grundsätzlich richtig wiedergegeben. Dieser Erfolg legt den Gedanken nahe, die gleiche Rechenmethode zur Deutung der Ergebnisse heranzuziehen, die von der F.-T.-Versuchsabteilung bei der Anwendung des Kiebitz'schen Sendeverfahrens auf Empfänger im Flugzeuge gefunden worden sind. Im folgenden wird gezeigt, daß sich die Rechenmethode auch hier bewährt. Diese Untersuchungen wurden von Dr. Buchwald gemeinsam mit Prof. Baldus und Dr. Hase durchgeführt.

Das Kiebitz'sche Verfahren, im wesentlichen die praktische Ausführung eines Schellerschen Patents vom Jahre 1907 (Nr. 201 496), sendet mit zwei an derselben

Stelle unter einem bestimmten Winkel aufgebauten Horizontalantennen, die abwechselnd an den dauernd arbeitenden Sender angeschlossen werden, so daß eine Antenne einen bestimmten Buchstaben, z. B. „a“, die andere den negativen, also „n“ sendet. Eine in Richtung einer Winkelhalbierenden liegende Empfangsstation hört demgemäß Dauerstrich, während in zwei Quadranten mehr oder minder hervortretend a, in den beiden anderen n gehört wird.

Auf der Erde hat sich das Verfahren als brauchbar erwiesen, beim Abhören aus dem Flugzeuge jedoch nicht: beim Umkreisen der Station wurde a meist gerade in den Quadranten gehört, denen n zukam, und umgekehrt, Kehrtmachen über einem Punkte ließ bisweilen a in n übergehen usw. Es war zu erwarten, daß sich diese Abweichungen aus der Richtwirkung der Flugzeugantenne erklären würden. Die Rechnung der Flugzeugantenne ergibt für diesen Fall folgendes:

2. Allgemeine Rechnung.

Es sei 2ϵ der Winkel zwischen den Horizontalantennen:

θ der Winkel zwischen Mittellinie der Antennen und Vertikalebene Sendestation-Flugzeug,

β der Erhöhungswinkel, unter dem das Flugzeug von der Sendestation erscheint,

φ der Winkel zwischen den Projektionen der Flugzeugachse und des Schstrahls Sendestation-Flugzeug (für das wegfliegende Flugzeug ist φ gleich 0° , für das der Sendestation seine rechte Seite zukehrende φ gleich 90° usw.),

α der Winkel, den die Flugzeugantenne mit der Horizontalen bildet.

Von der Antenne I, die mit der Vertikalebene Sendestation-Flugzeug den Winkel $\theta + \epsilon$ bildet, fällt in diese Ebene die Komponente $\cos(\theta + \epsilon)$, senkrecht zur Ebene steht $\sin(\theta + \epsilon)$. Letztere Komponente pflanzt sich längs des Sehstrahls fort; von ihr fällt $\sin(\theta + \epsilon) \sin \varphi$ in die φ -Richtung, $\sin(\theta + \epsilon) \sin \varphi \cos \alpha$ in die Richtung der Flugzeugantenne.

Von der Komponente $\cos(\theta + \epsilon)$ pflanzt sich längs des Sehstrahls $\cos(\theta + \epsilon) \sin \beta$ fort. Das ergibt $\cos(\theta + \epsilon) \sin \beta \cos \beta$ und $\cos(\theta + \epsilon) \sin \beta$ als Vertikal- und Horizontalkomponente in der Vertikalebene Sendestation-Flugzeug und

$$\cos(\theta + \epsilon) \sin \beta \cos \beta \sin \alpha$$

$$\text{und } -\cos(\theta + \epsilon) \sin \beta \cos \beta \cos \alpha$$

als Komponenten in der Richtung der Flugzeugantenne. Diese wird also seitens der Antenne I insgesamt durch eine

$$\sin(\theta + \epsilon) \sin \varphi \cos \alpha + \cos(\theta + \epsilon) \sin \beta \{ \cos \beta \sin \alpha - \sin \beta \cos \varphi \cos \alpha \}$$

proportionale Feldstärke erregt, während für die Erregung durch Antenne II der gleiche Ausdruck gilt, wenn $\theta + \epsilon$ jedesmal durch $\theta - \epsilon$ ersetzt wird. Je nach Überwiegen des einen oder anderen Ausdrucks — seinem absoluten Werte nach genommen — hört das Flugzeug den Buchstaben a oder n.

Bei der Ausführung der Versuche wurde a von Antenne I, n von Antenne II gesandt. Die Mittellinie $\theta 0$ wies nach Norden. Eine Erdstation hörte also n im Nordost ($0 < \theta < 90$) und im Südwestquadranten, a im Südost- und Nordwestquadranten. Dagegen hört der Beobachter im Flugzeug im Falle

$$(1) \begin{aligned} J_1 &= \frac{\sin(\vartheta + \epsilon)\sin\varphi\cos\lambda + \cos(\vartheta + \epsilon)\sin\beta\{\cos\beta\sin\alpha - \sin\beta\cos\varphi\cos\lambda\}}{\sin(\vartheta - \epsilon)\sin\varphi\cos\lambda + \cos(\vartheta - \epsilon)\sin\beta\{\cos\beta\sin\alpha - \sin\beta\cos\varphi\cos\lambda\}} > 1: a \\ &= 1: \text{Strich.} \\ &< 1: n \end{aligned}$$

Dieser Ausdruck wird im nachfolgenden auf einige der praktisch untersuchten Fälle angewendet.

3. Rundflüge, Linkskreis.

Der Rechnung wurden die Zahlenwerte

$2\epsilon = 60^\circ$ (nach Angabe der Techn. Aht. für Funkengerät).

$\alpha = 21^\circ$ (nach Messungen der F.-T.-Versuchsabteilung),

$\varphi = 270^\circ$ (Linkskreis)

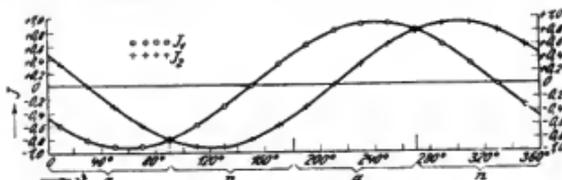


Abb. 295. Rundflug Linkskreis. $\beta = 0^\circ$.

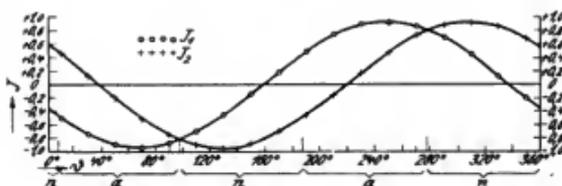


Abb. 296. Rundflug Linkskreis. $\beta = 25^\circ$.

zugrunde gelegt. In den Abb. 295 und 296 sind J_1 und J_2 in Abhängigkeit von ϑ für verschiedene Erhöhungswinkel β wiedergegeben. J_1 ist die Überlagerung einer Sinus- und einer Kosinuslinie:

$$J_1 = A \sin(\vartheta + \epsilon) + B \cos(\vartheta + \epsilon).$$

J_2 wird durch die gleiche, um 2ϵ nach rechts verschobene Kurve dargestellt. Ist der Erhöhungswinkel klein (Abb. 295), so bleibt nur die Sinuslinie; dann überwiegt im ersten und dritten Quadranten J_1 , im zweiten und vierten J_2 . Man hört demnach im ersten und dritten Quadranten a , im zweiten und vierten n . Die Verhältnisse liegen also gerade entgegengesetzt wie bei der Empfangsstation auf der Erde.

Bei wachsendem Erhöhungswinkel findet der Übergang von einem zum anderen Buchstaben nicht mehr in den Winkelhalbierenden $\vartheta = 0^\circ, 90^\circ$ usw., sondern bei höherem ϑ statt. So liegen die Übergangspunkte für $\beta = 10^\circ$ bei $\vartheta = 3^\circ 45'$, $93^\circ 45'$, für $\beta = 25^\circ$ (Abb. 296) bei $\vartheta = 8^\circ 22'$, $98^\circ 22'$ usw. Am größten werden

die Abweichungen von den Winkelhalbierenden für maximales $\sin \beta \cos \beta$, also für $\beta = 45^\circ$; dann betragen sie fast 11° .

In Abb. 297 ist der Übergangswinkel θ in Abhängigkeit vom Erhöhungswinkel β dargestellt. Er ergibt sich durch Gleichsetzen von J_1 und J_2 als Funktion allein von β ; der Winkel zwischen den Antennen ist ohne Einfluß darauf.

In Abb. 297 ist ferner die gleiche Kurve für den Fall eingetragen, daß es sich um Marineflugzeuge handelt, da auch hierüber Erfahrungen vorliegen. Für φ ist dabei der Wert 26° angenommen. Der Unterschied ist nur unwesentlich: auch hier hört man im großen ganzen in jedem Quadranten den entgegengesetzten Buchstaben wie eine Erdstation.

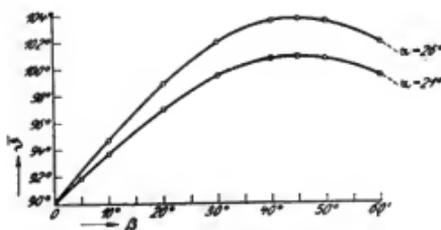


Abb. 297.

Übergangswinkel θ für verschiedene Erhöhungswinkel β .

4. Rundflüge, Rechtskreis.

Beschreibt das Flugzeug einen Rechtskreis, so liegt der Übergangswinkel θ um ebensoviele unter $90^\circ, 180^\circ \dots$ wie er beim Linkskreis für den gleichen Erhöhungswinkel über 90° liegt. Man kann ihn also gleichfalls aus Abb. 297 entnehmen, wenn man nur die Ordinatenbezeichnung $90^\circ, 92^\circ, 94^\circ$ usw. in $90^\circ, 88^\circ, 86^\circ$ usw. umwandelt.

5. An- und Abflug.

Fliegt das Flugzeug von der Station weg oder auf sie zu ($\varphi = 0^\circ$ oder 180°), so wird die Formel

$$\begin{aligned} J_1 &= \cos(\theta + \epsilon) \\ J_2 &= \cos(\theta - \epsilon) \end{aligned}$$

In diesem Falle überwiegt im ersten und dritten Quadranten der Nenner, im zweiten und vierten der Zähler. Man hört im Flugzeug also den „Erdbuchstaben“, d. h. den gleichen Buchstaben wie auf einer Erdstation im gleichen Quadranten.

6. Sternflüge.

I. Allgemeines.

Man kann somit für Sternflüge schließen, daß der Buchstabe zwischen $\varphi = 0^\circ$ und $\varphi = 360^\circ$ viermal wechselt. Bei $\varphi = 0^\circ$ und $\varphi = 180^\circ$ wird der Erdbuchstabe, bei $\varphi = 90^\circ$ und $\varphi = 270^\circ$ im allgemeinen der entgegengesetzte Buchstabe gehört. Nur wenn der Stern in der Nähe einer Winkelhalbierenden geflogen wird, ist auch für eine dieser beiden Richtungen noch der Erdbuchstabe zu hören. Für die Winkel φ , bei denen ein Buchstabe in den anderen übergeht, gilt das gleiche wie oben für die Übergangswinkel θ beim Kreisflug: sie sind unabhängig von dem Winkel 2ϵ zwischen den Antennen.

II. Beispiele.

Es seien zwei Sonderfälle berechnet:

1. $\beta = 39^\circ$ (2,1 km Entfernung, 1,7 km Flughöhe), $\theta = 143^\circ$ (Abb. 298). Auf der Erde hört man a. Im Flugzeuge hört man a in einem schmalen φ -Bereich um $\varphi = 0^\circ$ und in einem etwas weiteren Bereich, der unsymmetrisch um $\varphi = 180^\circ$ liegt. Für die meisten φ , insbesondere für $\varphi = 90^\circ$ und $\varphi = 270^\circ$, wird n gehört (Rechtskreis-Linkskreis).

2. $\beta = 33^\circ$ (1,88 km Entfernung, 1,2 km Flughöhe), $\theta = 260^\circ$ (Abb. 299). Auf der Erde wird n gehört, desgleichen im Flugzeug in einem schmalen Bereich um $\varphi = 0^\circ$ und einem weiten, der nicht nur $\varphi = 180^\circ$, sondern auch gerade noch $\varphi = 90^\circ$ in sich begreift.

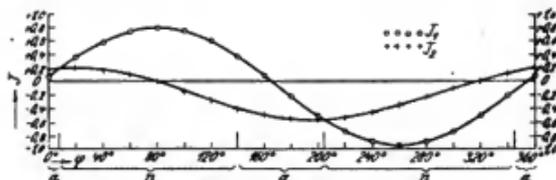


Abb. 298. Sternflug. $\theta = 143^\circ$, $\beta = 39^\circ$.

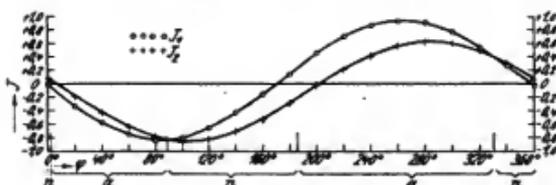


Abb. 299. Sternflug. $\theta = 260^\circ$, $\beta = 33^\circ$.

Bei den meisten φ hört man auch hier den dem Erdbuchstaben entgegengesetzten.

7. Vergleich mit der Erfahrung und Gesamtergebnis.

Beide Beispiele sind im Anschluß an den Versuchsflug des Oberleutnant d. Res. Prof. Baldus vom 10. April 18 gewählt, dessen Verlauf und Ergebnis in Abb. 300 wiedergegeben ist. Er ist der längste Versuchsflug und zugleich eine gute Bestätigung der vorstehenden Rechnungen. Die Strecken, in denen der Beobachter a hört, in denen er n hört, sowie die Übergangsstellen, je nachdem nur Dauerstriche oder nicht gehört wird, sind in Abb. 300 besonders kenntlich gemacht. Die Flughöhen sind beige beschrieben.

1. – 8. Rundflug, Rechtskreis. Entsprechend den früheren Ausführungen wird der dem Erdbuchstaben entgegengesetzte gehört; die Übergangspunkte liegen zum Teil fast genau in den Winkelhalbierenden – 3. und 4. – zum Teil, wie nach der Rechnung zu erwarten, etwas vorher: 1., 2., 5., 6., 7.; 2. und 6. allerdings sehr stark vorher.

8. ist der Umkehrpunkt, der dem Beispiel 1 des § 7 zugrunde liegt. Wie dort gefunden, wird a für $\varphi = 0^\circ$, n für $\varphi = 90^\circ$ und 270° gehört.

8.—14. Rundflug, Linkskreis. Wieder wird der dem Erdbuchstaben entgegengesetzte gehört. Von den Übergangspunkten liegt 13. etwa in der Winkelhalbierenden, die übrigen, 9., 10., 11., 12., 14. der Rechnung entsprechend etwas vorher, am meisten auch hier der Punkt im Nordwestquadranten, 11.

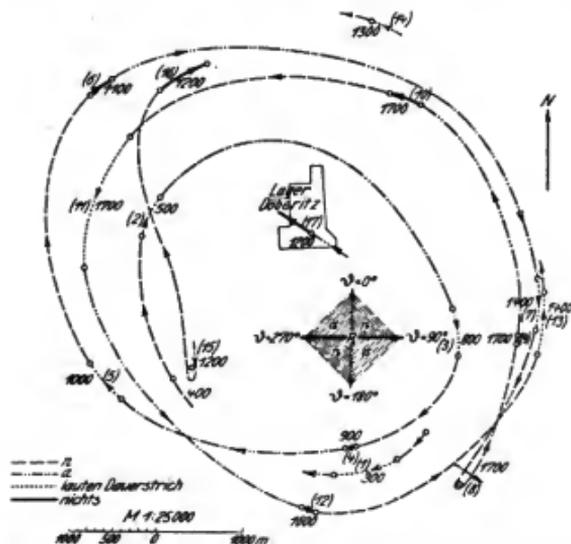


Abb. 300. Versuchsflug am 10./4. 18. 1. R = Richtsendestation: a = NW u. SO, n = NO u. SW.
2. Flugbahn: (1) (2) (3). Flughöhen sind beige geschrieben. 3. Flugzeug hört.

Die Beobachtung setzt bei 15. wieder ein. Bei diesem Sternflug wird vor der Umkehr ($\varphi = 275^\circ$) a, nach der Umkehr ($\varphi = 100^\circ$) n gehört, im Gegensatz zu 8., wo der Buchstabe vor und nach der Umkehr der gleiche war.

15.—16. ist wieder eine rechtskreisähnliche Bahn mit ihren nach der Rechnung zu erwartenden Kennzeichen, und schließlich läßt sich zeigen, daß auch der Übergangspunkt 17. der Rechnung entspricht.

Das gleiche gilt für den Versuchsflug vom 5. April, soweit er in größeren Höhen verläuft. Offenbar wird in niederen Höhen das Feld durch die Erde so stark verändert, daß die Voraussetzungen der Rechnung nicht mehr zutreffen. So dürfte sich auch das Ergebnis der in geringen Höhen durchgeführten Versuchsflüge in Warmmünde erklären. Es muß also daran festgehalten werden, daß das geschilderte Richt-Sendeverfahren, solange die Landflugzeuge mit gerichteten Empfangsantennen arbeiten, für sie nicht verwendbar ist.

Abschnitt XII.

Einwirkung größerer Flughöhen auf das F.-T.-Bordgerät¹⁾.

a) Kälteuntersuchungen am Sender.

Bis zum Sommer 1916 wurde durchweg in Höhen bis zu 3000 m geflogen, alsdann wurde der Pilot infolge der starken feindlichen Fliegerbodenabwehr gezwungen, größere Höhen bis zu 5000 und 6000 m aufzusuchen. Hierbei trat automatisch ein Versagen der F.-T.-Apparatur ein. Da das Gerät in geringeren Höhen und am Boden jedesmal einwandfrei arbeitete, konnte diese Erscheinung lediglich eine Folge der großen Flughöhe sein. Die hierbei auftretende große Kälte und der geringe Luftdruck hatten ein Versagen der Sende- wie der Empfangsseite zur Folge.

Zur Klärung dieser Verhältnisse wurde das Gerät, wie nachfolgend näher beschrieben, im Vakuum und bei großer Kälte untersucht.

1. Versuchsanordnung.

Ein gedämpfter Sender Type Jdflieg. D war in besonderen Kältekisten untergebracht, und zwar zunächst in einer Holzkiste von $52 \times 30 \times 47$ cm, die ihrerseits in einer Glaswanne von $50 \times 32 \times 32$ cm stand. Die Glaswanne stand auf erhöhten Leisten in einer zweiten Holzkiste von $72 \times 50 \times 63$ cm, die auf der Innenseite mit Zinkblech ausgeschlagen war. Verschiedene Öffnungen in den Kisten dienten zur Zuführung der Leitungsdrähte für den D-Sender und die Thermoelemente sowie für das Stahlrohr für den Kohlensäurestrom.

In beiden Kisten war ein Fenster, um die Funkenstrecke und ein Penthanthermometer beobachten zu können.

In dem Zwischenraum zwischen Glaswanne und Zinkbeschlag befand sich eine jeden Morgen 8 Uhr frisch angesetzte Kältemischung aus 64% Eis und 36% Viehsalz zur Vorkühlung. Die Hauptkühlung erfolgte durch einen von der Rückseite der Kisten eingeblasenen Kohlensäurestrom, der bis zur innersten Kiste durchgeführt wurde. Diese Kühlung war mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden, da der Zuleitungsweg für die Kohlensäure öfters einfror und der Zuleitungsschlauch dann durch den heftigen Druck platzte oder abriß. Das Auswechseln und Festmachen des Schlauches, das Auftauen der Zuleitung und die Erneuerung der infolge der starken Abkühlung bei den häufigen Störungen schnell verbrauchten Kohlensäureflaschen störte ungemein und nahm viel Zeit in Anspruch. Eine Kohlensäureflasche reichte gewöhnlich etwa 3–4 Stunden.

¹⁾ Die Versuche leitete Dr. Jentsch, Lt. d. Res.

Die Messung der Kälte in der inneren Kiste geschah durch Thermoelemente, deren Zuleitungsdrähte zu Millivoltmetern führten. Die an diesem abgelesenen Werte ergaben aus den besonders dazu errechneten Gleichungen und hierzu aufgestellten Eichkurven die Temperatur. Es wurde ein Kupferkonstantanelement mit Eichung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt und ein Kupfer-Neusilberelement vom Physikalischen Institut der Universität Berlin benutzt. Die Schaltung zur Temperaturmessung geht aus Abb. 301 hervor.

T_1 Kupfer-Neusilber-Thermoelement.

T_2 Kupfer-Konstantan-Thermoelement.

e Millivoltmeter $\left(\begin{smallmatrix} 192 \\ \Omega \end{smallmatrix} \right)$ 1 Skalent. = 0,00005 Volt.

E Millivoltmeter $\left(\begin{smallmatrix} 404 \\ \Omega \end{smallmatrix} \right)$ 1 $p = 1/30$ Millivolt.

Die Schaltung gestattet, jedes der Thermoelemente mit jedem Millivoltmeter zusammenzuschalten. Es wurden zwei Thermoelemente benutzt, um über den

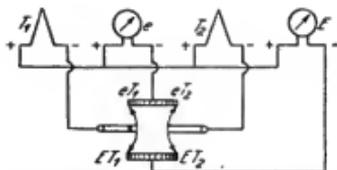


Abb. 301. Schaltung zur Temperaturmessung

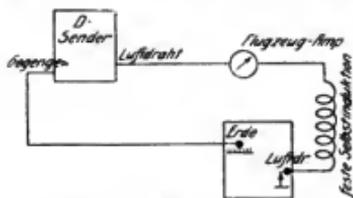


Abb. 302. Schaltung des Antennenkreises.

Temperaturzustand im Innern der Kältekiste möglichst sicheren Aufschluß zu haben. Hierzu war natürlich eine Eichung beider Thermoelemente aufeinander notwendig.

Als Antenne diente eine künstliche Universalantenne mit variabler Selbstinduktion und stufenweise veränderlichen Kapazitäten und Widerständen. Zur Kapazitätsänderung dienten 5 Ölkondensatoren. Die sämtlichen Zubehörteile waren in einem Kasten leicht handhabbar untergebracht. Bei zwei Ölkondensatoren war infolge Beschädigung etwas Öl ausgeflossen. Sie zeigten daher nicht die Kapazität, die sie nach der Aufschrift haben sollten.

Die Untersuchung des D-Senders geschah in folgender Weise: Nachdem zunächst die Verhältnisse bei Zimmertemperatur festgestellt waren, wurde der D-Sender in die Kältekiste gesetzt und nach längerer Zeit, in der er sich der durch die Vorkühlung erzeugten Temperatur etwas angepaßt hatte, durch Kohlensäurestrom stark gekühlt. Nach genügender Kühlung wurden die Messungen nunmehr bei Kälte wiederholt. Die Schaltung des Antennenkreises zeigt Abb. 302.

2. Ergebnis des Versuchs.

Bei den Versuchen trat ein Versagen der Funkenstrecke auch in großer Kälte bis 50°C nicht auf. Ob die Kälte auf die Dämpfung und die Größe des Antennen-

stromes von Einfluß war, sollte durch weitere Untersuchungen festgestellt werden, die aber nicht mehr zur Durchführung kamen.

b) Untersuchung der Funkenstrecke im Vakuum.

I. Versuchsanordnung.

Es sollte geprüft werden, ob das Arbeiten der Funkenstrecke im luftverdünnten Raum und damit das Arbeiten des D-Senders in Höhen von 3000—6000 m merkbare Veränderungen erleidet.



Abb. 303. Untersuchung der Funkenstrecke im Vakuum, a — Öl-Luftpumpe, b — Manometer, c — Dreiweghahn, d — Rezipient mit Funkenstrecke, e — Wellenmesser.

Benutzt wurde der D-Sender Type Jdflieg. Nr. 272 mit Einheitsgenerator Nr. 2167. Der Antennenkreis wurde gebildet durch einen Öldrehkondensator Nr. 116 der Firma Boas, Berlin, eine feste Selbstinduktion und ein Hitzdrahtampèremeter. Für die ersten Versuche wurde ein Flugzeugampèremeter benutzt, das später durch ein wesentlich empfindlicheres Hitzdrahtampèremeter der Firma Hartmann & Braun, Frankfurt a. M. (Meßbereich 0—1 Ampère, 1 Skalenteil = 0,02 Ampère) ersetzt wurde. Die Funkenstrecke wurde aus dem D-Sender herausgenommen und unter einen gläsernen Rezipienten gebracht. Die Zuleitungen waren durch einen Kork, der in einer Öffnung der Glasglocke saß, eingeführt und mit Siegellack luftdicht eingekittet. Die Glasglocke stand mit aufgeschliffenem Rand auf einer Glasscheibe mit mehreren Durchbohrungen, die auf einer Metallplatte lag.

Diese Metallteile stellten mit den Scheiben der Funkenstrecke zusammen eine Kapazität dar, die die Senderwelle beträchtlich vergrößerte. Deshalb wurde die Funkenstrecke erhöht gelagert auf Holzblöcken und einer Porzellanscheibe und außerdem so gestellt, daß die Scheiben der Funkenstrecke senkrecht zu der Metallscheibe des Rezipientenfußes lagen.

Das Vakuum wurde durch eine Ölluftpumpe der Firma Pfeiffer, Wetzlar, hergestellt, die durch einen Dreiweghahn einmal mit dem Rezipienten selbst, und andererseits mit einem Quecksilbervakuummeter in Verbindung stand, das die



Abb. 304. Untersuchung der Funkenstrecke im Vakuum. a = Luftpumpe, b = Wellenmesser, c = Wattmeter, d = Ölkondensator.

Ablesung des Unterdrucks „ p_1 “ im Rezipienten und damit die Feststellung des jeweiligen Innendrucks „ p_2 “ im Rezipienten unter Berücksichtigung des Barometerstandes „ b “ gestattet. Es ist also $p_2 = b - p_1$. Die zur Reduktion erforderliche Zimmertemperatur wurde auf einem Thermometer abgelesen, das auf dem Manometer angebracht war.

Zur Aufnahme von Resonanzkurven dienen die Wellenmesser K. K. W. 36 und K. K. W. 3. 1076 und ein empfindliches Wattmeter.

Die Apparateanordnung veranschaulichen die Abb. 303 und 304.

Die ursprünglichen Versuche, die Funkenstrecke in einer eigens dazu gebauten Zellenkapsel zu untersuchen, mußten aufgegeben werden, da die Kapsel trotz längerer Bemühungen nicht dicht zu bekommen war. Auch die Dichtung des gläsernen Rezipienten machte anfänglich Schwierigkeiten. Es erwies sich als un-

möglich, isolierte Drähte luftdicht einzukitten. Nur bei blankem Kupferdraht gelang es; sämtliche Versuche wurden bei Zimmertemperatur angestellt.

2. Verlauf des Versuches und Ergebnis.

Es wurde die Abhängigkeit des Antennenstromes vom Luftdruck und die Resonanzkurven bei verschiedenen Drucken untersucht. Zur Aufnahme der Resonanzkurven wurde der Drehkondensator und die Senderabstimmung bei jeder Wellenlänge so lange verstellt, bis das Ampèremeter im Antennenkreis einen größten Ausschlag lieferte. Darauf wurde der Zeiger des Wellenmessers über einen geeigneten Teil der Wellenmesserskala von Teilstrich zu Teilstrich verschoben und der jeweilige Ausschlag am Wattmeter abgelesen. Die so gefundenen Werte wurden in einer Kurve aufgetragen, mit den Angaben des Wattmeters als Ordinate und den zugehörigen Winkelgraden des Wellenmessers als Abszisse. Ist dann φ_2 ein beliebiger Ordinatenwert der Kurve und φ die zugehörige Abszisse, haben ferner J_r^2 und φ , die gleiche Bedeutung für das Maximum der Kurve (Resonanzwerte), sind ferner λ_r und λ die zu φ_2 und φ gehörigen, aus einer Eichkurve oder einer passenden Gleichung errechneten Wellenlängen, so ist bekanntlich die Summe der Dämpfung von Antennenkreis δ_1 und Wellenmesserkreis δ_2

$$\delta_1 + \delta_2 = 2\pi \frac{\lambda_r - \lambda}{\lambda} \sqrt{\frac{1}{(J_r)^2 - 1}}$$

Da die Dämpfung des Meßkreises als klein gegen die des Antennenkreises angenommen werden kann, können wir δ_2 vernachlässigen. Wie sich später zeigte, gilt das aber nur für die Messungen bei höherem Druck. Sucht man in der Resonanzkurve die beiden φ bzw. λ - Werte λ_1 und λ_2 , für die $J^2 = \frac{1}{2} J_r^2$ ist, so ergibt sich als Mittel für die Dämpfung in guter Annäherung (indem man einmal $\lambda_r = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2}$, dann nochmals $\lambda_r = \frac{1}{2}(\lambda_1 + \lambda_2)$ setzt)

$$\delta = \pi \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\lambda_r}$$

Diese Formel ist den Dämpfungsberechnungen zugrunde gelegt.

Für den Wellenmesser K.K.W. 36 ergab sich als Beziehung zwischen λ und φ unter Anwendung der Methode kleinster Quadrate nach einer ziemlich umständlichen Rechnung:

$$\lambda = 69,8 + 2,9 \varphi - 0,0084 \varphi^2.$$

Die Gleichung für die Dämpfung lautet daher für diesen Wellenmesser:

$$\delta = 3,14 (\varphi_1 - \varphi_2) \frac{2,9 - 0,0084 (\varphi_1 + \varphi_2)}{\lambda_r}$$

wobei λ_r aus obiger Gleichung zu berechnen ist.

Für den Wellenmesser K.K.W. 3 1076 ergab sich:

$$\lambda_r = 213,7 + 6,18 \varphi - 0,026 \varphi^2$$

und entsprechend für die Dämpfung:

$$\delta = 3,14 (q_1 - q_2) \frac{6,18 - 0,026 (\varphi_1 + \varphi_2)}{\lambda_r}$$

Sämtliche Messungen wurden unter Veränderung der Wellenlänge, der Zahl der unterteilten Funkenstrecken und der Energie vorgenommen.

Ergebnisse:

Antennenstrom.

Mit abnehmendem Innendruck zeigte sich zunächst bis etwa 410 mm Innendruck ein langsames Abfallen des Antennenstromes. Dann folgte von etwa 400 mm Innendruck an ein ziemlich plötzlicher Sturz des Stromes bis auf 0,1 Ampère und darunter, bei einem Innendruck von etwa 300 mm. Von hier ab blieb bei weiterem Auspumpen der Antennenstrom ziemlich konstant. Dieser Verlauf war allgemein festzustellen, unabhängig von der Energiestufe, der Wellenlänge und der Anzahl der Funkenstrecken. Aus den mehr als 40 Einzelmeßreihen seien die folgenden drei hier angeführt:

Meßreihe I.

$\lambda = 150$, Energie IV, Barometerstand 768 mm. Zimmertemperatur $+ 19^\circ \text{C}$ (Kurve I, Abb. 305).

Tabelle 33.

Unterdruck	Innendruck	Antennenstrom	
0 mm	767 mm	0,765 Amp.	} langsamer Abfall
104 ..	646 ..	0,740 ..	
145 ..	623 ..	0,738 ..	
220 ..	548 ..	0,703 ..	
290 ..	478 ..	0,660 ..	
317 ..	451 ..	0,658 ..	
340 ..	428 ..	0,658 ..	
367 ..	401 ..	0,623 ..	
380 ..	388 ..	0,543 ..	
404 ..	364 ..	0,402 ..	
418 ..	350 ..	0,290 ..	
433 ..	335 ..	0,151 ..	
448 ..	320 ..	0,125 ..	
464 ..	304 ..	0,100 ..	} langsamer Abfall
552 ..	216 ..	0,065 ..	
642 ..	126 ..	0,080 ..	

Meßreihe II.

$\lambda = 200$, Energie IV, Barometerstand 769. Zimmertemperatur: $+ 19^\circ \text{C}$ (s. Abb. 306).

Tabelle 34.

