

Inhalt

Historische Übersicht	Seite
1. Geschrieben 1921	2
2. Geschrieben 1951	5

I. Teil. Allgemeine Grundlagen

A. Theorie der Röhren

1. Physikalische Grundlagen

§ 1. Die Gesetze der Elektronenbewegung im hohen Vakuum.	
a) Ladung und Masse.....	7
Zahlwerte. Strom = bewegte Ladung.	
b) Elektrische Felder.....	8
Beschleunigende Wirkung. Voltgeschwindigkeit. Von der Größenordnung der Lichtgeschwindigkeit, daher praktisch trägheitsloses Arbeiten bis zu Frequenzen von $3 \cdot 10^8$ Hertz ($\lambda = 1$ m).	
c) Braunsche Röhre.....	10
Elektronenstrahl. Elektrische Ablenkung. Katodenstrahl-Oszillograph.	
d) Magnetische Felder.....	13
Kraftwirkung nur auf bewegte Elektronen. Nur Krümmung der Bahn, keine Geschwindigkeitsänderung. Krümmungsradius. Bei kleinen Geschwindigkeiten stärkere Krümmung. Trennung von Primär- und Sekundärelektronen. Umlaufsdauer. Larmorfrequenz. Magnetische Ablenkung bei der Braunschen Röhre. Magnetron. Große Steuerleistung. Magnetischer Elektronentanz.	
§ 2. Das Vakuum.	
a) Stoßionisation	18
Ionisierungsspannung. Verminderung der Raumladewirkung. Unregelmäßiges Verhalten.	
b) Die erforderliche Höhe und Prüfung des Vakuums.....	19
Prüfung durch Ionenstrom. Vakuumfaktor $< 5 \cdot 10^{-5}$, d. h. 10^{-8} at erforderlich. Unter 10 Volt keine Ionen. Über 1000 Volt Ionenbombardement.	

	Seite
c) Die Herstellung des Vakuums.....	22
Durch „Gettern“. Hochfrequenzheizung. Gettermetall schlägt sich auch auf Isolatoren und Elektroden nieder. Bei großen Senderröhren nicht zulässig. Kurzzeitiger Lichtbogen wirkt oft wie Getter.	
2. Röhren ohne Gitter (Dioden)	
§ 3. Elektronenaustritt aus glühenden Leitern.	
a) Theorie	23
Temperaturspannung. Austrittsarbeit. Sättigungsstromgesetz. Einfluß elektrischer Felder	
b) Katodenmaterial	28
Wolfram, Thorium, Barium (Oxyd). Formieren und Aktivieren. Für kleine Röhren fast ausschließlich Barium verwandt.	
c) Die elektrische Heizung.	32
Direkt, Spannungsabfall längs der Katode. Indirekt, lange Anheizzeit. Wärmebilanz. Tafel I für Wolfram. Heizmaß. Magnetfeld des Heizstromes.	
§ 4. Anlaufstrom	41
Exponentialgesetz. Kontaktpotential. Verschiebung der Kennlinie. Indirekte Messung des Sättigungsstromes. Allgemeine Gültigkeit, auch für negative Raumspannungen. Negative Aufladung isolierter Teile. Energieumsatz.	
§ 5. Raumladungsstrom	
a) Die Wirkung der Raumladungen.....	46
Anlaufstrom geht nicht in Sättigungsstrom über. Die negativen Raumladungen ändern das elektrische Feld, stoßen die negativen Elektronen zur Katode zurück. Der Strom begrenzt sich selbst.	
b) Eine Näherungsrechnung	49
Aus $Q_r = I \tau = Q_a = CU$ und $\tau = k/\sqrt{U}$ folgt $I = K'U^{3/2}$. Gültig für beliebige Anordnung. K' immer klein, 0,1 bis 1 mA/V ^{3/2} . Daher im Gegensatz zu Gasentladungen selbst bei größeren Spannungen nur kleine Ströme möglich. Sättigungsspannung U_s . Grenzen des Raumladungsgebiets. Elektronen stoßen nicht zusammen.	
c) Die genauere Theorie.....	55
Durch Raumladungen Q_a und C $4/3$ -mal, τ $3/2$ -mal größer. Daher K $8/9$ -mal kleiner. Zylindrische Anordnung. Anodenoberfläche maßgebend. Beliebige Anordnung.	
d) Berücksichtigung der Temperatargeschwindigkeit E_T und der Sättigungsstromstärke I_s	60
Minimumpotential. Verbesserte Formeln für die ebene und zylindrische Anordnung.	

