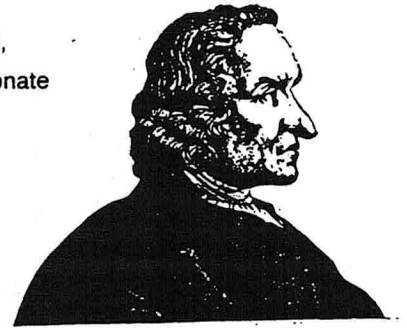


AUFGABE F

Kombinationstöne

Giuseppe Tartini 1692-1770,
Schöpfer der Teufelstrillersonate



Wie gesagt, meinte ich nicht eine Erscheinung im Zusammenhang mit Obertönen, die ja ohnehin immer mitklingen (etwa, dass *Obertöne zweier Grundtöne zusammenfallen* und sich so verstärken). Vielmehr meinte ich den **Differenzton (sog. Sorgescher Ton)**, welchen der Geigenvirtuose Tartini bereits 1714 beobachtet und zur **Intonationskontrolle** eingesetzt haben soll ("il terzo suono"). Hier ein Text aus der Violinschule Leopold Mozarts (1719-1787), des Vaters von Amadeus:

Hier vermischte L. Mozart das Phänomen der Kombinationstöne unstatthaft mit dem Phänomen der **Resonanz!**



Zum Beschlusse dieses Hauptstückes muß ich noch eine nützliche Beobachtung einschalten, die ein Violinist bey Abspielung der Doppelgriffe machen kann: um mit gutem Tone, kräftig und rein zu spielen. Es ist unwidersprechlich, daß eine Sente, wenn sie angeschlagen oder gestrichen wird, eine andere ihr gleichgestimmte Sente auch in Bewegung setze (*b*). Dieß ist aber nicht genug. Ich hab die Probe auf der Violin, daß bey dem Zusammenstreichen zweener Töne auch so gar bald die Terz, bald die Quint, bald die Octav u. s. f. von sich selbst auf eben dem nämlichen Instrumente dazu klinge. Dieses dienet nun zur untrüglichen Probe, womit sich jeder selbst prüfen kann, ob er die Töne rein und richtig zu spielen weiß. Denn wenn zweene Töne, wie ich sie unten anzeigen werde, gut genommen und recht aus der Violin, so zu reden, heraus gezogen werden; so wird man zu gleicher Zeit die Unterstimme in einem gewissen betäubten und schnarrenden laut gar deutlich hören: sind die Töne hingegen nicht rein gegriffen, und einer oder der andere nur um ein bißchen zu hoch oder zu tief; so ist auch die Unterstimme falsch. Man versuche es mit Geduld: und wer sich gar nicht darein finden kann, der spiele anfangs auch die schwarze Grundnote, und nähere die Geige dem Gehör, so wird er bey dem Abspielen der zwey oberen Noten eben diese untere schwarze Note dazu schnarren hören. Je näher man die Violin an das Ohr hält, je mehr darf man den Strich mäßigen. Vor allem aber muß die Violin gut bezogen und rein gestimmt seyn. Hier sind einige Proben davon.



Tartini und L. Mozart haben diese Erscheinung nur empirisch gefunden und keine physikalische Erklärung gebracht - weshalb ihre Beispiele oft, aber doch nicht immer zutreffend sind, wie man leicht auf der Geige selbst austesten kann (gleiche Beispiele wie >>>nächste Seite, jedoch für eine bessere Hörbarkeit von C nach A transponiert):

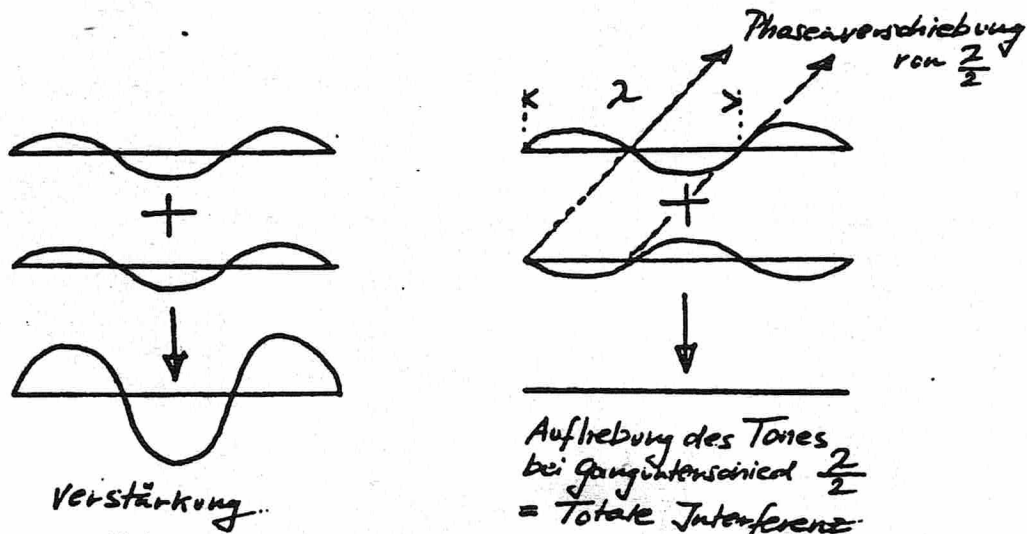
Differenz →

Die physikalische Erklärung muss in 3 Schritten erfolgen:

