

Elektronische Röhren als
thermionische Konverter

ABSTRACT: Observations of the thermionic emission

in Electronic Tubes as Thermionic Converter

efficiency of energy into electrical

The problem of improving the conversion efficiency

by means of accelerating grids had been investigated

in triodes. The results are demonstrated

IPP/4/18

Dez. 1964

I N S T I T U T F Ü R P L A S M A P H Y S I K

G A R C H I N G B E I M Ü N C H E N

INSTITUT FÜR PLASMAPHYSIK

GARCHING BEI MÜNCHEN

IPP/4/18 J. Mantel

Electron tubes as thermionic
converters
December, 1964 (in German).

Elektronische Röhren als
thermionische Konverter

ABSTRACT: Observations of the thermionic emission
in vacuum diodes. Direct conversion
efficiency of converting energy into electricity.
Converters

The problem of improving the conversion efficiency
by means of accelerating grids had been investiga-
ted in triodes. The results are demonstrated and

IPP/4/18

Dez. 1964

Die nachstehende Arbeit wurde im Rahmen des Vertrages zwischen dem Institut für Plasmaphysik GmbH und der Europäischen Atomgemeinschaft über die Zusammenarbeit auf dem Gebiete der Plasmaphysik durchgeführt.

ABSTRACT: Observations of the thermionic emission in vacuum tubes showed very low direct conversion efficiency of the thermic energy into electricity. The problem of improving the conversion efficiency by means of accelerating grids had been investigated in triodes. The results are demonstrated and explained.

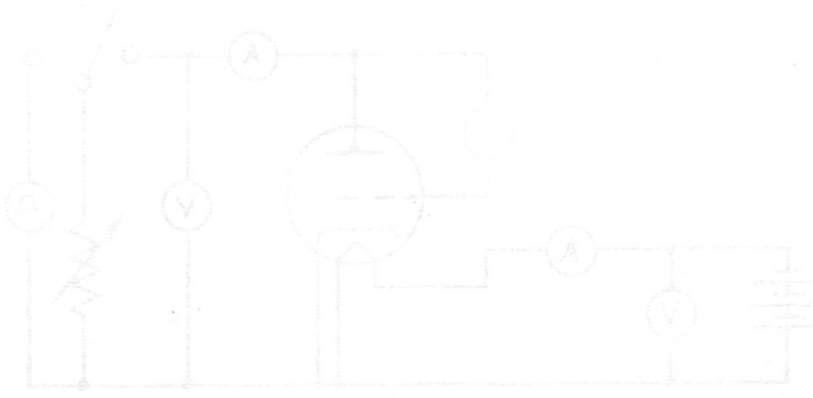
Die Ergebnisse der Messungen an thermionischen Generatoren zeigen einen geringen Wirkungsgrad.

Die Versuche wurden an konventionellen Vakuumröhren durchgeführt. Die Anode war mit einem beschleunigenden Gitter versehen. Die Ergebnisse wurden durch Messungen an Trioden bestätigt.

2.0 Technische Beschreibung

Die Versuche wurden an konventionellen Vakuumröhren durchgeführt. Die Anode war mit einem beschleunigenden Gitter versehen. Die Ergebnisse wurden durch Messungen an Trioden bestätigt.

2.1 Schaltungsdiagramm



I. Charakteristik von Vakuum-Röhren als thermionische Generatoren

1.0 Einleitung

1.1 Die Aufgabe:

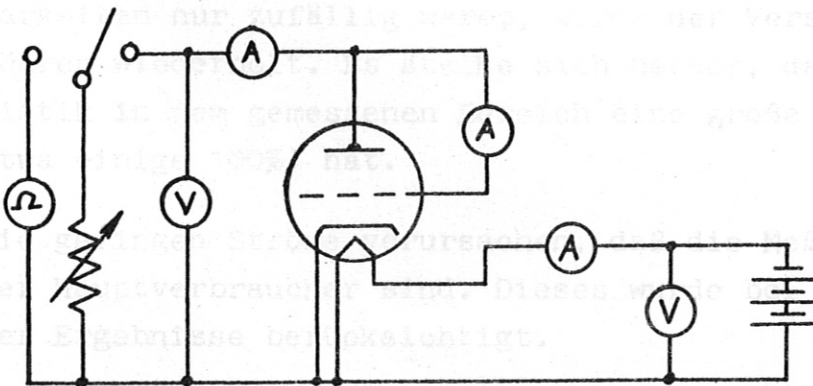
Untersuchungen an elektronischen Röhren sind die Vorstufe zur Konstruktion von thermionischen Generatoren mit hohem Wirkungsgrad. Das Problem ist, ob Gitter oder andere Beschleunigungsanordnungen in thermionischen Generatoren einen positiven Einfluß auf den Gesamtwirkungsgrad haben.

