



Tonhöhenänderung in Abhängigkeit vom Schallpegel 1

Nach: Thomas R. Rossing, "The Science of Sound", Addison Wesley Publishing Company, 1990

In anfänglichen psycho-akustischen Experimenten zur "Tonhöhe in Abhängigkeit von der Lautstärke", wurde von wesentlich größeren Tonhöhenabhängigkeiten gegenüber dem Schallpegel berichtet, als man bei neueren Studien findet. Frühe Forschungen durch **S.S. Stevens** (1935) zeigten Tonhöhenänderungen, die so groß wie zwei Halbtöne waren (also offensichtlich Frequenzänderungen um 12 Prozent), als man den Schallpegel von Sinustönen von 40 dB auf 90 dB erhöhte. Man fand bei Tönen von tiefen Frequenzen heraus, dass bei Zunahme des Schallpegels die Tonhöhe tiefer wurde. Töne von höheren Frequenzen stiegen in der Tonhöhe an und Töne von mittleren Frequenzen (1 bis 2 kHz) zeigten kaum eine Änderung. Dieses Erkenntnis wurde manchmal mit "Stevens-Regel" bezeichnet. Stevens entdeckte bei Schallpegelanstieg die maximale Abwärtsverschiebung für Frequenzen von 150 Hz und die größte Aufwärtsverschiebung für Frequenzen um 8000 Hz. Es hat sich aber herausgestellt, dass dieser Effekt selbst für Sinustöne in Wirklichkeit viel kleiner ist, und dass die Empfindung von Mensch zu Mensch stark schwankt. In einem Experiment hörten z. B. fünf musikalisch gebildete Personen Tonhöhenabsenkungen, die sich von 0 (!) bis 75 cent veränderten (75 cent = 3/4 Halbton), als ein 250 Hz-Sinuston von 40 dB auf 90 dB erhöht wurde (Ward, 1970). Während für einige Testpersonen die Tonhöhenänderungen nach der Stevens-Regel zutraf, so machte eine über eine große Anzahl von Testpersonen durchgeführte Durchschnittsberechnung die Änderungen wieder unbedeutend. Abbildung 1 zeigt die kleineren Tonhöhenänderungen von Sinustönen bei Frequenzen von 200 Hz bis 6000 Hz (nach E. Terhardt 1974), die über 15 Personen gemittelt wurden. **Merke:** Die bei den frühen Entdeckungen beschriebenen großen Tonhöhenänderungen und die hier abgebildeten kleinen Tonhöhenänderungen gelten allein für Sinustöne. Weniger ist jedoch über den Effekt bei komplexen Klängen bekannt. Studien mit Musikinstrumenten haben im Allgemeinen sehr kleine, kaum wahrnehmbare Tonhöhenänderungen bei Schallpegeländerungen gezeigt (z. B. maximal 17 cent für eine Pegelzunahme von 65 dB auf 95 dB). Ob die Tonhöhe eines komplexen Klanges bei Pegelzunahme steigt oder fällt, scheint wohl davon abzuhängen, welche Teiltöne (über oder unter 1000 Hz) überwiegen.

Im Gegensatz zu den Ergebnissen in der Abbildung 1 verursacht eine Erhöhung der Amplitude von kurzen Ton-Bursts eine Abwärtsverschiebung der Tonhöhe über einen breiten Frequenzbereich. Ähnliche Resultate wurden bei Experimenten mit 12 ms Bursts (Doughty und Garner, 1948) und 40 ms Bursts gefunden (Rossing und Houtsma, 1986).

Ein Phänomen der Tonhöhenänderung, das während des Ausklangs des Nachhalls beobachtet wurde, ist wohl teilweise auf die Pegeländerung zurückzuführen, wenn auch andere Effekte noch etwas dazu beitragen können. Dieses Phänomen ist recht deutlich, wenn man Orgelmusik in Kirchen mit großem Nachhall hört, denn die Tonhöhe scheint häufig etwas zu steigen, wenn der Schallpegel nach einem lauten Akkord ausklingt (Parkin, 1974).

Es ist ein Glück für ausübende Musiker und auch für Zuhörer, dass die Tonhöhenänderung mit der Lautstärke für komplexe Klänge sehr viel kleiner ist, als uns in den anfänglichen Experimenten mit Sinustönen berichtet wurde. Das Musizieren würde sicher ziemlich schwierig sein, wenn es auffällige Tonhöhenänderungen während der dynamischen Lautstärkeänderungen gäbe.

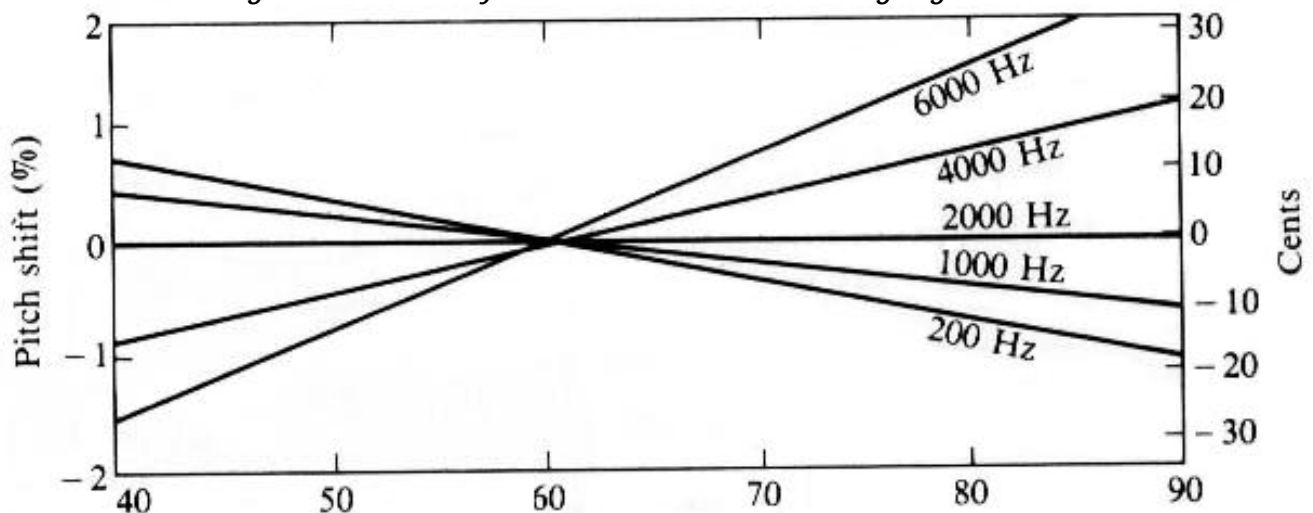


Abbildung 1 Level of sound pressure L_p (dB)

Tonhöhenänderung von Sinustönen (!) als Funktion des Schalldruckpegels. Die Änderungen sind in Prozent und in cent angegeben (100 cent = 1 Halbton). Die Kurven basieren auf Daten von 15 Versuchspersonen. (Nach E. Terhardt, 1974). Achtung: diese Angaben gelten nicht für musikalische Klänge.

Siehe Unterlagen Teil 2: <http://www.sengpielaudio.com/TonhoehelnAbhaengigkeitVomSchallpegel02.pdf>

Auffällig ist, dass Forscher auf die Tonhöhenveränderung bei der Zunahme des Schallpegels von Sinustönen hinweisen, jedoch fällt Musikern eher eine Tonhöhenabweichung als Ansteigen von tiefen Tönen beim Leiserwerden (Ausklängen) von Musik auf.