

Rein-Wirtz

Radiotelegraphisches
Praktikum

Radiotelegraphisches Praktikum

Von

Dr.-Ing. H. Rein

Dritte, umgearbeitete und vermehrte Auflage

Von

Dr. K. Wirtz

o. Professor der Elektrotechnik an der Technischen Hochschule
zu Darmstadt

Mit 432 Textabbildungen und 7 Tafeln



Berlin

Verlag von Julius Springer

1921

Vorwort zur zweiten Auflage.

Die vorliegende zweite Auflage des radiotelegraphischen Praktikums unterscheidet sich in mehrfacher Hinsicht von der ersten. Wenn auch in der Anordnung des Stoffes keine Änderung vorgenommen wurde, so machte doch der Umstand, daß die einzelnen Meßmethoden nicht mehr an die besonderen Einrichtungen der Technischen Hochschule in Darmstadt angelehnt sind, eine allgemeinere und ausführlichere Behandlung der Aufgaben notwendig. Dem Zwecke des Buches entsprechend habe ich freilich die Darstellung nicht so weit ausgespannen, daß eine abgeschlossene Übersicht über die gesamte Entwicklung der drahtlosen Technik entstand, sondern nur angestrebt, unter Voraussetzung der allgemeinen Grundlagen der Radiotelegraphie Hinweise und Ergänzungen nach der physikalisch-technischen Seite zu geben. Aus diesem Grunde habe ich es auch vermieden, längere mathematische Entwicklungen aufzunehmen, sondern zumeist vorgezogen, nur die Schlußgleichungen anzugeben. Stets wurde auf Einfachheit und physikalische Übersichtlichkeit der Darstellung ein größerer Wert gelegt, wie auf absolute Genauigkeit des zu erzielenden Ergebnisses. Damit soll nicht etwa der Oberflächlichkeit Vorschub geleistet werden, sondern nur die Tatsache zum Ausdruck kommen, welche für jede technische Anlage mehr oder weniger gilt, daß das Wesentlichste fast immer dem technischen Geschieke und der bewährten Erfahrung des Ingenieurs überlassen bleiben muß. Denn es würde unwirtschaftlich und deshalb fehlerhaft sein, an einer Stelle die Berechnungen und Messungen mit übergroßer Genauigkeit auszuführen, während man auf der andern Seite wichtige Einzelheiten rein erfahrungsgemäß festlegt. Die Beurteilung darüber, welche Meßgenauigkeit in jedem einzelnen Falle anzustreben ist, kann daher nicht allgemein entschieden werden.

Ein besonderes Wort verlangen die den einzelnen Abschnitten beigegebenen Literaturangaben. Es wurde hierbei nicht beabsichtigt, eine möglichst vollständige Zusammenstellung der bisherigen Veröffentlichungen zu geben, sondern die Auswahl möglichst auf diejenigen Aufsätze beschränkt, welche ohne umfangreiche Vorstudien eine wertvolle Ergänzung der beschriebenen Meßmethoden enthalten. Aus diesem Grunde wurde es auch vermieden, auf Patentschriften Bezug zu nehmen, einmal weil hier wichtige und unwichtige Dinge

mit gleicher Ausführlichkeit behandelt zu werden pflegen und zweitens, weil manche Patentbeschreibungen einer schärferen Kritik nicht standhalten vermögen.

Endlich habe ich versucht, bei denjenigen radiotelegraphischen Arbeitsmethoden und Apparaten, welche eine allgemeinere Verbreitung gefunden haben, die Urheber derselben anzugeben. Denn in letzter Linie knüpft sich auch der Fortschritt in der Technik stets an einzelne Persönlichkeiten, und dies ist nur selten das Ergebnis einer genossenschaftlichen Arbeitsweise. Freilich bin ich mir bewußt, daß ich mich damit auf ein außerordentlich strittiges Gebiet begeben, da sich für den gleichen Erfindungsgedanken vielfach mehrere Urheber melden. In solchen Fällen habe ich es für richtig gehalten, entweder den Namen der ausführenden Firma allein anzugeben, oder denjenigen zu nennen, welchem nicht nur die Idee, sondern vor allem auch ihre technische Durcharbeitung im einzelnen zuzuschreiben ist. Denn besonders die Radiotelegraphie stellt eines der technischen Gebiete dar, bei welchem die Zahl der ausgearbeiteten Anregungen und Vorschläge zu den an sich vorhandenen eine außerordentlich geringe ist. Ein Leitmotiv macht eben noch keine Oper. Sollte mir hierbei in der einen oder anderen Richtung ein Irrtum begegnet sein, so bin ich für jede Richtigstellung dankbar.