1.2 Es wurden Versuche an Vakuumröhren mit Gittern in Dioden- oder Trioden-Schaltung angestellt. Die Charakteristik wurde gemessen und quantitativ untersucht.

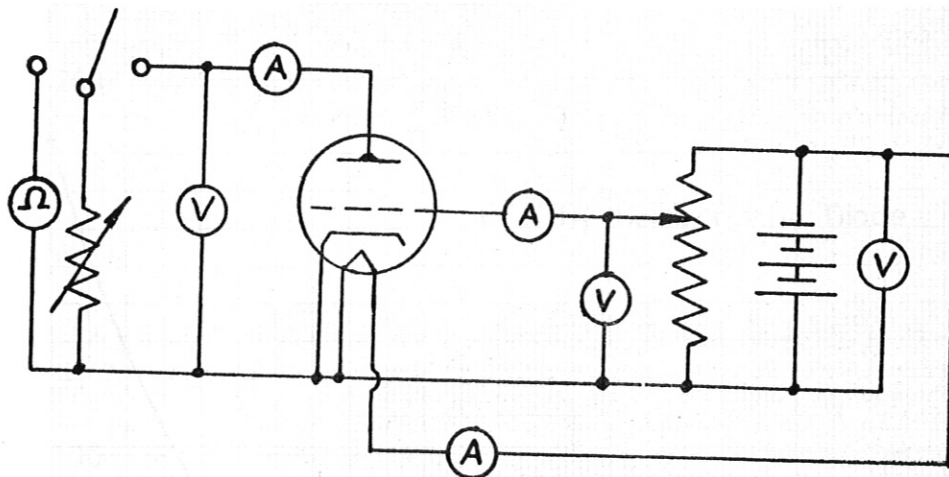
2.0 Technische Ausführung

Die Versuche wurden an konventionellen Röhren ausgeführt durch Messung statischer Kennlinien in ungewöhnlichen Meßbereichen und mit ungewöhnlichen Werten der Parameter.

2.1 Schaltungsschema für Diode



2.2 Schaltungsschema für Triode



2.3 Technische Schwierigkeiten

2.3.1 Im Verlauf der Versuche stellte sich heraus, daß im Bereich der gemessenen Größen (Gitter-Strom und Anoden-Strom unter 1 mA) eine Unstabilität entsteht, so daß Schwankungen bis einige 100% der Größen vorkommen können.

Dafür gibt es zwei Ursachen:

- 1) Vorkommende mechanische Stöße verändern die Kennlinien vorübergehend oder dauernd.
- 2) Ungleichmäßige Aufwärmung und Temperaturverteilung in der Diode (nicht nur auf der Kathode) sind die 2. Ursache.

