

Mit den Suchtonanalysen wurden zahlreiche aufschlußreiche Arbeiten über die physikalische Natur von Schallvorgängen durchgeführt — wir werden die Ergebnisse dieser Untersuchungen in Ziff. 32, S. 249 u. ff. besprechen.

Zur Untersuchung derartiger Schallvorgänge, deren Zusammensetzung sich rasch ändert, können die Suchtonverfahren nicht benutzt werden — sie sind auf solche Verfahren beschränkt, deren Zusammensetzung während der Zeitdauer einer Analyse die gleiche bleibt oder die sich, insofern es sich um kurzdauernde Vorgänge handelt, jeweils in immer gleicher Zusammensetzung wiederholen lassen.

Untersuchungen an Schallvorgängen, deren Zusammensetzung sich so rasch ändert, daß eine Suchtonanalyse nicht möglich ist, können mit

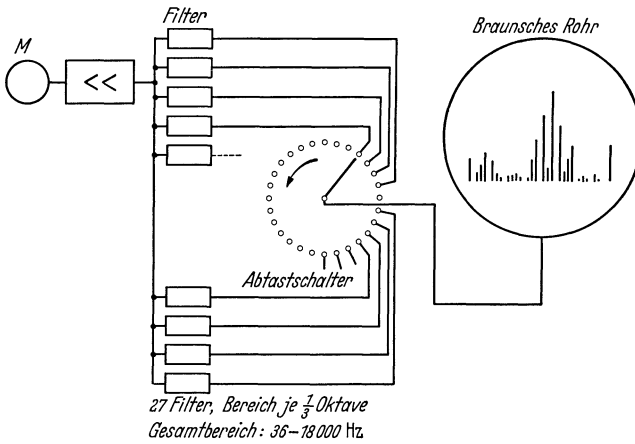


Abb. 192. Tonfrequenzspektrometer. (Nach E. FREYSTEDT.)

dem von E. FREYSTEDT¹ entwickelten Tonfrequenzspektrometer vorgenommen werden. Das Tonfrequenzspektrometer (Abb. 192; vgl. auch Abb. 184) besitzt eine große Anzahl von elektrischen Filtern, die jeweils nur den Bereich von einer Drittel Oktave hindurchlassen. Am Ausgang der Filter liegt ein Abtastschalter, welcher 20 mal in der Sekunde umläuft und bei jedem Umlauf jedes der Filter einmal mit den senkrechten Ablenkplatten eines BRAUN'SCHEN Rohrs in Verbindung bringt, so daß dann die senkrechte Auslenkung des Leuchtflecks des BRAUN'SCHEN Rohrs der jeweiligen Stärke der Komponenten in den einzelnen Frequenzbereichen entspricht. Durch eine mit dem Umlauf des Abtastschalters synchrone Ablenkung in der waagerechten Achse des Leuchtschirms wird der Leuchtfleck während jedes Umlaufs einmal längs der waagerechten Achse entlang bewegt, so daß dann also in jeder zwanzigstel Sekunde einmal nebeneinander die Anzeigen der einzelnen Siebe entworfen werden. Das

¹ FREYSTEDT, E.: Z. techn. Phys. **16**, 533 (1935).

FREYSTEDTSche Tonfrequenzspektrometer gibt ein sehr anschauliches Bild der Zusammensetzung von Schallvorgängen, Änderungen der Schallzusammensetzung lassen sich, insofern sie nicht allzu schnell erfolgen, subjektiv leicht beobachten; auch kann das auf dem Leuchtschirm entworfene Tonfrequenzspektrogramm kinematographisch aufgenommen werden. Genaue Aussagen über solche Schallvorgänge, deren Zusammen-

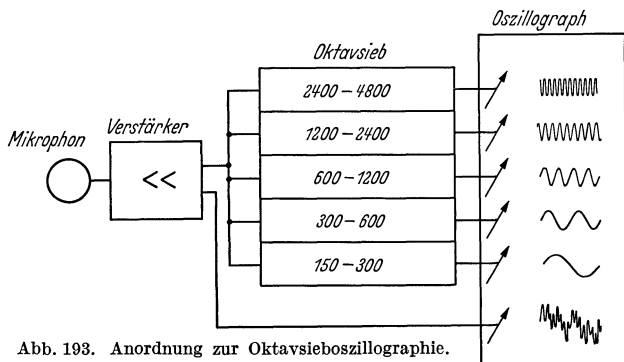


Abb. 193. Anordnung zur Oktavsieboszillographie.

setzung sich während der Umlaufzeit des Abtastschalters, also während $\frac{1}{20}$ sec wesentlich ändert, sind mit dem Tonfrequenzspektrometer naturgemäß nicht möglich.