	Seite
e) Eine Veranschaulichung.....	62
Elektronen fallen auf schiefer Ebene. Raumladungen heben und krümmen diese Ebene. Raumspannungskurven bei einer zylindrischen Röhre zwischen Sättigungsstrom- und Anlaufstromgebiet.	
f) Zusätzliche Einflüsse.....	66
Ungleichmäßige Temperaturverteilung und Spannungsabfall längs der Katode bei direkter Heizung. Netzbrummen. Künstliche Mitte. Einfluß des Magnetfelds des Heizstromes.	
§ 6. Elektroneneintritt in Metalle.	
a) Wärmewirkung	70
Leistungsumsatz. Erhitzung der Anode, des Glases.	
b) Sekundärelektronen	71
Auslösung durch Primärelektronen. Ausbeute. Erhöhung durch Bariumschicht. Reflexion. Zusätzlicher Gitter- und Anodenstrom. Negative Gesamtströme. Fallende Kennlinie. Dynatron. Aufladung isolierter Teile. Sekundärelektronen-Vervielfacher.	
c) Röntgenstrahlen	79
§ 7. Zusammenfassung von Teil I A 1 und 2.....	80

3. Röhren mit „Gitter“

a) Steuerspannung.

§ 8. Eingitterröhren (Trioden).....	82
Bezeichnungen. Für Katodenstrom J_k Steuerspannung $U_g + DU_a$ maßgebend. Gitterlose Ersatzröhre. Steuerschärfe des Gitters. Effektivpotential. Durchgriff D. Physikalische Bedeutung von D. Berechnung von D. Verschiebungsspannung. $(J_k U_g)$ - und $(J_k U_a)$ -Kennlinien. Unregelmäßigkeiten durch umkehrende Elektronen. 2-Platten-Röhre. Falsche Gleichrichterschaltung. Außengitterröhre.	
§ 9. Die räumliche Spannungsverteilung	94
Raumspannungen. Äquipotentiallinien. Meßbar im elektrolytischen Trog. Gleiches Spannungsgebirge herstellbar mit Gummimembran. Gitter wirkt wie Linse. Störungslose Gitterspannung. Effektivpotential. Spannungsverlauf nur vom Verhältnis U_g/U_a abhängig. Zylindrische Anordnungen. Einfluß der Raumladungen.	
§ 10. Inselbildung, veränderlicher Durchgriff	103
Q_k ungleichmäßig über die Katode verteilt. Inselbildung. Verschiedene Arten. Anoden- und Gitterschwanzstrom. Schematische Zusammensetzung aus 2 Röhren mit verschiedenem Durchgriff. Röhren mit absichtlich veränderlichem Durchgriff. Regel- (Exponential-) Röhren.	

	Seite
§ 11. Mehrgitterröhren	112
Gitterlose Ersatzröhre. Steuerspannung. Verschiedene Durchgriffe. Praktisch nur 1. und 2. Gitter auf J_k von Einfluß. Schirmgitterröhre. Anodenspannung fast ohne Einfluß auf J_k .	
b) Stromverteilung.	
§ 12. Allgemeines, eine Elektrode negativ	116
$J_k = J_{g1} + J_{g2} + \dots + J_a$. $J_n = 0$ für $U_n < 0$. Stromlose Steuerung. Überspannter Zustand.	
§ 13. Die Gitterspannung geht durch null	119
J_g steigt stetig mit U_g an. J_a um J_g gegenüber J_k verkleinert. J_g vom Bedeckungsfaktor B und vom Verhältnis U_g/U_a abhängig. Tank-sche Stromverteilungsformel. Einfluß von Sekundärelektronen. Fallende Gitterkennlinie.	
§ 14. Die Anodenspannung geht durch null	124
Rückläufige Elektronen erhöhen Raumladungen, verkleinern J_k . Bei schwach positivem U_a Stromübernahme: J_k geht vom Gitter zur Anode über; erhöhte Raumladungen verschwinden. Gründe für nicht plötzliches Ansteigen von J_a . Below'sche Stromübernahmeformel. Virtuelle Katode. Zweiwertige Kennlinien mit sprunghaften Änderungen möglich, aber praktisch meist nicht vorhanden.	
§ 15. Raumladegitterröhren	137
1. Gitter = Raumladegitter, stark positiv; 2. Gitter = Steuergitter, schwach negativ; Anode stark positiv. Gleiche Verhältnisse wie in § 14. Effektivpotential des 2. Gitters geht durch null. $(J_a U_{g2})$ -Kennlinien sowohl durch $D_{a2} U_a$ als auch durch $D_{12} U_{g1}$ verschoben. Raumladegitterröhren praktisch nur bei kleinen Anodenspannungen vorteilhaft. Elektrometerröhren. Fallende $(J_{g1} U_{g1})$ -Kennlinien.	
§ 16. Schirmgitterröhren (Pentoden, Tetroden)	141
1. Gitter = Steuergitter, schwach negativ; 2. Gitter = Schirmgitter, stark positiv. Zweck: Beseitigung der Steuerwirkung der Anodenspannung auf den Anodenstrom. Einfluß der Stromverteilung. Sekundärelektronen. Beseitigung durch Bremsgitter: Pentode. Kennlinien der RV 12 P 2000. Beseitigung durch Raumladungen: Tetrode. Kennlinien der AL 4.	
§ 17. Doppelsteuerröhren (Hexoden, Heptoden, Oktoden) ...	152
Bei Pentoden zweite Steuerung durch Bremsgitter möglich. Multiplikative Steuerung, Modelung, Mischung. Beseitigung des Einflusses der Anodenspannung durch 2. Schirmgitter, der Sekundärelektronen durch 2. Bremsgitter. Kennlinien der Hexode AH 100.	