Den Herren Prof. Dr. H. Th. Simon (Göttingen) und Dr. G. Seibt (Berlin), sowie folgenden Firmen:

Telephon-Fabrik A.-G., vorm. J. Berliner (Wien),

Hans Boas, Elektrotechnische Fabrik (Berlin),

Hartmann und Braun A.-G. (Frankfurt a. M.),

Dr. Erich F. Huth, G. m. b. H. (Berlin),

C. Lorenz A.-G. (Berlin),

Kontinentales Syndikat für Poulsen Radiotelegraphie A.-G.
(Kopenhagen),

Gesellschaft für drahtlose Telegraphie m. b. H., System Telefunken (Berlin)

möchte ich auch an dieser Stelle für die freundliche Überlassung von Photographien meinen verbindlichsten Dank aussprechen.

Zu ganz besonderem Danke bin ich Herrn Prof. Dr. K. Wirtz (Darmstadt) verpflichtet, der mir an Hand der Korrekturen viele wertvolle Ratschläge zuteil werden ließ.

H. Rein.

Vorwort zur dritten Auflage.

Hans Rein hatte schon die zweite Auflage seines radiotelegraphischen Praktikums auf eine wesentlich breitere Grundlage gestellt, als das kleine, im Jahre 1910 erschienene Buch. Während dieses sich beschränkte auf eine kurzgefaßte Zusammenstellung der Schaltbilder und Gleichungen nebst knappen Anleitungen für die verschiedenen Messungen, die damals in den radiotelegraphischen Übungen an der Technischen Hochschule zu Darmstadt ausgeführt wurden, hat in der zweiten Auflage nicht nur die Beschreibung der Meßgeräte Aufnahme gefunden, auch alle Erläuterungen sind ausführlicher gehalten, und es war wohl Reins Absicht, sein Buch bei späteren Auflagen in dieser Richtung weiter zu entwickeln.

Im Sinne Reins glaubte ich zu handeln, wenn ich bei der vorliegenden dritten Auflage noch etwas weiter gegangen bin.

Zunächst wurden daher, einem vielfachen Wunsche entsprechend, die Ableitungen der wichtigeren Gleichungen aufgenommen, soweit dies mit einfachen Mitteln möglich war. Viele Messungen sind durch Zahlenbeispiele erläutert. Neu hinzugekommen sind ferner Erläuterungen über Aufbau, Wirkungsweise und Handhabung der wichtigeren Sende- und Empfangsgeräte, wodurch, ebenfalls einem Wunsche Reins entsprechend, die Selbständigkeit des Buches gegenüber seinem zur Zeit vergriffenen Lehrbuch der drahtlosen Telegraphie noch mehr zum Ausdruck gebracht ist und es vorläufig als Ersatz bis zum Erscheinen der in Vorbereitung befindlichen Neuauflage des Lehrbuchs dienen kann.

Sowohl hierbei, wie bei der Beschreibung der verschiedenen Geräte und Verfahren sind die einzelnen Bestimmungsstücke möglichst durch Zahlenwerte erläutert, da das Erlernen ihrer Größenordnung eine der wichtigsten Aufgaben bei den Übungen ist.

Sämtliche, bis zum Erscheinen dieser Auflage vorliegenden Neuerungen sind berücksichtigt, insbesondere auch die Kathodenröhren als Sender, Wellenanzeiger und Verstärker und die Verfahren zu ihrer Untersuchung. Einige konnten allerdings nur noch in den Literaturnachweisen Aufnahme finden.

Ich hoffe, daß trotz der starken Vergrößerung seines Umfanges auf mehr als das Doppelte der letzten Auflage dem Buch durch die vorgenommene Änderung in der Einteilung und die weitgehende Gliederung der einzelnen Abschnitte seine Übersichtlichkeit erhalten geblieben ist.

Weitgehend war die Unterstützung, die ich auch bei der Herausgabe dieses zweiten Werkes von Hans Rein durch seine früheren Mitarbeiter auf dem Gebiete der drahtlosen Telegraphie gefunden habe.

Viele wertvolle Unterlagen verdanke ich der C. Lorenz A.-G. (Berlin-Tempelhof), insbesondere deren Oberingenieur Herrn O. Scheller, der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie (Berlin), Herrn Dr. G. Seibt (Schöneberg-Berlin), H. Boas, Elektrotechnische Fabrik (Berlin), Siemens & Halske, A.-G. (Siemensstadt-Berlin), Hartmann & Braun, A.-G. (Frankfurt a. M.), Schott u. Gen., Glaswerk (Jena) und der Akkumulatoren-Fabrik, A.-G. (Berlin).

Die Schaltbilder sind wieder in alter Meisterschaft von Herrn Dr.-Ing. Hammerschmidt entworfen. Von den Herren Telegraphendirektor Dipl.-Ing. W. Hahn und Oberingenieur Dr.-Ing. L. Pungs wurden die Fahnenabzüge durchgesehen. Die Verlagsbuchhandlung Julius Springer hat keine Kosten und Mühen gescheut, auch diesem Werke Reins eine dem Andenken Reins würdige Ausstattung zu geben.

Ihnen allen sei herzlichster Dank gesagt.