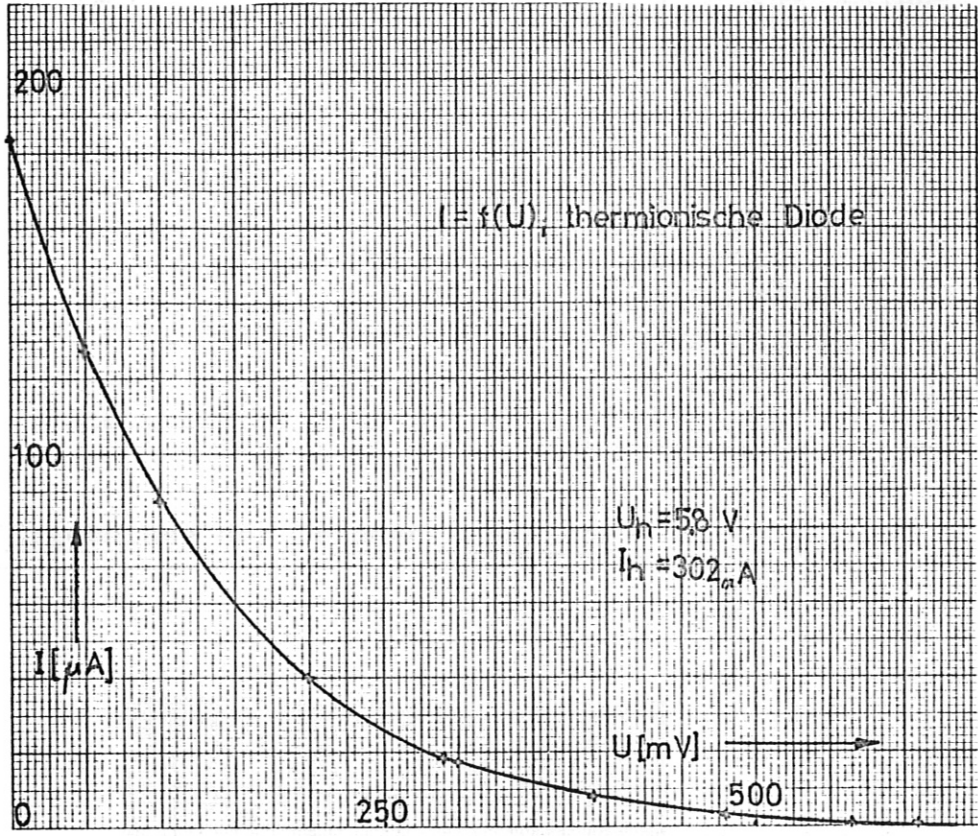
2.3.2 Um festzustellen, ob diese Unstabilitäten und Unreproduzierbarkeiten nur zufällig waren, wurde der Versuch mit einigen Röhren wiederholt. Es stellte sich heraus, daß die Charakteristik in dem gemessenen Bereich eine große Streuung (bis etwa einige 100%) hat.

2.3.3 Die geringen Ströme verursachen, daß die Meßgeräte selbst der Hauptverbraucher sind. Dieses wurde bei der Auswertung der Ergebnisse berücksichtigt.

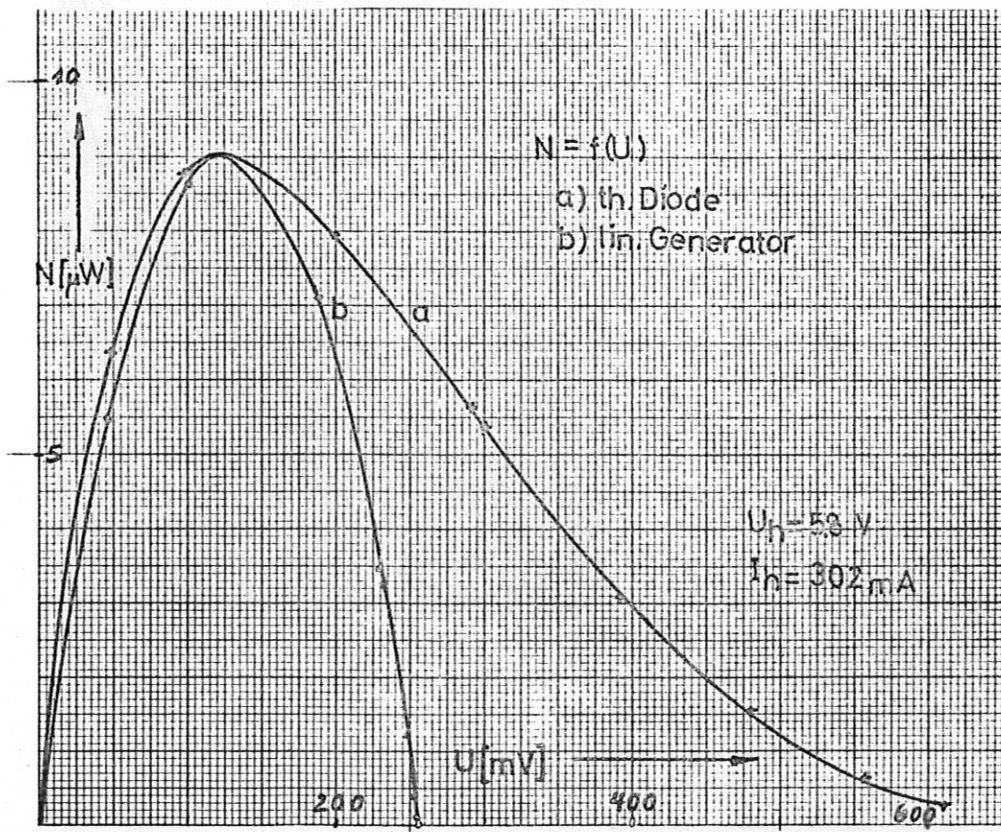
2.3.4 Die Ergebnisse in diesem Bericht beziehen sich auf Hochqualitäts-Röhren E 88 CC, welche doppelte Mehr-Gitter-Vakuum-Röhren sind.

