

Frey: Messungen an einer Einkreisstriftröhre.

Die im folgenden besprochenen Messungen an einer Einkreisstriftröhre hatten das Ziel, einen quantitativen Vergleich zwischen den experimentell erhaltenen Werten des Wirkungsgrades und den aus der Theorie dafür zu erwartenden Ergebnissen durchzuführen, sowie ausserdem den Einfluß der Sekundärelektronen (SE) auf den Wirkungsgrad abzuschätzen. Es handelt sich dabei um SE, die an den Gittern bzw. an anderen in der Nähe des Strahlenganges liegenden Metallteilen ausgelöst werden.

Zu diesen Untersuchungen wird eine Röhre mit dem in Bild 1 gezeigten Aufbau verwendet. Der Schwingkreis besteht aus dem Abschnitt einer konzentrischen Rohrleitung mit Kapazitäten (St und A) an beiden Enden, die von Gittern gebildet werden; durch diese wird der Elektronenstrahl axial hindurchgeschossen. Der innere Zylinder (ik) bildet den Laufraum. Er ist isoliert aufgehängt und erhält seine Spannung über ein $\lambda/4$ -System von aussen. Ebenso kann der wassergekühlte Auffänger gegenüber dem System auf ein beliebiges Potential gebracht werden. Die Rückkopplung ist bestimmt durch das Verhältnis der HF-Spannungen an den Kondensatoren und lässt sich durch Verschieben des inneren Zylinders einstellen. Dabei wird als Maß für die Rückkopplung (σ) das Verhältnis der Gitterabstände in den beiden Kondensatoren benutzt, wobei zu beachten ist, daß dieses Verhältnis wegen der verteilten Kapazitäten nicht mit dem tatsächlichen Rückkopplungsverhältnis übereinstimmt. Für den Laufzeitwinkel im Laufraum ist immer der Wert 11 mal $\pi/2$ gewählt, was einer Laufraumspannung von $U_k \sim 2000$ V entspricht, während die Laufzeitwinkel im Steuer-Arbeitsraum bei $\sigma = 1$ und bei gleicher Spannung am ganzen System $\pi/2$ betragen. Für den Kreis ergibt sich bei $\lambda = 20$ cm eine gemessene Resonanzschärfe von 2000.

Die Messung der Leistung geschah über ein induktiv angekoppeltes, konzentrisches Lechnersystem, das mit Hilfe einer Stichleitung abgestimmt werden kann, so daß ^{die} Belastung wirkende Spezialglühlampe im Strombauch liegt. Diese Meßröhre besaß einen 13 mm langen, 20 μ starken W-Draht in Wasserstoffatmosphäre. Sie ist mit Gleichstrom für Leistungen zwischen 2 und 10 Watt geeicht. Der Temperaturvergleich erfolgt in einem Mikropyrometer.

Bei der Besprechung der folgenden Meßergebnisse soll zwischen einem elektronischen und einem äußeren Wirkungsgrad der Anordnung unterschieden werden. Der elektronische Wirkungsgrad soll sich auf die im Elektronenstrahl verfügbare Leistung beziehen, und deckt sich daher mit dem in theoretischen Untersuchungen angegebenen Wirkungsgrad, während die durch einen Belastungskreis entziehbare Leistung den äußeren Wirkungsgrad charakterisiert. Verglichen werden diese Leistungen dabei immer mit der Gleichstromverlustleistung am Auffänger bzw. der Leistung des Strahlstromanteiles, der durch den Arbeitsraum hindurchgeht und also mit zur Schwingungserzeugung beiträgt.

Betrachten wir eine der zahlreichen aufgenommenen Kurven, die die Leistung am äußeren Kreis in Abhängigkeit vom Auffängerstrom ^{zeigt} (Bild 2): Es ist hier der Fall $\sigma = 1$ und für gleiche Spannung am inneren und äußeren Zylinder dargestellt. Zum Vergleich ist der Verlauf der Gleichstrom-Auffängerleistung strichpunktiert eingezeichnet (die gestrichelte Kurve gibt die HF-Leistung in relativem Maß), *) Die ausgezogene Kurve gibt etwa vom Anschwingen an die HF-Leistung als Funktion des Auffängerstromes. Sie ist aufgenommen bis in ein Gebiet, in dem, wie man sieht, ungefähr Proportionalität zwischen HF- und Gleichstromleistung besteht. In diesem Gebiet ändert sich der (äußere) Wirkungsgrad η nicht mehr und ist für diese Anordnung also kennzeichnend. Er beträgt in diesem Fall $\sim 7\%$. Andere Werte von σ ergeben ein prinzipiell gleiches Bild.