Diese immer bereite, vielseitige Hilfe, die allein es mir ermöglicht hat, trotz des scelischen Druckes, der in dieser Zeit tiefster Schmach des Vaterlandes auf uns lastet, das Buch nun doch zu vollenden, sie galt dem Gedächtnis Hans Reins, der schon im ersten Kriegsjahr in den vordersten Linien unseres Feldheeres als Kompagnieführer eines Infanterieregimentes sein Leben für sein deutsches Land hingegeben hat.

Und wie so oft wandern auch meine Gedanken jetzt, beim Abschluß dieser Arbeit, nach dem einsamen Grab in fremder Erde, begleitet von der festen Zuversicht, daß Deutschland wieder erstarbt, trotz der schamlosen Bestimmungen, die unser wissenschaftliches und wirtschaftliches Leben vernichten sollen und die, aufgebaut auf Haß und Lüge, schmachvoller noch für unsere Feinde als für uns selbst, niemals der Welt den Frieden bringen können.

Weihnachten 1920.

K. Wirtz.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Einleitung.	
I. Die Sendeseite	2
II. Die Empfangsseite	7
A. Hilfsgeräte.	
I. Stromquellen	9
1. Stromquellen für mittlere Frequenzen	9
a) Saitensumner	10
b) Mikrophonsumner	11
c) Wechselstrommaschinen	13
d) Wechselstromerzeuger von Vreeland	15
2. Hochfrequenzstromquellen	16
a) Die Eichhornsche Summerschaltung	17
b) Funkenerreger	19
α) Knallfunkenerreger	19
β) Löschfunkenerreger	21
c) Pfeifender Lichtbogen	28
d) Lichtbogengeneratoren	29
α) Wirkungsweise	29
β) Ausführungsformen und Schaltungen	35
γ) Erzeugung von Oberschwingungen mit Lichtbogengeneratoren	41
e) Kathodenstrahlröhren	42
α) Wirkungsweise	42
β) Kennlinien	46
γ) Die Kathodenstrahlröhre als Schwingungserzeuger	51
1. Fremderregung	51
2. Selbsterregung	52
f) Hochfrequenzmaschinen	57
g) Frequenzwandler	60
II. Widerstände	62
1. Widerstand und Wechselzahl (Stromverdrängung, Oberflächenwirkung, Hautwirkung)	62
2. Selbstinduktionskoeffizient und Wechselzahl	64
3. Eigenkapazität	65
4. Widerstände für Meßzwecke	65
5. Ersatzschaltungen	66
a) C im Nebenschluß zu w	67
b) L im Nebenschluß zu w	68
III. Galvanometer und Telephone	69
1. Gleichstromgalvanometer	69
2. Hörer (Telephone)	69
3. Vibrationsgalvanometer	70

	Seite
B. Kapazitäten.	
I. Ausführungsformen von Kondensatoren	73
1. Die Kondensatoren für Sendezwecke	74
2. Kondensatoren für Empfangszwecke	81
3. Eigenkapazitäten	83
II. Allgemeine Grundlagen für die Untersuchung von Kondensatoren	84
1. Kapazitiver Widerstand	84
2. Schaltung von Kondensatoren	85
3. Betriebskapazität	86
4. Der Verlustwinkel	88
5. Berechnung von Kapazitäten	91
6. Eichkurven	92
7. Kondensator- und Widerstandskapazität	92
III. Messung von Kapazitäten	92
1. Messungen von Kapazitäten mit der Wheatstonschen Brücke	93
a) Allgemeine Grundlagen	93
α) Die beiden Bedingungsgleichungen. Fehlerquellen	93
β) Die Nullzeiger	94
γ) Gleichungen für die Brückenschaltung	95
δ) Die Erdung der Brücke	97
b) Ausführung der Messungen mit der Wechselstrombrücke	98
α) Mit Niederfrequenz und Niederspannung	98
1. C_x und C_n verlustfrei, w_3, w_4 kapazitäts- und induktionsfrei	98
2. C_x nicht verlustfrei, w_3 und w_4 kapazitäts- und induktionsfrei	99
a) Messung von C_x	100
b) Messung von δ_x	100
β) Kapazitätsbrücken	101
γ) Messung mit Hochspannung und Hochfrequenz	102
2. Resonanzverfahren zur Messung von Kapazitäten	103
a) Eichung eines Drehkondensators mittels Hochfrequenz und Niederspannung	103
α) C_n und C_x sind von annähernd gleicher Größenordnung	103
β) C_n ist erheblich größer als C_x	104
γ) C_n ist wesentlich kleiner als C_x	105
b) Messung von Kapazitäten mittels Hochspannung	105
c) Verfahren von Seibt	106
3. Das Differentialverfahren (Hausrath, Hund)	107
4. Das indirekte Verfahren	109
a) Messung der Kapazität von Kondensatorbatterien mit Niederfrequenz und Hochspannung	110
b) Messung kleiner Kapazitäten mittels Hochfrequenz und Hochspannung	110
5. Messung von Spulenkazitäten	111
a) Bestimmung mit Wellenmesser	111
b) Verfahren von Rietz	112
c) Verfahren von Behnken	112
6. Messung der Kapazität von Leitungen, Widerständen, Detektoren und Isolatoren	113
7. Bestimmung der Dielektrizitätskonstanten fester und flüssiger Stoffe	115