3.0 Ergebnisse der Dioden-Schaltung

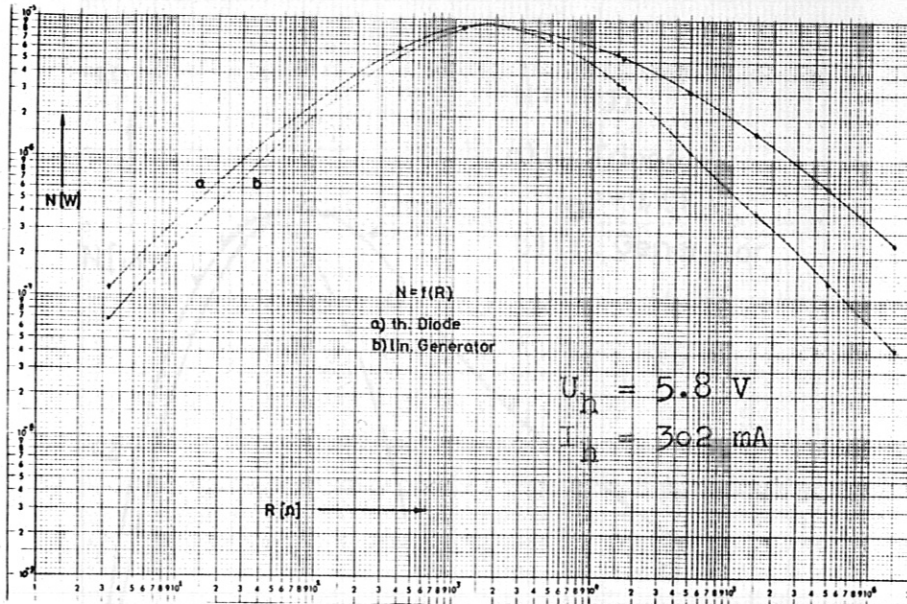
3.1



3.2

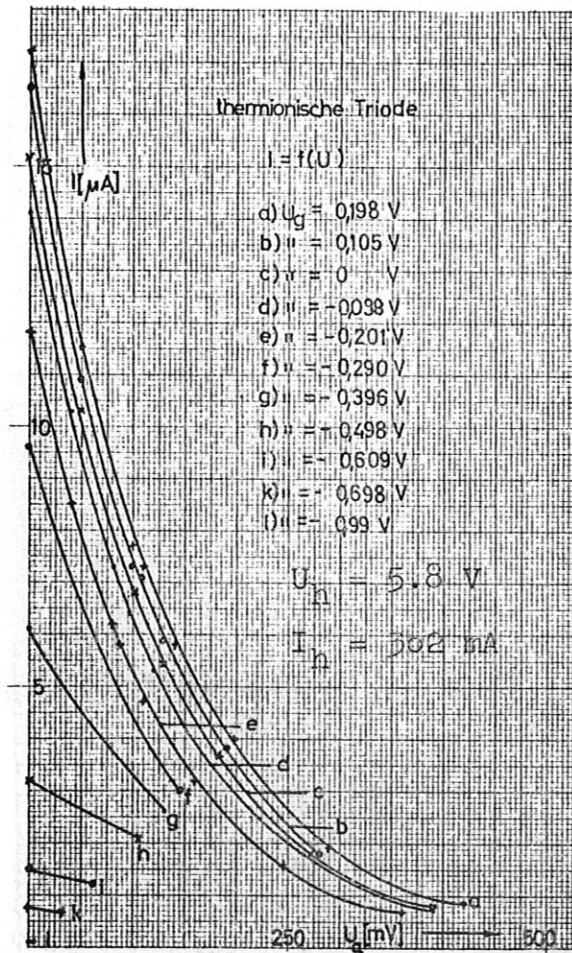


3.3

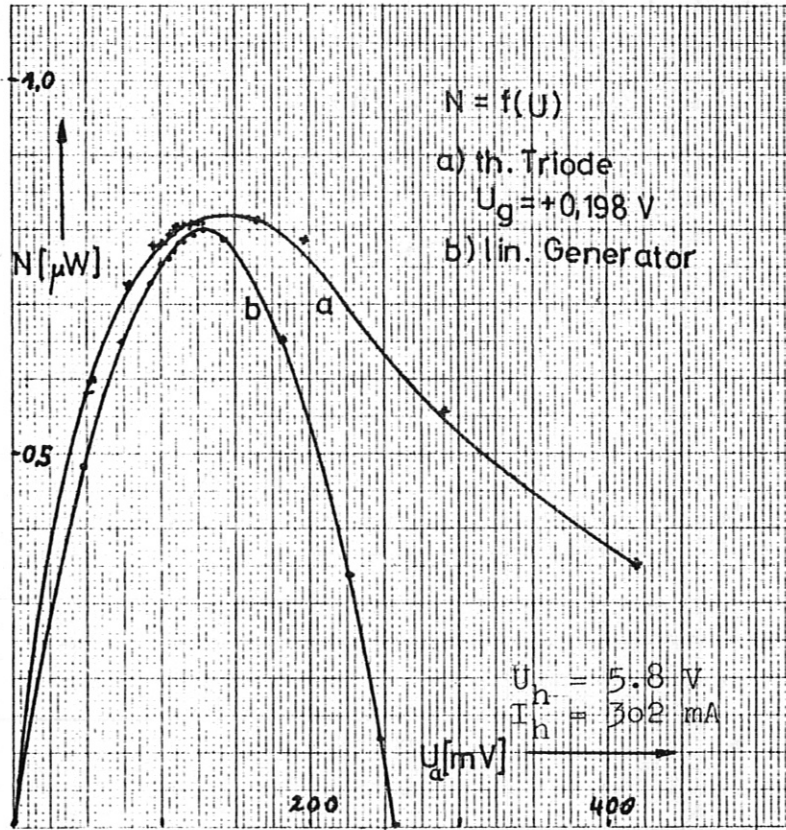


4.0 Ergebnisse der Trioden-Schaltung