Will man nun den zum Vergleich mit der Theorie notwendigen elektronischen Wirkungsgrad der Anordnung bestimmen, so ist dazu die Kenntnis der am Arbeitsraum herrschenden Wechselspannung bzw. der Aussteuerung dort nötig. Diese lässt sich berechnen, wenn man die Geschwindigkeit der langsamsten Elektronen hinter dem Arbeitsraum kennt. Denn bei der Leistungsabgabe im Arbeitsraum werden die E. entsprechend der Amplitude der Wechselspannung gebremst, es ist aber ausserdem, zumindest bei größerem σ , die Bremsung im Steuerraum zu berücksichtigen.

+) Anmerkung: Bei HF-Leistungen unter 2 W wurde die Leistung in relativem Maß mittels einer an einem Belastungskreis angekoppelten Diode bestimmt und mittels überlappender Werte an die direkte Messung mit der Glühlampe angeschlossen.

Die Messung dieser Geschwindigkeit geschah durch Anlegen einer Gegenspannung am Auffänger, der dazu als Käfig ausgebildet war, um Störungen durch SE zu vermeiden.

In der in Bild 3 dargestellten Kurve ist \tilde{U}' die Spannung, bei der gerade keine E. vor dem Auffänger mehr umkehren. Diese setzt sich additiv zusammen aus der Steuer- und Arbeitsraumspannung, wobei noch die entsprechenden Laufzeitwinkel zu berücksichtigen sind. Dargestellt ist hier der Fall $\sigma = 0,4$, ohne äußere Belastung und mit einer solchen. Man sieht zunächst - wie das auch nach der Theorie sein muß - daß die Wechselspannung am Kreis einer Grenze zustrebt, die unabhängig von der angelegten Gleichspannung nur von σ abhängt. Dies geschieht auch dann, wenn keine äußere Belastung angeschlossen ist. Allerdings liegt dann die Aussteuerung höher, da hier die Bedingungen andere sind, als für den Fall maximalen Leistungsentzuges. Es ergibt sich dann aus der entsprechenden Kurve, z.B. für $\sigma = 1$, wo die Verhältnisse besonders übersichtlich sind, ein Grenzwert von $\tilde{U}' = 850$ V und daraus eine Wechselspannungsamplitude am Arbeitsraum von 480 V. Berechnet man nun den Resonanzwiderstand, wie er sich auf den Arbeitsraum transformiert (Resonanzschärfe $\rho = 2000 \pm 10\%$), so ergibt sich mit der Spannung am Arbeitsraum eine innere Verlustleistung von ~ 3 W, also über 30% der Nutzleistung von 9,5 W. Berücksichtigt man ferner noch eine Steuerleistung von 0,2% des Strahlstromes, so ergibt sich dann ein innerer Wirkungsgrad von $\sim 9,5\%$ gegenüber einem solchen von etwas über 10%, der sich aus einer Kurvendarstellung in dem Bericht von Hollmann-Masing-Thoma (ZWB-Bericht FB 1814) für unseren betrachteten Fall entnehmen läßt. Damit ergibt sich also Übereinstimmung mit den theoretischen Ergebnissen, und man kann sagen - entsprechend der Genauigkeit dieser Überschlagsrechnung - daß der störende Einfluß der SE durch zusätzliche Dämpfung hier nicht mehr als 20% des elektronischen Wirkungsgrades beträgt. Man sieht aus den angeführten Messungen ferner, daß nur ein kleiner Teil der kinetischen Energie des Strahlstromes für die Schwingungserzeugung ausgenutzt wird, und man hat es durch geeignete Wahl der Auffängerspannung in der Hand, den äußeren Wirkungsgrad noch zu verbessern. Damit kommt man zu einem maximalen äußeren Wirkungsgrad von rund 19%.

Um nun noch einen direkten Überblick über den Einfluß der SE zu gewinnen, wurden die Anschwingkennlinien der Anordnung aufgenommen. In den in Bild 4 gezeigten Kurven ist $\epsilon = 0,2$ gewählt und der zum Anschwingen nötige Auffängerstrom ist als Funktion der Spannung am äußeren Zylinder aufgetragen, und zwar in einem Fall für hohe SE-Anteile, und die zweite Kurve bei möglichst starker Unterdrückung der SE. Dafür wird einerseits ein schlecht gebündelter Elektronenstrahl verwendet, während die untere Kurve mit einem wenig divergierenden Strahl und nach Berücksichtigung der vom Primärstrahl getroffenen Metallteile aufgenommen wurde. Es lassen sich in den Kurven drei Bereiche unterscheiden:

- 1.) Die Spannung am äußeren Zylinder ist kleiner als am inneren.
- 2.) Spannungsgleichheit am ganzen System.
- 3.) Größere Spannung am äußeren Zylinder als am inneren.