Unterdruck	Innendruck	Antennenstrom
0 mm	767 mm	0,56 Amp.
187 "	581 "	0,53 "
261 "	507 "	0,48 "
314 "	454 "	0,46 "
370 "	398 "	0,39 "
391 "	377 "	0,31 "
407 "	361 "	0,16 "
429 "	339 "	0,005 "
505 "	263 "	0,002 "

langsamere Abfall
 jähre Abfall
 langsamer Abfall

Meßreihe III.

$\lambda = 300$, Energie IV, Barometerstand 768. Zimmertemperatur $+ 19^{\circ} \text{C}$ (vgl. Abb. 305 Kurve III).

Tabelle 35.

Unterdruck	Innendruck	Antennenstrom
0 mm	767 mm	0,495 Amp.
53 "	715 "	0,490 "
102 "	666 "	0,488 "
145 "	623 "	0,468 "
185 "	583 "	0,450 "
222 "	546 "	0,437 "
256 "	512 "	0,432 "
285 "	483 "	0,430 "
317 "	451 "	0,422 "
350 "	418 "	0,408 "
372 "	396 "	0,368 "
396 "	372 "	0,270 "
417 "	351 "	0,170 "
435 "	337 "	0,090 "
455 "	313 "	0,050 "

langsamere Abfall
 jähre Abfall
 langsamer Abfall

Tabelle 35 a.

Unterdruck	Höhe	Höhe (mit Temperaturkorrektur)
0 mm	0 m	—
100 "	1130 "	1125 m
200 "	2440 "	2405 "
300 "	4010 "	3940 "
350 "	4930 "	4815 "
400 "	5950 "	5700 "
450 "	7160 "	6860 "
500 "	8560 "	8060 "

Der Verlauf des Versuches ist aus den Kurven I, II und III in Abb. 305 ersichtlich. Mit dem Beginn des plötzlichen Stromsturzes war ein Nachlassen der Funkenzahl und -stärke und ein entsprechend zunehmendes Auftreten von Glimmlicht zu beobachten. Beide Erscheinungen begannen allmählich, wurden aber dann in der Nähe der zweiten Biegung der Kurve sehr deutlich, so daß schließlich Funken nur noch ganz vereinzelt auftraten.

Der Beginn der kritischen Zone des Antennenstromsturzes entspricht etwa einer Höhe von 5000 m. Der starke Abfall währt bis etwa 7000 m.

Welche Höhen und Luftdrucke einander entsprechen, zeigt Tabelle 35 a; dabei sind die Werte der zweiten Spalte aus der einfachen logarithmischen Höhenformel ohne Temperaturkoeffizient berechnet, bei Annahme eines Barometerstandes von 760 mm am Erdboden. Spalte 3 enthält die Höhenzahlen, die sich bei Abnahme

eines vertikalen Temperaturgradienten von $-0,5^{\circ}\text{C}$ auf 100 m Höhe ergaben. Dabei ist angenommen, daß durchschnittlich folgende Temperaturen herrschen:

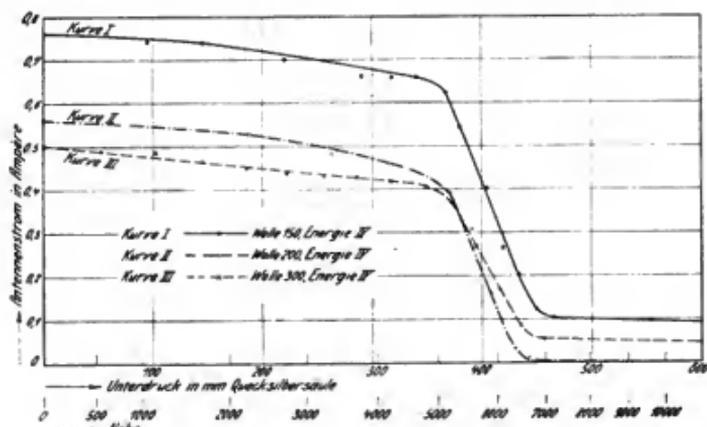


Abb. 305. Antennenstrom bei verdünnter Luft bei Resonanz.

4000 m Höhe — 15°C
 6000 m Höhe — 25°C
 8000 m Höhe — 35°C
 10 000 m Höhe — 45°C

Je nach dem Barometerstand, d. h. bei zyklonaler und antizyklonaler Wetterlage können diese zu einem bestimmten Drucke gehörigen Höhen um etwa 500 m auf und ab schwanken, d. h. im äußersten Fall um etwa 1000 m verschieden liegen.

Die eben besprochenen Erscheinungen zeigen sich in voller Reinheit nur bei scharf eingestellter Resonanz. Ist eine Verstimmung zwischen Stoßkreis und Antennenkreis vorhanden, so sinkt der Antennenstrom bei sinkendem Druck nicht sofort, sondern steigt zuerst an, um hernach um so schneller abzufallen. Ein Beispiel von den 28 darüber aufgenommenen Messungen liefert Abb. 306, wo δ die Stellung der Senderabstimmung bedeutet.

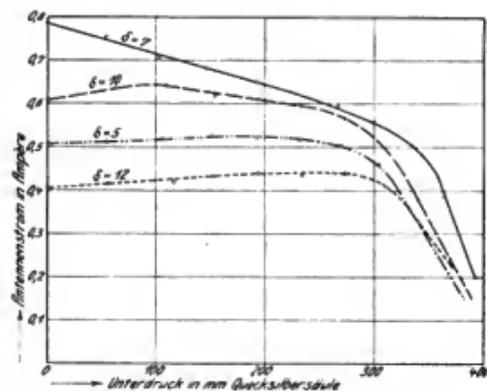


Abb. 306. Antennenstrom in verdünnter Luft bei Verstimmung. Barometerstand: 769 mm. Zimmertemperatur: 19°C .

Die Erklärung liegt in der Abnahme der Löschwirkung der Funkenstrecken. Zunächst wird bei abnehmender Löschwirkung die auf den Antennenkreis übertragene Energie im allgemeinen geringer, so daß vor allem auch die ausgestrahlte Energie sinken muß. Ferner aber gehört zu einer bestimmten Güte der Löschwirkung ein bestimmter Kupplungsgrad, bei dem relativ am meisten Energie übertragen wird. Vermutlich spielen hierbei Schwebungen zwischen den nicht rein aufeinander abgestimmten Systemen eine wesentliche Rolle.

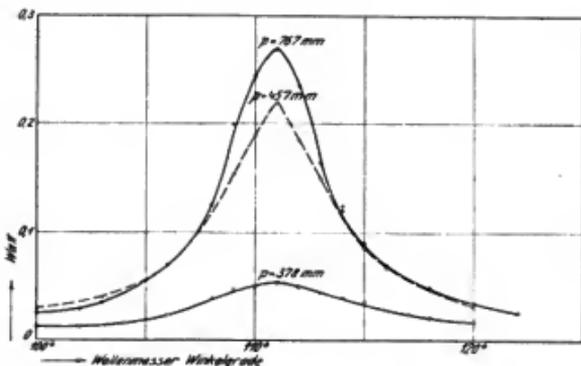


Abb. 307. Resonanzkurve bei verschiedenem Druck.

$\lambda = 300$, $p =$ Innendruck. Barometerstand: 769. Zimmertemperatur: 19° C.

Resonanzkurven.

Es wurden über 50 Resonanzkurven gemessen und aufgezeichnet, aus denen zunächst hervorgeht, daß eine Verschiebung des Intensitätsmaximums, d. h. eine Längenveränderung der Sendewelle in größerem Maße nicht stattfindet. Dagegen wird die Kurve in der kritischen Zone mehr und mehr abgeflacht und die Dämpfung größer.

Die Untersuchungen in dieser Sache sind noch nicht abgeschlossen. Es liegt die Vermutung nahe, daß bei hohem Vakuum mehrere Einzelwellen durch Superposition sich zu einer resultierenden Welle zusammensetzen.

Es sei dahingestellt, ob es sich überhaupt noch um eigentliche Resonanzkurven handelt: Ein Beispiel der beobachteten Erscheinung gibt Abb. 307.

Jedenfalls geht aber auch aus diesen Messungen mit aller Sicherheit hervor, daß bei einem Druck von etwa 400 mm die Resonanzkurven einen vollständig anderen Charakter annehmen.

e) Kälteuntersuchungen an Sammlern.

I. Versuchsanordnung.

Untersucht wurden die Betriebsverhältnisse folgender Sammlerbatterien:

I. Telefunken:

Type HB 132, Apparat Nr. 14 574. Außenmaße: $18,4 \times 10,6 \times 23,2$ cm.
Edisonsammler (5 Zellen F. 6/8), Kapazität 13 Ampèrestunden.

Die Batterie befand sich in einfachem Holzkasten von 1 cm Wandstärke.

II. Huth:

Type RBK 29, Nr. 5 enthält 3 Bleizellen. Außenmaße: $17 \times 12 \times 25,5$ cm.

Die Batterie hatte besonderen doppelwandigen Kälteschutzkasten aus Holz;

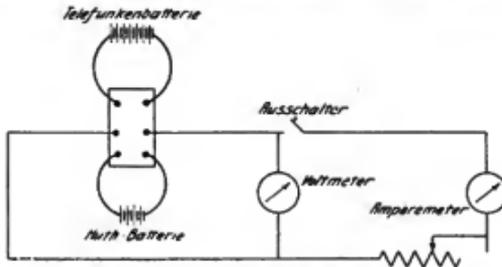


Abb. 308. Schaltung für Kälteuntersuchung an Sammlern.

der Raum zwischen beiden Wänden war anscheinend mit besonderer Masse gefüllt. Die Gesamtwandstärke betrug etwa 2 cm. Der Deckel war mit einem Falz versehen, der beim Schließen gut abdichtete.

III. Anodenbatterie:

Type HB 48, Nr. 11 834, 90 Volt-Trockenbatterie. Außenmaße: $32 \times 12,5 \times 9,3$ cm.

Die Batterien waren in besonderen Kältekisten, wie bereits früher beschrieben, untergebracht.

Die Aufnahme der Charakteristiken der drei Sammler geschah folgendermaßen. Die beiden Batterien von Telefunken und Huth waren durch eine Wippe auswechselbar und wurden mit denselben Strom- und Spannungsmessern untersucht, während die Anodenbatterie für sich mit besonderen Instrumenten gemessen werden mußte.

Die beiden 6-Volt-Batterien wurden in der Schaltung gemäß Abb. 308 untersucht.

Hierbei zeigte das Voltmeter die E.M.K. (Elektromotorkraft) des Akkumulators. Beim Schließen des Ausschalters las man die Stromstärke und die bei ihr noch verfügbare Klemmspannung ab.

Die Schaltung für die Anodenbatterie war folgende (s. Abb. 309):

Voltmeter . . . 0 – 130 Volt	} von Siemens & Halske.
1 Skalenteil . . = 1 „	
Ampèremeter, ein Präzisionsmilliampère-	
meter 1 Skalenteil = 0,001 Ampère	

Die Schaltung der Millivoltmeter zur Temperaturmessung geht aus Abb. 310 hervor. Die Schaltung gestattet, jedes der Thermoelemente mit jedem der Millivoltmeter zusammenzuschalten.

T_1 = Kupfer-Neusilber-Thermoelement,
 T_2 = Kupfer-Konstantan-Thermoelement,
 e = Millivoltmeter,
 E = Millivoltmeter.

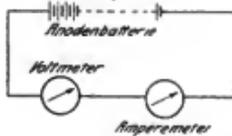


Abb. 309. Schaltung der Anodenbatterie.

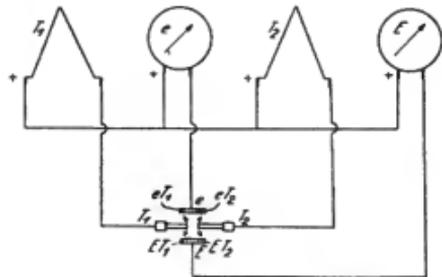


Abb. 310. Schaltung des Millivoltmeter zur Temperaturmessung.

2. Verlauf der Versuche und Ergebnis.

Es wurde zunächst bei Zimmertemperatur die Charakteristik der Sammler aufgenommen, d. h. zusammengehörige Wertepaare von Strom und Spannung von 0–3 oder 5 Ampère für je einen halb oder viertel Ampère Stromzunahme festgestellt. Danach wurde aus den gemessenen Strom- und Klemmspannungswerten nach der Formel $W = \frac{V_0 - V}{J}$ der innere Widerstand berechnet. Ferner ergibt sich die gesamte Arbeitsleistung des Sammlers zu $A = V_0 J$, die nach außen nutzbare Arbeit zu $a = V_1 J_1$. Dann ist der Wirkungsgrad des Sammlers $N = \frac{a}{A}$, d. h. gleich dem Verhältnis der nutzbaren zur Gesamtarbeit.

Es wurden an drei aufeinanderfolgenden Tagen ausgedehnte Messungsreihen ermittelt und im ganzen 30 Charakteristiken aufgenommen. Nach mehrstündiger Vorkühlung, die vormittags 8 Uhr einsetzte, dauerten die Versuche ohne Unterbrechung bis nachmittags 5 Uhr. Alsdann wurden die Akkumulatoren wieder in Zimmertemperatur gebracht und über Nacht bei 0,4 Ampère frisch aufgeladen. Die durch die Versuche ermittelte Spannungsabnahme kann unbedingt als nur durch

die Kälte allein verursacht angegeben werden. Eine Abnahme durch Entladung kommt nicht in Betracht, da eine Messungsreihe nur 0,1 Ampèrestunden verbrauchte, während die Kapazität 13 Ampèrestunden beträgt.

Die Anodenbatterie ließ die Aufnahme einer Charakteristik nicht zu, da das Voltmeter allein schon 10 Milliampère verbrauchte und die maximale Entladestromstärke der Batterie ebenfalls nur 10 Milliampère betrug. Deshalb wurde einfach die Spannung gemessen.

Es sind im folgenden einige ausgewählte Meßreihen zusammengestellt. Tabelle 36 soll zeigen, daß erst nach etwa einstündiger Einwirkung des CO_2 -Stromes ein größerer Einfluß der Kälte festzustellen ist.

Tabelle 36.

Ampère	Telefunken			Huth		
	Messung 19. I.	Messung 19. IV.	Messung 19. VI.	Messung 19. I.	Messung 19. IV.	Messung 19. VI.
	Klemmspannung			Klemmspannung		
0,0	7,15 V.	7,15	7,05	6,25 V.	6,25	6,25
0,5	7,00	6,8	6,65	6,25	—	—
1,0	6,55	—	6,3	6,05	6,0	6,0
1,5	6,3	6,3	—	5,95	—	—
2,0	6,2	—	5,8	5,8	5,8	5,75
2,5	6,0	5,85	—	5,7	—	—
3,0	5,8	5,55	5,3	5,5	5,5	5,5

Reihe 19. I. Kältekiste gut vorgekühlt auf $+3,5^\circ\text{C}$. Sammler aus Zimmertemperatur soeben in Kiste gebracht.

Reihe 19. IV. Seit 15 Minuten wirkt Kälte von -21°C . Bei Telefunken zeigt sich eine vorläufig nur geringe Abnahme der Klemmspannung. Bei Huth herrscht noch völlige Übereinstimmung.

Reihe 19. VI. Kälte von -24°C wirkt seit $1\frac{1}{4}$ Stunden. Bei Telefunken deutliche Abnahme der Klemmspannung, bei Huth nahezu unverändert.

Tabelle 37.

	Telefunken		Huth	
	19. I.	20. IV.	19. I.	20. IV.
	Klemmspannung		Klemmspannung	
0,0 Ampère	7,15 Volt	7,1 Volt	6,25 Volt	6,2 Volt
0,5 ..	7,0 ..	6,25 ..	6,2 ..	6,0 ..
1,0 ..	6,55 ..	5,8 ..	6,1 ..	5,8 ..
1,5 ..	6,3 ..	5,35 ..	6,0 ..	5,7 ..
2,0 ..	6,2 ..	5,0 ..	5,8 ..	5,5 ..
2,5 ..	6,0 ..	4,5 ..	5,65 ..	5,35 ..
3,0 ..	5,8 ..	4,1 ..	5,5 ..	5,15 ..

Trotz stundenlangen Kühlens unter teilweiser Anwendung von Temperaturen unter -50°C gelang es aber nicht, ein vollständiges Versagen der Sammler herbeizuführen (vgl. Tabelle 38).

Meßreihe 19. I. Temperatur $+3,5^\circ\text{C}$.

Meßreihe 20. IV. Nach 5 Stunden Kältewirkung. Temperatur in dieser Zeit nicht über -40° . Messung an Telefunken erfolgt bei -53° , von Huth-Batterie bei -45° C. Die Klemmspannung ist nach dieser Zeit bei Telefunken um 30%, bei Huth dagegen nur um etwa 6% gesunken.

Innere Widerstand.

Tabelle 38 (bei 3 Ampère Stromentnahme).

	Telefunken	Huth
Reihe 19. I.	$W_i = 0,48 \text{ Ohm}$	$W_i = 0,24 \text{ Ohm}$
Reihe 19. IV. nach $\frac{1}{4}$ Std.	0,53 ..	0,25 ..
Reihe 19. VI. nach $1\frac{1}{4}$ Std.	0,58 ..	0,25 ..

Der innere Widerstand des Huth-Sammlers bleibt innerhalb der Meßgenauigkeit unverändert. Der innere Widerstand der Telefunkenhatterie steigt um etwa 20%.

Wirkungsgrad.

Der Wirkungsgrad bei Telefunken sinkt bei 3 Ampère Stromentnahme um 20%, bei Huth um 2,7%.

Tabelle 39.

Stromentnahme	Telefunken		Huth	
	19. I.	20. IV.	19. I.	20. IV.
	Wirkungsgrad		Wirkungsgrad	
0,0 Ampère	—	—	—	—
0,5 ..	98 $\frac{0}{100}$	93 $\frac{0}{100}$	97,7 $\frac{0}{100}$	97,0 $\frac{0}{100}$
1,0 ..	92 $\frac{0}{100}$	88 $\frac{0}{100}$	96,1 $\frac{0}{100}$	95,0 $\frac{0}{100}$
1,5 ..	89 $\frac{0}{100}$	82 $\frac{0}{100}$	94,5 $\frac{0}{100}$	94,0 $\frac{0}{100}$
2,0 ..	87 $\frac{0}{100}$	77 $\frac{0}{100}$	92,1 $\frac{0}{100}$	91,8 $\frac{0}{100}$
2,5 ..	85 $\frac{0}{100}$	70 $\frac{0}{100}$	98,7 $\frac{0}{100}$	98,2 $\frac{0}{100}$
3,0 ..	83 $\frac{0}{100}$	63 $\frac{0}{100}$	88,7 $\frac{0}{100}$	86,0 $\frac{0}{100}$

Die folgenden 3 Tabellen enthalten die Mittelwerte aus sämtlichen Meßreihen.

Klemmspannung.

Wie der allmähliche Abfall der Klemmspannung unter dem Einfluß der Kälte vor sich geht, zeigt Tabelle 40.

Tabelle 40.

Kälte:	Telefunken bei einer Stromentnahme von:				Huth bei einer Stromentnahme von:			
	0 Amp.	1 Amp.	2 Amp.	3 Amp.	0 Amp.	1 Amp.	2 Amp.	3 Amp.
0 Stdn.	7,1 Volt	6,5 Volt	6,1 Volt	5,8 Volt	6,25 Volt	6,05 Volt	5,8 Volt	5,5 Volt
1 $\frac{1}{2}$..	7,1 ..	6,3 ..	5,8 ..	5,3 ..	6,25 ..	6,0 ..	5,75 ..	5,45 ..
2 ..	7,1 ..	6,2 ..	5,65 ..	5,1 ..	6,25 ..	6,0 ..	5,7 ..	5,4 ..
2 $\frac{1}{2}$..	7,05 ..	6,1 ..	5,55 ..	4,9 ..	6,25 ..	6,0 ..	5,7 ..	5,35 ..
3 ..	7,05 ..	6,05 ..	5,4 ..	4,75 ..	6,25 ..	6,0 ..	5,7 ..	5,30 ..
4 $\frac{1}{2}$..	7,0 ..	5,9 ..	5,15 ..	4,35 ..	6,25 ..	5,95 ..	5,6 ..	5,25 ..
5 ..	7,0 ..	5,8 ..	5,0 ..	4,1 ..	6,2 ..	5,8 ..	5,5 ..	5,15 ..

Wie das allmähliche Anwachsen des inneren Widerstandes unter dem Einfluß der Kälte vor sich geht, zeigt Tabelle 41.

Innerer Widerstand.

Tabelle 41.

Kälte	Telefunken		Huth
	Innerer Widerstand Ohm		Innerer Widerstand Ohm
0 Stunden	0,51		0,23
1,5 ..	0,56		0,24
2 ..	0,58		0,25
2,5 ..	0,61		0,25
3 ..	0,66		0,26
4 $\frac{1}{4}$..	0,73		0,27
5 ..	0,80		0,28

Die Werte beziehen sich auf eine Stromentnahme von 3 Amp.

Wirkungsgrad.

Tabelle 42 zeigt, wie der Wirkungsgrad unter dem Einfluß der Kälte allmählich sinkt.

Kälte	Telefunken bei einer Stromentnahme von:			Huth bei einer Stromentnahme von:		
	1 Amp.	2 Amp.	3 Amp.	1 Amp.	2 Amp.	3 Amp.
0 Stunden	91,6%	85,1%	78,3%	96,1%	92,5%	88,7%
1 $\frac{1}{2}$..	90 %	84,5%	77 %	95,2%	92 %	87,1%
2 ..	91 %	81,8%	72,8%	97,4%	94,3%	89,1%
2 $\frac{1}{2}$..	89 %	81,6%	74 %	96 %	92,7%	87,6%
3 ..	90 %	81 %	72,8%	96,4%	93 %	87 %
4 $\frac{1}{4}$..	88,2%	78,5%	67,2%	96 %	91,5%	87,7%
5 ..	88 %	77 %	63 %	95 %	91,8%	86 %

Anodenbatterie.

Die Klemmspannung nimmt ganz langsam ab. Doch ist das in diesem Fall auf einfache Entladung zurückzuführen. Ein Einfluß der Kälte ist nicht festzustellen.

Tabelle 43.

Kälte	Volt	Milliampere
0 Stunden	88	10,5 · 10 ⁻²
1 ..	87,5	10,35
1 $\frac{3}{4}$..	87	10,25
2 $\frac{3}{4}$..	86,8	10,15
4 ..	86,5	10,15

Als Ergebnis der gesamten Untersuchung ist demnach festzustellen, daß die Telefunkenbatterie dem Einfluß der Kälte ganz wesentlich nachgibt, wenn auch erst etwa nach einstündiger Einwirkung.

Die Huthbatterie in Kälteschutzkasten wird nur unbedeutend beeinflusst, doch ist natürlich auch hier, bei genügend langer Einwirkung der Kälte qualitativ das gleiche Ergebnis wie bei Telefunken zu erwarten. Der Kälteschutzkasten hat sich aber sehr gut bewährt.

Die Anodenbatterie wird von der Kälte überhaupt nicht beeinflusst. Die Verpackung stellt offenbar schon in der jetzigen Form einen hinreichenden Kälteschutz dar.

Abschnitt XIII.

Flieger-F.-T.-Gerät des Auslandes.

a) Allgemeines.

Unsere Kenntnis des Flieger-F.-T.-Geräts des Auslandes stützt sich im wesentlichen auf das während des Krieges erbeutete Material, auf Gefangenenaussagen und Agentennachrichten; ist also nicht lückenlos. Naturgemäß wurde der größte Wert auf möglichst eingehende Kenntnis gelegt. Das erbeutete Gerät wurde sehr sorgfältig im Laboratorium der Flieger-F.-T.-Versuchsabteilung Döberitz geprüft, um alles das, was beim Gegner zweckmäßiger oder besser erschien, auch bei den eigenen Konstruktionen verwerten zu können. Diese Möglichkeit gehörte jedoch zur größten Seltenheit. Schon im Abschnitt I ist darauf hingewiesen worden, daß Deutschland bis Kriegsschluß in der Entwicklung des Flieger-F.-T.-Gerätes dem Gegner gegenüber stets im Vorsprung war. Dieses zeigt auch ein Überblick über die nachfolgend beschriebenen und dargestellten Apparate.

Nur in zwei Punkten, die allerdings nicht wesentlich sind, schien nach dem vorliegenden Material das Ausland unseren Apparaten gegenüber eine Verbesserung zu besitzen: in der Lösung des Problems eines Propellers zum Antrieb der F.-T.-Dynamo mit konstanter Tourenzahl und im Bau von Kathodenröhren für Empfangszwecke, die trotz verhältnismäßig starker Belastung nicht zum Selbsttönen neigen.

Wie wenig unsere Gegner im Entwickeln von Röhrendem vorwärts gekommen waren, zeigt der Umstand, daß sie bei Kriegsschluß an der Front ungedämpfte Empfänger nur erst in Flugzeug und ungedämpfte Sender nur für Bodenstationen verwendeten.

Die Untersuchungen des Beutematerials im Laboratorium der F.-T.-Versuchsabteilung wurden im wesentlichen von Herrn Leutnant d. Res. Dr. Hase und Leutnant der Landwehr Dr. Dieckmann (letzter, soweit Röhrengerät in Frage kam) geleitet.

Die wesentlichsten Ergebnisse sollen der Vollständigkeit wegen im folgenden angegeben werden, obwohl sie für die Entwicklung der deutschen Flieger-F.-T. nicht von Bedeutung gewesen sind.

b) Der französische Sender B 3.

(Siehe Abb. 311 u. 312.)

Der Sender ist das erste französische F.-T.-Gerät im Kriegsjahr 1914. Er wurde bisher in den Typen A 1914 und B 2 und B 3 1915 gebaut. Die letzteren sind für

10 und 20 Volt Gleichstrom zu verwenden, während die erste Type nur für eine Spannung gebaut war. Das hier beschriebene Modell ist die Type B 3 1915 und ist wahrscheinlich von der Société Française Radioélectrique konstruiert. Es trägt die Firmennummer 771. Die Außenmaße sind: 25 × 25 × 21 cm, das Gewicht beträgt 6 kg. Nach beifolgendem Schema (Abb. 313) ist der Apparat nach dem System Marconi als tönender Batteriesender konstruiert. Seine Hauptbestandteile sind: ein Transformator mit Eisenkern (*t*), ein Tonerzeuger (*v*), ein Kondensator (*c*), ein Regulierwiderstand (*w*), ein Drehspulenampèremeter (*a*) und eine Funkenstrecke (*f*).

Diese Teile sind auf ein Aluminiumgestell aufgebaut und von einer mit Zellon-



Abb. 311. Französischer Sender B 3.



Abb. 312. Französischer Sender B 3, geöffnet.

fenster versehenen Schutzkappe überdeckt. Oben auf dem Gehäuse ist die Funkenstrecke (*f*) aufgesetzt; an ihr befinden sich die Klemmen für den Anschluß von An-

tenne und Gegengewicht. Davor liegt das Fenster, das zur Beobachtung des Ampèremeters dient. Unter diesem befindet sich der Handgriff für die Tonregulierung (g), welcher durch einen weiteren an der rechten Gehäusewand herausragenden Griff (h) arretiert wird. Unter dem Fenster links ist eine Schiebetür angebracht, durch die man in das Innere des Apparates gelangt. Darunter befindet sich eine Hartgummileiste, an der 3 Klemmen zum Anschluß der Batterie befestigt sind; neben diesen ein Griff für den Regulierwiderstand des Batteriestroms.

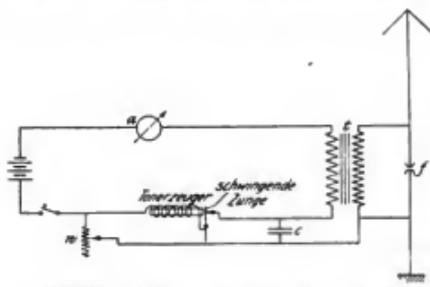


Abb. 313. Schaltschema des französischen Senders, Bauart S. F. R. 1915, Type B 3.

Der wesentlichste Bestandteil des Apparates ist der Tonerzeuger (vibrateur musical). Es ist ein Hammerunterbrecher, der ungefähr 300 Unterbrechungen in der Sekunde hervorruft, was etwa dem Ton d' entspricht (Abb. 313).



Abb. 314. Französischer Sender mit rotierender Funkenstrecke, Wechselstrommaschine.

Das Ampèremeter dient zur Kontrolle des Batteriestroms. Die Wellenlänge wird durch die Antenne eingestellt und entspricht etwa dem 3,5fachen der Antennenlänge.

e) Der französische Sender mit rotierender Funkenstrecke.

Dieser Sender scheint im Laufe des Krieges am meisten benutzt worden zu sein. Das Gewicht der Wechselstrommaschine (Type $\frac{1}{1}$, 15) mit Propeller und Funken-



Abb. 315. Französischer Generator mit rotierender Funkenstrecke.

strecke beträgt 8,5 kg, das Gewicht des Transformators 2,5 kg. Der Sender besteht aus folgenden getrennten Teilen:

Wechselstrommaschine (Abb. 314 und 315), Transformator (Abb. 316), Taste (Abb. 317), Antennenhaspel (Abb. 318), Luftdrahtschaft (Abb. 319).

Die Wechselstrommaschine arbeitet mit Selbsterregung, die von einer auf gleicher Achse aufmontierten Gleichstrommaschine erzeugt wird. Das Erregerfeld der Wechselstromseite ist fest, der rotierende Anker ist ein gezahntes Polrad. Die Wechselstromspannung beträgt 30–50 Volt. Am Fuß ist eine Schaltleiste (*l*) angebracht, zu der die Enden von Widerständen (*w*) führen, welche so geschaltet werden kann, daß drei verschiedene Erregungen entstehen. Der eine Pol der Wechselstrommaschine wird isoliert zu der isolierten Klemme des Transformators



Abb. 316. Transformator des französischen Sender.



Abb. 317. Taste des französischen Senders.

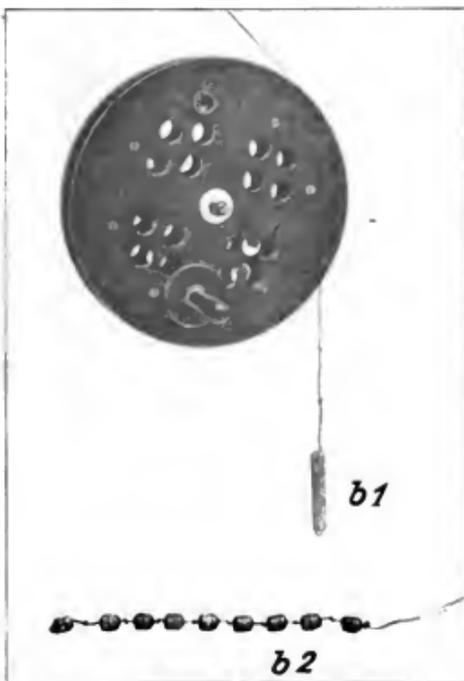


Abb. 318. Antennenhaspel des französischen Senders.

geführt, der andere liegt an Masse und ist mit der anderen ebenfalls geerdeten Klemme des Transformators verbunden. Überhaupt ist bei allen Stromkreisen der eine Pol immer mit der Masse verbunden.

Auf der Achse sitzt außen die drehbare, strahlenförmige Elektrode (*d*) mit 8, 12 oder 24 Zähnen. Die feste Elektrode (*e*) ist gegen die andere einstellbar. Vor der Funkenstrecke sitzt der Propeller.

Das Gehäuse des Transformators ist ein Aluminiumzylinder von 18 cm Höhe und 13 cm Durchmesser. Auf dem Deckel befinden sich 2 Anschlüsse für die Primärspannung, zu denen die Leitungen der Wechselstrommaschine führen, außerdem die Klemmen für die Hochspannung, die zu den Elektroden der Funkenstrecke führen.

Die Kontaktstelle der Taste ist durch Gummiring funken-sicher abgeschlossen. Unter dem Griff ist eine kreisförmige Fibreplatte angebracht, welche die Hand beim Geben unterstützt und vor Berührung der Metallteile schützt.