C. Induktivitäten.

	Seite
I. Ausführungsformen von Spulen	118
II. Allgemeine Grundlagen für die Untersuchung von Spulen	122
1. Induktiver Widerstand	122
2. Schaltungen von Spulen	123
3. Ersatzschaltung für eine nicht verlustfreie Spule	123
4. Spulen mit Eigenkapazität. Widerstandserhöhung	124
5. Wirksamer Widerstand einer Spule	126
6. Berechnung von Selbstinduktionskoeffizienten	127
III. Messung von Selbstinduktionskoeffizienten	130
1. Messung von Selbstinduktionskoeffizienten in der Brückenschaltung	130
a) Bedingungsgleichungen	130
b) Ausführung der Messungen	132
α) Messung mit Niederfrequenz und Niederspannung	132
β) Mit Hochfrequenz und Hochspannung	137
2. Messung der Selbstinduktion mittels des Resonanzverfahrens	137
a) Mit Hochfrequenz und Niederspannung	137
b) Mit Hochfrequenz und Hochspannung	138
c) Mittels Differentialtransformator	139
3. Messung von Selbstinduktionskoeffizienten nach dem indirekten Verfahren	139
a) Mit Niederfrequenz	139
b) Mit Hochfrequenz	139
c) Vergleichsverfahren	140
4. Messung der Eigenselbstinduktion von Kondensatoren mit Hochfrequenz und Hochspannung	141

D. Kopplungskoeffizienten.

1. Arten der Kopplung	141
II. Kopplungsspulen	144
III. Allgemeine Grundlagen für Kopplungsmessungen	145
1. Kopplungsfaktor	145
2. Die beiden Kopplungswellen	146
3. Die scheinbare Widerstandsvergrößerung	147
IV. Messung von Kopplungskoeffizienten	148
1. Bestimmung des Kopplungskoeffizienten mittels der Wechselstrombrücke	149
2. Bestimmung von Kopplungskoeffizienten mittels Wellenmesser	150
3. Bestimmung von Kopplungskoeffizienten mittels der beiden Kopplungswellen	151
4. Verfahren von Kiebitz	153
5. Bestimmung des Koeffizienten der gegenseitigen Induktion durch Spannungsmessungen	155
6. Bestimmung kleiner Kopplungskoeffizienten aus der Widerstandsänderung infolge Rückwirkung	159

E. Wellenlängen.

I. Berechnung von Wellenlängen	159
II. Messung von Wellenlängen	161
1. Resonanzwellenmesser	161
a) Resonanzanzeiger	161
b) Schaltung der Resonanzanzeiger	163

	Seite
c) Aufbau und Ausführungsformen	164
d) Schaltung und Anwendungsgebiet	169
2. Wellenmesser mit zwei Wechselstromwiderständen	169
a) Allgemeine Gesichtspunkte	169
b) Hitzdrahtwellenmesser	170
c) Dynamometrische Wellenmesser	171
α) Wellenmesser von Scibt	172
β) Wellenmesser von Scheller	176
3. Bestimmung von Wellenlängen durch Strom- und Spannungsmessung	178
4. Bestimmung von Wellenlängen mittels Climmlichtoszillograph	179
5. Eichung von Wellenmessern	181
a) durch Vergleich mit einem Normalwellenmesser	181
b) mittels der Oberschwingungen von Lichtbogengeneratoren oder Kathodenröhren	183
α) Allgemeines	183
β) Versuchsanordnung für Lichtbogengeneratoren	184
γ) Genaue Bestimmung einer großen und einer kleinen Welle	185
1. Messung einer sehr großen Welle	185
2. Messung einer sehr kleinen Welle	185
6. Eichung eines Oszillators für bestimmte Wellenlängen	186

F. Die Dämpfung.

I. Allgemeine Grundlagen	186
1. Dämpfungsziffer und Dämpfungsdekrement	186
2. Der Dämpfungswiderstand	188
3. Das Dämpfungsdekrement als Quotient zweier Arbeitswerte	189
4. Gesamtes Dämpfungsdekrement	191
II. Dämpfungsmessungen	191
1. Bestimmung von Dämpfungsdekrementen durch Aufnahme der Resonanzkurve	191
a) Erregung mit gewöhnlichen Funken	192
α) Allgemeine Grundlagen	192
1. Gleichung von Bjerknes	192
2. Resonanzkurven	193
3. Gleichungen zur Berechnung von θ_1 θ_2	194
4. Arten des Resonanzverfahrens	194
5. Trennung von θ_1 und θ_2	195
β) Ausführung der Messungen	197
1. Schaltung	197
2. Versuchsbedingungen	197
3. Messungen	198
b) Die Stoßerregung	199
c) Erregung durch Schwingungen mit gleichbleibenden Scheitel- werten	201
d) Unmittelbar anzeigende Dämpfungsmesser	203
2. Vergleichsverfahren zur Bestimmung von Dämpfungswiderständen	204
a) Bestimmung von Dämpfungswiderständen aus Resonanzstrom- stärken und bekannten Zusatzwiderständen im Meßkreis	204
α) Erregung durch Schwingungen mit gleichbleibenden Scheitel- werten	205
1. Strommesser im Meßkreis	206
2. Strommesser im Hilfskreis	208

