Eine Anwendung der Elektronenröhre zur Messung schwacher Wechselströme mittels des Elektrometers.

Von Ludwig Bergmann in Gießen.

Mit einer Abbildung. (Eingegangen am 25. März 1922.)

Von E. Hulburt und G. Breit¹⁾ wurde 1920 eine Anordnung angegeben, um mittels eines Elektrometers in Verbindung mit einer Elektronenröhre Empfangsenergien in der drahtlosen Telegraphie zu messen. Ein Quadrantelektrometer liegt an einem in den Anodenkreis einer Verstärkerröhre eingeschalteten induktionsfreien Widerstand von etwa 20 000 bis 60 000 Ohm. Die zu messende Empfangsenergie wird dem Gitterkreis der Röhre zugeführt. Eine besondere Potentiometeranordnung zwischen Widerstand und Elektrometer kann so einreguliert werden, daß die vom Dauerröhrenstrom herrührende Potentialdifferenz gerade kompensiert wird, damit die Elektrometernadel, wenn keine drahtlosen Zeichen ankommen, nicht ausschlägt. Diese Schaltung läßt sich nun durch Benutzung zweier Elektronenröhren etwas umgestalten, so daß zunächst die Potentiometeranordnung mit einer besonderen Stromquelle in Wegfall kommt. Durch einmalige feste Einstellung läßt sich dann eine Apparatur schaffen, die es gestattet, neben der Anwendung zur Messung von Empfangsenergien in der drahtlosen Telegraphie vor allem auch sehr schwache Wechselströme nicht nur objektiv nachzuweisen, sondern direkt zu messen.

In der neuen Schaltung (Figur) sind zwei Verstärkerröhren R_1 und R_2 (Telefunkenröhre EVE 173) hintereinander an eine Heizspannung von 6 Volt geschaltet. Von den Anoden A der beiden Röhren führt die Leitung über zwei hochohmige, induktionsfreie Widerstände W_1 und W_2 in der Größenordnung von etwa $2-3 \cdot 10^5$ Ohm — es eignen sich hierfür sehr gut Silitwiderstände in Stäbchenform — zu den Enden eines Schiebewiderstandes W_3 von ungefähr 3000 bis 4000 Ohm. Der Schiebekontakt dieses Widerstandes ist mit dem positiven Pol der Anodenbatterie von 100 Volt verbunden, deren negativer Pol mit dem negativen Pol der Heizbatterie zusammenfällt. Die beiden Quadrantenpaare eines empfindlichen Quadrantelektrometers E sind mit den Anodenelektroden A der Röhren verbunden.

¹⁾ Phys. Rev. (2) **15**, 405—408, 1920.

Die zu messenden Wechselströme werden dem Gitter der Röhre R_1 über einen Transformator T zugeführt, der den Zweck hat, die Spannung des Wechselstroms zu erhöhen. Als Transformator wurde am zweckmäßigsten ein solcher aus einem Röhrenlautverstärker gefunden; derselbe hatte ein Windungsverhältnis von 5000:50 000. Die Enden der Sekundärwicklung sind mit dem Gitter der Röhre R_1 und dem Ende der Kathode K verbunden, das nach der Röhre R_2 hinführt. Durch diese Schaltung wird ebenso wie bei den Lautverstärkern bewirkt, daß das Gitter der Röhre eine negative Spannung

von etwa 3 Volt erhält. Durch Verschieben des Kontakts am Widerstand W_3 läßt sich leicht erreichen, daß an den Anschlußpunkten des Quadrantelektrometers keine Potentialdifferenz herrscht und die Nadel des Elektrometers nur abgelenkt wird, wenn dem Gitter der Röhre R_1 eine Wechselspannung zugeführt wird, die ein Ab- bzw. Zunehmen des Anodenstroms der Röhre R_1 und damit eine Potentialdifferenz an den Enden der in Reihe geschalteten Widerstände hervorruft.

Die so zusammengestellte Apparatur läßt sich nach einmaliger Einstellung des Widerstandes W_3 bei Benutzung derselben Heiz- und Anodenspannungen für mannigfache Wechselstrommessungen bequem verwenden. Bei den im folgenden angegebenen Versuchen wurde ein nach den Angaben von C. G. Müller¹⁾ gebautes einfaches Quadrantelektrometer benutzt, das eine Empfindlichkeit von 4 Skt. pro Volt (1 Skt. = 1 cm) bei 1 m Skalenabstand und einer Nadelspannung von 200 Volt hatte. Die Empfindlichkeit ist also keine

¹⁾ ZS. f. phys. Unterr. 33, 214, 1920.

besonders große und läßt sich bei Verwendung besserer Instrumente noch um mehrere hundertmal steigern. Floß z. B. in der Primärwicklung des Transformators ein Wechselstrom von etwa 10^{-5} Amp., so ergab das Elektrometer noch einen Ausschlag von etwa 5 Skt. Ein solcher Wechselstrom läßt sich zwar mit einem guten Telephon noch deutlich nachweisen, doch ist es schwer, geringe Intensitätsschwankungen, besonders wenn sie langsam erfolgen, festzustellen, was aber mit der oben beschriebenen Anordnung bei nicht zu stark gedämpftem Elektrometer noch gut geht. Eine Anwendung ergibt z. B. die Verwendung der Methode bei Wechselstrommessungen in Brückenanordnungen, etwa bei Kapazitätsmessungen, Messungen von Selbstinduktionen, Bestimmung der Dielektrizitätskonstante nach Nernst usw., wo es immer darauf ankommt, ein Minimum des Wechselstroms festzustellen. Dies läßt sich durch Ablesen eines Instrumentes wesentlich genauer feststellen als durch die Telephonmethode.

Zum Nachweis von sehr geringen Strömen, wie sie etwa durch Pfeifen gegen ein Telephon entstehen, ist allerdings die Verwendung eines Röhrenverstärkers nötig, der vor den Transformator der obigen Apparatur geschaltet wird. Dabei ist es aber möglich, zum Betriebe des Verstärkers dieselben Stromquellen zu benutzen und den Verstärker durch einen Stecker etwa an der Stelle V (Figur) anzuschalten, so daß die Apparatur nicht wesentlich komplizierter wird. Bei Benutzung eines zweifach Telefunkverstärkers ergaben die Wechselströme, die durch Pfeifen gegen ein Telephon entstanden, am Elektrometer noch Ausschläge bis zu 50 Skt. Diese Methode, Schallschwingungen nachzuweisen, dürfte wegen ihrer großen Empfindlichkeit bei Untersuchungen in der Akustik von großem Vorteil sein, wenn es etwa gilt, bei stehenden Schwingungen die Lage von Knoten und Bäuchen zu ermitteln. Es ist dann nur nötig, die Schallschwingungen irgendwie auf ein Telephon zu übertragen.

Gießen, Physik. Institut der Universität, März 1922.