Die Haspel besteht aus zwei Hartgummiplatten von 27 cm Durchmesser und ist am

Rumpf des Flugzeuges montiert. In der Regel sind 95 m Draht aufgewickelt. Die Antenne besteht aus einer galvanisierten Kupferlitze von 1,2 mm Stärke. Als Gegengewicht dient ein Bleizylinder (*b*₁) von 150–200 g Gewicht und 1,5 cm Durchmesser. Zuweilen besteht das Gewicht auch aus 9 kleineren Bleigewichten (*b*₂ in Abb. 318).

Zuweilen besteht das Gewicht auch aus 9 kleineren Bleigewichten (*b*₂ in Abb. 318).

Der Luftdrahtschacht besteht aus einem Hartgummirohr von unbestimmter Länge und 2 cm lichter Weite, dessen Wandstärke 0,5 cm beträgt. Am unteren Ende des Rohres ist in einer Gabel eine Holz- oder Aluminiumrolle gelagert, über



Abb. 319. Luftdrahtschacht des französischen Senders.

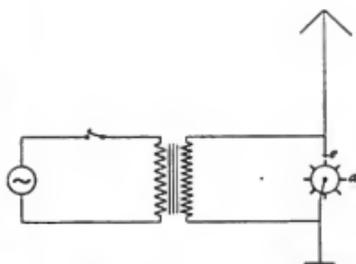


Abb. 319 a. Schaltschema des französischen Senders mit rotierender Funkenstrecke



Abb. 320. Französischer Sender K 6.

die der Draht gleitet. Beim Aufwickeln wird das Gewicht vollständig in das Rohr hineingezogen.

Die Wellenlänge hängt von der Länge der Antenne ab und ist etwa 3,5 mal so groß.

d) Der französische Sender K 6.

Dieser Sender ist von der Société Française Radioélectrique unter der Nr. 307 hergestellt. Der Sender ist in einem Holzkasten (33,5 × 22 × 10,5 cm) einge-

geschlossen und wiegt $6\frac{1}{2}$ kg. Oben auf dem Kasten befindet sich die Funkenstrecke, welche von einem Drahtsieb geschützt wird, möglicherweise um zu vermeiden, daß Motorgase oder Benzindämpfe durch den Funken entzündet werden können. Daneben liegen die beiden Klemmen für Anschluß des Wechselstroms, der Anschluß

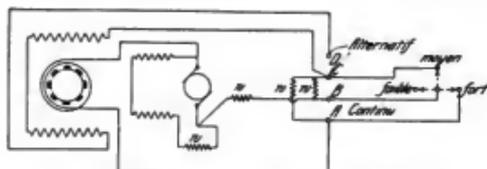


Abb. 320 a. Schaltschema der französischen Wechselstrommaschine für den Sender mit rotierender Funkenstrecke.

des Gegengewichts, der Griff *g* zum Verstellen der Kupplung, der Stöpsel *l* für die Welleneinstellung und die Antennenklemme (Abb. 321).

Die Funkenstrecke besteht aus einer Rohrelektrode und einer verschiebbaren Plattenelektrode. Durch die Rohrelektrode wird ein Luftstrom zur Kühlung der



Abb. 321. Französischer Sender K 6.

Funkenstrecke geblasen, welcher an einer Schlauchfülle (s. Abb. 320 und 321) eingelassen wird. Die Kupplung besteht aus zwei ineinanderliegenden Spulen, von denen die innere an dem Griff auf 7 verschiedene Stellen hineingezogen werden kann. Die äußere Spule hat 6 Anzapfungen, welche den Wellen 350, 380 und weiter um 30 steigend bis 500 m entsprechen. Außerdem befindet sich noch in dem Kasten der Transformator und zwei aneinander gebaute hintereinander geschaltete Kondens-

satoren mit zusammen 5000 cm Kapazität. An der Innenseite des Schutzkastens sind zur Sicherung gegen Sprühen der Kupplungsspule Mikanitplatten angeklebt.

Zu diesem Sender gehört ein gesondertes Variometer (Inductance d'accord, Abb. 322) von folgenden Außenmaßen: $6,5 \times 29 \times 30$ cm und 2 kg Gewicht

Das Gehäuse ist aus Holz. Auf seinem Deckel befinden sich 3 Klemmen (a, b, c). Zwischen a bis b ist das ganze Variometer, zwischen a - c ein Teil des Variometers eingeschaltet. Die Spulen sind zwischen Hartgummiplatten gebettet, die mittels Zahnbetriebs aneinander vorbeigeführt werden können. Der drehbare Griff ist oben an der Vorderseite des Kastens angebracht und kann arretiert werden. Ein Zeiger spielt vor einer Skala mit 9 Teilstrichen.

e) Der englische Sender: Transmitter T. Nr. 1.

(Abb. 324—326.)

Dieser Sender ist in vielen Exemplaren verwendet worden.

Der hier beschriebene Apparat trägt die Fabriknummer 2392 der W. D. Wireless Factory Scho W. Bei einer Größe von $20 \times 15 \times 18$ cm wiegt er 4 kg. Das Gehäuse besteht aus einem Mahagoniholzkasten, dessen Deckel, Vorderwand und Tür aus Hartgummi hergestellt sind.

Auf dem Deckel befindet sich ein Fenster zur Beobachtung der Funkenstrecke und der Anschluß für den Luftdraht. Außerdem befinden sich zwei weitere Klemmen auf dem Deckel, deren Zweck nicht ersichtlich ist, denn sie haben keine leitende Verbindung mit irgendeinem Teil des Senders.

An der Vorderwand ist eine Spule (k) für die Kupplung und für die Welleneinstellung angebracht. Die Kupplung ist galvanisch. Links oben ist die Klemme für das Gegengewicht angebracht, rechts oben die arretierbare Einstellung der Funkenstrecke (spark gap).



Abb. 322. Variometer.

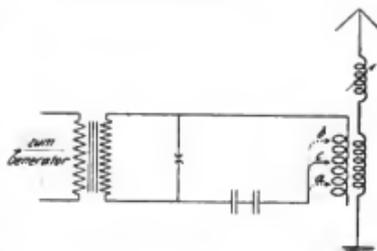


Abb. 323. Schaltschema des französischen Senders der „Société française Radio-Electrique“ Type K 6.

An der Tür sind Klemmen zum Anschließen der Batterie und der Taste (key) befestigt. Bei geöffneter Tür gelangt man an die Funkenstrecke und den Hammer-



Abb. 324. Englischer Sender.



Abb. 325. Englischer Sender.

unterbrecher k des Induktors. Über dem Induktor, im Innern des Kastens, liegt der Kondensator (c). Das Material der Funkenstrecke ist Aluminium, die Elektroden sind kreisförmige Scheiben, die in der Mitte ausgehöhlt sind, so daß die Funken nur

am Rande übergehen. Jede Elektrode hat 3 Kühlrippen, sodaß diese Funkenstrecke wohl als Löschfunkenstrecke anzusprechen ist.

Die Wellenlänge ist von 100—300 Yards stufenweise von 20 zu 20 verstellbar.

f) Der russische Sender Type A 1916.

(Abb. 327, 328, 329.)

Der Sender ist von der Firma Siemens & Halske, Petersburg, gebaut und trägt die Fabriknummer 70. Die Größe des Kastens ist $25 \times 27 \times 34$ cm, das Gewicht 12 kg. Der Holzkasten hat vorn, oben und rechts eine Klappe; über der vorderen Klappe befinden sich links 4 Steckbuchsen zum Anschluß der Taste und des Wechselstroms, daneben eine Glühlampe (*g*) zur Kontrolle der Abstimmung und rechts neben der Klappe oben eine Luke, in der zwei Hebel zu betätigen sind. Der eine (*k*)

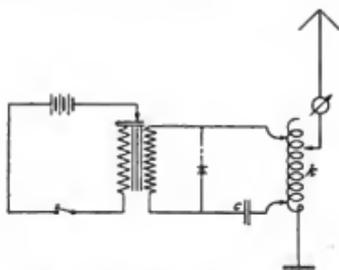


Abb. 326. Schaltschema des englischen Senders der Wireless Factory. Typ W/T Nr. 1.

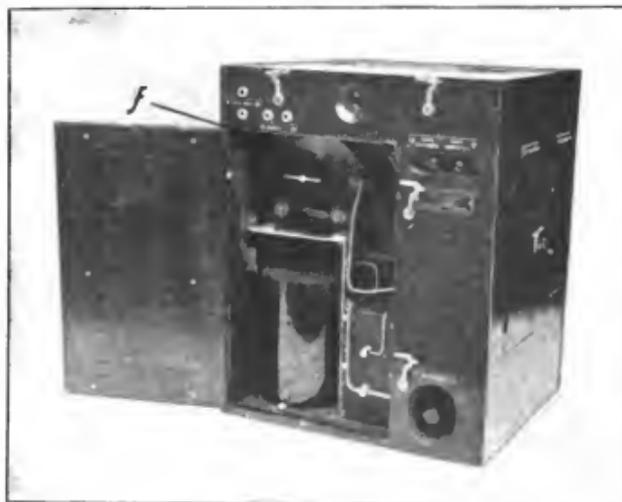


Abb. 327. Russischer Flugzeugsender П A 1916.

der beiden schließt die Glühlampe an, der andere schließt die Taste kurz, unten rechts ist der Griff des Variometers (*v*), welcher aus einer harmonikaartig auseinanderziehbaren Spule besteht. An der rechten Außenwand sind die Anschlüsse für Gegen-

gewicht (oben) und Luftdraht (unten) eingelassen. Durch die geöffnete Vordertür sieht man den Transformator (*l*) und den Kondensator. Der Sender hat drei



Abb. 328. Russischer Sender II A 1916.

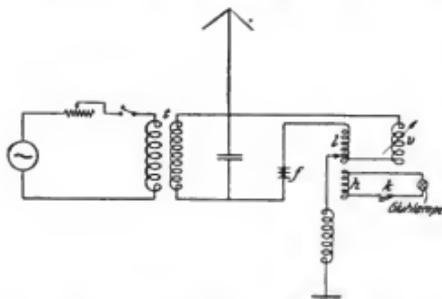


Abb. 329. Schaltschema des russischen Senders der S. u. K. St. Petersburg Type II A.

Ausmaßen: 13 × 16 × 24 cm. Das Gehäuse Vorderplatte aus Hartgummi. Links oben ist

von denen zwei Flachbandspulen sind. Die Kupplung von Stoß- und Antennenkreis ist galvanisch. Durch die rechte Klappe gelangt man zu einem Hebel, der zwei verschiedene Selbstinduktionen einschalten kann, wodurch also zwei Wellen einstellbar sind. Darüber liegt der verstellbare Widerstand des Primärwechselstromes. Die Funkenstrecke (*f*) ist eine zweifache (oder dreifache) Löschfunkenstrecke mit Kurzschließer, die zwischen Glasisolatoren gelagert ist. Die obenerwähnte Glühlampe wird durch Induktion der Stoßkreis-Selbstinduktionsspule

(*l*) auf eine parallele Spule (*h*), an die die Lampe angeschlossen ist, betrieben; die Güte der Abstimmung ist dadurch aus der Helligkeit der Lampe festzustellen.

g) Der englische Audion-Empfänger: Tuner Aircraft Mk II Nr. 10.

(Abb. 330, 331, 332.)

Der Empfänger ist von der Wireless Factory Scho W. hergestellt und wiegt 2 kg bei den

rechts oben die für das Gegengewicht. An der linken Seite sind die Anschlüsse für die Heizbatterie, rechts die für die Anodenbatterie befestigt. An der unteren Kante



Abb. 330. Englischer Audion-Empfänger.

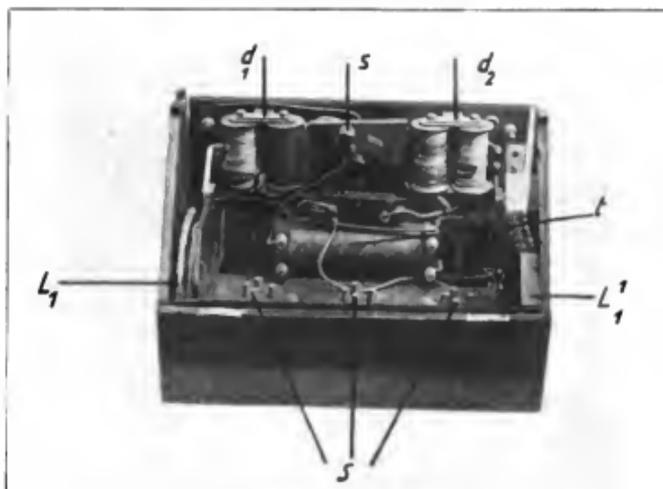


Abb. 331. Englischer Audion-Empfänger, offen.

befinden sich die Klemmen für das Telephon. In der Mitte liegt der Griff für die Luftdrahtverlängerungsspule (aerial inductance) mit 10 Stufen. Der Schalter darunter (valve-Ventil) schließt den Heizstrom an.

Von der Antennenklemme führt die Leitung zur Kupplungsspule (Abb. 332 L_1), von dort über die Luftdrahtverlängerungsspule (L_1') zur Gegengewichtsklemme.

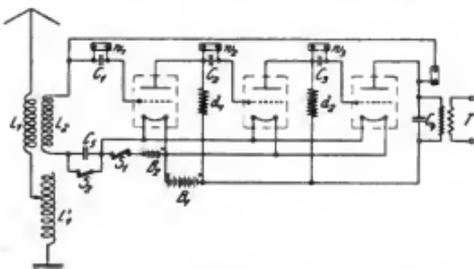


Abb. 332.

Schema eines englischen Empfängers (Audion-Empfänger).



Abb. 333.

Französischer Empfänger; Modèle de la télégraphie militaire, Gaumont, Paris Nr. 73.

Im Innern ist auf der Grundplatte eine Leiste mit Stechbuchsen (s) für die 3 Röhren. Die Röhren sind nicht vorhanden.

In der Schaltung ist das gänzliche Fehlen der Lautverstärkertransformatoren auffallend. Demnach handelt es sich anscheinend um eine Hochfrequenzverstärkung mit Audion. Die Aufladungen des letzten Kondensators C_4 gleichen sich schließlich

als Gleichstromimpulsen niedriger Frequenz durch die hochohmige Wicklung des Telephontransformators aus. Die Bedeutung des Kurzschließers S_2 zum Kondensator C_2 ist nicht ohne weiteres ersichtlich. Ein Versuch zur restlosen Klärung und Beurteilung des Empfängers ist nicht möglich, da sämtliche Röhren fehlen.

Die Hochspannungsbatterie ist mit der Heizbatterie hintereinander geschaltet (Sparschaltung, vgl. Schema). Der Minuspol der Hochspannungsbatterie ist zu den Heizfäden der Röhre, der andere Pol über Drosselspulen (d_1 und d_2) zu den Anoden geführt. Vor jedem Gitter liegt ein Kondensator (C_1 , C_2 und C_3) parallel zu einem sehr hohen Widerstand (w_1 , w_2 und w_3). Der Telephontransformator (t) parallel zu dem Kondensator (C_4) liegt zwischen der Anode der dritten Röhre und dem Pluspol der Anodenbatterie.

h) Der französische Empfänger: Modèle de la télégraphie militaire, Gaumont, Paris Nr. 73.

Abb. 333, 334 und 335 zeigen den französischen Empfänger: Modèle de la télégraphie militaire, Gaumont, Paris, Nr. 73 mit ausgebautem Zweiröhrenverstärker. Er ist für gedämpften und ungedämpften Empfang eingerichtet. Die erste Röhre arbeitet als Audion bzw. als Überlagerungsgenerator, die beiden anderen sind normale Verstärkerröhren. Die zum Betriebe benötigten Spannungen von 4 Volt und 40 Volt werden an dem dreipoligen Zapfenstecker Nr. 8 zugeführt. Die

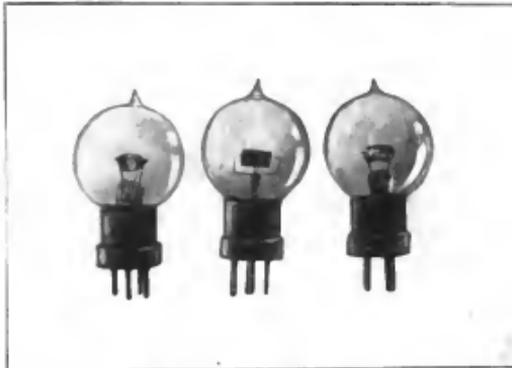


Abb. 334. Röhren aus dem französischen Empfänger: Modèle de la télégraphie militaire, Gaumont, Paris Nr. 73.

Lampen weisen in ihrem Bau gegenüber deutschen Erzeugnissen keine wesentlichen Unterschiede auf. In elektrischer Hinsicht ist zu bemerken, daß die französischen Lampen, obwohl sie stärker belastet brennen als bei uns üblich ist, in der Schaltung für gedämpften Empfang nicht zum Selbsttönen neigen!

i) Der russische Empfänger: Modell: AU 1916.

Fabrikat: Russ. Ges. für drahtlose Telegraphie und Telephonie, Petrograd.

Die Ausmaße des Empfängers sind $24 \times 13,5 \times 31$ cm, er wiegt 6,95 kg. Abb. 338 zeigt das geöffnete Gerät von vorne, Abb. 337 das geöffnete Gerät von der rechten, Abb. 339 von der linken Seite. Nach dem beifolgenden Schaltungsschema Abb. 336 ist es

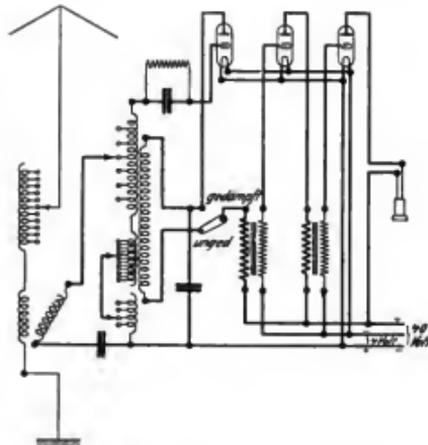


Abb. 335. Schaltungsschema eines französischen Flugzeug-Empfängers.

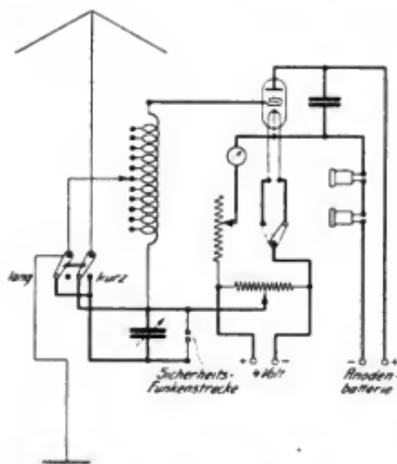


Abb. 336. Schaltungsschema eines russischen Audion-Empfängers.

ein einfacher Primärempfänger mit Audion. Im Antennenkreis liegt eine siebenstufige Selbstinduktion l sowie ein Drehkondensator 2 mit Umschalter 3, der gestattet, Kapazität und Selbstinduktion parallel und in Serie für den Empfang kurzer und langer Welle zu schalten. Für Heiz- und Anodenbatterie dienen 2 Steckbuchsen 4 und 5. Im Heizkreise liegt das Ampèremeter 6 und der Schiebewiderstand 7. An der Audionröhre 8 ist bemerkenswert, daß die Mitte des Glühfadens durch eine dritte Elektrode abgeleitet ist, an welcher die Hochfrequenz zugeführt wird, während die beiden Enden des Fadens wahlweise an die Heizspannung gelegt werden, so daß jeweils eine Hälfte des Glühfadens brennen kann. Das Rohr ist an-

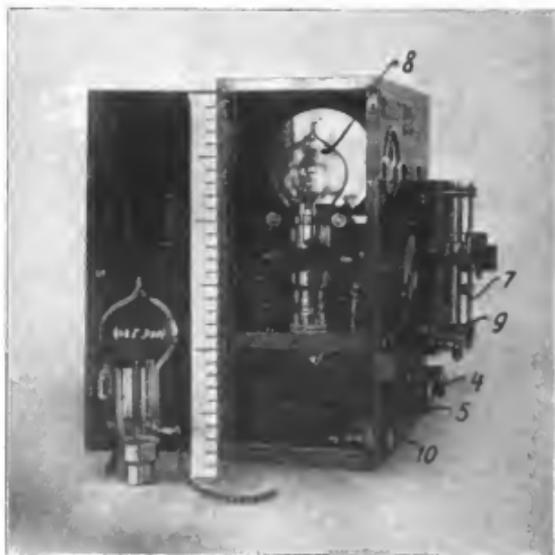


Abb. 337. Russischer Flugzeug-Empfänger.

scheinend gasgefüllt, zur Regelung des Druckes ist in einem Ansatzröhrchen ähnlich wie bei Röntgenröhren ein metallischer Körper enthalten.

Eine eigenartige Potentiometeranordnung, bestehend aus einem Schiebewiderstand 9, gestattet zwischen Gitter und Kathode eine Hilfsspannung bis zu 4 Volt anzulegen. Versuche mit ähnlicher Schaltanordnung sind hier im Gange. Mehrere Telephonhörer können über die Buchsen 10 eingeschaltet werden.

Versuche über Wellenlängenbereich, Empfangsreichweite und Charakteristik der Lampe konnten noch nicht ausgeführt werden.

Der Apparat besteht äußerlich durch die gediegene, fast luxuriöse Art seiner Ausführung.

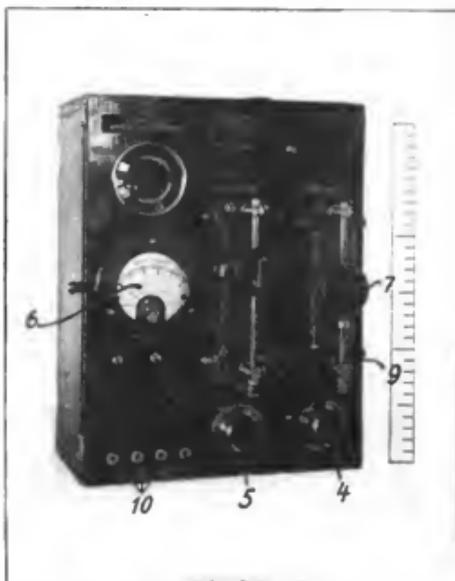


Abb. 328. Russischer Flugzeug-Empfänger.



Abb. 330. Russischer Flugzeug-Empfänger.

k) Französischer Propeller konstanter Tourenzahl.

(Siehe Abb. 340 u. 341.)

Der Propeller konstanter Tourenzahl (Abb. 340 und 341) für F.-T.-Dynamoantrieb besitzt einen einseitigen Flügel *a* aus ebenem Aluminiumblech, der durch ein Gegen-

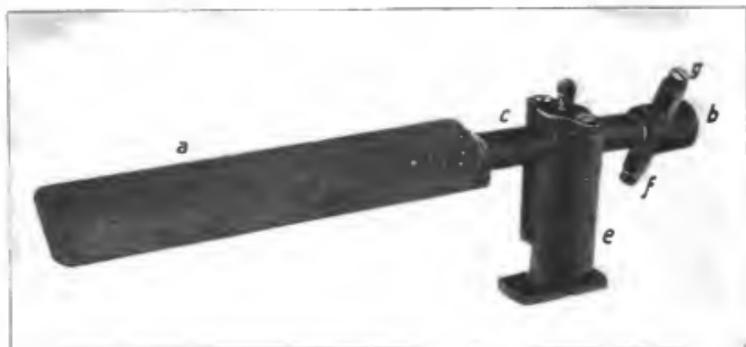


Abb. 340. Französischer Propeller konstanter Tourenzahl.

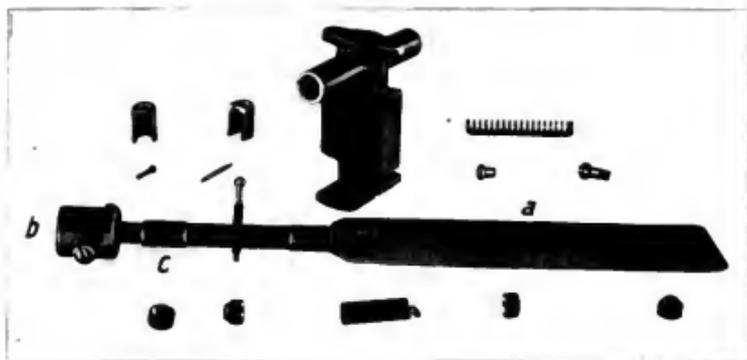


Abb. 341. Französischer Propeller konstanter Tourenzahl zerlegt.

gewicht *b* ausbalanciert ist. Der Neigungswinkel der Flügelfläche gegen die Rotationsebene ist nicht konstant, sondern von der Umdrehungszahl des Propellers abhängig. Dies ist dadurch erreicht, daß der Flügel um eine von einem röhrenförmigen Lager umgebene Achse *c* drehbar ist und durch Federn, die in den seitlichen Buchsen

d und e enthalten sind und an seitliche Ansätze der Achse c mit Zug und Druck angreifen, in einer bestimmten Lage festgehalten wird. Diese Lage und damit die Neigung der Flügelfläche wird durch Massen f und g beeinflusst, die seitlich an dem Gegengewicht b mit Gewinde verstellbar angebracht sind. Bei Veränderung der Umdrehungszahl des Propellers üben sie eine größere oder kleinere Kraft auf die Federn aus derart, daß die Flügelfläche bei größer werdender Umdrehungszahl eine geringere Neigung gegen ihre Rotationsebene erhält, so daß eine weitere Zunahme der Umdrehungszahl verhindert wird, diese vielmehr infolge des geringeren Anstellwinkels wieder auf ihren normalen Wert sinkt.

Abchnitt XIV.

Verschiedene Probleme.

a) Allgemeines.

Der Vollständigkeit halber sollen zum Schluß noch einige Arbeiten erwähnt werden, die für die Zukunft von größter Bedeutung sind. Da diese Versuche bei Kriegsende aber noch nicht abgeschlossen waren, darf an dieser Stelle den bearbeitenden Erfindern und Firmen nicht vorgegriffen werden und soll dieses Gebiet daher nur in großen Zügen behandelt werden.

Die Entwicklung der Funkentelegraphie während des Krieges hat deutlich gezeigt, daß ihr Anwendungsgebiet noch lange nicht erschöpft ist, sondern daß wir tatsächlich erst am Anfang einer großen Entwicklung stehen, die in Zukunft unserem gesamten Verkehrswesen ein ganz neues Gepräge aufdrücken wird.

Die drahtlose Telephonie, die drahtlose Fernbildübertragung, die drahtlose Fernlenkung und der Richtfinder sind Anwendungsgebiete für die „Drahtlose“, auf denen bereits die nächste Zukunft der Menschheit gewaltige Überraschungen bringen wird. Bekanntlich reichen die Vorversuche zur Lösung dieser Probleme in die Zeit vor dem Kriege zurück, jedoch hat uns der Weltkrieg, der immer mehr ein Kampf der Geister und ein Kampf der Technik wurde, auch hierin außerordentliche Fortschritte gebracht.

b) Drahtlose Bildübertragung.

Die Fernbildübertragung mittels Drahts hat bereits die verschiedenartigste Anwendung gefunden, so in erster Linie für Zwecke der Presse (Übertragung ganzer Zeichnungen, Übertragung von Illustrationen, meteorologischen Karten). Sie wurde ferner im Dienste des Handels und der Industrie angewendet zur Übertragung von Unterschriften, Berichten, Stenogrammen und Übertragung von technischen Zeichnungen.

Die Redaktionen verschiedener Presseunternehmen verfügten bereits vor 1914 über eine Reihe von Fernbildübertragungsgeräten mittels Drahts.

Der Berliner Lokalanzeiger hatte die Linien München-Berlin, Paris-Berlin, Kopenhagen-Berlin und Stockholm-Berlin in Benutzung.

Die Illustration, Paris, hatte die Linien: Berlin-Paris und London-Paris eingerichtet.

Der „Daily-Mirror“, London, arbeitete auf den Linien: Paris-London, Manchester-Kopenhagen; von „Politiken“, Kopenhagen, war die Strecke Kopenhagen-

Stockholm; von „Colliers Weekly“, Neuyork, die Strecke Washington-Neuyork eingerichtet.

Die technischen Erfahrungen dieser bekannten Betriebe waren während des Krieges von der Nachrichtentruppe für die Strecke: Heeresgruppe Kronprinz Rupprecht von Bayern zum Großen Hauptquartier und von hier zum Oberbefehlshaber Ost verwendet worden (System von Prof. Dr. Korn, gebaut von Siemens & Halske, Berlin).

Für die Fliegertruppe kam naturgemäß nur eine drahtlose Übertragung in Frage.

Die Erkenntnis der großen Bedeutung des Problems führte bereits im Herbst 1915 dazu, soweit es sonstige dringendere Aufgaben, vorhandenes Personal und Material erlaubten, Versuche in dieser Hinsicht bei der F.-T.-Versuchsabteilung Döberitz einzuleiten.

Wein es gelang, mit einfachen Apparaten in wenigen Minuten gebrauchsfertig eine kleine Skizze von wenigen einfachen, dicken Strichen zu übertragen, so war damit schon viel gewonnen; denn die einfachste Zeichnung ist klarer und deutlicher, als langatmige Funksprüche, die Luft mit Wellen versuchen, vielleicht verstümmelt ankommen und den Beobachter im Flugzeug lange Zeit in Anspruch nehmen und vom Gegner ablenken.

Die Aufgabe war deshalb besonders schwierig, weil ein solcher Fernbildüberträger — ebenso wie alles andere F.-T.-Bordgerät — äußerst leicht an Gewicht, gering an Umfang, einfach in der Bedienung und vor allem an das vorhandene F.-T.-Bordgerät anschließbar gebaut sein mußte.

Das gleiche galt für den Bildempfänger am Boden, er mußte an die vorhandenen Normalstationen der fechtenden Truppe in vorderster Linie — besonders der Artillerie — anschließbar, leicht transportabel und wetterfest sein.

Die Bildübertragung selbst durfte nur höchstens 3–5 Minuten dauern, das Aufzeichnen im Flugzeug mußte mit einfachsten Mitteln — desgleichen die Aufnahme am Boden — geschehen, und mußte das hier empfangene Fernbild sofort verwendungsbereit sein. Diese kurzen Angaben kennzeichnen zur Genüge den ganzen Umfang und die Schwierigkeit der Lösung des Problems.

Die Aufgabe selbst zergliederte sich in folgende Hauptteile:

- a) Erzeugung des Bildes im Flugzeuge,
- b) Konstruktion und Anschluß des Fernbildübertragers an die F.-T.-Bordstation,
- c) die drahtlose Übertragung des Bildes,
- d) Konstruktion und Anschluß des Fernbildempfängers an die F.-T.-Bodenstation,
- e) Erzeugung des Bildes an der Empfangsstation.

Zur Bearbeitung des Problems wurden alle verfügbaren einschlägigen Fachleute, Institute und Firmen herangezogen, so insbesondere die Firmen:

Gesellschaft für drahtlose Telegraphie (Telefunken), Siemens & Halske, Dr. E. F. Huth G. m. b. H., Stille Telegraphiegesellschaft, Schmidt & Hänisch, Bayer & Co., Sehering, Photographische Gesellschaft für Anilinfabrikation, Perutz, Agfa.

Es wurde zusammen gearbeitet mit dem Institut Gräffeling bei München und der Bergakademie Berlin (letztere hauptsächlich zu Untersuchungen von Selen- und Kalizellen).

Die Versuche ergaben alsbald, daß die reine Phototelegraphie (Übertragung einer Photographie) noch auf zu große technische Schwierigkeiten stieß, um Aussicht auf alsbaldige praktische Verwendungsmöglichkeit an der Front zu haben. Und darauf kam es an, nicht nur auf eine rein laboratoriumsmäßige Lösung!

Die Hindernisse lagen vor allem in der Frage einer möglichst trägheitslosen und stark licht- und elektrisempfindlichen Zelle. Ferner gelang der Synchronismus zwischen Sender und Empfänger nicht einwandfrei; der Bildumformer und die drahtlose Übertragung machten Schwierigkeiten.

Ebenso negativ verliefen die Arbeiten mit drahtlosem Fernschreiber: Teleautograph, bei welchem ein Schreibstift im Empfänger den Schreibbewegungen im Geber folgt.

