

Die Elektronenröhre als physikalisches Meßgerät

Röhrenvoltmeter · Röhrengalvanometer
Röhrenelektrometer

Von

Dr. Josef Schintlmeister

Dozent für Experimentalphysik an der Universität Wien

Vierte unveränderte Auflage

Mit 126 Abbildungen im Text



Springer-Verlag Wien GmbH

1945

**Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung
in fremde Sprachen, vorbehalten.**

© Springer-Verlag Wien 1942, 1943

Ursprünglich erschienen bei Springer-Verlag OHG. in Vienna 1943

ISBN 978-3-662-37273-9 ISBN 978-3-662-38002-4 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-662-38002-4

Vorwort zur ersten Auflage.

Fast alle Bücher über Elektronenröhren sind für die Bedürfnisse der Hochfrequenz-Nachrichtentechnik oder der Elektroakustik zugeschnitten. Daneben wird aber die Elektronenröhre auch noch bei Messungen im Forschungs- und Betriebslaboratorium verwendet. Es fehlte bisher an einer zusammenfassenden, für die Laboratoriumspraxis bestimmten Darstellung, die auch jedem in Röhrenfragen weniger Bewanderten in die Hand gegeben werden kann und welche die besonderen Anforderungen darlegt, die an die Röhrengeräte als physikalische Meßinstrumente gestellt werden. Jeder Wissenschaftler, der die Röhren nur als Hilfsmittel benutzt und sich Röhrengeräte selbst zusammenstellen muß, ohne dabei die Zeit zu finden, allen Sonderfragen, wie z. B. der Verwendung von Elektrometerröhren, Verringerung der Nullpunktswanderungen bei Gleichspannungsverstärkung usw. im einzelnen nachzugehen, findet in dem Buche die gesuchte Auskunft. Auf praktische Angaben und Hinweise für die konstruktive Ausgestaltung wurde größter Wert gelegt. Wenn solche Einzelheiten manchmal den glatten Fluß der Darstellung unterbrechen, so möge dabei bedacht werden, daß das Buch nicht geschrieben ist, um beim Durchlesen einen allgemeinen Überblick über das Thema zu geben, sondern um den praktisch mit Elektronenröhren arbeitenden Wissenschaftlern ein erfolgreiches Arbeiten zu ermöglichen. Gerade dieser Leserkreis wird es begrüßen, wenn manche Schwierigkeit durch eine Bemerkung behoben wird. Trotz dieser Zielsetzung und der für den Nichtspezialisten gerichteten Schreibweise hoffe ich, daß auch der Röhren- und Verstärkerfachmann manche interessante Einzelheit bemerken wird.

Elektronenröhrenmeßgeräte sind bei vielen Untersuchungen verwendet worden. Das Buch kann deshalb nur eine Auswahl bringen. Da für jedes Gebiet eine eingehende Darstellung notwendig ist, habe ich mich entschlossen, nur folgende drei Geräte zu behandeln: Die Röhrenvoltmeter für Gleichspannungen, die Röhrengalvanometer und die Röhrelektrometer. Vorangesehen wurde ein Abschnitt über die Elektronenröhre und ihre Schaltung, der die notwendigen Voraussetzungen für das Verständnis von Elektronenröhrengeräten im allgemeinen vermittelt.

Bei der Besprechung der Röhrenvoltmeter für Gleichspannungen wurde die p_H -Messung und die acidimetrische Titration als Anwendungsbeispiel behandelt. Von verschiedensten Firmen werden dafür Röhren-

voltmeter auf den Markt gebracht. Diese Geräte abzubilden und zu besprechen, konnte ich mich nicht entschließen. Eine solche Aufzählung müßte wenigstens die deutsche Industrie vollständig umfassen. Auch hat der Leser von der Ansicht eines Gehäuses mit Drehknöpfen und eingebauten Meßinstrumenten nur einen sehr geringen Gewinn. Ich habe jedoch angestrebt, diesen Abschnitt so abzufassen, daß ein volles Verständnis für jedes beliebige käufliche Gerät beim Durchlesen vermittelt wird. Die Röhrenvoltmeter für Wechselspannungen fanden keine Aufnahme, da zusammenfassende Darstellungen darüber vorliegen. Auch werden mit ihnen meist hochfrequenztechnische und selten physikalische Messungen durchgeführt.

Bei den Röhrengalvanometern wurde die Messung von kleinen Photoströmen und von Ionisationsströmen durch radioaktive oder Röntgenstrahlen eingehender berücksichtigt.