Zur Untersuchung der Eigenschaften sehr schnell veränderlicher Vorgänge eignet sich das Verfahren der Oktavsieboszillographie¹ (Abb. 193).

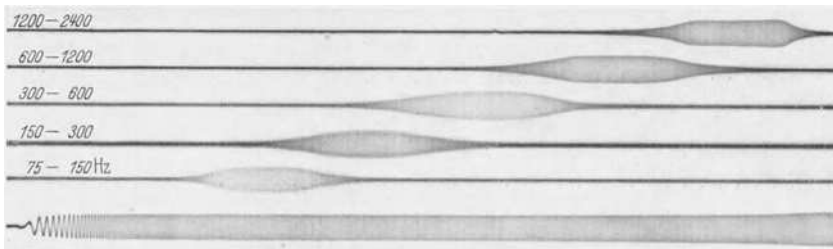


Abb. 194. Eichung eines Oktavsiebsatzes.

Hinter dem zum Schallempfang dienenden Kondensatormikrophon liegt ein Satz von Siebketten, welche jeweils den Bereich von einer Oktave hindurchlassen. Im Ausgang jeder Kette ist eine Meßschleife eingeschaltet, mit welcher die in dem betreffenden Oktavbereich liegenden Komponenten oszillographisch aufgezeichnet werden. Abb. 194 zeigt

¹ TRENDLENBURG, F., u. E. FRANZ: Z. techn. Phys. **16**, 513 (1935) — Wiss. Veröff. Siemens-Werk **15**, 78 (1936). — Oszillographische Untersuchungen mit Siebketten wurden insbesondere auch von O. VIERLING [Z. techn. Phys. **16**, 528 (1935)] und O. VIERLING u. F. SENNHEISER [Akust. Z. **2**, 93 (1937)] durchgeführt.

die Eichung der Oktavsiebapparatur mit einem Ton, dessen Höhe allmählich von sehr tiefen nach sehr hohen Frequenzen verändert wurde. Man erkennt, wie die einzelnen Siebe nacheinander ansprechen.

Auch bei der Oktavsieboszillographie ist durch die Einschwingvorgänge der Siebketten eine Auflösungsgrenze gesetzt. Diese Grenze liegt freilich so hoch, daß sie für die meisten praktischen Schallvorgänge keinerlei Rolle spielt. Nach einer von K. KÜPFMÜLLER¹ abgeleiteten Beziehung entspricht die Einschwingzeit ΔT einer Siebkette dem Reziprokwert der Durchlaßbreite ΔF , es gilt also

$$\Delta T = \frac{1}{\Delta F}. \quad (208)$$

Die Einschwingzeit beträgt dementsprechend beispielsweise für das Oktavfilter von der Durchlaßbreite 150—300 Hz $\frac{1}{150}$ sec, für das Filter

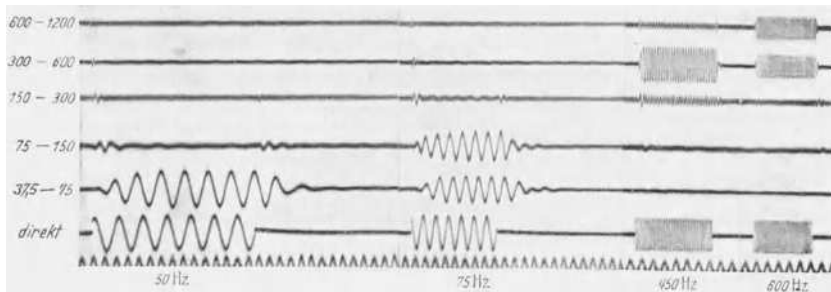


Abb. 195. Ein- und Ausschwingvorgänge (Oktavsiebe).