Mit Erfolg wurde jedoch ein Kopiertelegraph nach Angaben von Herrn Leutnant d. L. Dr. Dieckmann durchgebildet.

Der Sender und Empfänger wog je nur etwa 5 kg, Größe etwa $35 \times 18 \times 15$ cm. Das Bild wurde vom Beobachter auf besonders präpariertem Blatt (Größe etwa Quartformat) mit besonders präpariertem Schreibstift hergestellt und zwecks Übertragung alsdann auf eine runde, aus dem Apparat herausragende Walze, aufgeklemmt. Ein Druck auf einen Hebel genügte, um die Übertragung automatisch einzuleiten. Hierbei glitt ein Stift über die sich drehende Walze, diese rasterartig abtastend. Ein Auftreffen des Stiftes auf eine beschriebene Stelle des Blattes hatte Aussenden von Wellenimpulsen zur Folge. Das Abtasten des Blattes dauerte etwa 3 Minuten.

Automatisch mit Inbetriebnahme des Übertragers (Senders) setzte sich — vorher auf gleiche Welle abgestimmt — der Empfänger in Tätigkeit. Auch hier war über einer Walze — wie im Sender — ein Blatt Papier befestigt (gewöhnliches Durchschlagpapier) und darüber ein zweites Blatt gleicher Größe gewöhnlichen Blaupapiers. Durch eine besondere Synchronisiervorrichtung (System Prof. Dr. Korn) wurden die Tourenzahlen der Sender- und Empfängerwalzen synchron gehalten.

Das Bild selbst entstand durch Funkenüberschlag vom Rasterstift (wie beim Sender das Blatt abtastend) durch Blaupapier und durch das eigentliche Bildpapier hindurch zur Walze. Das Blaupapier markierte den überschlagenden Funken auf dem Bildpapier (System Dieckmann).

Auf diese Weise gelang eine sicher arbeitende, einfache Fernbildübertragung in Verbindung mit dem früher beschriebenen „Telefunken“ ungedämpften Röhrensendeempfangsgerät auf 30—40 km Entfernung in 3 Minuten. Das Gerät wurde unmittelbar vor Kriegsschluß an der Westfront mit Erfolg erprobt, Störungen durch anderen F.-T.-Verkehr kamen praktisch bemerkbar nicht vor. Ein Mitihören der übermittelten Meldungen durch den Gegner war naturgemäß ausgeschlossen.

Der Zukunft bleibt es vorbehalten, auf diesem Gebiete weiterzuarbeiten. Grundsätzliche Schwierigkeiten, selbst die photographischen Aufnahmen eines Reihenbildners vom Flugzeug an den Flughafen zu übertragen, bestehen nicht mehr. Die Lösung des Problems bis zur praktischen Verwendung ist lediglich eine Frage der Zeit, der Kosten und einer rentablen Anwendung.

c) Die drahtlose Telephonie für Flugzeuge.

Die drahtlose Telephonie wird bereits in nächster Zukunft der Menschheit große Überraschungen bringen. Die Vorversuche zur Lösung dieser Probleme gehen bereits in die Zeit vor dem Kriege zurück, jedoch brachte erst der Weltkrieg wesentliche Fortschritte. Es ist verständlich, daß die drahtlose Telegraphie an sich für den Flieger bereits ein hervorragendes Verständigungsmittel bedeutet, daß jedoch die Anwendung des Morsealphabets keinesfalls als Ideallösung zu bezeichnen ist, besonders deshalb nicht, weil gewisse Menschen ihrer Veranlagung nach für die Erlernung des Morsealphabets einfach ungeeignet sind. Die Anwendung des drahtlosen Fernsprechens von Flugzeug zu Flugzeug und vom Flugzeug zur Erde muß daher nicht nur sympathisch berühren, sondern die Möglichkeit der Verwendung um ein Vielfaches steigern.

Im internationalen Verkehr darf der Wert des drahtlosen Fernsprechens jedoch auch nicht überschätzt werden. Man bedenke einerseits, wie schwierig ein Telefongespräch in einer fremden Sprache zu führen ist und andererseits, wieviele Sprachen der Bordfunker beherrschen müßte, z. B. auf einem Fluge von London nach Sidney, wenn er sich mit den verschiedenen überflogenen Ländern verständigen will. Es wird daher auch in Zukunft der gesamte für die Navigation des Flugzeuges in Frage kommende Signaldienst telegraphisch und nicht mittels Fernsprechen erfolgen müssen. Die Signale selbst aber müssen internationales Allgemeingut werden.

Es ist bereits früher darauf hingewiesen worden, daß mittels „Pulsen-Lampe“ schon vor dem Kriege einwandfrei auf große Entfernungen ein drahtloses Fernsprechen gelungen ist. Mit der Erzeugung ungedämpfter Schwingungen durch Kathodenröhrensender trat die drahtlose Telephonie jedoch aus dem Bereich einiger erfolgreicher Versuche in das Stadium der praktischen Nutzenanwendung; denn nunmehr war die Möglichkeit gegeben, durch einfachste Hilfsmittel sichere Sprachübertragung zu erreichen.

Abb. 342 zeigt, wie durch Einschalten eines Hilfskreises, bestehend aus Mikrophon M , Kondensator C_1 und Selbstinduktion L_1 , der auf die Sendewelle abgestimmt wird, dem Senderkreise Energie durch Kupplung von L_1 mit L_2 entzogen wird, und zwar im Rhythmus und Tempo des Besprechens des Mikrophons M . Infolgedessen erleiden die ausgestrahlten Wellenzüge gleichfalls Schwankungen im Rhythmus der Sprache.

Diese Schwankungen gibt jeder beliebige Empfänger im Telefon als Sprache wieder. Naturgemäß wird durch das Mikrophon jedes Geräusch in Energieschwankungen umgesetzt, also übertragen — im Flugzeug auch das Motorengeräusch. Der Sprechtrichter mußte deshalb besonders schallsicher abgedichtet werden. Eine solche Ausführungsform zeigt Abb. 343.

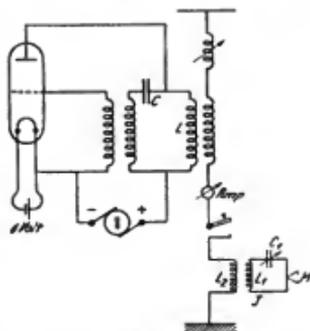


Abb. 342. Schaltung für drahtlose Telephonie.

Obwohl die drahtlose Telephonie im Prinzip gelöst ist, sind doch noch eine Menge kleiner Konstruktionsschwächen zu überwinden, bis an die allgemeine Nutzanwendung in Flugzeugen gedacht werden kann.

Neuerdings wird der Mikrofonkreis nicht in das Gegengewicht eingeschaltet, sondern die Anode direkt besprochen.



Abb. 343. Telefunken: Fliegerhaube mit eingebauten Kopfhörern und Sprechtrichter für drahtlose Telephonie.

Hochfrequenz- und Niederfrequenzverstärker. Mit der drehbaren Rahmenantenne wird die gesuchte Boden- (oder Flugzeug-) F.-T.-Station angepeilt (Einstellen des Empfangsminimums oder -Maximums).

Der Flugzeugrichtfinder wird bei starkem Luftverkehr auch als Warnungsmittel gegen Kollisionen von Flugzeugen im Nebel oder bei Dunkelheit verwandt werden können. In diesem Falle müßte jedes Flugzeug einen kleinen, dauernd automatisch in Tätigkeit befindlichen Sender an Bord haben (z. B. Welle $\lambda = 625$ m, Reichweite max. 2 km), desgleichen einen Empfänger in Verbindung mit Richtsuchschaltung. Empfänger und Sender sind stets auf gleiche Welle abgestimmt. Kommen nun

d) Der Flugzeugrichtfinder.

Eines der wichtigsten Navigationsinstrumente und Hilfsmittel der künftigen Luftfahrt, ohne welches ein geregelter, fahrplanmäßiger Luftverkehr nicht denkbar sein wird, ist der Flugzeugrichtfinder. Er ist der Orientierungssinn des Fliegers.

Der Flugzeugrichtfinder wurde technisch erst durch den Bau von Hochfrequenz- und Niederfrequenzverstärkern möglich, die den Empfang in kleinsten Rahmenantennen zulassen, d. h. die geringe Energie, welche eine Antenne von solch' geringer Ausdehnung in sich aufnimmt, noch so verstärken, daß sie dem menschlichen Ohre wahrnehmbar wird.

Der Flugzeugrichtfinder besteht im Prinzip aus einer im Flugzeugumpf drehbaren Rahmenantenne in Verbindung mit einem Kondensator,

2 Flugzeuge einander in Nähe von etwa 2 km, spricht der Empfänger automatisch an; der Richtfinder zeigt die Richtung des sich nähernden Flugzeuges.

e) Anwendung und Organisation der Funkentelegraphie im künftigen Luftverkehr.

1. Die F.-T. im Dienste der Luftverkehrsgesellschaften.

Soll das Flugzeug künftig als Verkehrsmittel in wirksame Konkurrenz mit Eisenbahn, Kraftwagen und Schiff treten, so muß aus dem Schönwetterflugzeug ein betriebssicheres Nacht-Schlechtwetterflugzeug werden. Die Schwierigkeiten liegen hierbei vorläufig noch in Start, Landung und Orientierung. Als werttüchtig haben sich unsere heutigen Maschinen in jeder Hinsicht bewährt; sobald sie nur den Boden verlassen haben, können Wind, Wolken, Nebel, Schnee und Regen den Piloten am Fliegen an sich nicht mehr hindern.

Bedeutende Sicherheiten für Start, Landung und Orientierung bietet die Anwendung der Funkentelegraphie. So wertvoll sie während des Krieges als Nachrichtenmittel für die Fliegertruppe war, ein so unentbehrliches Hilfsmittel wird sie für einen planmäßigen, betriebssicheren Friedensluftverkehr werden.

Die Fliegerei entwickelt sich gegenwärtig in folgenden drei Hauptrichtungen:

- a) Luftverkehr (national und international) zum Transport von Postsachen, Personen und Stückgut, ausgeübt von Luftverkehrsgesellschaften.
- b) Flugspport und Flugverkehr von Privatleuten.
- c) Militärischer und polizeilicher Flugdienst.

Die verschiedenen Arten von Flugbetrieb stellen an die F.-T. entsprechend verschiedene Anforderungen. Der Verfasser denkt sich die praktische Anwendung der F.-T. etwa in folgender Weise. Es soll zunächst der F.-T.-Verkehr der Luftverkehrsgesellschaften betrachtet werden.

I. Wettermeldedienst.

Der Flieger ist in erheblichem Maße vom Wetter abhängig. Es kommt also darauf an, ihn jederzeit vor und während des Fluges über die Wetterlage auf den für ihn in Frage kommenden Flugstrecken und Flughäfen zu unterrichten. Diese Aufgabe erfüllt die F.-T. im Wetterdienst.

Auf Grund der bisherigen Erfahrungen muß die Organisation des Wettermeldedienstes in folgenden beiden Arten geschehen:

- a) internationaler Wettermeldedienst,
- b) Reichswettermeldedienst.

Der internationale Wettermeldedienst bezweckt die Orientierung über die jeweilige Wetterlage aller am Luftverkehr beteiligten Länder. Die Meldungen sind nach bestimmtem F.-T.-Schema (siehe weiter unten) ständig auf stationärer Welle achtmal täglich, also alle 3 Stunden, von der Hafenstation des Zentralflugplatzes der Reichshauptstädte zu geben.

In Deutschland hat diesen Dienst also die Hafestation Berlin zu übernehmen. Sende-Energien sind so zu bemessen, daß innerhalb der Grenzen des Reiches die Verkehrsflugzeuge im Fluge empfangen können.

Ein Flugzeug der Linie Madrid-Paris-Brüssel-Berlin wird also beim Anflug in Madrid, Paris und Brüssel die Wetterlage in Berlin erfahren und, sobald es die Gegend Aachen, Cöln erreicht, in der Lage sein, bereits unmittelbar von Berlin zu empfangen.

Der Reichswettermeldedienst bezweckt die Orientierung über die jeweilige Wetterlage an den Flughäfen im Reich. Er hat stündlich regelmäßig auf stationärer Welle wie der internationale Wetterdienst nach bestimmtem F.-T.-Schema zu erfolgen (siehe weiter unten). Die Meldungen erfolgen von den Hafen-F.-T.-Stationen zu bestimmten Zeiten (siehe Anlage 1). Die Sende-Energien sind so zu bemessen, daß über Land auf 500 km, zum Flugzeug auf mindestens 150–200 km mit Sicherheit empfangen werden kann.

Die Wettermeldungen selbst haben zu enthalten:

- a) Stationsnamen.
- b) Bewölkung.
- c) Wolkenhöhe bzw. Höhe des Bodennebels.
- d) Bodenwind in Sek./m.
- e) allgemeine Beurteilung des Flugwetters.
- f) Stationsname und Schlußzeichen.

Die Art der Bewölkung wird durch folgende F.-T.-Abkürzungen wiedergegeben:

a	bedeutet „klar“,	f	bedeutet „Kumulus“,
b	„ „ „halb bedeckt“,	g	„ „ „Nimbus“,
c	„ „ „ganz bedeckt“,	h	„ „ „Gewitterneigung“.
d	„ „ „Bodennebel“,	i	„ „ „Gewitter“.
e	„ „ „Zirrus“,		

Die Wolkenhöhe wird unter Voraussetzung eines „W“ in hunderten von Metern angegeben. Es bedeutet demnach:

$$W \ 5 = 500 \text{ m Wolkenhöhe.}$$

Die Höhe des Bodennebels wird in Metern unter Voraussetzung eines „n“ wiedergegeben. Es bedeutet demnach:

$$n \ 150 = \text{Höhe des Bodennebels beträgt } 150 \text{ m.}$$

Die allgemeine Beurteilung des Flugwetters wird mit römischen Zahlen als F.-T.-Abkürzung wiedergegeben:

- I bedeutet „einwandfrei“,
- II „günstig“,
- III „ „ „normaler Luftverkehr läßt sich durchführen“,
- IV „ „ „ungünstig“,
- V „ „ „Flugbetrieb muß eingestellt werden“.

Als übliches Schlußzeichen wird das altbekannte „dd“ — „ich scheidet aus dem Verkehr aus“ gegeben.

Beispielsweise würde eine Wettermeldung des Flughafens Hamburg 6.30 vorm. folgendermaßen lauten:

„Hamburg = halb bedeckt = Wolkenhöhe 800 m = Bodenwind 6 Sek./m = normaler Luftverkehr läßt sich durchführen.“

Der Funkspruch lautet entsprechend:

„ha - b - W 8-6 - III - ha - dd“.

II. F.-T.-Peilung.

Der Telefunken-„Flugzeugrichtfinder“, der Orientierungssinn des Fliegers, ermöglicht es dem Piloten bei Nacht und Nebel, beim Flug über Wolken ohne Bodensicht richtig seinen Weg zu finden. Mit dem Flugzeugrichtfinder wird die F.-T. das unentbehrliche Hilfsmittel des Luftverkehrs. Die Durchbildung und Organisation der F.-T.-Peilung erfordert daher besondere Sorgfalt und Bevorzugung vor jedem anderen Luft-F.-T.-Verkehr.

Es sei hier gleich bemerkt, daß die „Kreuzpeilung“ (Anschnelden des Flugzeuges von 2 Bodenrichtempfangsstationen aus) als Ortsbestimmungsmittel für den künftigen Flugbetrieb nur in ganz bestimmten Sonderfällen in Frage kommt. Bei diesem Verfahren kann jeweilig immer nur ein einziges Flugzeug angepeilt werden. Dabei muß das Flugzeug ein Peilsignal funkten, zwei Richtempfangsanlagen peilen, und das Peilergebnis wird durch besondere Sendestationen dem Flugzeug mitgeteilt. Ein großer Apparat muß also in Tätigkeit treten, die Luft wird mit Funksprüchen verseucht und der praktische Wirkungsgrad ist gering. Die „Kreuzpeilung“ besitzt deshalb praktisch nur geringe Bedeutung und hat in der künftigen Organisation nur in Sonderfällen Raum (Anpeilung und Lenkung unbemannter Flugzeuge „Luftrohrpost“).

Der Telefunken „Flugzeugrichtfinder“ peilt innerhalb seines Wellenbereiches jede sendende Bodenstation an. Für die allgemeine Orientierung innerhalb Deutschlands genügt je eine Sendestation im Osten, Westen, Süden und im Zentrum, eine sog. „F.-T.-Orientierungsstation“. Stationen sind also zu errichten auf den Flugplätzen:

Berlin, Rufname = be	Welle = 500 m
Königsberg „ = kö	„ = 520 m
Breslau „ = br	„ = 540 m
München „ = mü	„ = 480 m
Öln „ = eö	„ = 460 m

Die Reichweite dieser Stationen muß mit Sicherheit gegen Flugzeuge 500 km betragen.

Im übrigen ist auf jedem Flughafen der größeren Städte eine kleinere Station, Sendereichweite gegen Flugzeuge mit Sicherheit 30 km, zu errichten, welche die Flugzeuge in den betreffenden Hafen hineinlotst, sog. „F.-T.-Hafen-Lotsenstation“.

Die „Orientierungs“- und die „Lotsen“-Stationen sind in ihrer Wirkung mit den Seezeichen zu vergleichen. Die Seezeichen sind Tag und Nacht in Betrieb und dienen der nationalen und internationalen Kriegsschiffahrt und Handelschiffahrt. Den gleichen Zweck haben die „Orientierungs“- und „Lotsen“-F.-T.-

Stationen für die Luftfahrt zu erfüllen. Sie müssen deshalb auf ihrer Weile Tag und Nacht ununterbrochen ihren unveränderlichen Rufnamen senden.

III. F.-T.-Start- und Landemeldedienst.

Wie bei der Eisenbahn ein geordneter Betrieb ohne den telegraphischen Zug-An- und Ahmeldedienst und ohne Signaldienst nicht möglich ist, bedarf auch der geregelte Luftverkehr dieser geregelten Hilfsmittel. Einen derartigen Verkehr mit den hestehenden Telegraphen- und Fernsprechleitungen auszuführen, stößt auf fast unüberwindliche Schwierigkeiten infolge der bereits jetzt starken Beanspruchung des Telegraphen- und Fernsprechnetzes für andere Zwecke. Das Verlegen neuer Leitungen würde die Aufgabe nur zum Teil erfüllen; denn es würde damit lediglich eine Verbindung der Flughäfen untereinander, aber keine Verbindung mit den Flugzeugen geschaffen. Diese Verbindung ist aber die wichtigste. Das Gegebene ist hier der Funkspruch. Ein solcher Betrieb umfaßt folgende Arten von Funksprüchen:

- a) Start- und Landemeldungen.
- h) Landeerlaubnis, Landeverbot,
- c) Notlandemeldungen.

Zur Durchführung dieses Verkehrs ist die Ausrüstung der Flughäfen und der Flugzeuge mit F.-T.-Gerät für Wechselverkehr notwendig. Die Reichweite der Hafenstationen muß so groß sein, daß die nächste Hafenstation der Luftverkehrslinie auf jeden Fall erreicht werden kann. Gegen Flugzeuge muß sie 75% der Länge der größten Luftverkehrslinie betragen, damit das Flugzeug in ständiger Verbindung mit einem Flughafen bleibt. Die Funksprüche selbst haben nach folgendem Schema zu erfolgen:

Zu a) Start- und Landemeldungen.

Reihenfolge der Meldungen beim Start:

- a) Rufname des Flughafens,
- b) Rufname des Reiseziels,
- c) Zeit des Starts,
- d) Nummer und Rufname des Flugzeuges,
- e) Anzahl der Passagiere,
- f) das Gewicht des mitgeführten Gepäcks in Kilogramm,
- g) Rufname des Flughafens und Schlußzeichen.

Beispiel für eine Startmeldung:

Flugzeug G 108 (px) startet von Hamhurg um 7,20 vorm. nach Cöln mit 5 Passagieren und 160 kg Gepäck, gefunkt wird:

„ha - cö - G 108, px - 0720 - 5 - 160 - ha - dd“.

Zu h) Landeerlaubnis.

Bei starkem Flugbetriehe auf kleinem Platz ist es besonders nachts und bei unsichtigem Wetter erforderlich, die ankommenden Flugzeuge der Reihe nach

landen zu lassen, um Kollisionen zu vermeiden. Deshalb erbittet sich jedes Flugzeug vor der Landung die Landeerlaubnis und darf nicht früher landen, als bis sie von der Startleitung durch die Hafenstation erteilt wird. Wird in dringenden Fällen (z. B. Havarie oder Betriebsstoffmangel) eine Bevorzugung vor anderen gleichfalls landen wollenden Flugzeugen notwendig, so wird dieses unter Hinzufügung des üblichen Dringlichkeitszeichens „kr“ gemeldet.

Beispiel:

Flugzeug G 108 (Rufzeichen „px“) erbittet in Cöln Landeerlaubnis.

Gefunkt wird:

G 108, px — cö — la ? um um.

la = landen, um um = ich schalte auf Empfang um.

Flugzeug G 108 (Rufzeichen px) erhält vom Flughafen Cöln Landeverbot mit 10 Minuten Wartezeit.

Der Text lautet entsprechend:

Flugzeug G 108 ist vom Hafen Cöln verstanden, nicht landen, 10 Minuten warten, Cöln schaltet auf Empfang um!

Gefunkt wird:

„G 108, px — v — cö — ve — nl — nl — wa 10 — wa 10 um um“.

Dabei bedeutet aus dem allgemeinen Abkürzungskode:

v = von

nl = nicht landen

wa = warten (die Minutenzahl wird zahlenmäßig dahinter angegeben).

Die Landeerlaubnis wird entsprechend mit la = landen, erteilt.

Zu c) Notlandemeldungen.

Es ist wichtig, jederzeit über den Verbleib des Flugzeuges unterrichtet zu sein, insonderheit bei Notlandungen.

Aus diesem Grunde sind Verkehrsflugzeuge mit F.-T.-Bordgeräten auszurüsten, welche technisch auch das Funken im Stand bei stillstehendem Flugzeugmotor gestatten. Eine Notlandemeldung umfaßt folgende Punkte:

- a) Nummer und Rufname des Flugzeuges,
- b) Rufname des angerufenen Flughafens,
- c) Unterwegs von — nach,
- d) Ort der Notlandung,
- e) Art der Notlandung,
- f) Landungsmöglichkeit eines Ersatzflugzeuges,
- g) Besonderes,
- h) Umschaltezeichen.

IV. Telegrammverkehr des Passagiers.

Während der unter a, b und c angeführte F.-T.-Verkehr einen wesentlichen Sicherheitsfaktor im Flugbetriebe darstellt, bildet der Telegrammverkehr der

Passagiere einen erheblichen Rentabilitätsfaktor. Es ist von Vorteil, daß bei großem Überland- bzw. Überseeverkehr, ähnlich wie auf Schiffen, die Passagiere ständig in telegraphische Verbindung mit der Außenwelt treten können. Es kommt hierfür sowohl der Verkehr mit dem Boden, wie mit anderen Flugzeugen in Frage.

2. Die F.-T. im Dienste des Flugzeugsports.

Der private Flugport und Luftverkehr wird sich hauptsächlich des Wettermeldedienstes und des Flugzeugrichtfinders bedienen. Dementsprechend wird an Bord ein einfacher Empfänger zur Aufnahme der Wettermeldungen und ein Richtfinder mit kontinuierlichem Wellenbereich mitgeführt. Während die Verkehrsflugzeuge der Luftverkehrsgesellschaften ihre bestimmten Strecken fliegen und das Bord-F.-T.-Gerät lediglich auf die Wellen der Hafestationen dieser Strecke anzusprechen braucht, konstruktiv also äußerst einfach gestaltet werden kann, muß der Privatflieger jederzeit in jede Richtung fliegen und mit den entsprechenden Stationen verkehren können. Der entsprechende Richtfinder und Bordempfänger muß daher über einen verhältnismäßig großen Wellenbereich verfügen. Ein auch in diesem Falle einfaches, durch Laienhand bedienbares Gerät zu schaffen, bleibt eine wichtige Aufgabe für die F.-T.-Industrie.

3. F.-T.-Verkehr der Luftstreitkräfte.

Der rein militärische F.-T.-Verkehr der Luftstreitkräfte ist ohne Rücksicht auf Friedensverhältnisse nur auf die Bedürfnisse des Krieges zugeschnitten. Das Bordgerät sowie die Bodenstationen sind bezüglich Bauart und Leistung anders konstruiert, als die Friedensstationen des Luftverkehrs. Während die Hafestationen hier stationär sind, begleiten die Flieger-Bodenstationen ständig die fechtende Truppe und sind sowohl im Trichterfelde unmittelbar am Feinde, wie weit hinten bei den höheren Stäben eingesetzt. Wie im Kriegsfall die Seezeichen entfernt werden, so hört für den Tankflieger auch der Flugzeugrichtfinder auf zu arbeiten, wenn er den Gegner anfliegt. Die F.-T. der Luftstreitkräfte bildet also ein für sich abgeschlossenes einheitliches Gebilde und kann sich nicht in den Rahmen der Friedens-F.-T. hineinfinden. Stationsarten und ihre Leistungen stehen auf Grund der letzten Kriegserfahrung fest und sind im Laufe der Zeit von den dazu besonders berufenen militärischen Dienststellen gemeinsam mit der Industrie zu verbessern.

4. F.-T.-System und Wellenbereiche.

Bevor der weitere Ausbau des Luft-F.-T.-Wesens in Angriff genommen wird, sind die Fragen bezüglich System, Wellen, Leistung und F.-T.-Verfahren grundsätzlich zu klären.

Bezüglich des Systems kann kein Zweifel darüber herrschen, daß für die Zukunft aus Gründen der Störfreiung, Masseneinsatz auf engem Raum und günstiger Energieausnutzung nur das System ungedämpfter Schwingungen zulässig ist. Soweit Tonfunkenstationen noch vorhanden sind, müssen sie allmählich durch U.-S.-Geräte ersetzt werden.

Die Frage der Wellen ist sorgfältig zu prüfen. Vor dem Kriege wurde verhältnismäßig wenig gefunkt, hauptsächlich im internationalen Radio-Großstationsverkehr und für maritime Zwecke. Während des Krieges erfolgte der große Aufschwung der F.-T. und bietet nunmehr unendlich viele Anwendungsmöglichkeiten. Die Eigenart der F.-T. mit ihren immerhin noch beschränkten Wellenbereichen erfordert daher zunächst die Aufstellung einer Dringlichkeitsliste und Klärung der Frage der Wellenbereiche für bestimmte Zwecke nach technischen Gesichtspunkten. Es muß berücksichtigt werden, daß die großen Wellen den großen Reichweiten vorbehalten werden und umgekehrt die kleinen Wellen denjenigen Fällen, wo nur geringe Entfernungen zu überbrücken sind. Andererseits hängt die Welle von der Größenordnung der Antenne ab. Da Luftfahrzeuge aus flugtechnischen Gründen möglichst mit fest eingehauten oder möglichst kurzen herabhängenden Antennen arbeiten sollen, kommen für die Luftfahrt stets nur kurze Wellen in Frage.

Deshalb ist für die Luftfahrt der Wellenbereich 100—700 m, ausgenommen transatlantischer Verkehr, vorgesehen. Mit diesem Bereich läßt sich die Organisation im Rahmen dieser Ausführungen durchführen.

Der künftige Luftverkehr im großen Stile kommt; der Prozeß der Ablösung von Eisenbahn und Schiff für gewisse Zwecke durch das Flugzeug ist zwangsläufig im Werden. Die Funkentelegraphie ist in den wenigen Jahren ihres Bestehens ein lebenswichtiges Element der Fliegerei geworden; wir stehen erst an der untersten Stufe einer großen Entwicklung, die Hand in Hand mit dem Werdegang des Luftverkehrs geht. Was der Krieg auf diesen Gebieten geschaffen, ist nicht vergeblich gewesen; es sind feste Grundlagen, auf welchen die Friedentechnik weiter bauen kann!

Abschnitt XV.

Literaturverzeichnis.

1. Lehrbücher.

- Zenneck, J., Lehrbuch der drahtlosen Telegraphie. 3. Aufl. Verlag von Eneke, Stuttgart 1915.
— Elektromagnetische Schwingungen und drahtlose Telegraphie. Verlag von Eneke, Stuttgart 1905.
- Anderle, F., Lehrbuch der drahtlosen Telegraphie und Telephonie. 3. Aufl. Verlag von Deuticke, Leipzig und Wien 1916.
- Arendt, O., Die elektrische Wellentelegraphie. Verlag von Vieweg & S., Braunschweig 1907.
- Dieckmann, M., Leitfaden der drahtlosen Telegraphie für die Luftfahrt. Verlag von Oldenbourg, München und Berlin 1913.
- Ludwig, P., Die drahtlose Telegraphie im Dienste der Luftfahrt. Verlag von Meußner, Berlin 1913.
- Rein, H., Das radiotelegraphische Praktikum. 3. Aufl. (In Vorbereitung). Verlag von Julius Springer, Berlin.
- Pierce, G. W., Principles of wireless telegraphy Mc. Graw-Hill Book Co., New York 1910.
- Fleming, J. A., The principles of wireless telegraphy and telephony. 2. Aufl. Longmans, Green and Co., London, New York 1910.
- Erskine-Murray J. A., Handbook of wireless telegraphy. 5. Aufl. Crosby Lookwood and son, London 1915.

2. Einleitung.

- Helmholtz, H., Über die Erhaltung der Kraft. Vortrag, gehalten in der Sitzung der physikal. Gesellschaft zu Berlin am 23. Juli 1847. Abgedruckt in Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Nr. 1. Dort auf S. 33 erster Hinweis auf oscillatorische Entladungen.
- Thomson, W., On transient electric currents. The Philosophical Magazine 5, 393, 1853. (Erste Ableitung der Bedingungen und der Gleichung für oscillatorische Entladungen.)
- Kirchhoff, G., Zur Theorie der Entladung einer Leydener-Flasche. Annalen d. Phys. u. Chem. 121, 551. 1864. (Neue Ableitungen der Gleichungen für die Kondensatorentladung. Erste experimentelle Nachprüfung.)
- Bjerknes, V., Über die Erscheinung der multiplen Resonanz elektrischer Wellen. Annalen d. Phys. u. Chem. 44, 92. 1891.
— Über elektrische Resonanz. Annalen d. Phys. u. Chem. 35, 121. 1895.
- Buratsyn, W., Einfache Berechnung der Formeln für die Dämpfung eines Schwingungskreises und ihre Messung nach Bjerknes. Jahrb. 10, 347. 1916.
- Cohen, L., Eine Ableitung der Bjerknesformeln für das log. Dekrement. Jahrb. 10, 356. 1916.

3. Kondensatoren.

- Ohrlich, E., Kapazität und Induktivität. Leipzig 1906.
- Seibt, G., Ein Präzisionsdrehplattenkondensator und eine Methode zum Vergleichen von Kapazitäten. Zeitschr. f. Schwachstrom 5, 640. 1911. Jahrb. 5, 407. 1912.
— Neue Typen von Luftkondensatoren. ETZ 35, 531. 1914. (Aus einem Stück gefräste Kondensatoren.)

- Fischer, K., Starkstromkondensatoren System Meirowsky. ETZ **30**, 601. 1906. (Herstellung dieser Schellackpapierkondensatoren.)
- Mosicke, J., Über Hochspannungskondensatoren. ETZ **25**, 527. 1904. (Beschreibung von Herstellung und Aufbau.)
- Fessenden, R., Drahtlose Telegraphie. ETZ **26**, 950. 1905. Electrician **53**, 795. 1905. (Vorschlag zum Bau von Präluftkondensatoren.)
- Wien, M., Leydener Flaschen, Öl- und Preßgaskondensatoren. Annalen d. Phys. **29**, 679. 1906. (Abmessungen und Aufbau.)
- Austin, L. W., Die Energieverluste in einigen, in Hochfrequenzkreisen benutzten Kondensatoren. Jahrb. **7**, 222. 1913. (Versuchsergebnisse.)
- Wagner, K. W., Zur Theorie der unvollkommenen Dielektrika. Annalen d. Phys. **40**, 817. 1913. Jahrb. **3**, 460. 1915. ETZ **34**, 1279. 1913.
- Erklärung der dielektrischen Nachwirkungsvorgänge auf Grund Maxwell'scher Vorstellungen. Archiv f. Elektrot. **2**, 371. 1914. Kurze Übersicht: Jahrb. **9**, 470. 1915. ETZ **35**, 740. 1914.
- Über Ersatzschaltungen vgl.: Orlich, E., Kapazität, S. 110; ferner: Benischke, G., Resonanz bei unvollkommenen Kondensatoren. ETZ **27**, 693. 1906. (Einfluß des Verlustwiderstandes. Zahlenbeispiele.)

