

In der Musik tritt die Frequenzmodulation als Vibrato auf. Beim Violinspiel kann man in der Umgebung des Kammertones mit einem Frequenzhub von 10 Hz und mit einer Modulationsfrequenz von 3 Hz rechnen. Dann hat der

Modulationsindex  $\frac{\Delta f}{f_m}$  etwa den Wert

3. Hier gilt also die für sehr kleinen Modulationsindex gewonnene Näherung (9,11) nicht mehr, zur Träger-schwingung treten auf beiden Seiten nicht nur je eine Seitenschwingung, sondern etwa je 4, und der Zeiger pendelt nicht nur um kleine Winkel aus seiner Mittellage heraus, sondern beiderseits um etwa 2 Rechte (Abb. 9,2).

Das Oszillogramm einer frequenzmodulierten Schwingung zeigt Abb. 9,3. Der Deutlichkeit halber ist der Frequenzhub übertrieben groß gewählt. Man sieht, wie periodisch Zeiten tiefer Frequenz und Zeiten hoher Frequenz aufeinander folgen.

Wir können nun, ganz analog zum Abschnitt 5, wieder allgemein nach den kleinsten Frequenzänderungen fragen, die unser Gehör noch wahrnehmen kann, und können diese Frage sinnvoll zur Frage nach dem kleinsten hörbaren

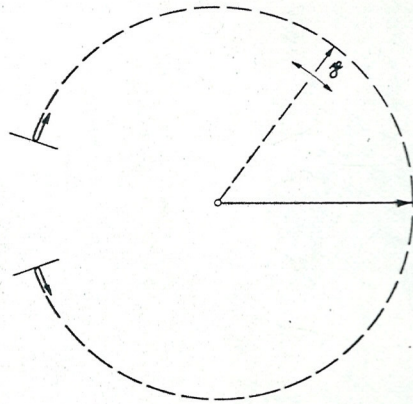


Abb. 9,2. Zeigerdiagramm einer frequenzmodulierten Schwingung bei großem Modulationsindex

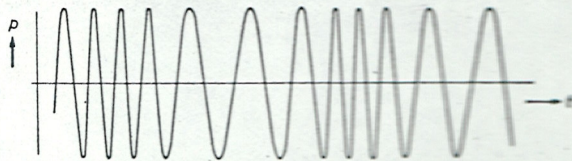


Abb. 9,3. Oszillogramm einer frequenzmodulierten Schwingung

Frequenzhub bei sinusförmiger Frequenzmodulation spezialisieren. Damit wählen wir aus den denkbaren Zeitfunktionen für eine Frequenzänderung die Sinusfunktion aus. Sie ist mathematisch und versuchstechnisch besonders einfach und vermeidet ruckartige Frequenzänderungen.

Die Abb. 9,4 bis 9,6 zeigen die gemessenen Frequenzmodulations-Schwellwerte für die drei typischen Trägerfrequenzen von 250 Hz, 1 kHz und 4 kHz. Wie bei der Amplitudenmodulation erkennen wir einen empfindlichen Bereich

um 4 Hz, in welchem der Beobachter den Tonhöenschwankungen folgen kann. Dann folgt wieder der Bereich der Rauigkeit, in welchem das Gehör gegen Frequenzschwankungen unempfindlicher ist, und schließlich der Bereich der Klänge, in dem sich die Seitenschwingungen von der Trägerschwingung für das Gehör abgelöst haben.

Dica  
4/14

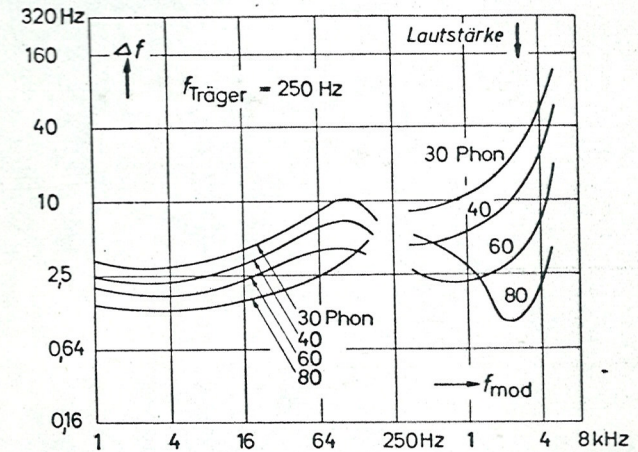


Abb. 9,4. Grenzwerte des hörbaren Frequenzmodulationshubes. Trägerfrequenz 250 Hz

Dica  
4/15

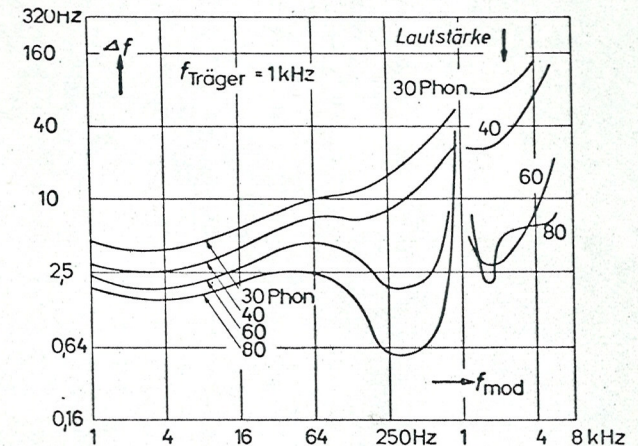


Abb. 9,5. Grenzwerte des hörbaren Frequenzmodulationshubes. Trägerfrequenz 1 kHz