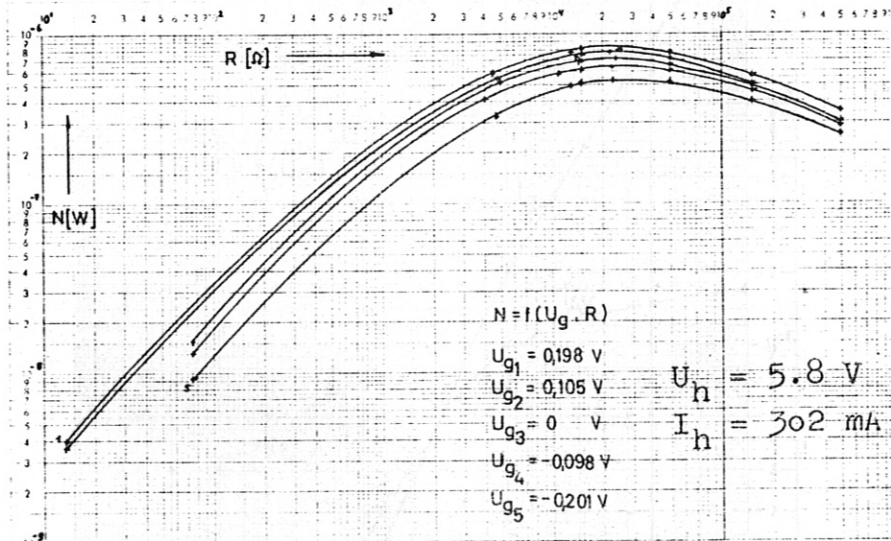
4.1



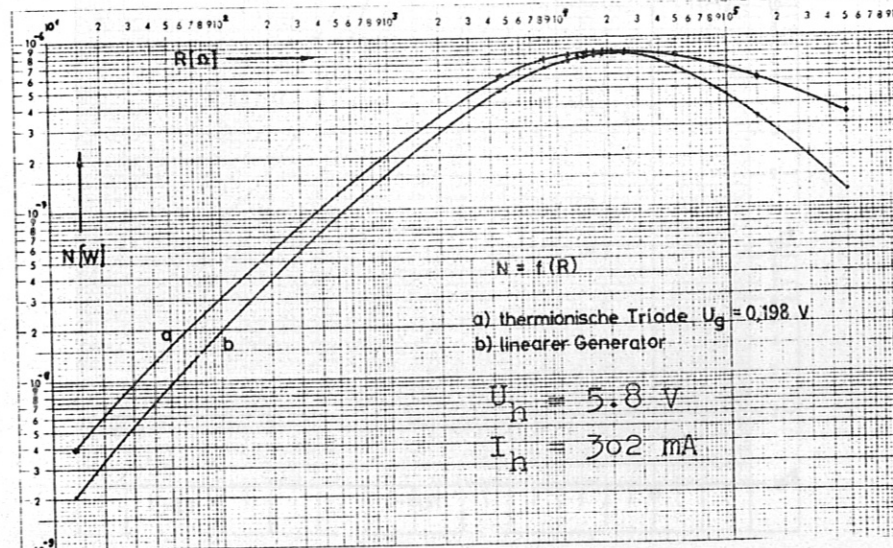
4.2



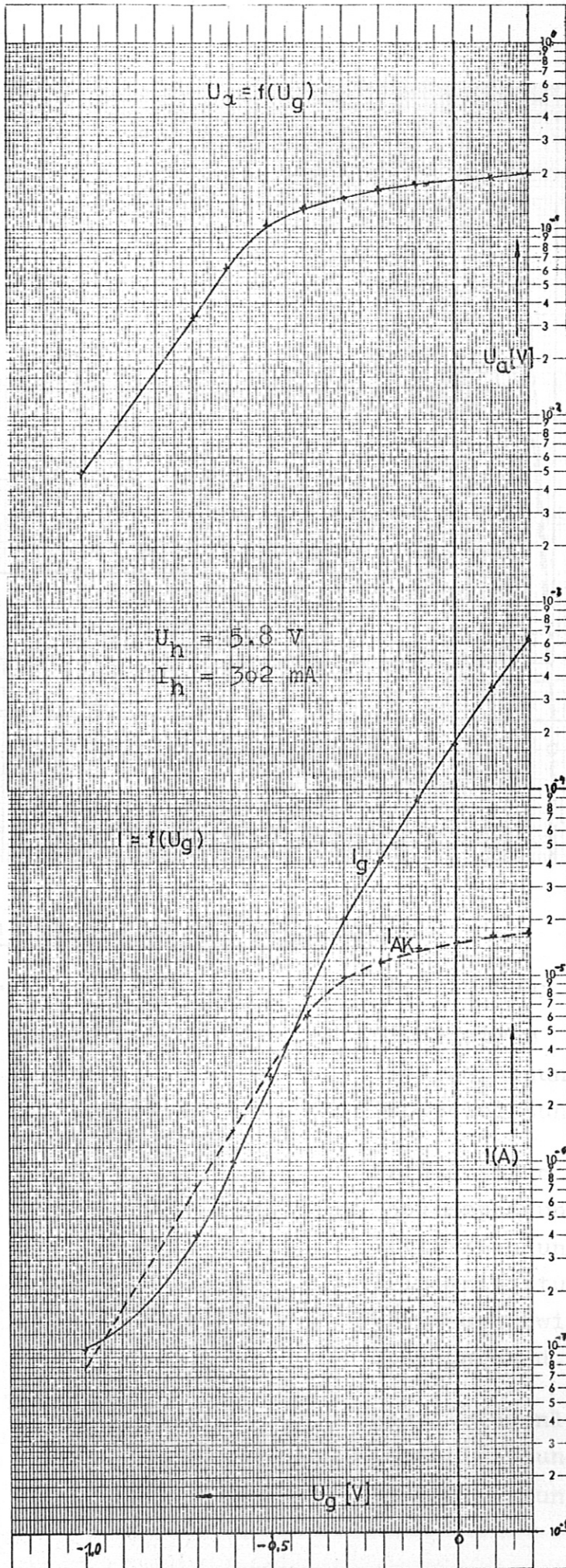
4.3



4.4

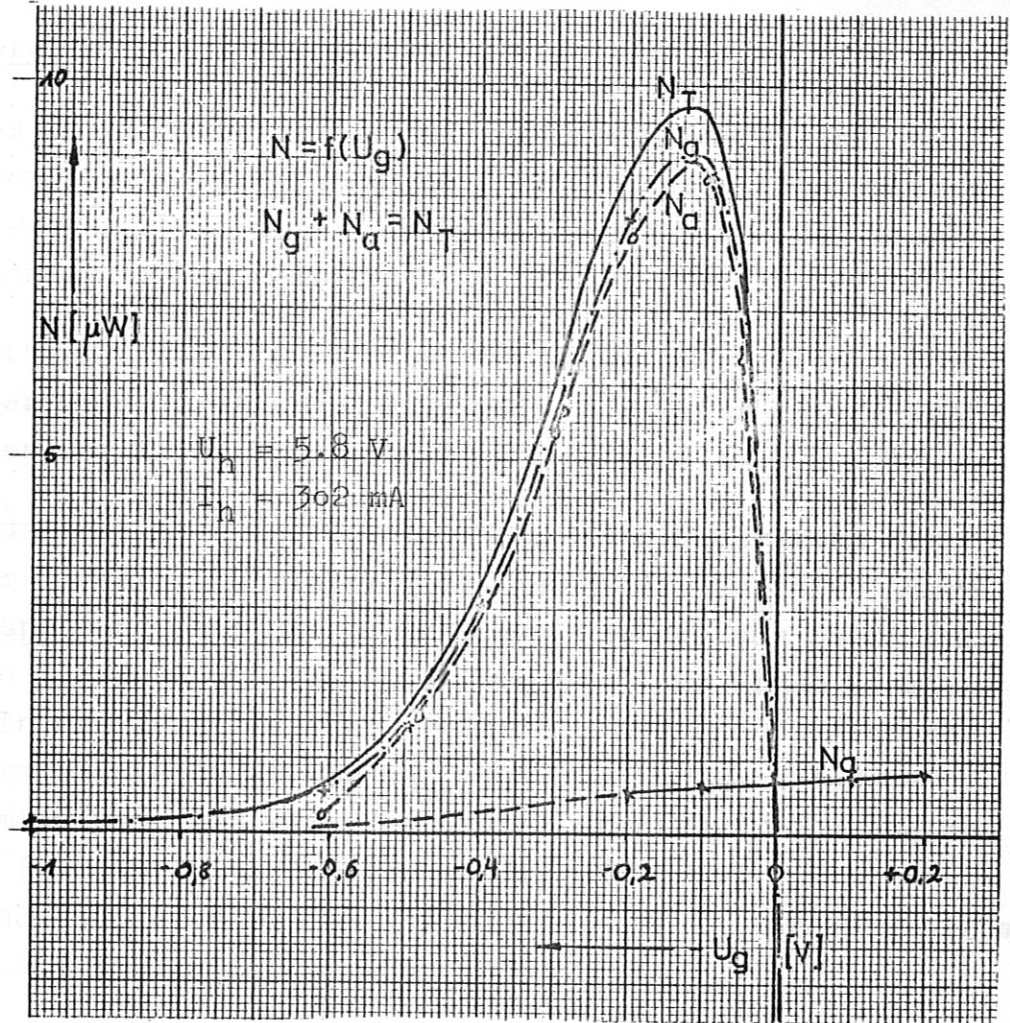


4.5



erstand
Gitters
istung

4.6



Erläuterung zu den Diagrammen:

Diagramm-Nr.	Abk.	Bezeichnung
3.1	I	Diodenstrom
3.2	U	Diodenspannung
3.3	N	Diodenleistung
4.1	I	Triodenstrom
4.2	U_a	Anodenspannung
4.3	U_g	Gitterspannung
4.4	N	Triodenleistung
4.5	R	Verbraucherwiderstand
4.6	$U_{g_1} \dots U_{g_5}$	Spannungen d. Gitters
	$N_T = N$	ges. Triodenleistung
	N_g	Gitterleistung
	N_a	Anodenleistung