4. Selbstinduktionsspulen, Variometer, Kupplungseinrichtungen.

- Orlich, E., Kapazität und Induktivität. Leipzig 1909.
- Dolezalek, F., Über Präzisionsnormale der Selbstinduktion. Annalen d. Phys. **12**, 1142. 1903. (Erste Verwendung von fein unterteilten Litzen.)
- Glage, G., Wechselseitige Induktion, Selbstinduktion und Kapazität. Jahrb. **2**, 361, 501, 593. 1908/09. (Zahlreiche Formeln zur Berechnung von Induktionskoeffizienten. Nicht vollständig. Die Formeln für Kapazitäten fehlen.)
- Meißner, A., Über die Konstruktion von Spulen öfter Hochfrequenztechnik und ihre Verwendung. Jahrb. **2**, 57. 1909.
- Lindemann, R., Untersuchungen über die Widerstandszunahme von Drahtlitzen bei schnellen elektrischen Schwingungen. Jahrb. **4**, 561. 1911. (Einfluß der Eigenkapazität. Die elektrischen Verluste.)
- Essu, A., Widerstand und Selbstinduktion von Spulen. Annalen d. Phys. **34**, 57, 81, 547. 1911. (In beiden Arbeiten Vergleich von berechneten und gemessenen Werten.)
- Über den Selbstinduktionskoeffizienten von Flachspulen. Jahrb. **3**, 212. 1911.
- Riets, W., Über die Kapazität von Spulen. Annalen d. Phys. **41**, 543. 1913. Jahrb. **7**, 535. 1912.
- Coursey, P. R., The calculation and design of inductances. Electrician **75**, 841. 1915. (Einfache Formeln und Zahlentafeln zur schnellen Berechnung der Selbstinduktionskoeffizienten von Zylinder- und Flachspulen.) Kurze Übersicht siehe ETZ **37**, 417. 1916.

5. Wellenmesser.

a) Resonanzwellenmesser.

- Slahy, Der Multiplikationsstab, ein Wellenmesser für drahtlose Telegraphie. ETZ **24**, 1007. 1903. (Ältester Resonanzwellenmesser.)
- Dönitz, J., Der Wellenmesser und seine Anwendung. ETZ **24**, 920. 1903. ETZ **25**, 119. 1904. (Ältester Wellenmesser mit veränderlicher Kapazität.)
- Nesper, E., Ein Universalmeßgerät für die Strahlentelegraphie und -telephonie. Jahrb. **1**, 112. 1907. (Geschichtliche Entwicklung. Dämpfungswiderstand. Ausführungsform von W. Hanemann. Übersicht über die verschiedenen Messungen.)
- Hirsch, R., Ein direkt zeigender Wellenmesser. Jahrb. **4**, 250. 1911.
- Eichhorn, G., Großer Wellenmesser Type E.G.W. System Telefunken. Jahrb. **8**, 168. 1914. (Ausführliche Darstellung nebst Beschreibung aller Anwendungen.)
- Thörnblad, Th. G., Die neuen Abtimmungs- und Meßinstrumente des Marconisystems. Jahrb. **4**, 97. 1910. (Ausführliche Beschreibung von Bau und Anwendung.)

- Fleming, J., The Fleming direct-reading cymometer and its applications. *Electrician* **58**, 405. 1907.
 Tissot, C., Ein Wellenmessermodell mit direkter Ablesung. *Jahrb.* **1**, 3. 1913.
 Kolster, F. A., Ein direkt anzeigender Dekrement- und Wellenmesser. *Jahrb.* **10**, 316. 1916. Kurze Übersicht: *Elektrot. u. Masch.* **34**, 277. 1916.
 Über die zur Erregung der Wellenmesser benutzte Lodge-Eichhornsche Summerschaltung siehe: Eichhorn, E., Stoß-Sender der drahtlosen Telegraphie. *Jahrb.* **9**, 206. 1914. *ETZ* **35**, 1001. 1914.

b) Wellenmesser mit sich kreuzenden Zeigern.

- Ferrié, G., Appareils à deux aiguilles, Système Ferrié et Carpentier. *Frequencemètres. Ohmmètres. Bull. de la Soc. Intern. d'Electriciens.* **10**, 1910. *Lumière Electr.* **13**, 427. 1910. *Jahrb.* **5**, 106. 1911. *ETZ* **32**, 474. 1911.

c) Dynamometrische Wellenmesser.

- Mandelstamm, L., und Papalexi, N., Über eine Methode zur Messung von logarithmischen Dekrementen und Schwingungszahlen elektromagnetischer Schwingungskreise. *Annalen d. Phys.* **33**, 490. 1910. *Jahrb.* **4**, 605. 1911.
 Seibt, G., Unmittelbar anzeigender Wellenmesser. *Jahrb.* **10**, 504. 1916.
 Scheller, O., Unmittelbar anzeigender Wellenmesser. *Jahrb.* **10**, 507. 1916.

d) Absolute Messungen.

- Dieselhorst, H., Absolute Messung der Wellenlänge elektrischer Schwingungen. *Jahrb.* **1**, 262. 1907. (Anwendung des Glimmlichtoszillographen.)
 — Frequenzmessung und Analyse elektrischer Schwingungen für drahtlose Telegraphie. *ETZ* **29**, 703. 1908.

e) Zusammenfassende Darstellung der verschiedenen Wellenmesser.

- Nesper, E., Die Frequenzmesser und Dämpfungsmesser der Strahlungs-telegraphie. *Helios* **19**, 585, 597, 612, 627. 1913. Auch als Sonderabdruck erschienen bei Hachmeister & Thal, Leipzig 1913.

6. Funkenstrecken.

- Über die physikalischen Grundlagen für den Bau von Entladestrecken, insbesondere über Zündspannung, Glimmstrom, siehe z. B. Müller-Pouillet's Lehrbuch der Physik und Meteorologie, herausgegeben von Leop. Pfundler, Bd. 4. 5. Bnd., 1914, S. 977. Dort auch zahlreiche Quellennachweise.
 Wien, M., Über die Intensität der beiden Schwingungen eines gekoppelten Senders. *Phys. Zeitschr.* **7**, 871. 1906.
 Glatzel, Br., Die Quecksilberfunkenstrecke und ihre Verwendung zur Erzeugung schwach gedämpfter Schwingungen. *Jahrb.* **2**, 65. 1908. Eine neue Methode zur Erzeugung von Hochfrequenzschwingungen nach dem Prinzip der Stoßerregung. *Annalen der Phys.* **34**, 711. 1911. (Versuche mit Wasserstoff-Funkenstrecke. Aufnahmen mit Glimmlichtoszillograph.) Kurze Übersicht: *Phys. Zeitschr.* **11**, 886, 890. 1910. *Jahrb.* **4**, 400. 1911.
 Arco, G., Graf von, Das neue Telefunken-system. *Jahrb.* **2**, 551. 1908. *ETZ* **30**, 535. 1909. *Jahrb.* **4**, 79. 1910.
 — The Telefunken System of wireless telegraphy. *Electrician* **68**, 171, 213, 249. 1911.
 Walter, H., Peuckerts high-frequency generator for wireless telegraphy on the quenched spark method. *Electrician* **54**, 550. 1910.
 Wasmus, A., Über Versuche an einer Polyfrequenzfunkenstrecke. *ETZ* **31**, 199. 1910. (Kurze Übersicht.)
 Lepel, E. v., The Lepel wireless telegraph system. *Electrician* **64**, 153. 1909.
 Boas, H., Löschfunkenstrecke für enge Kopplung. *Verh. d. D. Phys. Ges.* **13**, 527. 1911. **15**, 1130. 1913. *Jahrb.* **5**, 563. 1911.
 Schellersche Funkenstrecke. *Jahrb.* **5**, 244. 1911. *Jahrb.* **6**, 215. 1912.

- Neaper, E., Ungesteuerte und gesteuerte Stoßender für drahtlose Telegraphy. Jahrb. 4, 241. 1911. (Insbesondere auch geschichtliche Entwicklung der Entladestrecken, Zusammenstellung der wichtigsten Patente.)
- Droysen, O., Über Funkendämpfung und Löschwirkung. Ann. d. Phys. 46, 449. 1915. Jahrb. 10, 449. 1916. (Experimentaluntersuchung.)
- Maasing, H., und Wiesinger, H., Über Löschvorgänge in Funkenstrecken. Phys. Zeitschr. 15, 185. 1915. Jahrb. 10, 463. 1916. (Experimentaluntersuchung.)
- Stone-Stone, J., Der Funkenwiderstand und sein Einfluß auf den Verlauf der elektrischen Schwingungen. Jahrb. 10, 409. 1916. (Theoretische Untersuchung.)

7. Vorrichtungen zur Aufladung von Kondensatoren.

a) Unmittelbare Kapazitätsladung aus der Stromquelle.

Bedell, F., and Crehore, A. C., Alternating currents. Ithaca, N. Y. 1901. (Rechnerische Behandlung der einfachen Wechselstromerscheinungen mit Angabe aller Zwischenglieder und zahlreichen Zahlenbeispielen.)

b) Kapazitätsladung mittels Transformatoren.

- Seibt, G., Über Resonanzinduktoren und ihre Anwendung in der drahtlosen Telegraphie. ETZ 35, 276. 1904.
- Benischke, G., Der Resonanztransformator. ETZ 28, 25. 1907.
- Glage, G., Neuere Methoden zur Ladung von Kondensatorkreisen. Jahrb. 1, 185. 1907.
- Breitfeld, C., Der Resonanztransformator. ETZ 28, 627. 1907.
- Blondel, A., Sur la décharge des condensateurs alimentés par courants alternatifs et sur le réglage des transformateurs à résonance. Eclairage Electrique 51, 217. 253. 325. 1907.
- Bethenod, J., Über den Resonanztransformator. Jahrb. 1, 534. 1907. (Analytische und graphische Darstellung der Beziehungen. Zahlenbeispiele.)
- Turner, L. B., Der Schwingungskreis niedriger Frequenz in der Funkentelegraphie. Jahrb. 9, 141. 1914. Electrician 69, 604. 1912. (Zahlenbeispiele.)
- Naumann, O., Beiträge zur Theorie der Resonanztransformatoren. Elektr. u. Masch. 31, 925. 1913.
- Boas, H., Resonanztransformatoren. Jahrb. 3, 601. 1910. (Ausführungsform. Formeln zur Vorausberechnung.)
- Kimura, S., 1000 Funkenfrequenz. Jahrb. 5, 22. 1911. (Theoretische Untersuchung durch Zahlenbeispiele erläutert.)
- Studien über Resonanzinduktor mit 1000 periodischem Wechselstrom. Jahrb. 8, 459. 1913.

8. Luftleiter.

Strahlung des offenen Schwingungskreises.

- Hertz, H., Die Kräfte elektrischer Schwingungen. Annalen d. Phys. u. Chem. 26, 1. 1889. Gesammelte Werke II. Untersuchungen über die Ausbreitung der elektrischen Kraft, S. 147. 1894. (Schicklerung des Ausbreitungsvorgangs.)
- Rüdenberg, R., Der Empfang elektrischer Wellen in der drahtlosen Telegraphie. Annalen d. Phys. 25, 446. 1908. (Begriff des Strahlungswiderstandes.) Jahrb. 6, 170. 1912.
- Barekhausen, H., Theorie der gleichzeitigen Messung von Sende- und Empfangstrom. Jahrb. 5, 261. 1912. (Begriff der wirksamen Antennenhöhe.)
- Barreca, P., Betrachtungen über die seitens einer radiotelegraphischen Antenne ausgestrahlten Leistung und experimentelle Messung an einem speziellen Falle. Jahrb. 4, 31. 1910.
- Zweiter Beitrag zur Frage nach den Strahlungsfähigkeiten der Antenne. Jahrb. 5, 285. 1912.

9. Kapazitäten, Wellenlängen, Dämpfungswiderstände von Antennen.

- Austin, L. W., Antennenwiderstand. Jahrb. 5, 574. 1912. (Ergebnisse von Messungen des Antennenwiderstandes bei verschiedenen Wellenlängen.)

- Darrin, D., Operating characteristics of the umbrella type of aerial. *El. World* **58**, 948. 1911. (Experimentelle Untersuchung über den Einfluß von Neigung, Länge, Zahl der Drähte, Wellenlänge und Wetter auf den Empfangstrom. Versuchsordnung. Ergebnisse in Kurvenform.) Gekürzte Darstellung: *Electrician* **68**, 1042. 1912.
- Behnken, H., Eine Methode zur Messung der wirksamen Kapazität von Antennen. *Phys. Zeitschrift* **14**, 430. 1913. *Jahrb.* **1**, 425. 1913. (Formeln zur Vorausberechnung. Vergleich mit Versuchsergebnissen.) Gekürzte Darstellung: *Elektr. u. Masch.* **31**, 731. 1913.
- Cohen, L., Induktanz und Kapazität von linearen Leitern und die Bestimmung der Kapazität von horizontalen Antennen. *Jahrb.* **1**, 439. 1913. *Electrician* **70**, 881, 917. 1913. (Zahlenbeispiele.)
- Tissot, C., Über die Berechnung der Wellenlänge bei Einschaltung eines Kondensators in eine Antenne. *Jahrb.* **1**, 297. 1913. (Zahlenbeispiele.)
- Bellesceize, H. de., Prédétermination du rayonnements d'une antenne. *Lumière électr.* **25**, 556, 826. 1914.
- Cohen, L., Die elektrischen Konstanten der Antennen. *Jahrb.* **10**, 405. 1916. *Electr. World*, **63**, 286. 1915. Kurze Inhaltsangabe: *Helios* **21**, 275. 1915. (Analytisch-graphisches Verfahren zur Ermittlung der Schwingungszahl einer Antenne unter der Annahme, daß Kapazität und Selbstinduktion verteilt sind. Zahlenbeispiele.)
- Puchstein, A. F., Electrical constants of compound antennas. *Electr. World* **66**, 147. 1916. (Erweiterung der Arbeit von Cohen.)
- Howe, G. W. O., Über die Kapazität von Antennen. *Jahrb.* **10**, 412. 1916. (Berechnung der statischen Kapazität von Kästen, Reußen, Fächer-, T- und geknickten Antennen. Zahlenbeispiele.) *Auszug: Elektr. u. Masch.* **34**, 373. 1916.
- Braun, F., Zur Berechnung von Antennen. *Jahrb.* **9**, 1. 1914. (Verfahren zur rechnerischen Untersuchung der Strahlungsverhältnisse.)

10. Beschreibungen von Luftleitern und Stationen.

- Solff, K., Beschreibung der neuesten Form von Stationen für drahtlose Telegraphie nach dem System „Telefunken“. *ETZ* **27**, 875. 1906. (Die bis 1906 verwendeten Antennenformen.)
- Franke, A., Die Entwicklung der drahtlosen Telegraphie. *ETZ* **27**, 1002. 1906. (Schirmantenne.)
- Fessenden, R., Drahtlose Telegraphie. *ETZ* **26**, 950, 1162. 1905. *Electrician* **55**, 795. 1905. (Wasserstrahlantenne.) Ferner auch: *ETZ* **27**, 280, 690. 1906.
- Siewert, Die funkentelegraphische Großstation Nauen. (Alte Anordnung mit Knallfunkenstrecke.) *ETZ* **27**, 965. 1906. *Jahrb.* **1**, 149. 1907.
- Arco, G., Graf von, Drahtlose Telegraphie. *Jahrb.* **7**, 90. 1913. (Auf S. 107 Abbildungen des Innern der Neuanlage für Löschfunkenbetrieb.)
- The Lodge-Muirhead wireless apparatus. *Electrician* **51**, 1036. 1903.
- Sörensen, S. M., Die Radiotelegraphenstation Cullercoats. *ETZ* **31**, 1025. 1910. (Zahlenwerte für die Abmessungen der Stationsbestandteile. Schaltung für Knallfunken sender und Poulson generator.)
- Brenot, P., La Station radiotélégraphique de la tour Eiffel. *Lumière électrique* **15**, 259. 1911. Ferner: *Electrician* **71**, 314. 1913.
- Die Radiostation Eiffelturm (Paris). *Jahrb.* **9**, 78. 1914. (Ausführliche Beschreibung mit guten Abbildungen.)
- Todd, D. W., Die Radio-Großstation Arlington. *Jahrb.* **9**, 183. 1914. (Ausführliche Beschreibung mit Abbildungen.)
- Thurn, H., Die Funkentelegraphie an Bord von Handelsschiffen. *ETZ* **33**, 1023, 1055, 1083. 1912.
— Die Funkentelegraphie an Bord des Imperator. *ETZ* **35**, 66. 1914.
— Funkentelegraphie und Luftfahrt. *ETZ* **35**, 791, 824, 850. 1914.
- Bethenod, J., Wireless telegraphy antenne for long waves. *Electr. World* **66**, 412. 1915. (Vorschlag zum Bau einer Spiralantenne an Stelle einer geknickten, die bei gleicher Kapazität viel kleineren Raum erfordert.)
- Hogan jr., J. L., A new Marconi transatlantic service. *Radiotelegraphic transmission between the coasts of Wales and New Jersey soon to be undertaken. Electr. World* **64**, 425. 1914. *ETZ* **36**, 414. 1915. (Beschreibung der Anlage und Angaben über die geknickte Antenne in Carnarvon [England]. Gegensprechen nach Marconi.)

11. System Braun-Slaby-Arco.

- Braun, F., Elektrische Schwingungen und drahtlose Telegraphie. Jahrb. 4, 1. 1910. Ferner: Jahrb. 8, 475. 1914. (Mitteilungen von Zenneck über die ersten Versuche mit gekoppelten Kreisen.)
- Oberbeck, A., Über den Verlauf der elektrischen Schwingungen bei den Teslaschen Versuchen. Annalen d. Phys. u. Chem. 55, 623. 1895. (Einfache und genaue Ableitung der Gleichungen für Schwingungsdauer, Spannungen und Dämpfungsfaktoren von zwei gekoppelten Kreisen.)
- Wien, M., Über die Rückwirkung eines resonierenden Systems. Annalen d. Phys. u. Chem. 61, 151. 1897.
- Drude, P., Über induktive Erregung zweier elektrischer Schwingungskreise mit Anwendung auf Perioden- und Dämpfungsmessung. Teslatransformatoren und drahtlose Telegraphie. Annalen d. Phys. 13, 512. 1904.
- Stone-Stone, J., Schwingungszahlen und Dämpfungskoeffizienten gekoppelter Oscillatoren. ETZ 33, 111. 1912. Jahrb. 7, 8. 1913. Lumière électr. 12, 435. 1910.
- Glatzel, Br., Methoden zur Erzeugung von Hochfrequenzenergie. Helios 19, 125, 137, 161, 185. 1913. (Auch als Sonderabdruck erschienen bei Hachmeister & Thal, Leipzig. (Behandelt sehr übersichtlich die physikalischen Vorgänge bei den verschiedenen Verfahren. Zahlreiche Oszillogramme.)
- Kiebitsz, F., Anwendung des allgemeinen Gesetzes der magnetischen Kopplung. Jahrb. 8, 45. 1914.
- Kimura, S., Design of radio-telegraph Station. Electrician 70, 50, 95, 135. 1912.
- Blattermann, A. S., Design of the radio telegraph transmitter. Electrician 72, 780, 821, 860. 1914.
- Bouvier, P., Remarques sur le calcul des postes radiotélégraphiques à résonance. Lumière électr. 25, 385, 417. 1914.

12. System der tönenden Löschfunken.

- Wien, M., Über die Intensität der beiden Schwingungen eines gekoppelten Senders. Phys. Zeitschr. 7, 871. 1906.
- Über die Dämpfung von Kondensatorschwingungen. Annalen d. Phys. 25, 625. 1908.
- Über die Erzeugung und Anwendung schwach gedämpfter elektrischer Schwingungen. Jahrb. 1, 460. 1908.
- Rein, H., Der radiotelegraphische Gleichstromsender. Phys. Zeitschr. 11, 591. 1910.
- Glatzel, Br., Methoden zur Erzeugung von Hochfrequenzenergie. Helios 19, 163. 1913.
- Neaper, E., Über Stoßsender der drahtlosen Telegraphie. ETZ 35, 322, 359. 1914.
- Diese beiden Arbeiten von Glatzel und Neaper berücksichtigen auch eingehend die geschichtliche Entwicklung der Löschfunkenstrecken.
- Eichhorn, E., Stoßsender der drahtlosen Telegraphie. Jahrb. 2, 206. 1914. ETZ 35, 1001. 1914. (Lodge-Eichhornsche Summerschaltung.)
- Bouvier, P., Remarques sur le calcul des postes radiotélégraphiques à résonance. Lumière électr. 25, 385, 417. 1914. (Mit Zahlenbeispielen.)
- Eichhorn, E., Telefunkenhilfszündung (Zusatzapparat für tönende Löschfunken-sender.) Jahrb. 7, 607. 1913. (Schaltungsanordnung.)
- Ausführliche Beschreibungen der Einzelteile von Löschfunkenanlagen siehe:
- Arco, G., Graf von, Das neue Telefunken-system. Jahrb. 2, 551. 1908. ETZ 30, 535. 1908. Jahrb. 4, 79. 1910.
- The Telefunken System of wireless telegraphy. Electrician 68, 171. 1911.
- Drahtlose Telegraphie. Jahrb. 7, 90. 1913.
- Thurn, H., Die Funkentelegraphie an Bord von Handelsschiffen. ETZ 33, 1023, 1055, 1083. 1912.
- Die Funkentelegraphie an Bord des Imperator. ETZ 35, 66. 1914. Electrician 72, 408. 1913.
- Funkentelegraphie und Luftfahrt. ETZ 35, 791, 824, 850. 1914.
- Die Funkentelegraphie. Verlag von Teubner, Leipzig 1915. Aus Natur und Geisteswelt Nr. 167. (Behandelt zuerst die allgemeinen Grundlagen, darauf das Löschfunken-system von Telefunken, ferner Telephonie und Anwendungen im Verkehrsleben.)
- Lepel, E. v., The Lepel wireless telegraph System. Electrician 64, 153. 1909.
- Niemann, Funkentelegraphie für Flugzeuge und ihre Bedeutung für den künftigen Luftverkehr. Berlin 1919. Verlag G. Braunbeck, G. m. b. H.
- Funkentelegraphie im Flugzeug. Jahrbuch Bd. 14, Heft 1.

13. Funkensysteme mit umlaufenden Entladestrecken.

- The Marconi system of wireless telegraph. *Electrician* **69**, 95, 133, 177, 219. 1912.
 Nesper, E., Neuerungen beim Marconisystem. *Jahrb.* **6**, 438. 1913.

14. Das Poulsensche Lichtbogensystem.

- Duddell, W., On rapid variations in the current trough the direct current arc. *Electrician* **46**, 269. 1900.
 Peuckert, W., Neue Wirkungen des Gleichstromlichtbogens. *ETZ* **22**, 467. 1901. (Angaben für Versuche mit dem pfeifenden Lichtbogen. Zahlenwerte.)
 Simon, H. Th., Über ungedämpfte elektrische Schwingungen. *Jahrb.* **1**, 16. 1907. (Theorie der Lichtbogenschwingungen von Simon. Dort auch weitere Literaturhinweise.)
 Poulsen, V., Ein Verfahren zur Erzeugung ungedämpfter elektrischer Schwingungen und seine Anwendung in der drahtlosen Telegraphie. *ETZ* **37**, 1040, 1075. 1906. (Vortrag, gehalten in der Festsetzung des Elektrot. Vereins am 23. X. 1906.)
 Kiehlitz, F., Einige Versuche über schnelle elektrische Schwingungen. *Jahrb.* **2**, 357. 1908. *ETZ* **30**, 20. 1909. (Versuche mit einfachen Hilfsmitteln.)
 Barkhausen, H., Das Problem der Schwingungserzeugung. Leipzig 1907.
 — Die Erzeugung dauernder elektrischer Schwingungen durch den Lichtbogen. *Jahrb.* **1**, 243. 1907.
 — Funke oder Lichtbogen? *Jahrb.* **2**, 40. 1908.
 Wagner, K. W., Über die Erzeugung von Wechselstrom durch einen Gleichstromlichtbogen. *ETZ* **30**, 603, 627. 1909. (Übersichtliche mathematisch-physikalische Darstellung der Schwingungsvorgänge.)
 Glatzel, R., Methoden zur Erzeugung von Hochfrequenzenergie. *Helios* **19**, 137. 1913.

15. Vieltonsender.

- Rein, H., Der radiotelegraphische Gleichstromtonsender. *Phys. Zeitschr.* **11**, 591. 1910.
 — Der radiotelegraphische Gleichstromtonsender. Langensalza, 1912. Kurze Übersicht: *Jahrb.* **4**, 196. 1910.
 — The multitone System. Proceedings of the institute of radio engineers. New York **1**, 5. 1913.
 Eichhorn, E., Der radiotelegraphische Gleichstromtonsender der C. Lorenz Aktiengesellschaft (Berlin). *Jahrb.* **4**, 129. 1910.
 Nesper, E., Ungesteuerte und gesteuerte Sender für drahtlose Telegraphie. *Jahrb.* **4**, 241. 1911.
 — Über Stösender der drahtlosen Telegraphie. *ETZ* **35**, 361. 1914.
 Eales, H., Patentschau. *Jahrb.* **5**, 244. 1911. **6**, 215. 1912. (Beschreibung der Schellerschen Funkenstrecke für den Vieltonsender.)
 Glatzel, R., Methoden zur Erzeugung von Hochfrequenzenergie. *Helios* **19**, 185. 1913.

16. Glimmlichtoszillograph.

- Diesselhorst, H., Frequenzmessungen und Analyse elektrischer Schwingungen für drahtlose Telegraphie. *ETZ* **29**, 703. 1908.
 Eichhorn, E., Das Glimmlichtoszilloskop (von Boas). *Jahrb.* **3**, 404. 1910. (Anordnung und Schaltung.)
 Nesper, E., Neue Frequenzmesser der Strahlentelegraphie. *Helios* **19**, 587. 1913.

17. Wellenprüfer mit umlaufendem Leuchtröhre.

- Fleming, J. A., Neue Beiträge zur Entwicklung der Telegraphie mittels elektrischer Wellen. *Jahrb.* **1**, 68. 1907. (Hinweis auf Verwendung der umlaufenden Leuchtröhre, S. 89.)
 Kiehlitz, F., Einige Versuche über schnelle kontinuierliche Schwingungen. *ETZ* **30**, 20. 1909. *Jahrb.* **2**, 357. 1908.
 Eales, H., Hilfsmittel für drahtlose Telegraphie. *Jahrb.* **4**, 226. 1910.
 Arco, G., Graf von, Das neue Telefunkenystem. *Jahrb.* **4**, 80. 1910.

18. Hochfrequenzmaschinen.

- Alexanderson, E. F. W., Wechselstrommaschine für die Frequenz 100 000. ETZ **30**, 1003. 1909. Zeitschrift für Instrumentenkunde **30**, 164. 1910.
- Hochfrequenzapparate für drahtlose Telegraphie und Telephonie. ETZ **33**, 659. 1912.
- Goldschmidt, R., Maschinelle Erzeugung von elektrischen Wellen für drahtlose Telegraphie. ETZ **32**, 54. 1911. Jahrb. **4**, 341. 1911.
- Verfahren zur Verminderung der Beanspruchung der Isolation von Hochfrequenzmaschinen. Jahrb. **10**, 187. 1916.
- Schaltungsanordnung für Hochfrequenzmaschinen. Jahrb. **10**, 379. 1916.
- The Goldschmidt high-power wireless Station at Hannover. Electrician **71**, 219. 1913. (Schaltung für Generator und Motor.)
- Glatzel, Br., Methoden zur Erzeugung von Hochfrequenzenergie. Helios **19**, 125, 137. 1913.
- Rusch, F., Die Goldschmidtsche Hochfrequenzmaschine. Jahrb. **4**, 348. 1911. (Mathematische Behandlung der Vorgänge.)
- Lodge, O., Über die Goldschmidtsche Hochfrequenzmaschine und über die Fortpflanzung von Wellen durch die Atmosphäre in der drahtlosen Telegraphie. Jahrb. **7**, 514. 1913.
- Kühn, L., Die Goldschmidtsche Hochfrequenzmaschine in der Selbsterregungsschaltung. Jahrb. **9**, 321. 1915.
- Die Goldschmidtsche Hochfrequenzmaschine als Empfangsmaschine. Jahrb. **9**, 361. 1915. Helios **20**, 345. 1914.
- Hogan, jr. J. L., The Goldschmidt transatlantic radiostation (Tuckerton). Electr. World **64**, 853. 1914. (Abbildung des 100 Kilowatt-Generators. Schaltung für Maschine und Tonrad.)
- Arco, G., Graf von, Drahtlose Telegraphie. Jahrb. **7**, 105. 1913.
- Eales, H., Einrichtung der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, Berlin, zum Tasten drahtloser Signale. Jahrb. **9**, 483. 1915. **10**, 195. 1915.
- Elektrostatische Maschine zur Erzeugung von Wechselströmen hoher Frequenz von Petersen, W. Jahrb. **7**, 357. 1913. Ferner auch; Glatzel, B., Helios **19**, 137. 1913.
- Eichhorn, E., Über Hochfrequenzmaschinen. Jahrb. **6**, 370. 1913.
- Dieselhorst, H., Die Fortschritte der drahtlosen Telegraphie. ETZ **35**, 561. 1914. Jahrb. **10**, 17. 1915.
- Heyland, A., Verfahren und Einrichtung zur Erzeugung von Hochfrequenzströmen. D. R. P. Nr. 261 030. Klasse 21a, Gruppe 66. Jahrb. **7**, 335. 1913.
- Bouthillon, L., Konstruktionsprinzip einer neuen, für Hochfrequenz geeigneten Generatortype. Jahrb. **8**, 34. 1914.
- Schmidt, K., Die günstigste Polform bei Hochfrequenzmaschinen. ETZ **36**, 283. 1915. Hierzu Berichtigung S. 419.

19. Die ruhenden Frequenzwandler.

- Joly, M., Transformateurs statiques de fréquence. Lumière Electr. **14**, 195. 1911.
- Vallauray, G., Statische Frequenzverdoppler. ETZ **32**, 988. 1911.
- A static frequency duplicator. Electrician **68**, 582. 1912.
- Kock, F., Die Methoden zur Frequenzvervielfachung und ihre Anwendbarkeit zur Erzeugung hoher Frequenzen. Helios **19**, 49, 71. 1913. (Zusammenstellung der verschiedenen Verfahren. Literaturnachweise.)
- Glatzel, Br., Methoden zur Erzeugung von Hochfrequenzenergie. Helios **19**, 130. 1913.
- Zenneck, J., Die Transformation der Frequenz. Jahrb. **7**, 412. 1913. (Erklärung der Wirkungsweise der Frequenzwandler mit vielen, mittels Braunscher Röhre aufgenommenen Oszillogrammen.)
- Arco, G., Graf von, Drahtlose Telegraphie. Jahrb. **7**, 106. 1912. (Hinweis auf Verwendung von Frequenzwandlern bei der Anordnung der Ges. f. drahtl. Telegr.)
- Dieselhorst, H., Die Fortschritte der drahtlosen Telegraphie. ETZ **35**, 562. 1914. Jahrb. **10**, 18. 1915.
- Kühn, L., Theorie, Berechnung und Konstruktion eingeschlossener Transformatoren für ungedämpften Wechselstrom. Helios **21**, 469, 477, 488, 501. 1915. (Zahlenbeispiele insbesondere für gegebene Antennenverhältnisse.)