- 1) Superposition von Schwingungen (Spezialfall: totale Interferenz)
- 2) Spezialfall der Superposition als "Schwebung" (bei annähernd gleicher Frequenz)
- 3) Spezialfall "Differenzton" bei grösserem Abstand: **Sind die Schwebungsstöße (=Differenz der Frequenzen) grosser als 16 Hz, nimmt unser Nervensystem die Schwebungsstöße als akustische Täuschung wie einen tief brummenden Ton wahr.** Entschuldigen Sie bitte, dass ich auf der Rückseite die Erklärung als Kopie eines Scripts aus der "Vorcomputerzeit" wiedergebe (Schreibmaschine):

Interferenz

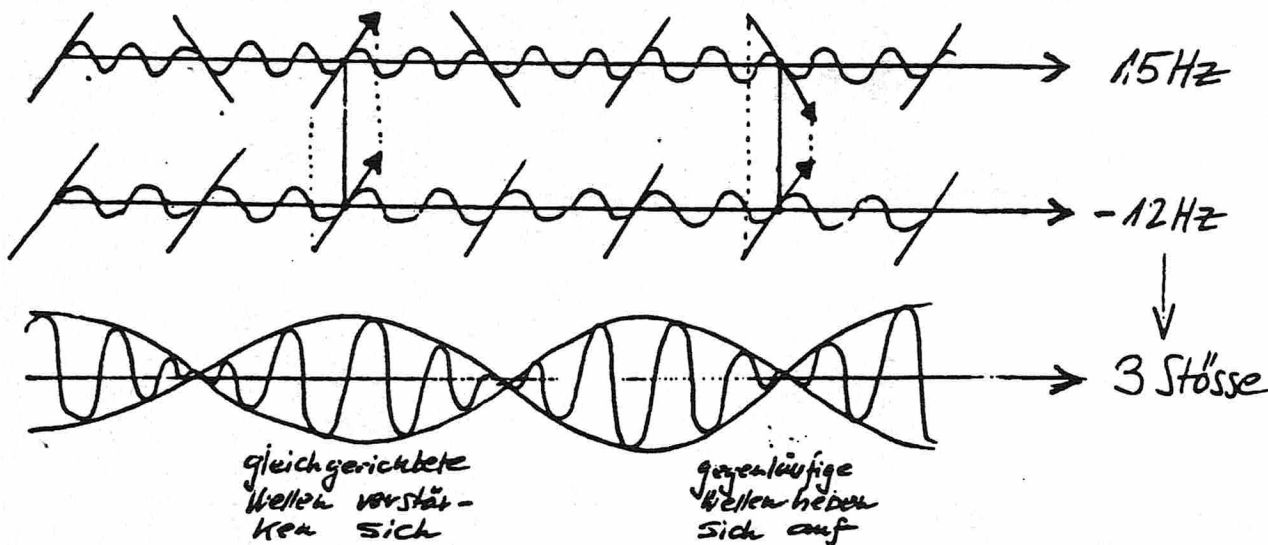
Spezialfall der Superposition, bei welchem sich Schwingungen gegenseitig aufheben. Je nach Phasenverschiebung der Wellen partielle oder sogar totale Interferenz:



Anwendungen: Gute und schlechte Plätze im Konzertsaal. Experiment mit Drehender Stimmgabel. Interferenzrohr von Quincke. Da sich die totale Interferenz bei halber Wellenlänge ergibt, kann diese so gemessen werden.

Schwebung

Spezialfall der Interferenz. Entsteht bei Superposition von Tönen annähernd gleicher Frequenz. Die Wellen "entwickeln sich allmählich auseinander", sodass sich Phasen der Verstärkung mit Phasen der Aufhebung abwechseln. Aus 2 Sinuskurven entsteht wieder eine sinusförmige Hüllkurve. Anzahl der Schwebungsstöße = Differenz der Frequenzen:



Anwendungen: "Reibung" bei unreiner Intonation. Unterschied Solo - Orchesterklang. Klangbelebung durch Mehrchörigkeit der Klaviersaiten (Stimmen!). Orgelregister mit Vibrato: Unda maris, Voix céleste, Vox humana, Aeoline.

Akustische Täuschungen

Kombinations-
töne

Der Differenzton (Sorge'scher Ton) ist als leises Brummen hörbar. Tartini: "Il terzo suono" (Intonationskontrolle). 2 benachbarte Obertöne haben als Differenzton immer den Grundton (bei tiefen Orgelpfeifen erklingen nur Obertöne, man "bildet sich den Grundton trotzdem ein"). Erklärung: Sehr schnelle Schwebung, deren Stösse sich ja auch aus der Frequenzdifferenz berechnen. Ist diese genügend gross (mehr als 16 Hz), wird die Hüllkurve als Ton empfunden.

Ober	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Unten	8	7	6,6	6,4	6	5,3	5	4,8	4

je enger das Intervall, umso tiefer

0+4f

Differenz 0 → 1 Schwebung

1,3 F-Dur
1,6 As-Dur
2 C-Dur
2,6 F-Dur
3 C-Dur
3,2 As-Dur
4

Unterer Ton fällt mit Kombinationston zusammen!
Charakteristischer

Der von Helmholtz aus Analogie geforderte Summationston ist umstritten. Hingegen lässt sich der Multiplikationston als gemeinsamer, somit verstärkter Oberton erklären (H. Riemann):

15

3 5

$3 \cdot 5 = 15$