	Seite
β) Funkenerregung	210
1. Verfahren von Lcewe	211
2. Verfahren von Högelsberger	214
b) Bestimmung des Dämpfungswiderstandes durch Vertauschung	215
3. Bestimmung von Dämpfungswiderständen durch Leistungsmessungen	216
4. Kalorimetrische Messung von Dämpfungswiderständen	217
G. Strommessungen.	
I. Hitzdrahtstrommesser	222
1. Aufbau	222
2. Erhöhung des Meßbereichs	223
3. Eichung von Hitzdrahtstrommessern mit Nebenschluß	229
a) Mit Thermoelement	229
b) Nach dem indirekten Verfahren	230
II. Thermoelemente	230
1. Aufbau	230
2. Eichung eines Thermoelementes	232
3. Die Thermokreuzbrücke	233
III. Thermogalvanometer	234
IV. Bolometer (Baretter)	235
1. Aufbau	235
2. Eichung eines Bolometers	236
V. Kristalldetektoren	237
VI. Kathodenstrahlröhren	238
VII. Stromwandler	238
H. Spannungsmessungen.	
I. Elektrometrische Spannungsmessungen	240
II. Hitzdrahtspannungsmesser	241
III. Röhrenspannungsmesser	242
IV. Spannungsmessungen mit Funkenstrecken	245
V. Spannungsmessungen mit der Braunschen Röhre	245
J. Leistungsmessungen.	
1. Gleichungen für die mittlere Wechselstromleistung	245
II. Bestimmung der Leistung	246
1. Leistungsbestimmung aus dem Wirkwiderstand	246
2. Leistungsbestimmung aus Spannung und Strom	246
3. Elektrometrische Leistungsmessungen	247
4. Dreispaltungsmesserverfahren	249
K. Untersuchung von Schwingungsvorgängen.	
I. Der Schleifenoszillograph	253
II. Die Braunsche Röhre	254
III. Der Glimmlichtoszillograph	260
IV. Der Schwingungsprüfer	263
V. Der Tonprüfer	264
L. Prüfung von Isolierstoffen und Isolatoren.	
1. Prüfung von Isolierstoffen	266
1. Dielektrizitätskonstante	266
2. Dielektrische Verluste	266
3. Durchschlagsfestigkeit	269

	Seite
4. Isolierfähigkeit (Oberflächenwiderstand)	271
5. Homogenität	273
6. Lichtbogensicherheit	274
7. Mechanische und Wärmeprüfung	274
II. Prüfung von Isolatoren	276
M. Eisenuntersuchungen mit Hochfrequenz.	
1. Oberflächenwirkung und magnetische Leitfähigkeit	279
1. Magnetisierungskurven	279
2. Aufnahme der Magnetisierungskurven	281
II. Die Eisenverluste	282
1. Verfahren zur Bestimmung der Eisenverluste	283
a) Das Differentialverfahren und das Vergleichsverfahren	283
b) Indirektes Verfahren	283
c) Dreispaltungsmesserverfahren	284
N. Messung des wirksamen Widerstandes von Spulen	284
O. Entladestrecken.	
I. Allgemeines	287
II. Messungen an Entladestrecken	289
1. Zündspannung (Verfahren von M. Vos)	289
2. Funkenzahl und Tonhöhe	290
a) Messung mit der stroboskopischen Scheibe	290
b) Messung mittels unlaufendem Leuchtrohr	291
c) Messung mit dem Glimmlichtoszillograph	291
d) Messung mittels elektromagnetischer Stimmgabel	292
3. Dämpfungswiderstand	292
4. Kopplung und Funkenlänge	292
5. Erwärmung	293
6. Leistung und Funkenstreckenzahl	293
P. Luftleiter (Antennen).	
I. Allgemeine Grundlagen	294
1. Bestimmungsstücke von Luftleitern	294
a) Kapazität	294
b) Selbstinduktion	295
c) Eigenwellenlänge	295
d) Verkürzungs- und Verlängerungszahl	299
e) Wirksame Höhe eines Luftleiters	299
f) Antennenformziffer	300
g) Magnetisches und elektrisches Feld	301
h) Gesamte Strahlungsleistung	301
i) Strahlungswiderstand	301
k) Gesamter wirksamer Widerstand	302
l) Wirkungsgrad	303
2. Einige Gesichtspunkte für den Antennenbau	303
II. Messungen an Luftleitern	310
1. Bestimmung der Eigenwelle eines Luftleiters	310
a) Unmittelbare Messungen	310
b) Verfahren von Martens	312
2. Bestimmung der Lage des Spannungsknotens	313
3. Messung der wirksamen Kapazität und Selbstinduktion	314