- Dreyfuß, L., Die analytische Theorie des statischen Frequenzverdopplers. Archiv für Electrot. **2**, 343. 1914. Jahrb. **10**, 244. 1916.
- Taylor, A. M., Static Transformers for the simultaneous changing of frequency and pressure of alternating currents. Electrician **73**, 170. 1914.

20. Magnetische Eigenschaften des Eisens bei Hochfrequenz.

- Schames, L., Über die Abhängigkeit der Permeabilität des Eisens von der Frequenz bei Magnetisierung durch ungedämpfte Schwingungen. Annalen d. Phys. **27**, 64. 1908. Jahrb. **3**, 343. 1910.
- Alexanderson, E. F. W., Die magnetischen Eigenschaften des Eisens bei Hochfrequenz bis zu 200 000 per Sek. ETZ **32**, 1078. 1911.
- Faßhender, H., und Hupka, E., Magnetische Untersuchungen im Hochfrequenzkreis. Verh. d. D. Phys. Ges. **14**, 408. 1912. Gekürzte Darstellung: Jahrb. **6**, 133. 1912. Ferner auch: Phys. Zeitschr. **14**, 1042. 1913.
- Faßhender, H., Die magnetische Leitfähigkeit im Hochfrequenzmaschinenbau. Archiv für Electrot. **4**, 140. 1915.

21. Theorie der Empfangsschaltung.

- Rüdenberg, R., Der Empfang elektrischer Wellen in der drahtlosen Telegraphie. Annalen d. Phys. **25**, 446. 1908. Jahrb. **6**, 170. 1912.
- Barkhausen, H., Funke oder Lichtbogen? Jahrb. **2**, 40. 1908.
- Bethenod, J., Über den Empfang elektromagnetischer Wellen in der Radiotelegraphie. Jahrb. **2**, 603. 1909. **3**, 302. 1910.
- Vergleich zwischen induktiver und direkter Schaltung bei radiotelegraphischen Stationen. Jahrb. **3**, 297. 1910.
- Über den günstigsten Wert des Nutzwiderstandes eines Resonators. Jahrb. **6**, 436. 1913. (Diese drei Arbeiten von Bethenod liegen den Darstellungen S. 242—250 zugrunde.)
- Pedersen, P. O., Über den Empfang kontinuierlicher elektromagnetischer Wellen in der Radiotelegraphie. Jahrb. **3**, 283. 1909.
- Kiebitz, F., Über aperiodische Detektorkreise. ETZ **33**, 132. 1912.
- Rein, H., Ein Beitrag zur Frage der elektrischen Abstimmfähigkeit der verschiedenen radiotelegraphischen Systeme. Phys. Zeitschr. **14**, 633. 1913. Jahrb. **8**, 393. 1914.
- Soll man die radiotelegraphischen Großstationen mit gedämpften oder ungedämpften Schwingungen betreiben? ETZ **35**, 875. 1914. Jahrb. **10**, 216. 1916.
- Riegger, H., Über den gekoppelten Empfänger. Jahrb. **8**, 58. 1914. **9**, 229. 1915. (Eine sehr eingehende theoretische und experimentelle Behandlung des Gegenstandes. Dort weitere Literaturnachweise.)

22. Wellenanzeiger.

a) Kontaktdetektoren.

- Braun, F., Ein neuer Wellenanzeiger. ETZ **27**, 1199. 1906.
- Brandes, H., Über Abweichungen vom Ohmschen Gesetz, Gleichrichtwirkung und Wellenanzeiger für drahtlose Telegraphie. ETZ **27**, 1015. 1906.
- Kiebitz, F., Über aperiodische Detektorkreise. ETZ **32**, 132. 1912. Jahrb. **6**, 415. 1913.
- Tissot, C., Über Detektoren für elektrische Schwingungen, basierend auf den thermoelektrischen Erscheinungen. Jahrb. **2**, 115. 1908.
- Widerstand von Gleichrichterdetektoren. ETZ **34**, 720. 1913. Jahrb. **8**, 100. 1914. (Zahlenwerte für 12 Zusammenstellungen.)
- Coursey, P. R., Some characteristic curves and sensitivity tests of crystal and other detectors. Electrician **73**, 183. 1914. (Werte für Empfindlichkeit.)
- Rinkel, R., Die Wirkungsweise des Kontaktdetektors. Jahrb. **10**, 64, 72. 1915.

b) Gasdetektoren.

- Wehnelt, A., Ein elektrisches Ventilrohr. Annalen d. Phys. **19**, 138. 1906. Ferner: Phys. Zeitschr. **5**, 680. 1904.

- Tissot, C., Ionised gas electric wave detectors. *Electrician* **58**, 729. 1907.
- Fleming, J. A., Oscillation valve or audion. *Electrician* **61**, 843. 1908.
- Forest, L. de, Oscillation valve or audion. *Electrician* **61**, 1006. 1908.
- Der Audion-Detektor und -Verstärker. *ETZ* **35**, 699. 1914. (Neueste Anordnung. Abbildungen.)
Jahrb. **9**, 383. 1915.
- The ultraudion detector for undamped waves. *Electr. world* **65**, 465. 1915.
- Taylor, A. H., The double audion type receiver. *Electr. World* **65**, 652. 1915. (Anordnung zur Aufnahme von ungedämpften Schwingungen.)
- Eccles, W. H., Recent patents in wireless telegraphy and telephony. *Electrician* **62**, 210. 1908.
- Research in radiotelegraphy. *Electrician* **63**, 504. 1909. (Verschiedene Schaltungen und Charakteristiken.)
- Majorana, Q., Experimentaluntersuchungen über drahtlose Telephonie. *Jahrb.* **2**, 347. 1909. **7**, 462. 1913.
- Austin, W., The comparative sensitiveness of some common detectors of electrical oscillations. *Electrician* **67**, 709. 1911. (Vergleichsmessungen der Empfindlichkeit von elektrolytischem — Magnet — Flemingvacuum Detektor und Audion.)
- Hund, A., Die Glühkathodenapparate im hochgradigen Vakuum und ihre Verwendung in der Elektrotechnik. *Jahrb.* **10**, 521. 1916. (Wirkungsweise. Formeln und Zahlenwerte für die Ströme. Gesichtspunkte und Angaben für den Bau, Verwendung als Verstärker, Telephonisender und Wechselstromerzeuger. Durch ausführliche, wertvolle Angaben ausgezeichnete Arbeit.)

e) Die elektrolytische Zelle.

- Schlömilch, W., Ein neuer Wellendetektor für drahtlose Telegraphie. *ETZ* **24**, 959. 1903. Dreispitzendetektor: *Jahrb.* **5**, 432. 1911.
- Reich, M., Einige Beobachtungen am Schlömilch-Wellendetektor für drahtlose Telegraphie. *Phys. Zeitschr.* **3**, 338. 1904. (Aufnahmen mit Schleifenoszillograph.)
- Rothmund, V., u. Lessing, A., Versuche mit dem elektrolytischen Wellendetektor. *Annalen d. Phys.* **45**, 163. 1904.
- Ludewig, P., Die physikalischen Vorgänge in der Schlömilchzelle. *Jahrb.* **3**, 411. 1910.
- Jégou, P., Le détecteur électrolytique. *Lumière électr.* **25**, 69, 100. 1914. (Formen, Schaltungen, Bedeutung der Hilfsspannung.)

d) Der Magnetdetektor.

- The Marconi system of wireless telegraphy. *Electrician* **69**, 133. 1912.

e) Tikker und Schleifer.

- Poulsen, V., Ein Verfahren zur Erzeugung ungedämpfter elektrischer Schwingungen und seine Anwendung in der drahtlosen Telegraphie. *ETZ* **27**, 1043. 1906.
- Mosler, Tikkerempfang mit aperiodischem Kreis. *ETZ* **32**, 1027. 1911.
- Kieblitz, F., Über aperiodische Detektorkreise. *ETZ* **33**, 132. 1911.
- Austin, E. W., Der Gleichrichterdetektor mit Schließkontakt. *Phys. Zeitschr.* **12**, 867. 1912.

f) Zusammenfassende Darstellungen über Detektoren siehe:

- Sachs, J. S., Detektoren für elektrische Wellen. *Jahrb.* **1**, 130, 279, 434, 584. 1907. **2**, 218. 1908. (Ausführliche Beschreibung der bis 1908 bekannten Detektoren.)
- Nesper, E., Detektoren für drahtlose Telegraphie. *Jahrb.* **4**, 312, 423, 534. 1911.
- Bangert, K., Eigenschaften der wichtigsten Detektoren der drahtlosen Telegraphie. *Phys. Zeitschr.* **11**, 123. 1910. *Jahrb.* **5**, 59, 218. 1910.

g) Schwebungsempfang.

- Fessenden, R. A., The principles of electric wave telegraphy. *Electrician* **59**, 484. 1907.
- Austin, L. W., Der Heterodympfänger von Fessenden. *Jahrb.* **8**, 443. 1914.

Latour, M., Considerations of the sensitiveness of the heterodyn-receiver in wireless telegraphy. Electr. World **65**, 1039. 1915.

b) Tonrad.

Goldschmidt, R., Das Tonrad als Detektor in der drahtlosen Telegraphie. ETZ **35**, 93. 1914. Jahrb. **8**, 516. 1914.

Hogan, Fr. J. L., The Goldschmidt transatlantic radio station (Tuckerton). Electr. World **64**, 853. 1914. (Schaltung des Tonrades.)

23. Kathodenröhrenverstärker.

Eklé, M., Majoranas neuer Wellendetektor. Jahrb. **7**, 462. 1913. (Experimentelle Untersuchung über die Wirkungsweise, insbesondere die Stromverstärkung.)

Reiss, E., Neues Verfahren zur Verstärkung elektrischer Ströme. ETZ **34**, 1359. 1913. (Wirkungsweise, Bau und Schaltung der Liebenröhre.)

Eichhorn, G., Tonverstärker. Jahrb. **8**, 446. 1914.

Lindemann, R., und Hupka, E., Die Liebenröhre. Theorie ihrer Wirkungsweise. Untersuchungen über Stromverzerrung und Trägheit der Entladung. Archiv f. Electrot. **3**, 49. 1914.

Forest, L. de, Der Audiondetektor und -verstärker. ETZ **35**, 699. 1914.

— Das Audion als Generator für Hochfrequenzströme. ETZ **35**, 856. 1914.

— Der Audionverstärker und das „Ultraudion“. Jahrb. **9**, 383. 1915.

— The ultraudion detector for undamped waves. Electr. World **65**, 465. 1915.

Taylor, A. H., The double audion type receiver. Electr. World **65**, 652. 1915.

Eichhorn, E., Eine neue Methode zur Erzeugung von Hochfrequenzschwingungen. Jahrb. **9**, 393. 1915. (Schaltung zur Verwendung der Kathodenröhre als Schwingungserzeuger. Ansicht des Apparates.)

Armstrong, E. H., Operating features of the audion. Explanation of its action as an amplifier, as a detector for high frequency oscillations and as a „valve“. Electr. World **64**, 1149. 1914. (Untersuchung mit Schleifenszillograph.)

Hund, A., Die Glühkathodenapparate im hochgradigen Vakuum und ihre Verwendung in der Elektrotechnik. Jahrb. **10**, 521. 1916. (Näheres über diese Arbeit siehe unter „Gasdetektoren“.)

24. Mechanische Verstärker.

Eichhorn, E., Der Tonverstärker mit Zellschreiber. Jahrb. **5**, 301. 1911.

Brown, S. G., A telephone relay. Electrician **65**, 139. 1910. Neues Telephonrelais. ETZ **31**, 612. 1910. Jahrb. **4**, 212. 1910.

Wagner, K. W., Das Brown-Telephonrelais. Phys. Zeitschr. **13**, 945. 1912.

25. Maßnahmen zur Störfreie auf der Empfangsseite.

Eichhorn, G., Das Gegensprechen in der Radiotelegraphie und Radiotelephonie. Jahrb. **7**, 230. 1913. (Gegensprechrelais von Telefunken. Anordnung von Marconi nach S. 310.)

Hogan jr. J. L., A new Marconi Transatlantic service. Electr. World **64**, 425. 1915. ETZ **36**, 414. 1915. (Anordnung zum Gegensprechen nach Marconi.)

Eccles, W. H., Recent wireless telegraphy patents. Electricians **69**, 465. 1911. Siehe auch Electrician **69**, 96, 97. 1912. (Schutz gegen atmosphärische Störungen.)

Austin, L. W., Ein mit Kristallkontakt arbeitender Störungsverhinderer für den Empfang in der drahtlosen Telegraphie. Jahrb. **8**, 481. 1914. Electrician **72**, 176. 1913. (Zahlenwerte für Versuchsergebnisse.)

26. Schaltungen für Mehrfachempfang.

Scheller, O., Schaltungsanordnung zum gleichzeitigen Empfang mehrerer Wellen mit einer Antenne. Jahrb. **8**, 620. 1914. (Zu S. 320.)

27. Schutz gegen das Ablangen von Nachrichten.

- Pedersen, P. O., Zusammenstellung der Methoden zum Geheimhalten von Funkentelegrammen. Elektr. u. Masch. **30**, 15. 1912. (Kurze Übersicht.)

28. Drahtlose Telephonie.

- Poulsen, V., Ein Verfahren zur Erzeugung ungedämpfter elektrischer Schwingungen und seine Anwendung in der drahtlosen Telegraphie. ETZ **37**, 1040. 1906.
 — Drahtlose Telephonie. Jahrb. **1**, 425. 1908.
 Areo, G., Graf von, Drahtlose Telephonie. Jahrb. **1**, 420. 1908. (Vollständige Schaltung für den Betrieb mit 6 Telefunkenlampen.)
 Eichhorn, E., Drahtlose Telephonie nach de Forest. Jahrb. **1**, 595. 1907. (Schaltungen für Sender und Empfänger. Gesamtansicht.)
 Kühn, L., Über ein neues radiotelephonisches System. ETZ **35**, 816, 1018. 1914. Etwas abgeänderte Darstellung. Jahrb. **9**, 502. 1915. (Theorie und Schaltung für die Anordnung der Ges. f. drahtl. Telegr. Verwendung von Frequenzwandlern.) Über Versuchsergebnisse siehe: Jahrb. **7**, 221. 1913.
 Fessenden, R. A., Long distance wireless telephony. Electrician **59**, 985. 1907.
 — Wireless telephony. Electrician **51**, 762, 785, 828, 867, 993. 1908. (Schaltungen. Versuchsanordnung. Abbildungen der Apparate. Versuchsergebnisse.)
 Jentsch, O., Drahtlose Telephonie. ETZ **30**, 352. 1909. (Geschichtl. Entwicklung.)
 — Fessenden drahtlose Telegraphie und Telephonie. Jahrb. **4**, 63, 300. 1909.
 Nesper, E., Moderne Radiotelephonie nach Poulsen. Jahrb. **3**, 83. 1909.
 Dubillier, W., The Collins long distance wireless telephone. Electrician **64**, 850. 1910.
 — Wireless telegraph station at Seattle. Electrician **67**, 739. 1911. Jahrb. **6**, 397. 1913.
 — Improved wireless telephone transmitter. Electrician **67**, 931. 1911.
 Ditcham, W. F., Quenched spark wireless telephony. Electrician **72**, 560. 1914. (Duhillier und Ditcham verwenden Telephoniesender mit Löschfunkenstrecken, die mit Gleichstrom gespeist werden.)
 Pedersen, P. O., Beiträge zur Theorie der drahtlosen Telephonie. Jahrb. **5**, 449. 1912. (Mathematische Untersuchung der günstigsten Betriebsbedingungen für Telephoniesender bei Verwendung von Hochfrequenzmaschinen und Lichtbogengeneratoren für die verschiedenen Schaltungen.) Eine übersichtliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse dieser Arbeit siehe: Elektr. u. Masch. **30**, 610. 1912.
 Voice carried 4900 miles by radio. Electr. World **66**, 788. 1915. (Verwendung von 300 nebeneinander geschalteten Kathodenröhren, die 100 Ampere Antennenstrom liefern.) Kurzer Auszug: ETZ **37**, 364. 1916.
 Händ, A., Die Glühkathodenapparate im hochgradigen Vakuum und ihre Verwendung in der Elektrotechnik. Jahrb. **10**, 521. 1916. (Siehe auch unter „Gasdetektoren“.)

29. Starkstrommikrophone.

- Majorana, Q., Experimentaluntersuchungen über drahtlose Telephonie. Jahrb. **7**, 347. 1909.
 — Recherches et expériences de radiotéléphonie. Lumière électr. **11**, 246, 276. 1910. (Verschiedene Versuchsformen.)

30. Richtungstelegraphie.**a) Allgemeine Grundlagen.****a) Ausbreitung der Wellen.**

- Hertz, H., Die Kräfte elektrischer Schwingungen. Annalen d. Phys. u. Chem. **36**, 1. 1889. Gesammelte Werke II. Untersuchungen über die Ausbreitung der elektrischen Kraft, S. 147. 1894.

β) Einflüsse der Erdschichten auf die Ausbreitung der Wellen.

- Zenneck, J., Über die Fortpflanzung ebener elektromagnetischer Wellen längs einer ebenen Leiterfläche und ihre Beziehung zur drahtlosen Telegraphie. *Annalen d. Phys.* **23**, 846. 1907. (Der Arbeit sind die Abbildungen 326, 328a und 329 entnommen.)
- Pierce, G. W., *The principles of wireless telegraphy and telephony.* New York 1910. (Dem Buche ist Abbildung 328b entnommen.)
- Mack, F., Die Ausbreitung ebener elektromagnetischer Wellen längs eines geschichteten Leiters, besonders in den Fällen der drahtlosen Telegraphie. *Annalen d. Phys.* **27**, 43. 1908. (Eine Erweiterung der Arbeit von Zenneck auf geschichtete Flächen. Einfluß der Lage des Grundwassers.) Gekürzte Darstellung: *Jahrb.* **2**, 165. 1908.
- Sommerfeld, A., Über die Ausbreitung der Wellen in der drahtlosen Telegraphie. *Annalen d. Phys.* **28**, 665. 1909. (Der Arbeit ist die Abbildung 327 entnommen.)
- Ausbreitung der Wellen in der drahtlosen Telegraphie. Einfluß der Bodenbeschaffenheit auf gerichtete und ungerichtete Wellenzüge. *Jahrb.* **4**, 157. 1910.
- True, H., Über die Erdströme in der Nähe einer Sendeantenne. *Jahrb.* **5**, 125. 1911. (Experimentelle Untersuchung.)
- Reich, M., Über den dämpfenden Einfluß der Erde auf Antennenschwingungen. *Jahrb.* **5**, 176, 253. 1911. (Messungen bei unmittelbarer und kapazitiver Erdung.)
- Epstein, P., Kraftliniendiagramme für die Ausbreitung der Wellen in der drahtlosen Telegraphie bei Berücksichtigung der Bodenbeschaffenheit. *Jahrb.* **4**, 177. 1910.
- Rybezinski, W., Über die Ausbreitung der Wellen in der drahtlosen Telegraphie. *Annalen d. Phys.* **41**, 191. 1913.
- Erb, F., Über die Ausbreitung Hertzscher Wellen an Metallen und Salzlösungen. *Jahrb.* **6**, 520. 1913. (Experim. Nachprüfung der Formeln von Sommerfeld.) Übersicht. *ETZ* **34**, 151. 1913. Vgl. hierzu auch: *Jahrb.* **9**, 224. 1914.
- Sjöström, M., Bemerkungen zur Frage über die Ausbreitung Hertzscher Wellen an Leitern und Halbleitern. *Jahrb.* **8**, 238. 1914.
- Hörschelmann, H. v., Über die Wirkungsweise des geknickten Marconischen Senders in der drahtlosen Telegraphie. *Jahrb.* **5**, 14. 1911.
- Austin, L. W., Wellenlänge und Erdabsorption von elektrischen Wellen. *Jahrb.* **5**, 417. 1911.
- Diesselhorst, H., Die Fortschritte der drahtlosen Telegraphie. *ETZ* **35**, 586. 1914. *Jahrb.* **10**, 29. 1915.
- Sankey, H. R., Reichweiten funkentelegraphischer Apparate. *ETZ* **32**, 474. 1911. (Zusammenstellung der Reichweiten englischer Militärstationen bei verschiedenem Gelände.)

b) Einflüsse von Tag und Nacht. Störungen.

- Erskine-Murray, J., Recent advances in wireless telegraphy. *Electrician* **56**, 355. 1905.
- Wegener, A., Untersuchungen über die Natur der obersten Atmosphärenschichten. *Phys. Zeitschr.* **12**, 170. 1911. (Darstellung eines Querschnittes der Atmosphäre bis 500 Kilometer Höhe.)
- Kiehlitz, Über die Brechung elektrischer Wellen in der Atmosphäre. *Jahrb.* **7**, 154. 1913.
- Lodge, O., Über die Goldschmidtsche Hochfrequenzdynamomaschine und über die Fortpflanzung von Wellen durch die Erde in der drahtlosen Telegraphie. *Jahrb.* **7**, 514. 1913. *The Philosophical Magazine* **25**, 757. 1913.
- The electrification of the atmosphere, natural and artificial. *Electrician* **72**, 892. 1914.
- Howe, G. W. O., On the transmission of electromagnetic waves through and around the earth. *Electrician* **72**, 484, 823. 1913.
- Wesen und Ausbreitung der elektromagnetischen Wellen in der drahtlosen Telegraphie. *Jahrb.* **8**, 221. 1914.
- Schwarzhaupt, P., Störende und fördernde Einflüsse bei der Übertragung elektrischer Wellen. *ETZ* **31**, 113. 1910.
- Sonnenlicht, Gebirge und Wellentelegraphie. *ETZ* **32**, 1313. 1911.
- Fischer, K., Über die Wahrscheinlichkeit des Einflusses meteorologischer Verhältnisse auf funken-telegraphische Reichweiten, insbesondere unter Berücksichtigung einer drahtlosen Verbindung des Reiches mit seinen westafrikanischen Kolonien. *ETZ* **32**, 339. 1911.

- Schmidt, K. E. F., Störungen in einem geordneten Empfangssystem für drahtlose Telegraphie mit doppelter täglicher Periode. *Phys. Zeitschr.* **8**, 133. 1907. (Versuche auf kurze Entfernungen.)
- K. E. F., Das Problem der Reichweite elektrischer Wellen. *Phys. Zeitschr.* **15**, 202. 1914. (Hinweise für die Messungen bei Durchführung ausgedehnter Versuche.)
- Marconi, G., Radio-Telegraphie. *Electrician* **67**, 532. 1911. *ETZ* **33**, 322. 1912. (Graphische Darstellung der Schwankungen der Lautstärke beim Empfang in Clifden.)
- Esau, A., Über den Einfluß der Atmosphäre auf funkentelegraphische Sender und Empfänger. *Phys. Zeitschr.* **13**, 721. 1912. *Jahrb.* **7**, 211. 1912. (Versuche über die Änderungen der Antennendämpfung mit Tageszeit und Witterung. Genaue Angaben über die Meßanordnung.)
- Taylor, Wireless an weather. *Electr. Review* **1**, 321. 1913. *Electrician* **73**, 450. 1914.
- Mosler, H., Atmosphärische Störungen in der drahtlosen Telegraphie. *ETZ* **33**, 1134. 1912. *Jahrb.* **7**, 215. 1912.
- Intensitätsmessungen radiotelegraphischer Zeichen zu verschiedenen Jahres- und Tageszeiten. *ETZ* **34**, 906. 1913. *Jahrb.* **9**, 360. 1914.
- Eekles, W. H., Über gewisse, die Fortpflanzung elektrischer Wellen über die Oberfläche des Erdballes begleitende Erscheinungen. *Jahrb.* **7**, 191. 1913. (Ausführliche Darstellung der verschiedenen Störungsarten.)
- Über die täglichen Veränderungen der in der Natur auftretenden elektrischen Wellen und über die Fortpflanzung elektrischer Wellen um die Krümmung der Erde. *Jahrb.* **8**, 253. 1914.
- Brechung in der Atmosphäre bei drahtloser Telegraphie. *Jahrb.* **8**, 282. 1914.
- Fleming, J. A., Wissenschaftliche Begründung und ungelöste Probleme der drahtlosen Telegraphie. *Jahrb.* **8**, 339. 1914. Vgl. auch *Jahrb.* **7**, 185. 1913.
- Austin, L. W., Unterschied in der Stärke der radiotelegraphischen Zeichen bei Tag und Nacht. *Jahrb.* **8**, 381. 1914. (Zahlenwerte für die Empfangsströme.)
- Die Messungen der elektrischen Schwingungen in der Empfangsantenne. *Jahrb.* **8**, 178. 1912. (Meßtechnisch wichtige Angaben über die Versuchsanordnung, insbesondere die Messung der Empfangsströme mit Kristalldetektor.)
- Quantitative Versuche mit radiotelegraphischer Übertragung. *Jahrb.* **8**, 575. 1914.
- Barkhausen, H., Die Ausbreitung der elektromagnetischen Wellen in der drahtlosen Telegraphie. *Jahrb.* **8**, 902. 1914. *ETZ* **35**, 448. 1914.
- Hogan jr., J. L., Quantitative Resultate neuerer radiotelegraphischer Versuche zwischen Station Arlington und dem U. S. S. „Salem“. *Jahrb.* **8**, 594. 1914. *El. World* **61**, 1361. 1913.
- The signaling range in radiotelegraphy. *El. World* **66**, 1250. 1915. (Kurven zur Ermittlung der Reichweite aus Antennenhöhe und Wellenlänge für gegebenen Empfangsstrom nach G. 97.)
- Lutze, G., Die Ausbreitung der elektromagnetischen Wellen der drahtlosen Telegraphie längs der Erdoberfläche nach Beobachtungen bei Freiballonhochfahrten. *Jahrb.* **367**. 1914. *Verh. d. D. Phys. Ges.* **15**, 1107. 1913. *Phys. Zeitschr.* **14**, 1151. 1913.

31. Die gerichteten Sender.

a) Mehrere Luftleiter mit in der Phase verschobenen Strömen.

- Artom, A., Richtfähige Telegraphie ohne Draht. *ETZ* **26**, 730. 1905.
- Neuere Untersuchungen über die Lenkbarkeit der elektrischen Wellen. *Jahrb.* **10**, 58. 1915.
- Braun, P., On directed wireless telegraphy. *Electrician* **57**, 222, 244. 1906.
- Gerichtete drahtlose Telegraphie. *Jahrb.* **1**, 1. 1907. (Angaben über die ersten Versuche mit Richtungs Telegraphie. Erzeugung von phasenverschobenen Hochfrequenzströmen. Einige der in der vorhergenannten Arbeit erwähnten Anordnungen.)
- Mandelstamm, L., und Papalex, N., Über eine Methode zur Erzeugung phasenverschobener schneller elektrischer Schwingungen. *Phys. Zeitschr.* **7**, 303. 1906.
- Kiehlitz, F., Interferenzversuche mit freien Hertzschen Wellen. *Annalen d. Phys.* **22**, 943. 1907. (In der Arbeit ist der allgemeine Fall eines Luftleitergebildes von n Doppelantennen behandelt. Versuche mit kurzen Wellen.) Auszug aus der Arbeit: *Electrician* **62**, 972. 1909.

- Bellini, R., Über einige Luftgebilde für gerichtete drahtlose Telegraphie. Jahrb. 2, 381. 1909. (In der Arbeit sind die verschiedenen Möglichkeiten zur Erzielung der Richtfähigkeit von Doppelantennen in drei Klassen eingeteilt und durch zahlreiche Fernwirkungscharakteristiken erläutert.)
- Walter, L. H., The radiation from directive aeriads telegraphy. Electrician 44, 790. 1910. (Ableitung der Formeln. Zahlreiche Fernwirkungscharakteristiken.) Beanstandungen von Eccles siehe Electrician 64, 834. 1910.
- Blondel, A., Notes sur les aériens d'orientation en radiotélégraphie. Lumière électrique 16, 7, 131. 1911. (Im ersten Teil zahlreiche ausführliche Schaltungsanordnungen für die Erregung der Luftleitergebilde, im zweiten Teil die Theorie der Richtungsbestimmung, insbesondere aus dem Verhältnis der Empfangsströme.)
- Mandelstamm, L., Über gerichtete drahtlose Telegraphie. Jahrb. 1, 291. 1907. (Allgemeine Gesichtspunkte. Anordnungen von Braun und von Artom.)
- Bellini, E., Über die Möglichkeit einer scharf gerichteten Telegraphie. Jahrb. 9, 425. 1915. (Schmale Charakteristiken, erzielt durch mehrere neben- oder hintereinander gestellte Doppellantennen. Formel für den allgemeinen Fall. Vgl. auch oben unter Kiebitz.)

b) Das Radiogoniometer.

- Bellini, E., u. Tosi, A., System einer gerichteten drahtlosen Telegraphie. Jahrb. 1, 598. 1907. (Schaltungen. Versuche zwischen Havre und Dieppe.)
- Das Radiogoniometer von Bellini und Tosi. Jahrb. 2, 511. 1909. (Ausführungsform. Einseitiges Gebilde. Reichweite. Unveränderliche Kopplung.)
- Das Fundamentalprinzip des Systems für gerichtete drahtlose Telegraphie und Telephonie Bellini-Tosi. Jahrb. 2, 608. 1909. (Ableitung der Gleichung. Charakteristiken. Hinweis auf Unkehrbarkeit der Erklärung der Richtwirkung bei Sender und Empfänger.)
- Gerichtete drahtlose Telegraphie. ETZ 30, 491. 1909. (Ausführungsform des Send- und Empfangsgerätes. Schaltungen. Graphischer Beweis für einseitiges Goniometer.)
- Die Konstanz der Kopplung in dem Radiogoniometer von Bellini und Tosi. Jahrb. 3, 571. 1910. (Mathematischer Beweis.)
- Wireless telegraph working in relation to interferences and perturbations. Electrician 67, 66. 1911. Jahrb. 5, 110. 1911. (Hinweis darauf, daß Luftleiter in der dritten Harmonischen schwingen. Vorzüge.)
- Le compas azimutal Hertzien. Lumière électr. 14, 227. 1911. (Zahlentafeln mit Versuchsergebnissen, insbesondere über die erzielte Genauigkeit bei der Richtungsbestimmung.)
- Die Radiostation Boulogne. Jahrb. 3, 595. 1910. (Innere Einrichtung. Hinweis darauf, daß Luftleiter in der dritten Harmonischen schwingen.)
- Über die Verwendung des Radiogoniometers insbesondere als Empfänger siehe auch unter „Richtungsbestimmungen“.

c) Wagerechte Luftleiter.

a) Die geknickte Antenne und die geknickte Doppellantenne.

- Marconi, G., One methode whereby the radiation of electric waves may be mainly confined to certain directions and whereby the receptivity of a receiver may be restricted to electric waves coming from certain directions. Electrician 57, 100. 1906. (Von Marconi aufgenommene Sender- und Empfängercharakteristiken.)
- Koepsel, A., Gerichtete drahtlose Telegraphie. ETZ 31, 752. 1906. (Abgekürzte Wiedergabe obenstehender Arbeit von Marconi. Ihr sind die Abbildungen 343 und 349 entnommen.)
- Macdonald, H. M., Note on horizontal receivers and transmitters in wireless telegraphic. Electrician 63, 312. 1909. (Mathematische Theorie der Wirkungsweise.)
- Fleming, J. A., Neue Beiträge zur Entwicklung der drahtlosen Telegraphie mittels elektrischer Wellen. Jahrb. 1, 68. 1907. (Insbesondere S. 103.)
- Wissenschaftliche Begründung und ungelöste Probleme der drahtlosen Telegraphie. Jahrb. 8, 339. 1914. Insbesondere S. 357.

