

The Virtual Laboratory

Max-Planck-Institute for the History of Science, Berlin
ISSN 1866-4784 - http://vlp.mpiwg-berlin.mpg.de/

Helmholtz, Hermann von. 1861. Ueber musikalische Temperatur. Annalen der Physik und Chemie 113: 87-90

http://vlp.mpiwg-berlin.mpg.de/references?id=lit1915

IV. *Ueber musikalische Temperatur;* von *H. Helmholtz.*

(Ein in Heidelberg gehaltener Vortrag.)

Jede Durtonleiter enthält in sich die Töne dreier Duraccorde; C dur z. B. der drei Accorde

F a C, C e G, G h D.

Sollen diese Accorde rein klingen, so müssen die grofsen Terzen das Verhältnifs der Schwingungszahlen 4 : 5, und die Quinten das Verhältnifs 2 : 3 haben; innerhalb der Gränzen einer Tonart ist auch kein Hindernifs, sie so zu stimmen. Wenn man aber in eine andere Tonart übergehen will, z. B. G dur, so giebt der neu hinzutretende Accord D, fis, A eine Quinte A, welche nicht mehr gleich dem ersten a der Terz von F ist. Wenn wir die Schwingungszahl von F gleich 1 setzten, ist a, die grofse Terz von F $= \frac{5}{4}$ und A die Quinte von D $= \frac{8}{6}\frac{1}{4}$. Die beiden Werthe von A stehen im Verhältnifs

$$a : A = 80 : 81.$$

Das Bedürfnifs der Tastaturinstrumente hat die Musiker verleitet, statt dieser beiden Töne einen einzigen setzen zu wollen, wobei nothwendig eins beider Intervalle oder beide falsch werden müssen. Die Griechen, welche, wie es scheint, nur einstimmig oder in Octaven einhergehend ihre Musik ausführten, beobachteten richtig, dafs ein Fehler in der Fortschreitung von einer Quinte viel auffallender sey, als in der Fortschreitung von einer Terz, und hielten also die Quinten rein, indem sie die *Pythagoräische Terz* 64 : 81 als Norm festsetzten.

Wenn man aber sich das auch gefallen läfst, und weiter modulirt in Quinten fortschreitend von A nach E, H, Fis, Cis, Gis, Dis, Ais, so kommt man zuletzt auf Eis, welches beinahe, aber nicht ganz mit dem F zusammenfällt, von dem man ausgegangen ist. Es ist nämlich höher im Verhältnifs 531441 : 524288, oder abgekürzt mittelst Kettenbrüchen,

im Verhältnifs 74 : 73. Um nun im Interesse der Tastatur-Instrumente die beiden Töne Eis und F vereinigen zu können, mufsten wieder eine oder mehrere Quinten unrein gemacht werden. Es ergab sich als das Beste, den Fehler unter alle gleichmäfsig zu vertheilen, indem man alle Quinten etwas zu klein macht. Die Abweichung der Quinten in diesem jetzt allgemein herrschenden Stimmungssystem ist nun in der That ausserordentlich klein, indem die reine zur temperirten Quinte sich wie 886 : 885 verhält. Dabei verringert sich denn auch der Fehler in der Terz etwas, indem er von $\frac{81}{80}$ auf $\frac{127}{126}$ sinkt.

Die neuere Musik ist nun entschieden harmonisch, und für diesen Fall ist die Voraussetung nicht richtig, dafs Fehler der Terzen weniger schädlich sind, als Fehler der Quinten. Das Widrige falsch gestimmter Intervalle entsteht vornehmlich durch die Schwebungen ihrer Combinationstöne und harmonischen Obertöne. Die Schwingungszahl der stärksten Combinationstöne ist gleich der Differenz der Schwingungszahlen der primären Töne. Im reinen Duraccord

64 : 80 : 96

geben beide Terzen den Combinationston 16, die zweite Unteroctave des Grundtons. Aber im Pythagoräischen Accord

64 : 81 : 96

geben sie die Combinationstöne 17 und 15, welche bezüglich einen halben Ton höher und tiefer sind, als der richtige Combinationston, miteinander 2 Schwebungen machen in der Zeit, wo der Grundton des Accordes 64 Schwingungen macht. Ist dieser c, mit 256 Schwingungen, so ist die Zahl der Schwebungen der Combinationstöne 8 in der Sekunde, was ein entschiedenes Knarren des Tons giebt. Aufserdem klingen jene beiden Combinationstöne, sobald man auf sie aufmerksam wird, abscheulich zur Harmonie.