Die Röhrenelektrometer schließlich gewinnen in der Atomkernforschung immer größere Bedeutung. Sie wurden besonders ausführlich auch nach der konstruktiven Seite hin behandelt, da Geräte für diesen Zweck bisher nicht im Handel sind. Jeder, der sich mit Kernforschung beschäftigt, muß also zur Zeit mit selbstgebaute Röhrenelektrometern arbeiten.

Viele Schaltungen, die in diesem Buche aufgenommen sind, wurden im Rahmen irgendeiner Experimentaluntersuchung veröffentlicht, deren Titel keinen Hinweis auf den röhrentechnischen Teil enthält. Dieser Umstand erschwerte sehr das Suchen nach Arbeiten, die zu berücksichtigen waren. Ich möchte daher bitten, von solchen neu erscheinenden Abhandlungen mir Mitteilung zu machen und gegebenenfalls Sonderabdrucke zu überlassen.

Fräulein Dr. LUPMILLA HOLIK danke ich für die Durchführung zahlreicher Messungen und die numerischen Berechnungen im vierten Abschnitt. Herrn Professor Dr. GEORG STETTER und Herrn Dr. WILLIBALD JENTSCHKE danke ich für eine kritische Durchsicht des Manuskripts.

Wien, im Oktober 1941.

J. Schintlmeister.

Vorwort zur dritten und vierten Auflage.

In der kurzen Zeit seit der Bearbeitung der zweiten Auflage sind keine Ergänzungen nötig geworden. Präziser dargelegt wurde nur auf Seite 8 der Begriff des Kontaktpotentials. Auf Seite 140 wurde die inzwischen gewonnene Erklärung für die Größenunterschiede der Eichausschläge verschiedener Richtung eingefügt.

Wien, im September 1943.

II. Physikalisches Institut der Universität,
Wien IX/66, Strudelhofgasse 4.

J. Schintlmeister.

Inhaltsverzeichnis.

Literaturübersicht	Seite VII
--------------------------	--------------

Erster Abschnitt.

Die Elektronenröhre und ihre Schaltung.

1. Der Bau von Elektronenröhren	I
2. Der Elektronenübergang und die Röhrenkennlinie	2
3. Die Elektronenröhre als Verstärker	11
4. Der Gitterstrom	18
5. Elektrometerröhren	24
6. Die Messung kleiner Gitterströme	31
7. Der Betrieb von Elektronenröhren	35
a) Die Arbeitssteilheit einer Endröhre	35
b) Die Spannungsverstärkung einer Hochfrequenzpentode	37
c) Die Einstellung einer Elektrometerröhre auf Spannungsverstärkung	40

Zweiter Abschnitt.

Die Elektronenröhre als Voltmeter für Gleichspannungen.

1. Übersicht über die Verwendung, p_H -Messung und Titration	45
2. Die Meßmethodik	48
a) Kompensation der zu messenden Spannung durch eine Gegenspannung ..	48
b) Die Ausschlagsmethode	50
c) Die Empfindlichkeit beider Methoden	51
3. Die Verringerung der Nullpunktswanderungen	53
a) Die Heizung der Röhren	53
b) Brückenschaltungen mit zwei Röhren	57
4. Gleichspannungsverstärkung	63
5. Sonstige Verstärker	72

Dritter Abschnitt.

Die Elektronenröhre als Galvanometer.

1. Übersicht	79
2. Messung des Stromes durch Messung des Spannungsabfalles an einem Widerstand	80
a) Prinzip der Methode	80
b) Der Einfluß des Gitterstromes	82
c) Die Empfindlichkeit	89
d) Herstellung hochohmiger Widerstände	91

	Seite
3. Strommessung durch Messung der transportierten Ladung	92
a) Die Auflademethode	92
b) Kompensation der Ladung mit einem Uran-Stromnormal	93
c) Kompensation der Ladung durch Influenzladungen	94
d) Entladungsmethode (Mekapion)	97

Vierter Abschnitt.

Die Elektronenröhre als Elektrometer.

1. Übersicht	100
2. Die Zeitkonstante einer Kondensatorentladung	104
3. Der Aufladevorgang in einer Ionisationskammer bei einmaliger Ionisation	107
4. Die Kapazität des Steuergitters	116
5. Der Gitterwiderstand und die Störschwankungen im Anodenstrom	120
6. Das Röhrenelektrometer mit großer Zeitkonstante und Gleichspannungs- verstärkung	127
a) Die Konstruktion	127
b) Die Eichung	139
α) Bestimmung der Ladungsempfindlichkeit	139
β) Bestimmung der Spannungsempfindlichkeit	143
c) Das Doppelröhrenelektrometer	145
7. Das Röhrenelektrometer mit kleiner Zeitkonstante und Widerstands- Kapazitätskopplung	146
a) Die Wahl der Kopplungselemente	146
b) Die Konstruktion	161
c) Bestimmung der Ladungsempfindlichkeit	167
d) Mit Thyatron betriebene Meßzählwerke	170
Sachverzeichnis	187

Literaturübersicht.