- Mandelstamm, L., Über gerichtete drahtlose Telegraphie. Jahrb. **1**, 291. 1907. (Allgemeine Gesichtspunkte. Kritik der Erklärungsweise von Fleming.)
 — Zur Theorie der gebogenen Antenne. Jahrb. **1**, 333. 1907. (Kritik der Theorie von Fleming.)
 Hörshelmann, H. v., Über die Wirkungsweise des geknickten Marconischen Senders in der drahtlosen Telegraphie. Jahrb. **5**, 14. 1911. (Ausführliche Ableitung der S. 353 mitgeteilten Ergebnisse, die zuerst Zenneck in seinem Lehrbuche in dieser kurzen, übersichtlichen Form dargestellt hat.)
 Cohen, L., Induktanz und Kapazität von linearen Leitern und die Bestimmung der Kapazität von horizontalen Antennen. Jahrb. **7**, 439. 1913. Electrician **70**, 881, 917. 1913. (Mit Zahlenbeispielen.) Kurze Übersicht: ETZ **34**, 1121. 1913.
 Braun, F., Zur Berechnung der Antennen. Jahrb. **9**, 1. 1914. (Siehe auch unter „Erdantenne“.)
 Brand, H., Sendeveruche mit niedrigen wagerechten Antennen. Archiv f. Electr. **2**, 490. 1914. Jahrb. **9**, 431. 1915. ETZ **37**, 289. 1916. (Formeln für die Abhängigkeit der Belastungsfähigkeit von den Bestimmungstücken der Antenne. Zahlenbeispiel.)
 Zenneck, J., Eine Anordnung für gerichtete drahtlose Telegraphie. Jahrb. **9**, 417. 1915. (Geknickte Doppellantenne mit verringerter Seitenstrahlung. Dieser Arbeit sind die Abb. 345 und 346 entnommen.) Kurze Übersicht: Elektr. u. Masch. **34**, 321. 1916.

β) Die Erdantenne.

- Kiebitz, F., Über die Geschichte der Erdantennen. Jahrb. **5**, 360. 1912. (Entwicklung bis 1912.)
 — Versuche über drahtlose Telegraphie mit verschiedenen Antennenformen. Annalen d. Phys. **32**, 941. 1910. Inbes. S. 908. (Erklärung der Wirkungsweise. Richtungsbestimmungen.)
 — Neuere Versuche über gerichtete drahtlose Telegraphie mit Erdantennen. Jahrb. **5**, 349. 1912.
 — Versuche über gerichtete drahtlose Telegraphie. Jahrb. **6**, 1. 1912. Elektr. u. Masch. **30**, 776. 1912.
 — Über Sendeveruche mit Erdantennen. Jahrb. **6**, 554. 1913. (Versuchsarrordnungen. Zahlen-tafeln der gemessenen Kapazitäten und Dämpfungswiderstände. Wirkungsweise.) Vgl. auch Electrician **68**, 868. 1912 und die anschließenden Erörterungen S. 936, 978, 1029; ferner Jahrb. **5**, 514. 1913.
 Buratyn, W., Die Wirkungsweise der Erdantennen. ETZ **33**, 615. 1912. Jahrb. **6**, 10. 1913. **6**, 333. 1913. Erörterungen hierzu von Kiebitz, Hausrath, Mosler. Jahrb. **6**, 350. 1912. (Versuche mit in und über Süßwasser liegenden Antennen.) Ferner Jahrb. **6**, 570. 1913.
 Fleming, J. A., Wissenschaftliche Begründung und unge löste Probleme der drahtlosen Telegraphie. Jahrb. **8**, 339. 1914. Inbes. S. 358.
 Goldschmidt, R., Verfahren zur Verbesserung von Horizontalantennen. Jahrb. **9**, 313. 1915. (Durch Einschalten von Spulen und Kondensatoren soll eine günstigere Spannungsverteilung längs des wagerechten Teiles der Antenne erzielt werden.) Vgl. hierzu auch die Anordnung der C. Lorenz-A.-G. Jahrb. **8**, 198. 1914.
 Brann, F., Über den Ersatz der offenen Strombahnen in der drahtlosen Telegraphie durch geschlossene. Jahrb. **8**, 1. 1914. (Vorschlag zum Ersatz der Erdantennen durch langgestreckte rechteckige Luftleiter. Ausführliche rechnerische Untersuchung ihres Verhaltens. Zahlenbeispiele.)
 Brann, F., Zur Berechnung von Antennen. Jahrb. **9**, 1. 1915. (Ein einfaches Verfahren zur Berechnung der Strahlungsverhältnisse, das durch Zahlenbeispiele erläutert wird. Experimenteller Beweis, daß über Süßwasser die Kraftlinien geneigt sind auf S. 23.)
 Culver, A., und Rine, J. A., Experiments with low horizontal aeriads. Successful results attained with use of single and multiple earthwire systems. Electr. World **63**, 723. 1915.

32. Richtungsbestimmungen.

- Eiohorn, E., Telefunkenkompaß. Jahrb. **6**, 85. 1912. (Anwendung. Abbildungen der Ausführungsform.)
 Thurn, H., Funkentelegraphie und Luftfahrt. ETZ **35**, 583. 1914.
 Kiebitz, F., Versuche über drahtlose Telegraphie mit verschiedenen Antennenformen. Ann. d. Phys. **37**, 941. 1910. (Angaben für den Bau eines einfachen, leicht herzustellenden Goniometers. Genauigkeit: S. 973.)

- Eccles, W. H., Recent patents in wireless telegraphy. *Electrician* **65**, 808. 1910.
- Blondel, A., Über die Bestimmung der Richtung von Schiffen vermittels Hertzscher Wellen. *Jahrb.* **2**, 190. 1908.
- Walter, L. H., Accuracy of the Bellini-Tosi wireless „compass“ for navigational purpose. *Electrician* **67**, 749. 1911. (Gerichtete Schiffsantenne. Versuchsergebnisse.)
- Blondel, A., Note sur les aériens d'orientation en radiotélégraphie. *Lumière élect.* **16**, 131. 1911. (Richtungsbestimmung durch Messen der Ströme in den beiden Goniometerspulen.)
- Adley, F., Directiv wireless telegraphy. *Electrician* **70**, 586. 1912. *ETZ* **34**, 534. 1913. (Messungen mit Goniometer. Anordnung der Antennen auf Schiffen. Schaltung.) Ferner Radiotelegraphische Richtungsfinder. *Helios* **21**, 138. 1915. *Electr. World* **64**, 245. 1914.
- Bellini, E., Some details of the direction finder. *Electrician* **75**, 776. 1915.
- Braun, F., Über den Ersatz der offenen Strombahnen in der drahtlosen Telegraphie durch geschlossene. *Jahrb.* **8**, 1. 1914. Kurze Übersicht: *Elektr. u. Masch.* **32**, 761. 1914.

Sachregister¹⁾.

A

- Abhängigkeit der Wellenlänge 5, 27, 28.
Abmessungen 16.
Abstimmung 5, 29, 152, 191, 221.
A. E. G. 3, 4.
Agfa 367.
Aggregat, Antrieb des Generators durch bes.
Motor-Aggregat 128.
Akkumulatör 9.
Alberti, Dr., 250.
Amplitude 29, 132.
Anfangslautstärke 154.
Anode 80.
Anodenbatterie 81.
Anodenkreis 81.
Anodenrückwirkung 80.
Anodenstrom 81.
Anschlüsse für Antenne und Gegengewicht 216.
Antenne 4, 6, 7, 8, 9, 27, 33, 46, 248.
— allgemeines 4, 6, 7, 8, 9, 27, 33.
— Arbeitsleistung in horizontaler Richtung 32.
— Ei 45.
— Einfluß des Gewichtes 49.
— Einfluß der Flugzeuggeschwindigkeit auf die elektrische Größenordnung von Antennen verschiedener Länge 33.
— Fest eingebaute Flugzeugantenne 63.
— Form der herabhängenden 46.
— halbstarre 61.
— Haspel 40.
— mechanische Eigenschaften der 35 m-Antenne 46.
— Richtwirkung der festen und halbfesten 69.
— Richtwirkung der herabhängenden 33.
— Schirm- 64.
— Stahlband- 41.
— Stahldraht- 41.
— Strahlungsverhältnisse 18.
— gedrehte 312.
— künstliche 104.
— versetzte 312.
Antennenstern 313.
Antennenverlängerung 9.

- Antrieb des Generators 123.
Anwendung der verschiedenen F. T.-Systeme 27.
Apparateschrank 8.
Arco 1, 3, 133.
Arnheim 156.
Atom 81.
Audion 29, 80, 125, 149, 150.
Aufgabe der Flieger F. T. 37.
Aufstand in Süd-West 2.
Ausland, Flieger-F. T.-Gerät des Auslandes 348.
Automatischer Antrieb der Antennenhaspel 40,
352.
Automatischer Zeichengeber 10.

B

- Barkhausen, Professor Dr. 84, 140.
Baldus, Professor Dr. 46, 54, 69, 294, 308, 317,
328, 332.
Ballasttelefon 104.
Ballon 1.
Ballonäquator 11.
Baretter 197.
Bartsch v. Siegfeld 2.
Bayer & Co., 367.
Beck, Oberingenieur, Leutu. d. Res. 200.
Bedienung des F. T.-Gerätes, 18, 32.
Beetz, Ing. 249, 250.
Beggerow 7.
Beleuchtung 172.
Beobachter 9.
Bergakademie, Berlin 367.
Berliner Verein für Luftschiffahrt 11.
Betriebsicherheit 21.
Biegsame Welle 11.
Bildübertragung, drahtlose 366.
Blockieren 8.
Blockkondensator 10.
Bodenstation 11, 38, 212.
— Einheitsboden-Empfänger 211.
— Flieger-Boden-Empfangsstationen 211.
— Flieger-Gef. (Gefechts)-Station 286.
— — — allgemeine Bauart 289.
— — — Benzinmotor 285.

¹⁾ Die Firmen: Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, Telefunken und Dr. Erich F. Huth, G. m. b. H., sind nicht besonders aufgeführt, da in dem vorliegenden Werk fortgesetzt auf ihre Arbeiten zurückgegriffen ist.

Bodenstation, Flieger-Gef. (Gefechts)-Station,
Empfängerteil **291**.
 — — — F. T.-Gerät **281**.
 — — — Kurbelmast **292**.
 — — — Ladereinrichtung **286**.
 — — — Luftdrahtgebilde **292**.
 — — — Maschinengestell **283**.
 — — — Reichweiten **285**.
 — — — Senderteil **287**.
 — — — Wechselstrommaschine **286**.
 — Kraftwagen-Flieger-Hafenstation **228**.
 — — Empfänger **289**.
 — — Leistung **290**.
 — — Luftdrahtgebilde **291**.
 — — Mast **289**.
 — — Sendetöne **290**.
 — Störstationen **302**.
 Bosch-Aggregat **178**.
 Braun, Professor Dr. **1**, **3**, **4**, **27**.
 Braunschwer Schwingungskreis **27**.
 Bredow, Dr. **250**.
 Brennerkreis **81**.
 Bronzedraht **11**.
 Buchwald, Dr. **46**, **54**, **69**, **308**.
 Bürszyn, Dr. **320**, **329**.

C

Charakteristik von Röhren **121**.
 Charakteristik des Empfanges der Gef.-Station
295.

D

Dämpfung **132**.
 Dämpfungsfaktor **132**.
 Dämpfungsmessung **4**.
 Dämpfungsreduktion **79**.
 De Forest **77**.
 Dekrement **132**.
 Detektor, Kathodenröhre als **125**.
 Detektorreizschwelle **149**.
 Deuta-Tourenzähler **187**.
 Deutsche Telefonwerke **5**.
 Dieckmann, Dr. **101**, **348**, **368**.
 Dipol **23**.
 Direkte Kuppelung des F. T.-Dynamo **35**.
 Direkter Antrieb des Generators **116**.
 Dolezaleksche Meßbrücke **316**.
 Drachenballon **2**.
 Drehvariometer **6**.
 Dreiphasenstrom **172**.
 Droysen, Dr. **67**, **101**, **254**.
 D-Sender **203**.
 Drehgriff **81**.
 Dynamo **11**.

E

Edison **77**.
 Ei **45**.
 Eigenfrequenz **131**.
 Eigenschwingung der Antenne **131**.

Eigenwelle von Antennen **53**, **64**.
 Einbau von F. T.-Gerät in Flugzeuge **17**, **22**.
 Einbaugerät **268**.
 Einfluß von Tageszeit, Wetterlage, Gelände auf
den F. T.-Betrieb **2**, **5**.
 Einheits-Boden-Empfänger **277**.
 Einstellungsgenauigkeit der Welle **80**.
 Eisenwiderstände **90**.
 Elektrische Zentrale im Flugzeug **22**, **23**.
 Elektrolytische Zelle **4**.
 Elektronen **78**, **80**.
 Elektronenrelais **82**.
 Elektropneumatisches Relais **154**, **160**.
 Elias, Dr. **11**.
 Empfang im Flugzeug **10**.
 Empfänger **4**.
 Empfangscharakteristik der Gefechtsstation **295**.
 Empfangskoppelung **149**.
 Empfangslautstärke **10**.
 Empfindlichkeit, mechanische und elektrische **21**.
 Endlautstärke **154**, **156**.
 Endröhre **94**.
 Energie **4**.
 Energieausnutzung **80**.
 Energieausnutzung beim gedämpften System **132**.
 Energieschalter **206**.
 Energiewechsel **28**.
 Englischer Audion-Empfänger **358**.
 Englischer Sender **355**.
 Entfernung und Mißweisung **329**.
 Entwicklungsepochen der F. T. **27**.
 Erde **7**.
 Erdströme **248**.
 Erregerkapazität **8**.
 Erregerkreis **3**.
 Erster branchularer Hörempfang **201**.
 Euler **1**.
 Explosionsgefahr **7**.

F

Fadentemperatur **148**.
 Fahrbare Station **2**.
 Fahrgerüst **9**.
 Fahrzeug **39**.
 Feldflieger-Abtl. **38**, **199**.
 Fernhörer **7**, **164**.
 Fessenden **79**.
 Fesselballon **2**.
 Festo Antennen **248**.
 Feststellbügel **165**.
 Feuerschiff **8**.
 Flemming **77**.
 Fliegerhaube **24**.
 Flotte **2**.
 Flughöhe **16**.
 Flughöhe und Mißweisung **319**.
 Flugzeug **3**.
 Flugzeugbordtelefon **172**.
 Flugzeug F. T.-Station, die erste von Telefunken **9**.
 Flugzeug F. T.-Station, die erste von Hnth **12**.

Flugzeugmotor 10.
 Flugzeugrumpf 11.
 Flugzeugverständigungsgerät 172.
 Franko 3.
 Französischer Empfänger 361.
 Französischer Sender 348, 351, 353.
 Freiballon 6.
 Fritter 2, 27.
 F. T.-Kabine 22.
 F. T.-Versuchsabteilung der Insp. der Fliegertruppen-Gründung.
 Funkenfolge 5.
 Funken sender 4.
 Funkenstrecke 4, 129, 131, 261.
 Funkenstrecke, Untersuchung im Vakuum 336.
 Funkenzahl 4.

G

Gaedesche Molekularluftpumpe 82.
 Gasenzünder 7.
 Gebrauchswelle 6.
 Gedämpftes System 129
 — — Amplituden 132.
 — — Dämpfung 122.
 — — Dämpfungsfaktor 133.
 — — Dämpfungsursachen 133.
 — — Dauer der Schwingung 129.
 — — Eigenfrequenz 131.
 — — Eigenschwingung 131.
 — — Energieaussetzung bei ged. System 133.
 — — Funkenstrecke, ihre Eigenschaften 131.
 — — Induktionsströme 129.
 — — Logarithmisches Dekrement der Dämpfung 132.
 — — Perioden 129.
 — — Richtungswechsel des Stromes 130.
 — — Schwingungen 130.
 — — Schwingungselemente: Kondensator, Selbstinduktion und Funkenstrecke 129, 131.
 — — Schwingungsfähiges System 129.
 — — Schwingungstempo 129.
 Gedämpfte Welle 5, 129.
 Gefekhtstation 9.
 G-Flugzeug-F.-Gerät 235.
 Gegengewicht 7, 10.
 Generator, Leistungen 28.
 Generator, prinzipielles 23.
 Gerieke, Dr. Leutn. d. Res. 67, 231.
 Gesprächsübertragung 5.
 Gewicht 6, 9, 16.
 Gitter 78, 80.
 Gitterkreis 82.
 Gitterspannung 81.
 Gitterstrom 81.
 Gleichrichter 28.
 Gleichstromdynamo 3.
 Glühmöhre 81.
 Glühkathode 77.
 Goldschmidt, Dr. 133.
 Goerzkamers 317.

Gradskala 6.
 Gräufeling bei Münehen, Institut 367.
 Groß, Ingenieur 101.
 Großstation 3, 5.
 Güte der Röhre 83.

H

Hafenstation 12.
 Handgriff 6.
 Hagener Akkumulatorenfabrik A.-G. 126.
 Hammerunterbrecher 9.
 Hannemann, Professor 13.
 Hartgummi 6.
 Harwig, Dr. 13.
 Hasc, Dr. Leutn. d. Res. 54, 169, 294, 308, 313, 326, 343.
 Heizung 172.
 Hertz 3.
 Heterodyndetektor 79.
 Hewald 11.
 Hitzdrahtinstrument 4.
 Hochfrequenzanlage 6.
 Hochfrequenzenergie 7.
 Hochfrequenzmaschine 5, 28, 133, 152.
 Hochfrequenztransformator 3.
 Hochfrequenzverstärker 79, 149.
 Hörempfang 3, 6, 8, 24, 27, 280.

I

Igeltransformator 108.
 Impedanz 107, 108.
 Induktionsströme 129.
 Induktor 9.
 Innentelephon 166.
 Innerer Widerstand von Kathodenröhren 81.
 Interferenz 138.
 Ionen 89.
 Ionenbildung 81.

J

Jahrbuch der drahtlosen Telegraphie und Telephonie 136.
 Jentsch, Dr. Leutn. d. Res. 324.

K

Kabel, Pauzer 216.
 Kaisermanöver, F. T. im 2.
 Kälähne, Prof. Dr., Leutn. d. Res. 67, 234.
 Kalizellen 367.
 Kälte, Einwirkung der 324.
 Kälteuntersuchungen am Sender 33.
 Kälteuntersuchungen an Sammlern 343.
 Kampfeinsitzer F. T.-Gerät 217.
 Kapazität 7, 8, 129.
 Kapazität von Antennen 67, 33.
 Karborunddetektor 10, 200.
 Kathode 89.
 Kathodenkreis 11.
 Kathodenröhre 29, 11.

- Kathodenröhre als Detektor 125.
 — als Schwingungserzeuger 128.
 — Anodenrückwirkung 89.
 — der Außenwiderstand von 85.
 — Bedeutung der Kathodenröhre 77.
 — Barkhausen'sche Theorie der Verstärkerrohren 84.
 — Charakteristik von Röhren 121.
 — „Durchgriff“ 81.
 — Eisenwiderstände 89.
 — Evakuierung der Röhre 83.
 — Innerer Widerstand der 84.
 — als Niederfrequenzverstärker 83.
 — Kathodenstrahlen 80.
 — Langmuir'sche Formel 81.
 — Maxwell'sches Gesetz 81.
 — Richards'soln'sche Formel 81.
 — Röhrenkonstante der 86.
 — Sättigungstrom der 89.
 — Sättigungsstromstärke der 86.
 — Schutzgitter der 89.
 — Telefunkenröhre 82.
 — Verschiebespannung 88.
 — Verstärkerrohren verschiedener Ausführung 88.
 — Verstärkungsgrad der Röhre 85.
 — Wirkungsweise der 80.
 — Zweiröhrenverstärker 83.
 Kaskadenschaltung 149.
 Kenetron 130.
 Kiehlitz, Prof. Dr. 328.
 Kilowatt 5.
 Klinkicht, Leutn. d. Res. 254.
 Klusmann, Major 1.
 Knallfunken 27.
 Kohärer 3, 4, 27.
 Kommutierter Gleichstrom 108.
 Kondensator 6, 129.
 Kontaktdetektor 186.
 Kontinuierliche Schwingung 28.
 Kopfernhörer 165.
 Koppelung 5, 11.
 Korn, Prof. Dr. 367, 368.
 Kreislanlagen 172.
 Kreisneigungsmesser 172.
 Kreiselkompaß 172.
 Kreiselstabilisator 172.
 Kreisflüge 309.
 Krystalldetektor 4.
 Kühlung 5.
 Künstlicher Detektor 186.
 Kupferlätze 42.
 Kurbel 8.
 Küstenstation 6.
- L**
- Lampe 4.
 Landansee 1.
 Landen 10.
 Lange, Hauptm. d. Res., Dipl.-Ing. 176, 191.
 Langmuir, Professor Dr. 78, 89, 130.
- M**
- Mäanderflug 198, 200.
 Marconi 1, 27.
 Marine 1, 4.
 Marine-Sender 3.
 Maschinensender 28.
 Maschinentelegraph 172.
 Maxwell'sches Gesetz 81.
 Mayenburg, Oberingenieur 6.
 Mechanische Erschütterungen 209.
 Mechanisches Relais 154.
 Meißner, Dr. 79, 101, 134, 250.
 Meldeabwurfmaschine 200.
 Menge, Ing. 200, 250.
 Mißweisung 309, 315.
 Metallmasse 11.
 Mix und Genest 5.
 Monotelephon 222.
 Morsezeichen 28, 369.
 Motor 11.
 Motorgeräusch 154, 164.
- N**
- Nachschalt-Relais 154, 156, 159.
 Nauen 3, 6.
 Niederfrequenzverstärker 79.
 Norddeich 6.
 Nordsee 6.
- O**
- Oelkondensator 3.
 Organisation der F.T. im künftigen Luftverkehr 311.
 Organischer Zusammenbau von Sender, Empfänger und Verstärker 17, 39, 203, 230.

Ottowerke, München 178.
Oxydkathode 77.

P

Parallelrohr 5.
Paulsen 4, 6, 27, 152.
Paulsenlampe 133, 369.
Peilung 296, 373.
Peilen, Grundsätze beim 321.
Peilstation 308.
Peilen mit Fernrohrbussole 309.
Periode 5, 8, 123.
Perutz 307.
Phosphorbronzelette 8.
Phototelegraphie 368.
Physikalisches Institut der Universität Berlin 335.
Physikalisch-Technische Reichsanstalt 335.
Pneumatisches Relais 154.
Pohl, Prof. Dr. 308.
Pole 82.
Porzellanisolator 8.
Positionslampen 172.
Präzisionsspannungsteiler 106.
Primärempfang 11.
Primärenergie 3.
Primärstrom 82.
Primärrelais 154, 157.
Probleme, verschiedene 366.
Propeller 9.
Propellerantrieb 112.
Propeller mit konstanter Tourenzahl 364.
Prüfer 7.
Prüfmethode von Kopfhörern 168.
Prüfung der Leistung von Röhren-Verstärkern 109.
— Charakteristik der Röhren 121.
— Messung des Verstärkungsfaktors 194.
— Objektive Meßmethode von Lautverstärkern 196, 123.
— der Verstärker im Flugzeug 122.
— Subjektive Meßmethode von Lautverstärkern 164.
— Verstärkungsfaktor 104, 166.
— des F.-T.-Bordgerätes 22.

Q

Quecksilberdampfampe 5, 86.
Quecksilberturbinenunterbrecher 3.

R

Radiografen 26.
Radio-Groß-Station 5.
Raumbedarf 6, 9.
Raumladeeffekt 89.
Rechtakreisflug 331.
Reichspost 6.
Reihweite 2, 4, 9, 10, 11.
Reiß 78.
Reizschwelle für Flugzeugempfang 111.
Relais 11, 154.

Reschke 173.
Resonanz 10.
Resonanzkurven 341.
R-Flugzeug F.-T.-Gerät 235.
Richardsonsehe Formel 81.
Richtempfang und Mißweisung 321.
Richtsenden, Erfahrung beim 332.
Richtsender 328, 319.
Richtwirkung der Gef.-Station 253.
Richtwirkung von Flugzeugantennen 53, 69.
Röhren-Sende-Empfangsgerät „Huth“ 219.
— — — Allgemeines 219.
— — — Antennen 219.
— — — Kraftquelle 214.
— — — Schaltung 212.
— — — Wellenbereich 211.
— — — Zusammenbau des Gerätes 273.
— — — „Telefunken“ 241.
— — — Anordnung der Einzelteile 266.
— — — Das Telefunkengerät Type U. S. E. 1 258.
— — — Einbaugerät 268.
— — — Empfängerteil 262.
— — — Leistung 268.
— — — Stromquelle 267.
— — — Senderteil 269.
— — — Verstärkerteil 264.
— — — Vorteile gegenüber gedämpftem Gerät 241.

Rosenbaum, Dr., Direktor 250.
Rotierende Fankenstrecke 351.
Rotor 182.
Rottgardt, Dr., Direktor 46, 198, 200, 250, 280.
Rückkoppelung 29, 79, 134, 150.
Rundflüge 330.
Russischer Sender 357.
Russischer Empfänger 361.

S

Salinger, Dr. 101.
Sammeler für Verstärker 98.
Sammeler, Kälteuntersuchungen am 347.
Schapira, Dr., Direktor 250.
Schlebspule 3.
Schiffsstation 5.
Schiffsverkehr 6.
Schleiersender 302.
Schleifer 27.
Schmidt & Hänisch 367.
Schotky, Dr. 89.
Schreibempfang 24.
Schutzgitter 80.
Schwebungsempfang 79.
Schwingungskreis 6.
Seewart 6.
Seit-Empfänger 279, 309, 315.
Sekundärempfang 33.
Selbstinduktion 8, 120.
Selbstinduktionspule 288.
Selektivität 27.

Selenzellen **261**.
 Sender **4**.
 — „Huth“ **189**.
 — „Telefunken“ **189**.
 — -Empfänger **7**.
 — — Type D. **263**.
 Serienfunkenstrecke **5**.
 Sicherung **8**.
 Sichtempfang **24**.
 Sichtzeichen **218**.
 Signale **5, 6**.
 Signal-Gesellschaft **5**.
 Slaby, Professor, Dr. **1, 2, 4**.
 Sommerfeld, Geheimrat Dr. **326**.
 Spannung **7**.
 Spannungsmesser als Tourenzähler **187**.
 Spannungsregulator **8**.
 Spannungswandler **207**.
 Sperrklinke **8**.
 Spezialtypen **16, 20**.
 Spezialwelle **6**.
 Stahlband **42**.
 Stahldraht **42**.
 Standort der Station und Mißweisung **324**.
 Starkstrommikrophon **5**.
 Stationsmessung **20**.
 Steigfähigkeit **16**.
 Steilheit, Definition der **84**.
 Steindorf, Offizier-Stellvertreter und Flugzeug-
 führer **46**.
 Sternflüge **310, 331**.
 Steuerwirkung des Gitters **78**.
 Steuersonde **78**.
 Stöpselschnur **10**.
 Störfreiung **221**.
 Störung durch Luft-Elektrizität **2**.
 Stoßregung **4, 28**.
 Stoßkreis **262**.
 Stoßkreis-Selbstinduktion **208**.
 Strahlungsverhältnisse von Antennen **10**.
 Stromerzeugung **3**.
 Stromquelle **8**.
 Stromquellen **171**.
 — Anwendungsgebiete der verschiedenen Strom-
 arten **172**.
 — Batterien aus Durafeldelementen **171**.
 — Einheitsgenerator **172, 179**.
 — Erste Wechselstrommaschine für Flugzeuge **171**.
 — Generator für ungedämpftes Gerät **161, 215**.
 — Leistung der Generatoren **171**.
 — Schleiersender **302**.
 — Störstationen **302**.
 — Stromarten **172**.
 — Wechselstrommaschine der Gef.-Station **286**.
 Stornungsdienst **6**.
 v. Sybel, Dr., Leutn. d. Res. **101, 254**.
 Synchronisiervorrichtung **368**.
 Systeme, Anwendung der verschiedenen F.-T. **27**.
 System Braun-Siemens **2**.
 System Slaby-Arco **2**.

T

Tegetmeyer, Ingenieur **101**.
 Taste **12, 226, 252**.
 Telautographie **268**.
 Telegrafon **25, 155, 159**.
 Telegrammverkehr **376**.
 Telefon **164**.
 Telephonie **5, 28, 136, 269**.
 Telefon-Vergleichsbrücke **169**.
 Thermoclement **107, 108**.
 Ticker **28**.
 Tigerstedt **78, 80, 166**.
 Tönender Löschfunke **5, 6**.
 Tonhöhe **28**.
 Touren **8**.
 Tourenregulator **8**.
 Tragfläche **10**.
 Transformator **8**.
 Transmitter-Thermoclement-Aggregat **102**.
 Trompetenartige Verstärkung **154**.

U

Überlagerungsempfang **20, 158**.
 Umschalter **6**.
 Ungedämpfte Schwingung **5, 6, 134**.
 Ungedämpftes System **134**.
 — — Evakuieren der Röhren **138**.
 — — historische Entwicklung der Senderröhre
128.
 — — Hochvakuumgleichrichter **130**.
 — — Hochvakuum-Verstärker-Röhren **137**.
 — — Kenotron **130**.
 — — Lebensdauer der Senderröhren **148**.
 — — Leistung von Senderröhren **147**.
 — — Rückkoppelung **134**.
 — — Schwingungserzeugung durch Röhren **134**.
 — — Spannungsteiler-Schaltung **135**.
 — — Theorie der Senderröhre nach Professor
 Dr. Barkhausen **140**.
 Unterhaltungskosten von F.-T.-Stationen **6**.

V

Vakuum-Funkenstrecke **5**.
 Vakuum-Röhre **80**.
 Variable Schiebepule **3**.
 Variometer **218**.
 Vergleich der deutschen Flieger F.-T. mit den
 feindlichen **14**.
 Verstärker (Kathoden-Röhren-Verstärker) **88**.
 — Abmessungen und Gewichte **103**.
 — Brennerstrom **92**.
 — Der vierfache Telefunken Niederfrequenz-
 verstärker **28**.
 — Dreifacher Telefunken Niederfrequenzver-
 stärker **24**.
 — Dreiröhrenverstärker der Firma Dr. E. F.
 Huth **85**.
 — Lautstärken **94**.
 — Lebensdauer **90, 94, 122**.

Verstärker, Niederfrequenztransformator 92.
 — Reizschwelle für Flugzeugempfang 112.
 — Sammler für Verstärker 98.
 — Schaltung „verstärkt“ 92.
 — — „unverstärkt“ 92.
 — Selbsttönen 90.
 — Serienheizung 102.
 — Sparschaltung 102.
 — Verschiedene Arten von Verstärkern 88.
 — Verstärkungsvorgang 94.
 — Vierröhren-Verstärker 89.
 — Zugehörige Batterien 199, 193.
 — Zweiröhrenverstärker 89.
 Verstärkerkreis 78.
 Verstimmung 150.
 Vibrationen 10.
 Voigt, Trigonometer 316.
 Vorgelege 8.

W

Wackelkontakte 200.
 Wagenführ, Major 1.
 Wagner, Professor, Dr. 250.
 Watt 8.
 Wechselstromdynamo 8, 9.
 Wechselstrommaschine Type D 17, 182.
 Wehnelt, Professor 77.

Wehneltunterbrecher 3.
 Wellenreich 6, 27, 376.
 Wellengeschwindigkeit 131.
 Wellenlänge 2, 27, 28, 129.
 Wellenlänge und Mißweisung 372.
 Wellenmeer 3, 213.
 Wellenschalter 219.
 Wellenskala 28.
 Wellenstufe 28.
 Wellenwechsel 28.
 Weltfunkennetz 4.
 Wetternachrichtendienst 6.
 Wetternachrichtendienst 371.
 Wien, Geheimrat, Professor Dr. 4.
 Wright 12.

Z

Zählerwerk 8.
 Zeitsignal 6.
 Zeitungsdienst-Empfang 278.
 Zellenkreis 212.
 Zelle mit Hilfsspannung 213.
 Zellenhalter 212.
 Zenneck, Professor Dr. 126.
 Zweihändeapparat 150.
 Zwischenhören 217, 226.

Verlagsbuchhandlung Richard Carl Schmidt & Co.

