

Verstärkermeßtechnik

Instrumente und Methoden

Von

Manfred von Ardenne

Unter Mitarbeit von

Wolfgang Stoff und Fritz Gabriel

Mit einem Geleitwort von
Professor Dr. M. Pirani

Mit 246 Textabbildungen



Berlin

Verlag von Julius Springer

1929

ISBN-13: 978-3-642-98882-0 e-ISBN-13: 978-3-642-99697-9
DOI: 10.1007/978-3-642-99697-9

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung
in fremde Sprachen, vorbehalten.
Copyright 1929 by Julius Springer in Berlin.
Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1929

Geleitwort.

Etwa im Jahre 1915 setzte eine schnelle Entwicklung der drahtlosen Telegraphie und mit ihr der Technik der Empfangsverstärkung ein.

Mit der Vervollkommnung der Apparate mußte die Ausbildung von Meßmethoden Hand in Hand gehen, mittels deren es möglich war, die erzielten Ergebnisse zu beschreiben und festzuhalten. Zur Beurteilung und zum Vergleich der einzelnen Teile und der zusammengebauten Empfänger mußten neue Verfahren ausgearbeitet werden, deren Prinzipien sich zwar alle in der physikalischen Wissenschaft vorfinden, deren Anpassung an die praktischen Bedürfnisse jedoch in oft mühsamer Arbeit vorgenommen werden mußte.

Die Entwicklung wurde wesentlich dadurch beschleunigt, daß eine enge Zusammenarbeit zwischen den Herstellern der Apparate und den Abnehmern, im vorliegenden Fall meist Reichsbehörden, stattfand. Es war dies eine besonders fruchtbare Kombination, weil den Behörden alle Systeme zur Verfügung standen und sie daher in ihren Laboratorien am besten in der Lage waren, Vergleiche über den jeweiligen Stand der Technik anzustellen, und aus den vorhandenen Konstruktionen die für den gewünschten Endzweck günstigsten auszusuchen.

Aus dem Umstande, daß der Unterzeichnete in jener Zeit in einer Reichsbehörde tätig war und daß er die Aufgabe hatte, solche Vergleiche durchzuführen, sind einige nach 1918 erfolgte Veröffentlichungen entstanden, die, weil sie zu den ersten zusammenfassenden Arbeiten auf dem Gebiet der Verstärkermeßtechnik gehören, in die Literatur übergegangen sind. Seit der Zeit, in welcher jene Arbeiten veröffentlicht wurden, ist die Technik stetig fortgeschritten und schon längst ist in Wissenschaft und Praxis das Bedürfnis nach einer die in der Zeitschriftenliteratur zerstreuten Resultate zusammenfassenden Darstellung wach geworden.

Das vorliegende Büchlein von Manfred von Ardenne scheint mir die seit Jahren bestehende Lücke in der Literatur in glücklicher Weise auszufüllen; seine Lektüre kann denjenigen, die Apparate mit Elektronenröhren im technischen Betriebe herstellen, ebenso wie denjenigen, welche die Elektronenröhren als Meßinstrument im Laboratorium anwenden wollen, in gleicher Weise empfohlen werden.

Berlin, im Dezember 1928.

M. Pirani.

Vorwort.

Die Wege, die die meisten technischen Entwicklungen genommen haben, zeigen fast immer ein gemeinsames Merkmal. Sie sind nur selten gerade und verlaufen in der Regel als Schlangenlinien zwischen zwei Grenzen, zwischen Theorie und Praxis. Besonders der Entwicklungsgang der Elektronenröhrenverstärker weist solche charakteristischen Pendelungen auf. Als Folge theoretischer Überlegungen entstand das erste Kathodenstrahlrelais von Lieben, wurde von Meißner das Rückkopplungsprinzip bei Elektronenröhrenverstärkern eingeführt und durch theoretische Überlegungen wurden die meisten grundlegenden Erfindungen der ersten Entwicklungsperiode angeregt. Dieser Schöpfungsperiode folgte während des Weltkrieges eine zweite, in der von der Praxis die vielen neuen Möglichkeiten erfaßt und verwertet wurden. In der folgenden Entwicklungszeit entstand dann die Verstärkertheorie, die die Praxis die richtige Dimensionierung lehrte. Den Gesichtspunkten der Theorie folgend, die in der Zwischenzeit ständig erweitert wurde, sind eine große Anzahl von Verbesserungen entstanden, die heute in der Praxis Anwendung finden.

Über die Verstärkertheorie selbst sind eine Reihe vorzüglicher Lehrbücher entstanden. Verhältnismäßig wenig zusammenfassende Veröffentlichungen findet man dagegen über die Praxis der Verstärker oder besser gesagt über die verfeinerte Praxis, die in Messungen ihren Ausdruck findet. Gerade in der letzten Zeit scheint für Weiterentwicklung der Verstärker wieder die Praxis, d. h. die Meßtechnik, einen größeren Einfluß zu gewinnen. Auf verschiedenen Gebieten ist die theoretische Entwicklung bis zu einer gewissen Grenze gelangt, über die schwer hinauszukommen ist, weil die verschiedenen zu Grunde liegenden Faktoren und ihre Zusammenhänge und Wirkungen unübersehbar werden. Hier greift die Meßtechnik ein, indem sie selbsttätig alle Faktoren und alle komplizierten Zusammenhänge berücksichtigt und ein wertvolles Ergebnis in Gestalt von Kurven oder Tabellen liefert.