Es ist nicht das Ziel des ersten Abschnittes dieses Buches, eine umfassende Darstellung der Elektronenröhren zu liefern. Er soll vielmehr nur das Wesentliche zum Verständnis der folgenden Abschnitte bringen und dem Nichtfachmann dazu verhelfen, unter der für ihn meist verwirrenden Vielzahl von Röhrentypen die jeweils beste für eine bestimmte Schaltung auszuwählen und sie auch richtig und sinngemäß zu benutzen. Dazu ist aber vor allem eine klare Einsicht in die Wirkungsweise der Elektronenröhren erforderlich. Es wird aber darüber hinaus nicht zu umgehen sein, in ausführlichen Werken Einzelfragen nachzuschlagen. Folgende Bücher seien hierzu empfohlen:

L. RATHEISER: *Rundfunkröhren*, 5. Aufl., Berlin: Union Deutsche Verlagsgesellschaft Roth & Co., 1942.

Philips Bücherreihe über Elektronenröhren, 1. Bd.: Grundlagen der Röhrentechnik, 1939; 2. Bd.: Daten und Schaltungen moderner Empfänger- und Kraftverstärker, 1940; (ohne Verfasserangabe). N. V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Eindhoven, Holland.

Diese Werke enthalten eine ausführliche Beschreibung jeder einzelnen handelsüblichen Rundfunk-Empfängerröhre, alle für deren Betrieb erforderlichen technischen Angaben, wie Kennlinien, normale Betriebswerte, Höchstwerte usw., wie auch Hinweise für die Verwendung jeder Röhre. An Hand guter Bilder wird über den technischen Aufbau und die Herstellung der Röhren unterrichtet. In leichtfaßlicher Weise wird auch alles für die Benutzung der Röhren in der Praxis notwendige Wissen vermittelt.

H. ROTHE und W. KLEEN: *Grundlagen und Kennlinien der Elektronenröhren; Elektronenröhren als Anfangsstufen-Verstärker; Elektronenröhren als End- und Senderverstärker; Elektronenröhren als Schwingungserzeuger und Gleichrichter* (Bücherei der Hochfrequenztechnik, Bd. 2, 3, 4 und 5). Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft. 1940 und 1941.

Sämtliche grundsätzliche Fragen werden in diesen Büchern eingehend behandelt. Ein Verzeichnis der wichtigsten Arbeiten, vor allem aus neuerer Zeit, ist jedem Kapitel beigegeben.

H. BARKHAUSEN: *Lehrbuch der Elektronenröhren und ihrer technischen Anwendung*, 4 Bände, 4. Aufl. Leipzig: S. Hirzel, 1931 bis 1937.

Eine umfassende lehrbuchartige Darstellung der Elektronenröhren. Was für die folgenden Abschnitte des vorliegenden Buches von Wichtigkeit ist, enthalten die beiden ersten, in technischen Einzelheiten allerdings schon etwas veralteten Bände.

M. J. O. STRUTT: *Moderne Mehrgitter-Elektronenröhren*, 2. Aufl. Berlin: Springer, 1940.

Eine Zusammenfassung des neuesten Standes der Entwicklung, die besonders dem ausgesprochenen Röhrenfachmann von Nutzen ist. Ein gewisses Maß von Vorkenntnissen ist zum vollen Verständnis des Werkes unerlässlich.

Über einschlägige elektrotechnische Fragen im allgemeinen unterrichten:

F. BENZ: *Einführung in die Funktechnik*. 2. Aufl. Wien: Springer, 1943, und das umfangreichere Buch:

F. VILBIG: *Lehrbuch der Hochfrequenztechnik*, 3. Aufl. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft, 1942.

Noch ausführlicher ist das

Lehrbuch der drahtlosen Nachrichtentechnik, herausgegeben von N. v. KORSHE-NEWSKY und W. T. RUNGE, Berlin: Springer, von dessen 6 Bänden bisher vorliegen:

Bd. I. HANS GEORG MÖLLER: *Grundlagen und mathematische Hilfsmittel der Hochfrequenztechnik*, 1940.

Bd. II. L. BERGMANN und H. LASSEN: *Ausstrahlung, Ausbreitung und Aufnahme elektromagnetischer Wellen*, 1940.

Bd. IV. M. J. O. STRUTT: *Verstärker und Empfänger*, 1943.