Lutherstraße Nr. 14

BERLIN W 62

Fernspr.: Amt Lützow 5147

Soeben ist erschienen:

Neut

Band VI, 2. Teil

Neut

von

Handbuch der Flugzeugkunde

unter Mitwirkung des Reichsamts für Luft- und Kraftfahrwesen herausgegeben
von F. Wagenführ, Major und Kommandeur der Flugzeugmeisterei

Kühlung u. Kühler für Flugmotoren

von

Dr.-Ing. Pölz

Mit einem Anhang:

Über die Elementargesetze des Kühlvorganges

von

Prof. Dr. Trefftz und Dr. Pohlhausen

200 Seiten in Lexikonoktav mit 171 Abbildungen im Text

Preis in Halbleinen dauerhaft gebunden M. 50.—

INHALT:

- A. Der Kühlvorgang. I. Die Wärmeaufnahme des Wassers im Motor. II. Der Wasserkreislauf in der Kühlanlage. a) Die Prüfung der Wasserpumpen b) Die Prüfung des Kühlers auf Wasserwiderstand. III. Die Wärmeabgabe im Kühler. a) Fremde Arbeiten über die Untersuchung von Kühlern in thermischer Hinsicht. t. Die Versuche von Dr.-Ing. *Dobhoff*. 2. Weitere Dresdener Untersuchungen. 3. Die Aachener Untersuchung. 4. Bericht vom Wiener Motorenwerk. Zusammenfassung der Wiener Versuchsergebnisse. b) Die praktische Kühlerprüfung im Flugzeug. 1. Die Charakteristik der Flugzeugkühler. 2. Kritik und Grenzen der Charakteristik. 3. Die Messung der Kühlwirkung während des Fluges. α) Die Wasserabkühlung. β. Die Lufterwärmung. 4. Darstellung und Kritik der Ergebnisse.
- B. Der Kühler. I. Das Gewicht der Kühler. II. Der Luftwiderstand der Kühler. III. Der innere Aufbau der Kühler. a) Der Block. t. Teile der Luftröhrenkühler. 2. Blockteile der Wasserröhrenkühler. b) Die Wasserführung im Kühler. c) Berechnung der Kühlfläche und des Kühlblocks. 1. Beispiele der Kühlerberechnung. IV. Die Entwicklung der Kühlerbauarten. V. Der Kühler im Flugzeug. a) Kühleereinbau. b) Rohrleitungen. VI. Kühlerzubehör. a) Die Regelung. b) Kühlerventile. VII. Das Kühlmittel und die Kühlerbehandlung im Winter.
- C. Nachtrag.
- D. Anhang: Über die Elementargesetze des Kühlvorganges. Von *E. Trefftz* und *E. Pohlhausen*. t. Versuchskörper und Versuchsanordnung. 2. Grundgedanken der Versuche. 3. Thermische Untersuchung. 4. Aerodynamische Untersuchung. 5. Zusammenfassung.
- E. Sachregister.



Verlagsbuchhandlung
Berlin W 62, Lutherstraße 14

Richard Carl Schmidt & Co.
Fernsprecher: Lützow 5147

Bibliothek für Luftschiffahrt und Flugtechnik

Band 1:

Kritik der Drachenflieger

von Ingenieur A. VORREITER, Berlin. 2. Auflage. 136 Seiten mit 121 Abbildungen.
Preis gebunden M. 8.—

Band 2:

Grundzüge der praktischen Luftschiffahrt

von VICTOR SILBERER, Wien. 240 Seiten mit 30, zum Teil ganzseitigen Abbildungen
und vielen Vignetten. Groß-Oktavformat. Preis gebunden M. 14.—

Band 3:

Motoren für Luftschiffe und Flugapparate

(Vergriffen. Siehe Band 14 u. 18.)

Band 4:

Die Kunst zu fliegen

Ihre Anfänge, ihre Entwicklung. Von P. FERBER †. Deutsche Übersetzung von
A. SCHÖNING. 215 Seiten mit 108 Abbildungen. (Vergriffen)

Band 5:

Theorie und Praxis der Flugtechnik

von PAINLEVÉ und BOREL. Deutsche Übersetzung mit Nachträgen von A. SCHÖNING.
256 Seiten mit 76 Abbildungen. Preis gebunden M. 14.—

Band 6:

Das Flugzeug in Heer und Marine

von OLSZEWSKY und HELMRICH V. ELGOTT. 300 Seiten mit 59 Textabbildungen.
(Vergriffen.)

Band 7:

Aeronautische Meteorologie

von FR. FISCHLI. 213 Seiten mit 49 Abbildungen, Karten und Tafeln. Preis geb. M. 14.—

Band 8:

Der Fallschirm

Seine geschichtliche Entwicklung und sein technisches Problem. Von GUSTAV VON
FALKENBERG. 190 Seiten mit 83 Abbildungen im Text. Preis gebunden M. 12.—

Band 9:

Hilfsbuch für den Flugzeugbau

von Dipl.-Ing. O. L. SKOPIK. 200 Seiten mit 44 Abbildungen. (Zurzeit vergriffen.)

Band 10:

Handbuch für Flugzeugkonstrukteure

von CAMILLO HAFNER. 207 Seiten mit 218 Abbildungen. 2. Auflage.
Preis gebunden M. 16.— (Zurzeit vergriffen.)

(Fortsetzung nächste Seite)

Band 11:

Wie berechnet, konstruiert und baut man ein Flugzeug?

von Dipl.-Ingenieur O. L. SKOPIK. 3. Auflage. 260 Seiten mit 200 Abbildungen.
Preis gebunden M. 16.—

Band 12:

Flugzeug-Modellbau

von P. L. BIGENWALD, Zivilingenieur. 171 Seiten mit 158 Abbildungen und Konstruktionszeichnungen. 2. Auflage. Preis gebunden M. 15.—

Band 13:

Fliegerhandbuch

von k. k. Hauptmann und Feldpilot ROBERT EYB. 3. Auflage. 300 Seiten mit 224 Abbildungen. Preis gebunden M. 24.—

Band 14:

Motoren für Luftschiffe und Flugapparate

von Dr. FRITZ HUTH. 230 Seiten mit 218 Abbildungen und 1 Tafel. 3. Auflage.
Preis gebunden M. 20.—

Band 15:

Baustoffe und Bauteile

von Dr. FRITZ HUTH. 200 Seiten mit 98 Abbildungen. Preis gebunden M. 14.—

Band 16:

Statik im Flugzeugbau

von J. SCHWENGLER, Ob.-Ing. 200 Seiten mit 70 Abbildungen. Preis geb. M. 14.—

Band 17:

Praxis des Flugzeugbaues

Ein Handbuch des Flugzeugbaues in 3 Bänden von K. ANACKER, Ingenieur und Flugzeugführer. Band 1: **Das Flugzeug und sein Aufbau**. 200 Seiten mit 148 Abbildungen im Text. Preis gebunden M. 12.—

Band 18:

Praxis des Flugzeugbaues

Ein Handbuch des Flugzeugbaues in 3 Bänden von K. ANACKER, Ingenieur und Flugzeugführer. Band 2: **Der Flugzeugmotor**. 260 Seiten mit 226 Abbildungen im Text.
Preis gebunden M. 18.—

Band 19: **Praxis des Flugzeugbaues**. Band 3 in Vorbereitung.

Band 20:

Die Luftschraube

Eine einfache Darstellung der Wirkungsweise von Luftschrauben von Dr. H. BORCK.
Mit 39 Textabbildungen und 5 Tafeln. Preis gebunden M. 10.—

Band 21:

Navigation und Seemannschaft im Seeflugzeug

Ein Handbuch für Marineflieger von THEO E. SÖNNICHSEN. 170 Seiten mit 52 Abbildungen und Tafeln. Preis gebunden M. 15.—

Band 22:

Mechanische und technische Grundlagen des Seefluges

von Dr. R. NIMFÖHR. 150 Seiten mit 26 Abbildungen. Preis gebunden M. 15.—

Band 23:

Skizzenbuch für Flugzeugkonstruktoren

von W. WEIKERT und G. HAENISCH. 40 Tafeln mit Text. Preis gebunden M. 15.—

Weitere Bände sind in Vorbereitung



Verlagsbuchhandlung
Berlin W 62, Lutherstraße 14

Richard Carl Schmidt & Co.
Telephon: Amt Lützow 5147

Flugtechnische Bibliothek

- Bd. 1: Flugmotoren**
von Hermann Dorner und Walter Isendahl, Ingenieuren. 4. Auflage, bearb. von Ingenieur Walter Isendahl. 220 Seiten mit 102 Abbild. im Text. Preis geb. M. 9.—
- Bd. 2: Moderne Flugzeuge in Wort und Bild**
von Heinz Erblieh, Flugzeugführer. 2. verbesserte Auflage. 220 Seiten mit 172 Abbildungen im Text. Preis gebunden M. 8.—
- Bd. 3: Störungen am Flugmotor
ihre Ursachen, Auffindung und Beseitigung nebst Flugmotorenkunde**
von Dr. Fritz Huth. Mit 58 Abbildungen, darunter 4 Tafeln und einer Störungstabelle. Preis gebunden M. 8.—
- Bd. 4: Fliegerschule
Was muß ich wissen, wenn ich Flieger werden will?**
3. völlig umgearbeitete Auflage. 170 S. mit 140 Abbild. im Text. Preis geb. M. 8.—
- Bd. 5: Die Ausbildung zum Flugzeugführer**
von Heinz Erblieh, Ingenieur und Flugzeugführer. 160 Seiten mit 79 Abbildungen. Preis gebunden M. 8.—
- Bd. 6: Verspannen von Flugzeugen**
von W. Meiß. 140 Seiten mit 100 Abbildungen und 3 Tafeln. Preis leicht geb. M. 8.—
- Bd. 7: Was der Flieger und der Flugmotoren-Monteur
vom Standmotor wissen müssen**
von Alfred Lindner. 130 Seiten mit 10 Abbild. im Text. Preis leicht geb. M. 8.—
- Bd. 8: Festigkeitslehre für den Flugzeugbau**
von Dipl.-Ing. O. L. Skopik. 130 Seiten mit 21 Figuren, Tabellen und zahlreichen Rechnungsbeispielen. Preis leicht gebunden M. 8.—
- Bd. 9: Vergaser, Brennstoffe und Brennstoffzuführung für
Flugmotoren**
von Ing. Bruno Reinhardt. 138 S. mit 82 Abbild. im Text. Preis leicht geb. M. 8.—
- Bd. 10: Die Landflugzeuge unserer Kriegsgegner**
von Ing. u. Flugzeugführer Heinz Erblieh. 200 Seiten mit 137 Abbildungen im Text. Preis leicht gebunden M. 8.—
- Bd. 11: Die Notlandung**
Ein Handbuch für Flieger von Alex. Böttner. 180 S. mit 47 Abb. Preis leicht geb. M. 8.—
- Bd. 12: Hilfsbuch für Flugzeugmonteure**
von Reinhold Thebis. 160 S. mit 124 Abbild. im Text. Preis leicht geb. M. 8.—
- Bd. 13: Die Seefliegerei**
von Hermann Ufiacker. 128 Seiten mit 46 Abbild. im Text. Preis gebunden M. 8.—
- (Weitere Bände sind in Vorbereitung)**

Verlagsbuchhandlung Richard Carl Schmidt & Co.

Lutherstraße Nr. 14

BERLIN W 62

Fernspr.: Amt Lützow 5147

Im Februar erscheint:

Neu!

Band VI, I. Teil

Neu!

von

Handbuch der Flugzeugkunde

unter Mitwirkung des Reichsamts für Luft- und Kraftfahrwesen herausgegeben
von F. Wagenführ, Major und Kommandeur der Flugzeugmeisterei

Prüfung, Wertung und Weiterentwicklung von Flugmotoren

von

Dipl.-Ing. H. Dechamps und Prof. K. Kutzbach

in Bremen

in Dresden

Zirka 260 Seiten mit 280 Abbildungen

Preis gebunden zirka M. 80.—

INHALT:

- I. Einleitung. — Bezeichnungen und Grundgleichungen. — Tafel der wichtigsten Motoren.
- II. Prüfeinrichtungen. — a) Prüfung am Stand. — b) Unterdruckprüfung. — c) Prüfung im Flugzeug.
- III. Prüfverfahren. — a) Prüfvorschriften. — b) Durchführung der Prüfungen. — c) Auswertung der Prüfungen.
- IV. Ergebnisse der allgemeinen Motorenprüfung. Das Q_e - n - und N_e - n -Diagramm.
- V. Untersuchungen über die Veränderung von Leistung und Verbrauch. — a) Untersuchungen über den Einfluß des Brennstoffgehaltes im Gemisch. Das ρ_m - H_e -Diagramm. — b) Versuche über den Einfluß des Verdichtungsverhältnisses. — c) Versuche über den Einfluß von Anfangsdruck und Anfangstemperatur. — d) Anpassung der Flugmotoren an die Flughöhe. Das N_e - n - und ρ_m - n -Diagramm. — e) Einfluß der Luftdichte auf die Schraubendrehzahl. — f) Versuche im Flugzeug über die Änderung des Brennstoffgehaltes. — g) Versuche im Höhenprüfstand zu Adlershof.
- VI. Beiträge über Brennstoff-Förderung und Vergaserausbildung. a) Betriebsichere Lagerung, Förderung und Schaltung des Brennstoffs im Flugzeug. — b) Luftführung: Vergaserbrandsicherung und Gehäusekühlung. — c) Gemischbildung: Mischungsverhältnis und Brennstoffwechsel. — d) Vergaserheizung. — e) Zerstäubung bei niedrigen Drehzahlen. — f) Gleichförmige Drehzahländerung bei der Regelung. — g) Leerlaufdrehzahl.
- VII. Beiträge zur Motorenkonstruktion. — a) Litergewicht und Leistungsgewicht. Zahlentafel 4: Neuere deutsche Höhenmotoren. — b) Erfahrungen an Zahnradgetrieben von Flugmotoren. — c) Die Ausbildung der Auspuffsammler.
- VIII. Rückblick und Ausblick. — a) Passende Motorgrößen. — b) Passende Formgebung des Motors. — c) Passendes Gewicht. — d) Betriebsanpassung. — e) Wirtschaftlichkeit.



Autotechnische Bibliothek

84.

1. **Anleitung und Vorschriften für Kraftwagenbesitzer und -führer, nebst Fragen und Antworten für die Prüfung.** Von Max R. Zechlin. 320 Seiten mit 32 Abbildungen. 6. vermehrte und verbesserte Auflage. M. 12.—
2. **Automobil-A-B-C.** Ein Reparaturrenbuch in alphabetischer Reihenfolge von B. von Lengerke und R. Schmidt. 5. Auflage. 270 Seiten mit 162 Abbildungen im Text. M. 9.—
3. **Die Kunst des Fahrens.** Von B. Martini. 170 Seiten mit 105 Abbildungen. M. 7.20
4. **Automobil-Touristik.** Von B. Martini. 180 Seiten mit 47 Abbildungen im Text. M. 7.20
5. **Automobil-Karosserien.** (I. Teil: Karosserieformen.) Von With. Romeliser, Automobil-Ingenieur. 150 Seiten mit 90 Abbildungen im Text. (Vergriffen. Siehe Bd. 57.)
6. **Das Automobil und seine Behandlung.** Von Zivilingenieur Julius Küster in Berlin. 7. Auflage. 380 Seiten mit 218 Abbildungen im Text. M. 9.—
7. **Der Automobil-Motor.** Von Ingenieur Theodor Lehmbek in Berlin. 230 Seiten mit 97 Abbildungen im Text. 6. verbesserte Auflage. In Vorbereitung. ca. M. 12.—
8. **Automobil-Getriebe und -Kupplungen.** Von Ingenieur Max Buch. 3. Auflage. M. 10.—
9. **Die elektrische Zündung bei Automobilen, Motorfahrrädern, Motorbooten und Luftfahrzeugen.** Von Ingenieur Josef Löwy in Wien. 5. verbesserte und stark vermehrte Auflage. 310 Seiten mit 181 Abbildungen im Text. M. 9.—
10. **Automobil-Vergaser.** Von Johannes Menzel, staatlich geprüfter Bauführer in Berlin. 300 Seiten mit 170 Abbildungen im Text. 4. völlig umgearbeitete Auflage von Ingenieur A. König in Charlottenburg. M. 9.—
11. **Automobil-Steuern, Brems- und Regulierungs-Vorrichtungen.** Von Ingenieur Max Buch. 2. Auflage, bearbeitet von Th. Lehmbek. 160 Seiten mit 177 Abbildungen im Text und 3 Tafeln. (z. Z. vergriffen.)
12. **Der Lastwagen-Motor.** Von M. Albrecht † 3. Auflage, völlig neu bearbeitet von Ing. Herm. Augsbürger in Braunschweig. 300 Seiten mit 233 Abbildungen im Text. M. 9.—
13. **Automobil-Rahmen, -Achsen und -Federn.** Von Ingenieur Max Buch. 2. Auflage, bearbeitet von Th. Lehmbek. 140 Seiten mit 128 Abbildungen. (Vergriffen.)
14. **Das Nutzautomobil.** Von Ingenieur A. Simon in Berlin. 180 Seiten mit 141 Abbildungen und vielen Tafeln. (z. Z. vergriffen.)
15. **Das Motorboot und seine Behandlung.** Von M. H. Bauer. (Jetzt Motorschiff-Bibl. Bd. 2.)
16. **Das Elektromobil und seine Behandlung.** Von Ingenieur Josef Löwy. (z. Z. vergriffen.)
17. **Personen- und Lastendampfwagen.** Von Zivil-Ingenieur Julius Küster in Berlin. 234 Seiten mit 170 Abbildungen im Text. M. 7.20
18. **Das Motorrad und seine Behandlung.** Von Ingenieur Walter Schuricht in München. 250 Seiten mit 195 Abbildungen im Text. 4. verbesserte und vermehrte Auflage M. 9.—
19. **Automobilmotor und Landwirtschaft.** Von Theodor Lehmbek, Ingenieur in Berlin. 170 Seiten mit 121 Abbildungen im Text. 2. Auflage von O. Barsch. M. 8.—
20. **Der Automobilmotor im Eisenbahnbetriebe.** Von Ingenieur Arnold Heller. 116 Seiten mit 82 Abbildungen im Text. M. 7.20
- 21—24. **Viersprachiges Autotechnisches Wörterbuch.**
Deutsch-Französisch-Englisch-Italienisch. 240 Seiten. (2. Auflage.) (Bd. 21.) M. 7.20
Französisch-Deutsch-Englisch-Italienisch. 131 Seiten. (Bd. 22.) (Vergriffen.)
Englisch-Deutsch-Französisch-Italienisch. 207 Seiten. (Bd. 23.) (Vergriffen.)
Italienisch-Deutsch-Französisch-Englisch. 200 Seiten. (Bd. 24.) M. 7.20.
25. **Deutsche Rechtsprechung im Automobilwesen.** Von Diplom-Ingenieur A. Bursch und Zivil-Ingenieur Julius Küster. 190 Seiten. M. 7.20.
26. **Automobil-Rennen und Wettbewerbe.** Von B. von Lengerke. 168 Seiten mit 85 Abbildungen im Text. (z. Z. vergriffen.)
27. **Leichte Wagen bis inkl. 10 Steuer-PS.** Von B. Martini. 3. Auflage, bearbeitet von C. O. Ostwald. (z. Z. vergriffen.) Siehe Bd. 51.
28. **Chauffeurschule.** Theoretische Einführung in die Praxis des berufsmäßigen Wagenführers. Von Julius Küster, Zivilingenieur in Berlin. 5. verbesserte Auflage. 320 Seiten mit 180 Abbildungen im Text. M. 9.—
29. **Wagenbautechnik im Automobilbau.** Von With. Romeliser, Automobil-Ingenieur. 96 Seiten mit 64 Abbildungen im Text. (z. Z. vergriffen, vgl. Bd. 57.)

Autotechnische Bibliothek

84.

30. Patent-, Muster- und Marken-Schutz in der Motoren- und Fahrzeug-Industrie. Bearbeitet von Julius Kuster, Zivilingenieur in Berlin. 323 Seiten und 4 Abbildungen. M. 7.20.
31. Der Motor in Kriegsdiensten. Von W. Oertel. 157 Seiten mit 20 Abbildungen i. Text. M. 7.20.
32. Motor-Yachten, ihre Einrichtung und Handhabung. Von H. de Méville. (Nautikus.) (Vergriffen. Neuauflage in Vorbereitung.)
33. Das moderne Automobil, Konstruktion und Behandlung. Von B. Martini. 6. verbesserte Auflage. 280 Seiten mit 202 Textabbildungen. M. 9.—
34. Praktische Chauffeurschule. Von Zivilingenieur B. Martini. 300 Seiten mit 213 Textabbildungen und 3 Tafeln. 5. verbesserte Auflage. M. 9.—
35. Taschenbuch der Navigation für Motorbootführer. Von H. de Méville. (Nautikus.) (Vergriffen.)
36. Das Cyclecar. Von Otto Lehmann. 190 Seiten mit 136 Abbildungen im Text. M. 8.—
37. Motor-Luftschiffe. Von Ingenieur Asabert Vorreiter in Berlin. 150 Seiten mit 43 Abbildungen im Text und 4 Tafeln. M. 7.20.
38. Rezeptchemie für Antler. Von W. Ostwald, Großbothen in Sachsen. 300 Seiten mit Abbildungen, Tabellen usw. M. 8.—
39. Antler-Chemie. Von W. Ostwald, Großbothen in Sachsen. (Vergriffen, siehe Bd. 38.) (Neuauflage in Vorbereitung.)
40. Antler-Elektrik. Von W. Ostwald, Großbothen. 256 Seiten mit 124 Abbildungen und 1 Tafel. M. 10.—
41. Räder, Felgen und Bereifung. Von Max Buch und R. Schmidt. 240 Seiten mit 197 Abbildungen. 2. Auflage. M. 9.—
42. Kühlung und Kühlvorrichtungen von Motorwagen. Von A. Bauschlicher. 140 Seiten mit 83 Abbildungen. (2. Auflage in Vorbereitung.) ca. M. 8.—
43. Anlasse- und Anlaßvorrichtungen der Verbrennungsmotoren. Von Ingenieur König, Berlin. 160 Seiten mit 71 Abbildungen im Text. (z. Z. vergriffen.)
44. Schmier- und Schmiervorrichtungen. Von A. Bauschlicher. 160 Seiten mit 74 Abbildungen. (Vergriffen.)
45. Ankauf und Unterhaltung gebrauchter Kraftwagen. Von Ingenieur A. König. 160 Seiten. M. 8.—
46. Magnetelektrische Zündapparate für Explosionsmotoren. Von E. Schimek. 2. Auflage. 228 Seiten mit 112 Abbildungen und 23 Tafeln. (3. Auflage in Vorbereitung.)
47. Chauffeurkursus. Von Ingenieur A. König. 400 Seiten mit 167 Abbildungen. 5. verbesserte Auflage. M. 9.—
48. Automobil-Beleuchtung. Von Ingenieur Jos. Löwy. 130 Seiten mit 118 Abbildungen. (Vergriffen.)
49. Die Zweitaktmotoren und ihr Anwendungsgebiet. Von Hans Lederthell, Zivilingenieur. 2. Aufl. 240 Seiten mit 166 Abbildungen. (Vergriffen. 3. Aufl. in Vorbereitung.)
50. Moderne Automobilkühler. Von R. Hofmann. 120 Seiten mit 68 Abbildungen. M. 7.20.
51. Autokauf. Von Ingenieur Walter Lieban. 130 Seiten mit 83 Abbildungen. M. 7.20.
52. Warum, wann und wie weit ist der Automobilhalter haftpflichtig. Von Diplomingenieur K. Everts. 120 Seiten. M. 7.20.
53. Die Automobilbetriebsstoffe. Von Ingenieur Ernst Jensen. 160 Seiten mit 36 Abbildungen im Text. 2. Auflage. M. 7.20.
54. Die Kosten des Automobilbetriebes. Von Ingenieur A. König. Mit 45 Beispielen, mehrere Tabellen usw. M. 7.20.
55. Störungen am Kraftwagen und seinen Teilen. Angaben über Merkmale, Ursachen und Abhilfe. Von Diplom-Ingenieur Schweizer. 160 Seiten mit 1 Tafel. 2. Auflage. M. 7.20.
56. Das moderne Motorrad. Konstruktion, Behandlung, Ausrüstung. Von Ingenieur G. Caesar. 150 Seiten mit 64 Abbildungen. 3. Auflage. M. 8.—
57. Karosseriebau. Bd. 1: Karosserietypen, Holz- und Blecharbeiten. Von Ingenieur K. Reise. 144 Seiten mit 107 Abbildungen. M. 7.20.
58. Karosseriebau. Bd. 2: Lack- und Polsterarbeiten. Von Ingenieur K. Reise. M. 7.20.
59. Motorflüge, Vorzüge und Nachteile der einzelnen Systeme. Von Ingenieur Otto Barsch, Stettin. 2. Auflage. 260 Seiten mit 171 Abbildungen. M. 9.—
60. Grundlagen zur Berechnung und Konstruktion von Motorflügen. Von Ingenieur Otto Barsch. 190 Seiten mit 106 Abbildungen im Text. M. 8.—
61. Technische Ratschläge für den Ankauf von Motorflügen. Von Ing. O. Barsch. M. 8.—
63. Moderne Automobil-Straßenreinigungsmaschinen. Von Ingenieur Otto Barsch. 160 Seiten mit 55 Abbildungen. M. 8.—
64. Deutsche Krafträder und Kleinkraftfahrzeuge. Von Ulrich B. W. Thäter. ca. 150 Seiten mit 100 Abbildungen. Preis ca. M. 10.—
(Weitere Bände sind in Vorbereitung.)

Verlagsbuchhandlung Richard Carl Schmidt & Co.

Lutherstraße 14

BERLIN W 62

Fernspr.: Amt Lützow 5147

Bibliothek für Luftschiffahrt und Flugtechnik

Band 13

Fliegerhandbuch

Ein Leitfaden der gesamten Flugtechnik

von

Robert Eyb

k. u. k. Hauptmann, Feldpilot

320 Seiten mit 224 Abbildungen, darunter eine große Motorentafel

Preis dauerhaft gebunden M. 24.—

Dazu noch der ortsübliche Sortimentszuschlag

3. vom Verfasser völlig umgearbeitete Auflage

Die 3. Auflage des allseitig geschätzten Handbuches ist vom Verfasser so durchgreifend umgearbeitet worden, daß ein vollständig neues Werk entstanden ist, das in knapper, gedrängter Darstellung alles bietet, was der Flieger an praktischen und theoretischen Kenntnissen nötig hat. Die zahlreichen Abbildungen (darunter ca. 200 neue) sind ausschließlich nach Originalzeichnungen u. Photographien des Verfassers angefertigt.

Sieben ist erschienen:

Neu!

**Klein-Gasmotor mit
Gleichstromdynamo**

Neu!

nebst Anlage zum Laden kleiner Akkumulatoren

Leichtfaßliche Darstellung zur Selbstanfertigung

von

Otto Lich, Betriebsingenieur, Berlin, und **Willy Tuloschinsky**, Ingenieur, Berlin

120 Seiten mit 169 Textabbildungen und 5 Konstruktionstafeln

Preis leicht gebunden M. 18.—

Sieben ist erschienen:

Grundzüge der Elektrotechnik

Ein Lehrbuch für Schule und Praxis

von

Dr. Rudolf Wotruba

Band I

Groß-Lexikonformat. 170 Seiten mit 110 Textabbildungen

Preis dauerhaft gebunden M. 18.—

Verlagsbuchhandlung Richard Carl Schmidt & Co.

Lutherstraße Nr. 14

BERLIN W 62

Fernspr.: Amt Lützow 5147



Technische Berichte

Herausgegeben von der Flugzeugmeisterei
der Inspektion der Fliegertruppen

3 Jahrgänge

Preis jedes Jahrganges gebunden M. 45.—

Diese das gesamte Gebiet der Flug- und Flugmotorentechnik in wissenschaftlicher Form behandelnden Berichte wurden bisher als Geheimberichte an wenige Interessenten versandt. Die Hefte wurden jetzt freigegeben. Es stehen aber nur noch wenige Exemplare zur Verfügung und ein Neudruck kann nicht stattfinden. Die gebundenen Jahrgänge können nur komplett, nicht einzeln abgegeben werden. Von den Jahrgängen 1 und 2 stehen noch einige broschierte Exemplare à M. 30 zur Verfügung. Diese werden auch einzeln abgegeben.

Entwerfen von leichten Verbrennungsmotoren, insbes. Luftfahrzeugmotoren

von O. Winkler

(Handbücher für Motoren- u. Fahrzeugbau, Band 1)

2. durchgesehene und verbesserte Auflage

305 Seiten Lexikon-Oktav mit 500 Abbildungen

Preis gebunden M. 60.—

Inhaltsübersicht:

Vorbemerkung. — I. Teil: Über die Anforderungen, die an die Motoren gestellt werden. Die Hauptanforderungen. I. Die Betriebssicherheit: A. Die Ursachen der Betriebsstörungen. B. Die inneren Ursachen im allgemeinen. C. Die häufigsten Fehlerquellen. D. Erfordernisse zur Erreichung einer hohen Betriebssicherheit. — II. Gewicht: A. Begriffsbestimmung. B. Erfordernisse zur Erreichung eines geringen Gewichtes. — III. Leistung. A. Begriffsbestimmung. B. Erfordernisse zur Erreichung einer hohen Leistung. — IV. Preis und Absatzgebiete. — II. Teil: Über geeignete, allgemein gültige Maßnahmen zur Erfüllung der gestellten Anforderungen. I. Maßnahmen zur Erreichung der Betriebssicherheit: A. Die Erschütterungen: a) Die Massenkkräfte im Kurbeltriebwerk; b) Drehmomente; c) Ungleichförmigkeitsgrad; d) Desaxialität; e) Massenkkräfte im Nebentriebwerk; f) Biegedrücke Kräfte. B. Deformationen: a) Innere Ursachen; b) Äußere Ursachen. C. Lösen und Lockern von Verbindungen: a) Losebare Verbindungen; b) Unlosebare Verbindungen. D. Bruch; n) Allgemeines; b) Materialien; c) Ausführung. E. Leistungsverminderung. — II. Maßnahmen zur Erreichung geringsten Gewichtes: A. Allgemeines. B. Schweißverfahren. C. Anordnungsmöglichkeiten. D. Betriebsstoffgewichte. E. Detaildurchbildung. — III. Maßnahmen zur Erreichung hoher Leistungen: A. Benzinförderung. B. Gemischbildung. C. Gemischleitung. D. Die Verbrennungskammer. E. Die Arbeitsverfahren. F. Diagramme. G. Der mechanische Wirkungsgrad. — III. Teil: Ausführungsbeispiele. I. Triebwerk: A. Kolben. B. Pleuelstangen. C. Kurbelwelle. D. Steuerräder. E. Nockenwelle. F. Ventilstänge. G. Das Triebwerk der Rotationsmotoren. — II. Die Zylinder: A. Allgemeines. B. Der Zylindermantel. C. Der Zylinderboden. D. Die Ventilkammern. E. Die Wasserkühlung. F. Die Luftkühlung. G. Die Ventile. — III. Das Kurbelgehäuse. A. Allgemeines. B. Das Kurbelgehäuse stationärer Motoren. C. Die Lagerung der Kurbelwelle. D. Die Verrippung des Kurbelgehäuses. E. Das Kurbelgehäuseunterteil. F. Das Kurbelgehäuse der Rotationsmotoren. — IV. Nebenapparate: A. Allgemeines. B. Der Vergaser und die Ansaugleitung. C. Der Magnetapparat. D. Die Wasserpumpe. E. Die Schmieranlage. — V. Äußere Zubehörtteile: A. Fundamentierung. B. Auspuffleitung und Topfe. C. Behälter. D. Die Kühler. — VI. Gesamtanordnungen. — Schlußbemerkung

Der Luftwiderstand und der Flug

Versuche, ausgeführt im Laboratorium des Marsfeldes von

G. Eiffel

Früherem Präsidenten der Société des Ingénieurs civils de France

Nach der zweiten durchgesehenen und vermehrten Auflage übersetzt von

Dr. Fritz Huth

Mit 123 Textabbildungen und 28 Tafeln. Groß-Quart

Elegant gebunden M. 50.—

Das
Radiographon

zum

Aufnahmen und Wiedergeben

von

Funksprüchen

bis zu den größten Gebegeschwindigkeiten

Telegraphon

Gesellschaft mit beschränkter Haftung

Berlin SW 48, Friedrichstr. 24

Telegr.-Adr.
Radiographon
Berlin

Fernspr.
Moritzpl. 4442
9798

UNIVERSITY OF MICHIGAN



3 9015 07508 7133