	Seite
a) Durch Verkürzung oder Verlängerung	314
α) Messung der wirksamen Kapazität	314
β) Bestimmung der wirksamen Selbstinduktion	316
γ) Verfahren von de Groot	316
b) Verfahren von Fischer	318
c) Verfahren von Behnen	318
d) Verfahren von Bakhuis	319
e) Verfahren von Scheller	321
4. Messung des Dämpfungskoeffizienten und des wirksamen Widerstandes	322
a) Durch Aufnahme der Resonanzkurve	322
b) Vergleichsverfahren	323
α) Vergleichsverfahren mittels bekannter Zusatzwiderstände	324
β) Vertauschungsverfahren von Fischer mittels künstlicher Antenne	325
5. Bestimmung des Strahlungswiderstandes	326
a) Verfahren von Erskine Murray	327
b) Verfahren von de Groot	328
c) Verfahren von Braun und Rausch von Traubenberg	330
α) Unmittelbare Messung von H_0	331
β) Vertauschungsverfahren zur Bestimmung von H_0	332
6. Bestimmung der Leitfähigkeit des Erdbodens	334
a) Bestimmung des Leitvermögens aus der Stromabnahme	334
b) Bestimmung des Leitvermögens durch Messung des wirksamen Widerstandes	335

Q. Allgemeine Gesichtspunkte für den Aufbau der Sende- und Empfangsstelle.

1. Die Reichweite	336
11. Die Abstimmfähigkeit	341

R. Sender.

1. Löschfunktensender	342
1. Aufbau und Schutzvorrichtungen	342
2. Einstellung der Löschfunktensender	350
a) Resonanz in den Niederfrequenzkreisen	350
b) Abstimmung zwischen Stoßkreis und Antenne	352
α) Abstimmung mit Niederspannung	352
β) Abstimmung mit Hochspannung	353
c) Endgültige Einstellung der Tonreinheit mittels Tonschieber und Tondrossel	353
d) Das Überlappen der Wellenzüge	355
e) Steigerung der Leistung. Hilfszündung	355
3. Untersuchungen an Löschfunktensendern	355
a) Untersuchung der Niederfrequenzseite	355
α) Ermittlung der Ersatzschaltung	355
1. Untersuchung der Wechselstrommaschine	356
2. Ermittlung der Bestimmungstücke der Drosselspule	357
3. Untersuchung des Transformators	357
β) Aufnahme der Resonanzkurven	360
b) Untersuchung der Hochfrequenzseite	361
α) Ermittlung der Grenzwerte des Erregerstromes für Tonreinheit	361
β) Antennenstrom und Funkenstreckenzahl	361

	Seite
γ) Antennenstrom und Wellenlänge	362
δ) Wirkungsgrad	362
II. Vieltonsender	363
III. Lichtbogensender	366
1. Schaltungen	366
a) Der Gleichstromkreis	366
b) Die Hochfrequenzkreise	367
2. Messungen an Lichtbogengeneratoren	372
a) Prüfung der Reinheit und Gleichförmigkeit der Schwingungen	372
b) Bestimmung des Wirkungsgrades eines Lichtbogengenerators	373
IV. Kathodenröhrensender	376
1. Betriebsbedingungen und Schaltungen	376
a) Betriebsbedingungen	376
b) Senderschaltungen	379
2. Untersuchung von Kathodenstrahlenröhren	388
a) Ermittlung der Bestimmungsstücke und der Kennlinien einer Röhre mittels Gleichspannungen	388
α) Heizstrom	388
β) Sättigungsstrom und Sättigungsspannung	390
γ) Die Aufnahme der Kennlinien	391
δ) Messung des Durchgriffs D , der Steilheit S und der inneren Widerstände R_A und R_G	391
1. Punktweise Messung von D , S , R_A und R_G	392
2. Messung von D , S , R_A und R_G mit Hilfe einer Kennlinienschar	395
ε) Bestimmung des Widerstandes R_A mit der Wechselstrombrücke	395
ζ) Prüfung des Vakuums	396
1. Grundlagen	396
2. Bestimmung der Güte des Vakuums	397
3. Prüfung der Elektroden auf Gasfreiheit	399
4. Prüfung auf Gasfreiheit mit Hilfe der statischen Kennlinien nach Möller	400
b) Untersuchung einer Röhre als Schwingungserzeuger	400
α) Allgemeine Grundlagen	400
1. Spannungen und Ströme	400
2. Schwingungsarten, Widerstand des Schwingungskreises	402
3. Leistungen, Verluste und Wirkungsgrad	406
β) Verfahren zur Untersuchung einer Röhre als Schwingungserzeuger	409
1. Zeichnerische Verfahren zur Untersuchung einer Röhre als Schwingungserzeuger	409
a) Ermittlung der Zeitkurven des Anoden- und Gitterstromes	409
b) Bestimmung der Leistungen N_1 und N_2 und des Wirkungsgrades	411
c) Bestimmung der Anoden- und Gitterverluste	411
d) Ermittlung der Oberschwingungen	412
e) Verfahren von Möller	418
2. Messungen an Röhrensendern	421
a) Bestimmung der günstigsten Anoden- und Gitterkopplung	421
b) Bestimmung des Grenzwiderstandes im Nutzkreis	421
c) Bestimmung des Nullstromes (Ruhestromes)	421
d) Aufnahme der Zeitkurven	422