c) Die differentiellen Röhrenkennwerte	Seite
§ 18. Begriffsbestimmungen	156
Steilheit S , innerer Widerstand R_i , technischer Durchgriff D^* und Verstärkungsfaktor $\mu = 1/D^*$ sind verschiedene Steuerwirkungen. D^* von D verschieden. Es ist stets $S \cdot R_i \cdot D^* = 1$. Bestimmung aus den $(J_a U_g)$ - und $(J_a U_a)$ -Kennlinien.	
§ 19. Die Größen von S , R_i , D^*	160
S , R_i , D^* von Betriebsbedingungen abhängig. Formeln für ideale Dreipol- und Fünfpolröhre. Abweichungen durch Anlaufstrom, veränderlichen Durchgriff; Regelröhre.	
§ 20. Messungen mit Wechselstrom	168
Messung der Wechselstromgrößen U_g , U_a , S_a . Nullmethoden genauer. Bei zu großer Wechselspannung Verzerrungen. Mittlere Steilheit. Messung der höheren Ableitungen T und W durch die doppelte oder dreifache Frequenz oder die Gleichstromänderung. Unregelmäßigkeiten in der Feinstruktur der Kennlinie.	
§ 21. Zusammenfassung von Teil I A 3.	176

B. Theorie der Schaltungen

§ 22. Gerichtete Wechselstromgrößen	181
Darstellung durch Zeiger, durch komplexe Größen. Amplitude und Phase. Zeigermäßige Addition. Gerichtete Widerstände und Leitwerte. Wirk- und Blindkomponente. Konjugierte Größen. Inversion.	
§ 23. Ortskurven, Resonanz	187
Gerade Linie und Kreis. 45° -Frequenz. Beispiele. Phasenschieber. Eigenfrequenz. Resonanzfrequenz. Verstimmung. Resonanzscharfe. Resonanzüberhöhung. Reihen- und Parallelresonanz. Sperrkreis, Schwingdrossel. Verlustwinkel. Ortskurven für große Verstimmungen. Frei abklingende Schwingungen.	
§ 24. Zweipol-Theorie	202
a) Ersatzschaltungen. Passiver und aktiver Zweipol. Leerlauf und Kurzschluß. Widerstandsanpassung. Einfluß der Phasenverschiebung. Verlustwinkel. Zusammenhang mit Resonanz.	
b) Beispiele: 1. Spannungsteiler. 2. Wheatstonesche Brücke. 3. Pseudodämpfung.	
§ 25. Vierpol-Theorie, Transformator.	
a) Allgemeines	213
Stern- und Dreieck-Ersatzschaltungen. Leerlauf und Kurzschluß. Wellenwiderstände (Charakteristiken). Widerstandsanpassung.	

	Seite
b) Transformator	216
Idealer Transformator. Übersetzungsverhältnis. Ersatzschaltung. Eisenverluste. Leerlaufwiderstand nicht unendlich, Kurzschluß- widerstand nicht null. Gemeinsames und Streu-Magnetfeld. Näherungsformeln für kleinen Streufaktor. Ortskurven.	
§ 26. Das Überlagerungsgesetz	223
Konstante Wechselwiderstände: Unabhängigkeit aller Stromarten, keine Umwandlungsmöglichkeit. Ein veränderlicher Widerstand Q. Q wirkt als Umformer. Grenzfall A und B. Reihen- und Parallelschaltungen. Differential- und Gegendaktschaltungen.	