300—600 Hz $\frac{1}{300}$ sec usw. bis schließlich das Filter 4800—9600 Hz seine Einschwingung bereits in einer Zeit von rund $\frac{1}{5000}$ sec beendet hat. Die von KÜPFMÜLLER abgeleitete Beziehung hat sich, wie Abb. 195 zeigt, gut bestätigt, das Bild läßt erkennen, wie die Einschwingvorgänge jeweils in der Zeitdauer von rund einer Periode des in Frage stehenden Schallvorgangs beendet sind. Auch die Ausschwingvorgänge der Filter verlaufen sehr schnell, eine Auswertung der Abb. 195 ergibt, daß die Ketten mit einem Dekrement abklingen, welches zwischen etwa 0,7 und 1,4 liegt. Derart große Dekremente kommen bei natürlichen Schallvorgängen im allgemeinen nicht vor, fast immer wirken ja — wenn man von Sonderfällen, wie einem Funkenknall im Freien oder im extrem gedämpften Raum, absieht — bei der Erzeugung von Schallvorgängen Resonanzsysteme mit, wie z. B. die Mundhöhle bei der menschlichen Stimme oder die Resonanzkörper bei Musikinstrumenten. Diese Resonanzgebilde besitzen aber durchweg eigene Dekremente, die

¹ KÜPFMÜLLER, K.: Elektr. Nachr.-Techn. 5, 18 (1928). — Die KÜPFMÜLLERsche Beziehung entspricht der bereits mehrfach (Ziff. 22, S. 148, Ziff. 29, S. 218) erwähnten allgemeinen Unsicherheitsrelation der Wellenlehre.

kleiner sind als die oben stehenden Werte für die Dekremente der Siebketten. Die Siebketten zeichnen daher die Abklingvorgänge der natürlichen Schallvorgänge praktisch getreu auf.

In Abb. 196 ist ein Oktavsieboszillogramm des Schalls der bereits erwähnten Lochsirene (Ziff. 17, S. 114) wiedergegeben. Das Bild läßt Einzelheiten, wie z. B. den Augenblick des Öffnungsimpulses deutlich erkennen. Die Spitzenwerte in den verschiedenen Oktavbereichen wachsen mit der Frequenz rascher an, wie dies im Suchtonspektrum Abb. 191 der Fall ist. Der Grund dafür liegt darin, daß die Durchlaßbreite (in Hz) von Sieb zu Sieb wächst; sie verdoppelt sich. Dementsprechend wirken

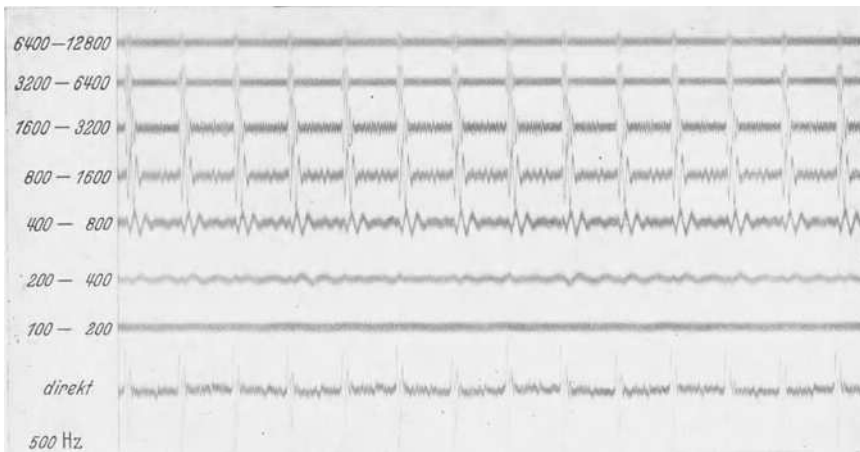


Abb. 196. Oktavsieboszillogramm des Schalles einer Lochsirene.

mit wachsender Ordnungszahl des Siebes immer mehr Teilkomponenten zusammen.

Mit dem Oktavsieboszillographen wurden eine große Zahl aufschlußreicher Untersuchungen über die Zusammensetzung veränderlicher Schallvorgänge, insbesondere bei Sprachlauten und Musikklingen durchgeführt, wir werden die Ergebnisse dieser Untersuchungen in Ziff. 32, S. 250 u. ff. besprechen.

Auf ein weiteres prinzipiell sehr interessantes Verfahren zur schnellen Schallanalyse haben wir bereits an anderer Stelle (Ziff. 22, S. 147) hingewiesen. Dies, von E. THIENHAUS¹ entwickelte Verfahren arbeitet in der Weise, daß durch den zu untersuchenden Schall Hochfrequenzschall moduliert wird, der dann mit einem akustischen Beugungsgitter analysiert wird.

¹ MEYER, E., u. E. THIENHAUS: Z. techn. Phys. **15**, 630 (1934). — THIENHAUS, E.: Das akustische Beugungsgitter und seine Anwendung zur Schallspektroskopie. Leipzig 1935.