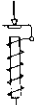










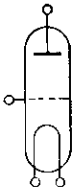





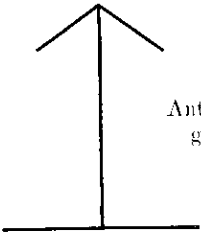
e) Messung der Wellenlängen der Grund- und Oberschwingungen	422
f) Bestimmung des Wirkungsgrades	422
α) Aus e_q , v_q , i_w und w	422
β) Kalorimetrisches Verfahren	422
γ) Optisches Verfahren	422
g) Ermittlung der Bestimmungsstücke des Hochfrequenzkreises	422

S. Wellenanzeiger.

I. Einteilung und Zweck der Wellenanzeiger	424
1. Einteilung	424
2. Zweck der Wellenanzeiger	425
II. Untersuchung von Wellenanzeigern	427
1. Fritterprüfung	427
2. Untersuchung eines Magnetdetektors	428
3. Untersuchung einer elektrolytischen Zelle (Schloemilchzelle)	429
4. Untersuchung von Kristalldetektoren	431
5. Untersuchung eines Ticklers	434
6. Untersuchung eines Tonrades (Goldschmidt)	437
7. Kathodenstrahlröhren	438
a) Die Wehneltöhre	438
b) Eingitterröhren	438
α) Aufbau	438
β) Kennlinien	439
γ) Die Eingitterröhre als Wellenanzeiger und Gleichrichter	439
1. Audionschaltung	440
2. Gleichrichterschaltung	441
δ) Die Eingitterröhre als Verstärker	441
ϵ) Messungen an Eingitterröhren	446
c) Zweigitterröhren	447
α) Wirkungsweise	447
β) Untersuchung einer Röhre mit Raumladegitter	448
8. Kathodenröhrenverstärker	450
a) Schaltungen und Aufbau	450
α) Hochfrequenzverstärker	451
β) Niederfrequenzverstärker	452
b) Ursachen und Beseitigung von Störgeräuschen (Pfeifen) beim Empfang mit Kathodenröhren und Verstärkern	455
c) Messungen an Röhrenverstärkern	456
α) Leerlaufuntersuchung von Verstärkertransformatoren	456
β) Messung des Verstärkungsgrades	459
1. Das Widerstandsverfahren von Pirani	460
2. Verstärkungsmessung mittels künstlicher Leitung	462
9. Untersuchung von Telephonen	464
a) Messung der Eigenschwingungszahl der Membran	465
b) Bestimmung der Empfindlichkeit	466
α) Bestimmung der Empfindlichkeit eines Hörers durch Ermittlung der Reizschwelle	467
β) Bestimmung der Spannungs-, Strom- und Leistungsempfindlichkeit nach Pirani und Paschen	469
10. Anrufgeräte	471

T. Empfangseinrichtungen.		Seite
I. Schaltungen		472
1. Schaltung des Luftleiters		472
2. Schaltung des Wellenanzeigers		472
II. Kopplung und Lautstärke		476
III. Abstimmstärke und Selektivität		479
IV. Empfangsleistung und Lautstärke		481
V. Der Überlagerungsempfang		481
1. Wirkungsweise		481
2. Hilfsstromquellen		483
3. Die Vorzüge des Überlagerungsempfangs		484
4. Der Überlagerer als Hilfsmittel für Messungen Bestimmung sehr kleiner Kapazitäten		485 485
5. Beispiel einer Ausführungsform		486
6. Untersuchungen an Überlagerungsempfängern		493
VI. Empfang mit der Rahmenantenne		495
VII. Schreibempfang		497
1. Fritterempfänger		497
2. Kristalldetektorschreiber		497
3. Lichtschreiber		498
4. Schreiber mit Gleichrichterröhren		498
VIII. Messungen an Empfangseinrichtungen		499
1. Eichung einer Empfangseinrichtung		499
a) Eichung des Luftleiters		499
b) Eichung des Sekundärkreises		500
2. Messung der Empfangslautstärke		500
3. Messung der Abstimmstärke und Selektivität		504
4. Messung der Empfangsströme		505
5. Zeitzeichen und Wetterberichte		506
a) Zeitzeichen		506
α) Nauen		506
β) Eiffelturm		506
b) Wetterberichte		507
α) Nauen		507
β) Eiffelturm		507
γ) Schlüssel zu den Wetterfunksprüchen		508
c) Die drahtlose Telephonie		511
I. Lichtbogensender für Telephonie		512
II. Röhrensender für Telephonie		515
1. Aufbau und Betriebsbedingungen		515
2. Untersuchung eines Röhrensenders für Telephonie		517
d) V. Richtungsbestimmungen		517
I. Der Richtungsfinder mit zwei gekreuzten Antennenpaaren		518
II. Richtungsbestimmungen mit der Rahmenantenne		520
III. Fehlerquellen		522
Nachtrag zu S. 62 (Frequenzwandler)		523
Nachtrag zu S. 507		524
Literaturverzeichnis		525
Namenverzeichnis		540
Sachverzeichnis		547
Berichtigungen		558