Im ersten Bereich spielen die SE vom ersten und hauptsächlich vom letzten Gitter eine wesentliche Rolle. Man sieht, wie mehr oder minder starke Dämpfung miteinander abwechseln. Dies kommt dadurch zustande, daß die SE, die mit einer der Spannungsdifferenz entsprechenden Geschwindigkeit den Laufraum durchfliegen, bei bestimmten Laufzeitwinkeln entdämpfend wirken können. Die entsprechenden Laufzeitwinkel sind in den Kurven eingetragen. Nähert sich die Spannungsdifferenz dem Wert null, so können SE, die im inneren Zylinder entstehen, aus diesem in den Steuer- bzw. Arbeitsraum eintreten und bewirken so die offensichtlich größere Dämpfung im Falle der Spannungsgleichheit am ganzen System. Diese ist, wie aus der oberen Kurve recht eindrucklich zu sehen, bei großem SE-Anteil über doppelt so groß, als in dem anderen Fall. Wächst nun die Anodenspannung über die Laufraumspannung (U_k) hinaus, so ergibt sich eine Abnahme der Dämpfung der SE. Es ist danach also zweckmässig, entweder mit kleinerer oder größerer Spannung an der Anode als am Laufraum zu arbeiten. Dabei ließe sich dann der bei den Leistungsmessungen festgestellte dämpfende Einfluß der SE noch verringern. (Nachzutragen ist noch, daß für die Messungen von Bild 2 die der unteren Kurve in Bild 4 entsprechende Anordnung gewählt war). Es ergibt sich ferner die Möglichkeit, wie ebenfalls untersucht wurde, den gesamten vom Primärstrahl herrührenden und von einem metallischen Auffänger weggehenden SE-Strom mit zur Schwingungserzeugung auszunutzen. Dabei wird in einem Fall mit $\epsilon = 0,3$ ein äußerer Wirkungsgrad von über 17% erreicht, der mit steigendem Strom noch weiter zunimmt.