In den letzten Jahren hat im Sinne der gekennzeichneten Entwicklung die Meßtechnik der Verstärker einen außerordentlichen Aufschwung genommen und besonders in Deutschland, in den Vereinigten Staaten und in England zeugen zahlreiche Veröffentlichungen von diesem Aufschwung.

In den vielen Veröffentlichungen über dieses Thema fanden sich zahlreiche wertvolle Vorschläge und Ideen verstreut, so daß der Ver-

fasser der Versuchung nicht widerstehen konnte, das gefundene Material kritisch zusammenzufassen und mit dem vorliegenden Büchlein die bereits auf diesem Gebiete durchgeführten Arbeiten auch denjenigen leicht zugänglich zu machen, die aus Mangel an Zeit oder Gelegenheit nicht in der Lage sind, die in der Literatur verstreuten Originalarbeiten zu lesen.

Bei der Herstellung von Empfängern und Verstärkern macht sich neuerdings mehr und mehr das Bedürfnis nach einer Kontrolle der Erzeugnisse durch exakte Meßeinrichtungen geltend. Bei den führenden Firmen werden schon heute geeignete Meßeinrichtungen an vielen Stellen des Fabrikationsganges eingesetzt. Im Gegensatz zu den ersten Jahren der Verstärkertechnik hat daher die Meßtechnik nicht nur für den mit der Entwicklung betrauten und meßtechnisch weit vorgebildeten Laboratoriumsingenieur, sondern auch für den Betriebsingenieur große Bedeutung. Mit Rücksicht auf die angedeuteten Verhältnisse, die sich mit der weiteren Entwicklung sicher noch deutlicher ausprägen werden, hat sich der Verfasser bemüht, die theoretischen Betrachtungen auf ein Mindestmaß zu beschränken und die praktischen Ausführungen und Eigenschaften der einzelnen Meßeinrichtungen und Geräte in den Vordergrund zu stellen.

Berlin-Lichterfelde-Ost,
im Dezember 1928.

Manfred von Ardenne.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
I. Instrumente und Geräte für Verstärkungsmessungen	1
A. Geräte zur Erzeugung schwacher Wechselströme oder Wechselspannungen	2
1. Tonfrequenzgeneratoren	3
a) mit mechanischer, elektrisch unterhaltener Erregung	5
b) mit selbsterregenden Röhrenschaltungen	12
c) mit Hochfrequenzüberlagerung und Gleichrichtung	17
2. Hochfrequenzgeneratoren	27
a) ohne Modulation	28
b) mit Modulation durch Tonfrequenzgeneratoren	32
c) mit Modulation durch Überlagerung	37
B. Geräte zum Regeln schwacher Wechselströme oder Wechselspannungen	37
1. Widerstandsanordnungen und Potentiometer	38
2. Kapazitive Spannungsteiler	43
3. Induktive Spannungsteiler und Kopplungen	43
4. Abgestimmte Kreise	47
C. Instrumente und Geräte für die Messung von schwachen Wechselströmen und Wechselspannungen	47
1. Thermoelemente und Galvanometer	48
2. Elektrometer und Röhrenvoltmeter	52
a) Elektrometer	52
b) Detektorkreis mit Galvanometer	55
c) Röhrenvoltmeter	56
3. Oszillographen	81
a) Schleifenzoszillographen	81
b) Kathodenstrahlzoszillographen	83
II. Methoden zu Verstärkungsmessungen	94
A. Definition des Verstärkungsgrades	94
B. Messungen im Niederfrequenzgebiet	100
1. Aufgaben der Messungen	100
2. Untersuchung von Transformatoren	103
3. Untersuchung von Niederfrequenzverstärkern	108
C. Messungen im Hochfrequenzgebiet	127
1. Aufgaben der Messungen	127
2. Untersuchung von Hochfrequenzverstärkern	129
3. Untersuchung von Empfängern	140
4. Messung der Rückkopplungswirkung	150

	Seite
D. Untersuchungen verwandter Art	152
1. Messung von Empfangsfeldstärken	152
2. Messung von Dämpfungsdekrementen	162
3. Messung von Gleichrichtereffekten	169
4. Messung von Modulationsgraden	175
5. Ermittlung von Oberschwingungen	177
6. Messung kleiner Kapazitäten	180
7. Messung von Gitterströmen	190
8. Messung des Verzerrungsgrades von Lautsprechern	193
III. Fehlerquellen bei Verstärkungsmessungen und ihre Vermeidung	198
1. Allgemeine Fehlerquellen	198
2. Abschirmung elektrischer und magnetischer Felder	203
Chronologisches Literaturverzeichnis	230
Alphabetisches Literaturverzeichnis	233

Druckfehlerberichtigung.

- S. 15, Zeile 7 von unten: Anodengleichstrom I_a statt Anodenheizstrom E ,
 S. 44, Anmerkung 1: S. 140 statt S. 151,
 S. 46, Zeile 16 von oben: Fernrohren statt Fernröhren,
 S. 54 unten sind die drei letzten, S. 55 oben die erste Zeile zu streichen,
 S. 137, Abbildung 135 ist mit Abbildung 200, S. 201, zu vertauschen,
 S. 189, Zeile 13 von oben: E. Klotz statt W. Runge.