Bezeichnungen und Abkürzungen.

	Gleichstrommaschine, Gleichstrommotor.		Stufenweise ver- änderliche Selbst- induktionsspule.
	Batterie.		Stetig veränderliche Selbstinduktions- spule, Variometer.
	Wechselstrommaschine für kleine und mittlere Periodenzahlen.		Drosselspule mit und ohne Eisen.
	Hochfrequenzmaschine.		Strommesser, Spannungsmesser.
	Hochspannungstrans- formator, Resonanz- induktor.		Galvanometer.
	Unterbrecher.		Thermoelement.
	Gewöhnliche Funken- strecke.		Elektrolytischer Detektor.
	Löschfunkenstrecke.		Kristalldetektor.
	Lichtbogen- generatoren.		Thermodektor.
	Fester Kondensator, Blockkondensator.		Ventilröhre.
	Stetig veränderlicher Kondensator.		Kathodenstrahlen- röhre. (Audion, Vorstärkeröhre, Senderröhre.)
	Ohmscher Widerstand.		Geißler-Rohr, Heliumröhre.
	Feste Selbstinduktions- spule.		Telephon.
			Mikrophon.
			Antenne mit Gegen- gewicht.

Sofern nicht ausdrücklich anders angegeben ist, gelten folgende Bezeichnungen:

E = Spannungsscheitelwert.	$\cos \varphi$ = Leistungsfaktor.
EMK = Elektromotorische Kraft.	σ = spezifischer Widerstand.
e = Wirksame Spannung (Effektivwert der Spannung).	w = Ohmscher Widerstand.
E_F, F = Elektrische Feldstärke.	L = Selbstinduktionskoeffizient.
J = Stromscheitelwert.	L_{12}, M = Koeffizient der gegenseitigen Induktion.
i_t = Augenblickswert des Stromes.	α = Kopplungsfaktor, Kopplungsgrad.
i = Wirksame Stromstärke (Effektivwert der Stromstärke).	w_L = Induktiver Widerstand.
Q = Elektrizitätsmenge.	C = Kapazität.
B = Magnetische Induktion.	w_C = Kapazitiver Widerstand.
μ = Permeabilität.	δ = Dämpfungsziffer.
ϵ = Dielektrizitätskonstante.	θ = Dämpfungsdekrement.
A = Arbeit.	ν = Periodenzahl in der Sekunde.
A_e = Arbeitsvorrat des elektrischen Feldes.	$\omega = 2\pi \nu$ = Kreisfrequenz.
A_m = Arbeitsvorrat des magnetischen Feldes.	λ = Wellenlänge.
N = Leistung.	T = Periodendauer.
η = Wirkungsgrad.	a = Funkenzahl in der Sekunde.
	n = Umlaufzahl in der Minute.
	h_w = Wirksame Antennenhöhe.

Wiedem. Ann. = Wiedemanns Annalen der Physik und Chemie (Barth, Leipzig).

Ann. d. Phys. = Annalen der Physik (Barth, Leipzig).

Arch. f. Elektrot. = Archiv für Elektrotechnik (Springer, Berlin).

Elektr. u. Masch. = Elektrotechnik und Maschinenbau (Wien).

ETZ = Elektrotechnische Zeitschrift (Springer, Berlin).

Helios = Helios. Fach- u. Exportzeitschrift für Elektrotechnik (Hachmeister u. Thal, Leipzig).

Jahrb. = Jahrbuch der drahtlosen Telegraphie und Telephonie (Barth, Leipzig und von Band 12 an M. Krayn, Berlin).

Phys. Z. = Physikalische Zeitschrift (Hirzel, Leipzig).

Zeitschr. f. Instr. = Zeitschrift für Instrumentenkunde (J. Springer, Leipzig).

Verh. d. D. Phys. Ges. = Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (Vieweg & Sohn, Braunschweig).

Elektr. World = The Electrical World (McGraw Publishing Co., New-York).

Electrician = The Electrician (Georg Tucker, London).

Lumière électr. = La Lumière électrique (Paris).