

Notenwert. Tasteninstrumente erzeugen Töne, deren Mindestdauer durch die Dämpfung der Saiten, Pfeifen usw. bestimmt ist und deshalb bei schnellen Läufen viel größer sein kann, als dem Notenwert entspricht.

Nach welchem Maß mißt das Ohr die Tonhöhe?

Wir haben bisher gefunden, daß sich für den eben noch wahrnehmbaren Frequenzunterschied - sowohl im absoluten Maß  $\Delta f$  (Bild 2) als auch im relativen Maß  $\Delta f/f$  (Bild 4) - in Abhängigkeit von der Tondauer für verschiedene Frequenzen (250 Hz, 1 kHz und 4 kHz) ein verschiedener Verlauf ergibt. Die Meßkurven fallen in

diesen Bildern nicht zusammen. Weder  $\Delta f$  noch  $\Delta f/f$  ist also ein geeignetes Maß zur Beschreibung des Tonhöhen-Unterscheidungsvermögens unseres Ohres; beide Maße werden den Vorgängen beim Hören nicht gerecht. Das Ohr mißt die Tonhöhe offenbar nach einem eigenen Maß, das wir nur erfahren können, wenn wir uns in unseren Experimenten mit der Frage nach diesem Maß unmittelbar und allein an das Gehör wenden. Es wäre falsch, wenn wir uns ein neues Maß ausdenken würden. Dabei würden wir mit größter Wahrscheinlichkeit mit anderen Eigenschaften des Gehörs in Widerspruch geraten.

Leider reicht Oetingers experimentelles Material, das er nur bei den drei Frequenzen 250 Hz und 1 und 4 kHz gewonnen hat, für derartige Untersuchungen nicht aus. Wir müssen Untersuchungen über die Hörbarkeit langsamer vibratoartiger Tonhöhen-schwankungen hinzunehmen, da deren Ergebnisse im ganzen Bereich hörbarer Frequenzen vorliegen (2). Bild 5 zeigt den Betrag der Abweichung  $\Delta f$ , um den die Frequenz  $f$  eines Tones schwanken muß, damit diese Schwankung eben noch hörbar wird. Diese Schwankung ist unterhalb 500 Hz etwa unabhängig von der Tonhöhe und steigt oberhalb 500 Hz ungefähr proportional mit der Frequenz  $f$  an.

In Bild 5 sind auch drei Meßwerte von Oetinger für Töne mit der Dauer 100 msec und mit den Frequenzen 250 Hz und 1 und 4 kHz eingetragen. Sie liegen angenähert auf der gestrichelten Kurve, die den gleichen Gang mit der Frequenz zeigt wie die ausgezogene Kurve, wenn die Meßwerte für alle drei Frequenzen auch um den Faktor 4 höher liegen, der durch die veränderten Versuchsbedingungen verursacht ist. Auf jeden Fall ersehen wir aus dem gleichen Gang mit der Frequenz, daß wir auch die Ergebnisse der Tonhöhen-Schwankungsmessungen zur Deutung der Tonhöhen-Wahrnehmung bei kurzen Tonimpulsen heranziehen dürfen. Bild 6 gibt zum Vergleich die Beträge der relativen Abweichungen  $\Delta f/f$  wieder, um die die Frequenz eines Tones bis zur Hörbarkeit eines Vibratos schwanken darf. Die Bilder 5 und 6 geben uns das gesuchte Maß, nach dem das Ohr die Tonhöhe mißt, einmal bezogen auf absolute Frequenzintervalle, das andere Mal bezogen auf relative Frequenzintervalle. Die absoluten Frequenzintervalle nehmen mit der mittleren Frequenz, die als Abszisse gewählt wurde, zu, die relativen Frequenzintervalle nehmen mit wachsender Frequenz ab.

Mit diesem, dem Gehör unmittelbar abgefragten Maß wollen wir nun die Messungen von Oetinger deuten: Wir ermitteln aus Bild 5 zu den Frequenzen 250 Hz und 1 und 4 kHz den Wert der doppelten Amplitude der eben noch hörbaren Frequenzschwankung. Diese sogenannte Tonhöhenstufe beträgt 3 Hz unterhalb 250 Hz, 6 Hz bei 1 kHz und 25 Hz bei 4 kHz. Dann rechnen wir aus, wieviele dieser Tonhöhenstufen in den soeben noch hörbaren  $\Delta f$ -Werten von Bild 2 für die drei Frequenzen 250 Hz, 1 und 4 kHz bei den verschiedenen Tondauern enthalten sind. Die Anzahl der Tonhöhenstufen tragen wir in Abhängigkeit von der Tondauer für jede der drei Frequenzen auf (Bild 7). Das Ergebnis ist überraschend: Die Kurven für die drei Frequenzen fallen praktisch zusammen, d. h. zu einer bestimmten Tondauer gehört unabhängig von der Frequenz eine ganz bestimmte Anzahl von Tonhöhenstufen, die jeweils mit dem Ohr gerade noch wahrgenommen werden können.

T  
Dia  
13/7

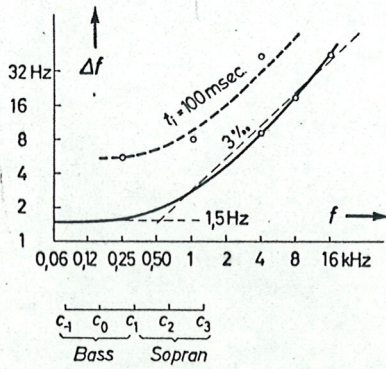


Bild 5: Die eben mit dem Ohr noch wahrnehmbare absolute Frequenzschwankung  $\Delta f$  bei langsamer vibratoartiger Tonhöhen-schwankung in Abhängigkeit von der Frequenz (= ausgezogene Kurve, Vibratofrequenz 4 Hz, Lautstärke 60 phon). Die gestrichelte Gerade entspricht einer Frequenzschwankung von  $\pm 3\%$  der mittleren Frequenz des Tones, die als Abszisse gewählt wurde. Gleichzeitig sind drei Meßpunkte von Oetinger für die  $\Delta f$ -Messungen an Tonimpulsen bei einer Tondauer von  $t = 100$  msec für die drei Frequenzen 250 Hz, 1 und 4 kHz eingetragen. Durch diese Meßpunkte wurde die gestrichelte Kurve hindurchgelegt.

T  
Dia  
13/8

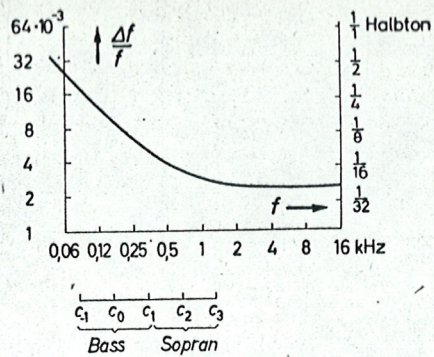


Bild 6: Die eben noch hörbare relative Frequenzschwankung nach Bild 5.

T  
Dia  
13/9

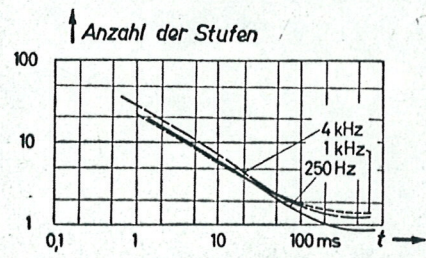


Bild 7: Anzahl der mit dem Ohr noch unterscheidbaren Tonhöhenstufen in Abhängigkeit von der Tondauer.