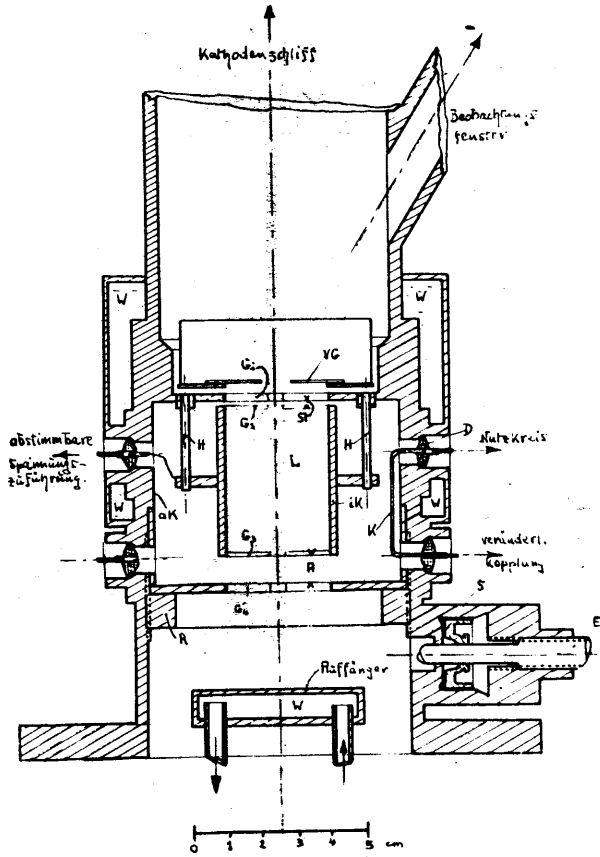


Abb. 1

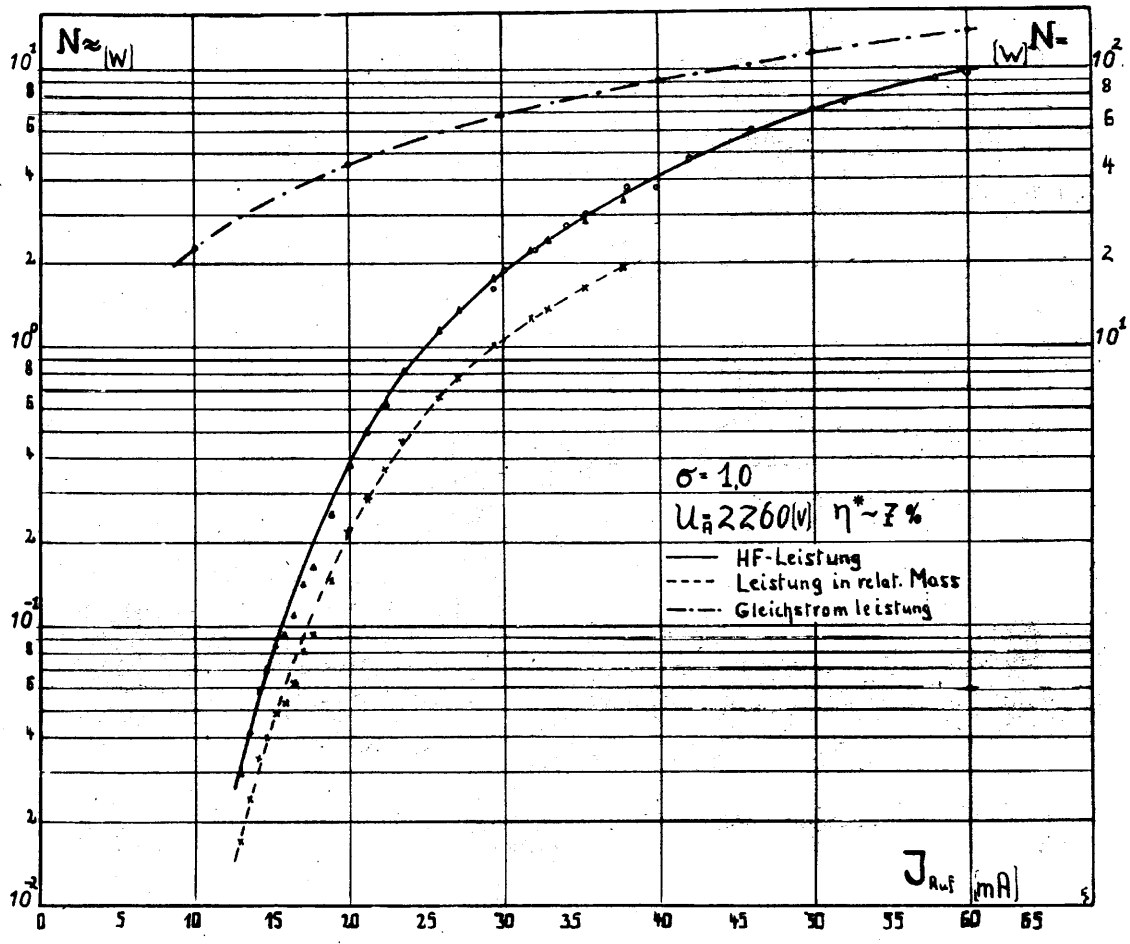


Abb. 2

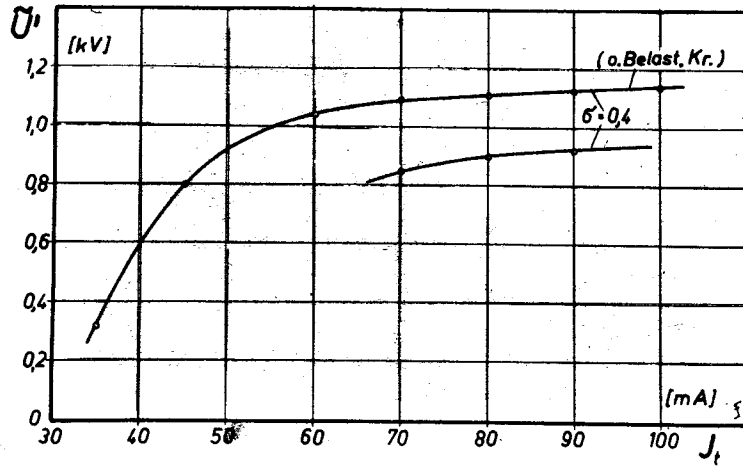


Abb. 3

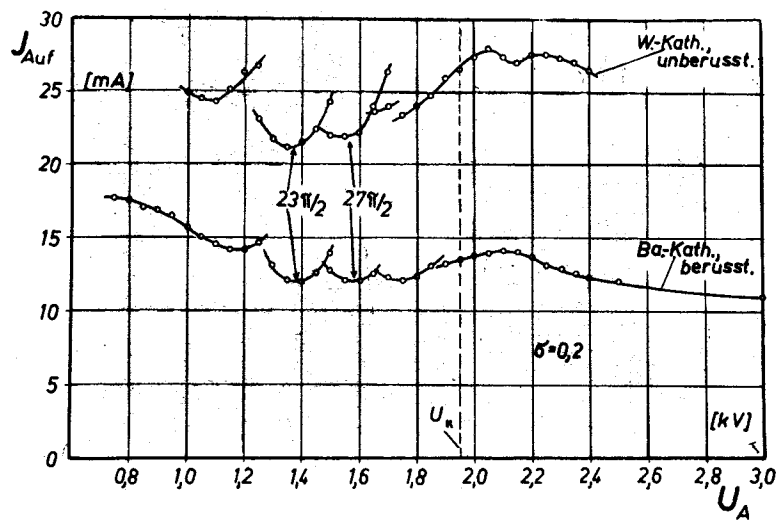


Abb. 4