5.0 Untersuchung der Ergebnisse

- 5.1 Da es nicht Zweck der gegebenen Vakuum-Röhren ist, als thermionische Diode zu dienen, liegt natürlicherweise der Wirkungsgrad unter $10^{-3}\%$ (max. $5,2 \cdot 10^{-4}\%$), also im unbrauchbaren Bereich.
- 5.1.1 Der thermionische Generator hat keine obere Grenze für die erzeugte Spannung, allerdings sinkt für höhere Spannungen der Strom exponentiell ab (3.1, 4.1).
- 5.1.2 Aus dem Vergleich eines thermionischen Generators mit einem linearen Generator (ein Generator, der eine Leerlaufspannung hat, die so groß ist wie die des thermionischen Generators ^{+) im Punkt von N_{\max} und einem konstanten Innenwiderstand, der gleich dem des thermionischen Generators im Punkt von N_{\max} ist), sieht man, daß der thermionische Generator eine viel stabilere Leistung abgibt (3.2, 3.3, 4.2, 4.4), so daß man nicht von einem Spannungsgenerator oder Stromgenerator, sondern von einem Konstant-Leistungsgenerator spricht.}
- 5.2 Obwohl der Gitter-Strom bei Erhöhung der Gitterspannung steigt, kommen Anodenstrom und -spannung zur Sättigung (4.5), was bedeutet, daß die Beschleunigung der Elektronen keinen positiven Einfluß auf die Leistung und den gesamten Wirkungsgrad hat.
- 5.3 Die Gitter-Leistung liegt um eine Größen-Ordnung höher als die Anoden-Leistung (4.6). Die Anoden-Leistung ist hoch bei positiver Gitter-Spannung, die Gitter- (und deshalb Gesamt-) Leistung bei negativer Gitterspannung.
- 5.4 Die gesamte Leistung und der Wirkungsgrad bei Triodenschaltung (mit negativer Gitterspannung) ist etwa 5 - 10 Prozent höher als die derselben Röhre in Diodenschaltung (4.6).

^{+) Als thermionische Generator-Leerlaufspannung gilt hier eine Spannung, die doppelt so hoch ist wie die des Verbrauchers bei N_{\max} .}

6.0 Diskussion der Meßergebnisse

- 6.1 Die Erklärung für diese Charakteristiken (3.1 - 4.5) ist, daß diese konventionelle Röhre mit einem großen Kathode-Anode-Abstand gebaut ist, im Verhältnis zum funktionellen T.G., so daß wir, anstatt im Sättigungsbereich, im Bereich von Anlaufstrom bis Anfang Raumladungszustand sind. Der negative Einfluß der positiven Gitter-Spannung erklärt sich durch den großen Gitter-Strom, welcher bei positiver Spannung den Wirkungsgrad verkleinert, da Leistung eingespeist wird. Dagegen wird bei negativer Gitterspannung Leistung im Gitter gewonnen und der Wirkungsgrad erhöht sich.

Die genaue theoretische Untersuchung der Kennlinien ist der Inhalt des III. Teiles des Berichtes.

- 6.2. Bei Mehr-Gitter-Systemen kann man nicht bessere Ergebnisse erwarten, solange die Gitter-Leistung der größte Teil der nutzbaren Leistung ist.
- 6.3 Als Resultat des Versuchs mit thermionischen Generatoren kann man ein äquivalentes Schaltschema betrachten, in welchem das Gitter die Funktion einer Anode hat und fast keine Gitter-Funktion ausübt (6.4).
- 6.4 Diese Funktion des Gitters als Anode ist viel stärker als die der tatsächlichen Anode, da der Abstand zur Kathode viel kleiner ist.
- 6.5 Die Richtungen, in welchen weitere Versuche unternommen werden müssen, sind:
- a) Verkleinerung der Gitter-Leistung (durch verbesserte Konfiguration und Isolierung der Gitter)
 - b) Untersuchungen von gasgefüllten Röhren
 - c) Untersuchungen von Wanderfeld-Röhren.