Nun sind nicht alle Musikinstrumente gleich empfindlich gegen Dissonanzen. Singstimmen sind gar nicht an eine Temperatur gebunden, auf den Streichinstrumenten sind es nur die Töne der leeren Saiten. Hier kann also ein fein ge-

übter Musiker den gröfseren Härten ausweichen. Das Clavier ist wenig empfindlich gegen Dissonanzen, weil seine Töne zu kurz verhallen, und die Orgel ist wegen der constanten Stärke ihrer Töne zu rauschender Musik mit gehäuften Dissonanzen mehr geeignet, als für ausdrucksvolle von weichem Wohlklange. Aus diesen Gründen konnten sich die zur künstlerischen Musik am besten geeigneten Instrumente mit den Nachtheilen der temperirten Stimmung ziemlich abfinden. Aufserdem werden die Schwebungen, wenn sie nicht sehr schnell sind, wenig fühlbar in schnell bewegter Musik, wenn die Dauer der meisten Töne kürzer ist, als die Dauer der Schwebungen.

Deutlich fühlbar werden die Mängel der Stimmung bei allen langsam sich bewegenden aushaltenden Tönen, und desto mehr, je kräftiger diese sind. Chöre von Blasinstrumenten sind deshalb für die vollendet künstlerische Musik fast gar nicht anwendbar. Besonders auffallend sind nun die Nachtheile auch in der gegenwärtig sich sehr verbreitenden Physharmonica, um so mehr, als die Combinationstöne an diesem Instrumente wegen seiner besonderen Construction etwas stärker sind, als an anderen. Hier ist der Unterschied rein gestimmter und temperirter Accorde so grofs, dafs letztere nach ersteren wie Dissonanzen klingen.

Will man also reine Harmonien haben, so bleibt nichts übrig, als jedem Tone der Scala zwei verschiedene Werthe zu geben, je nachdem er Terz oder Quint beziehlich Grundton eines Duraccordes ist, welche Werthe im Verhältnifs 80 : 81 stehen. Ich bezeichne im Folgenden die höheren Töne mit grofsen Buchstaben, die niederen mit kleinen. Berücksichtigt man nun noch, dafs die oben berechnete Differenz zwischen Eis und F, nämlich $\frac{1}{7\,3}$ nahehin gleich ist der zwischen F und f, welche $\frac{1}{8\,0}$ beträgt, so kann man nahehin die durch Kreuze erhöhten Töne der niederen Reihe gleich den durch b erniedrigten Tönen der oberen setzen, also cis = Des, fis = Ges u. s. w. So erhält man folgende Reihe von Duraccorden zur Verfügung:

Fes* as Ces* es Ges* b Des* f As c Es g B d
F a C e G h D fis A cis E gis* H dis*
Fis ais* Cis eis*

Die mittleren seyen mathematisch rein, in den äufsersten ist bei den mit Sternchen versehenen die erwähnte Verwechslung vorgenommen worden, welche streng genommen allerdings einen Fehler giebt, der aber verschwindend klein ist. In den betreffenden Accorden hat nämlich nur die Terz den kleinen Fehler, den in der gleichschwebenden Temperatur die Quinte hat; er beträgt $\frac{1}{885,6}$. Wenn man diesen Fehler auf die verschiedenen Quinten vertheilen wollte, würde er für jede $\frac{1}{12}$ dieser Gröfse betragen, aber diese erhöhte theoretische Genauigkeit wäre practisch illusorisch, da schon jetzt der ganze Fehler von $\frac{1}{85}$ bei den Quinten an der Gränze dessen liegt, was ein geübtes musikalisches Ohr unterscheiden kann.

Für die practische Ausführung sind entweder zwei Tastaturen nöthig, wobei es dem Spieler überlassen bleibt, die Töne des Accordes passend in der einen oder anderen Reihe zu wählen, oder man sondert die Töne in 8 Gruppen

F	a	Cis	f	A	cis
C	e	as	c	E	gis
G	h	es	g	H	dis
D	fis	b	d	Fis	B

Alle Töne jeder dieser Gruppen werden durch einen besonderen Windkanal gespeist, und durch Pedale wird regulirt, dafs der Wind entweder der rechten oder linken Gruppe jeder Linie zugeführt wird. Es sind nur vier Ventile nöthig zu stellen, durch vier Pedale; dadurch kann dann das Instrument für jede Tonart, welche im Laufe des Musikstückes eintritt, in richtige Stimmung gebracht werden.