temperierte Stimmung giebt, die übrigen weifsen Tasten mit den Tönen der reingestimmten c'-dur-Tonleiter versieht und die schwarzen Tasten passend verwertet. Dabei würde also es' als reine kleine Terz zu stimmen sein und statt b' könnte die natürliche Septime genommen werden, die als siebenter Partialton von C leicht einzustimmen ist. Bei der einfachen Konstruktion der kleineren Harmoniums würde diese Abänderung wahrscheinlich keine bedeutenden Schwierigkeiten und Kosten machen. Für unser Harmonium hatte ich sie auch in Aussicht genommen; leider aber zerschlug sich die Sache, weil die liefernde Firma keine Fabrik in Berlin hatte, weshalb ich schliefslich wegen der Umständlichkeit der Verhandlungen auf diese Abänderung verzichtete. Nachträglich habe ich dies allerdings bedauert, denn die höchsten Töne des Instrumentes werden doch eigentlich gar nicht gebraucht, sodafs ein noch kleineres Instrument von 4 Oktaven dieselben Dienste leisten würde, wie das vorhandene; nur müfste es dann mit C anfangen.

§ 4. Obertöne.

In derselben Weise wie das Harmonium sich nützlich erweist, um die Abweichung der temperierten Stimmung von der reinen durch das Gehör unmittelbar festzustellen, ist es auch sehr geeignet, die Untersuchung der Obertöne zu unterstützen. Bei der grofsen Wichtigkeit, welche dieselben für die verschiedensten Fragen der theoretischen Musik haben, ist es auch hier in hohem Grade wünschenswert, eine möglichst klare Vorstellung, wie sie eben nur die eigene Wahrnehmung giebt, zu Stande zu bringen. Dem stellt sich aber die Schwierigkeit der Beobachtung hindernd in den Weg. Die Thatsache, dafs bei allen musikalischen Instrumenten auch der einzelne Ton schon ein Gemisch von mehreren einfachen Tönen darstellt, ist für den Anfänger so neu und überraschend, dafs es nicht leicht ist, das objektive Vorhandensein derselben aufzuzeigen. Kann man doch im allgemeinen die Bemerkung machen, dafs alle Erkenntnisse, zu denen die Wissenschaft in ihrer Entwickelung verhältnismäfsig spät gekommen ist, so einfach sie auch demjenigen erscheinen, der sich mit ihnen vertraut gemacht hat, dem Neulinge zwar gedächtnismäfsig leicht überliefert, aber nicht so leicht verständlich gemacht werden können. Es ist deshalb zweckmäfsig, bei der Aufsuchung der Obertöne das Ohr zunächst durch Resonatoren zu unterstützen, die auf einen bestimmten Ton abgestimmt sind. Hierbei ist es doch wieder lehrreicher, wenn dieser Resonanzton für die einzelnen Resonatoren erst festgestellt wird, als wenn er nur auf denselben eingraviert resp. gedruckt ist. Übrigens sind die einfachen cylindrischen Papprohren hierzu völlig genügend[1]) und besitzen sogar mit einer kleinen Abänderung, die an den fertig gelieferten wohl meistens fehlt aber leicht anzubringen ist, vor den weit teureren Messingkugeln einen entschiedenen Vorzug. Läfst man nämlich die einzelnen Röhren etwas verkürzen und passende cylindrische Auszüge herstellen, so sind nicht nur etwa vorhandene Fehler der Abstimmung leicht zu beseitigen, sondern man kann auch den Resonator für eine andere Tonhöhe als die, für welche er ursprünglich bestimmt war, brauchbar machen. Um die Resonatoren etwa für die Obertöne von C abzustimmen, verschiebt man einfach bei jedem einzelnen die Auszugröhre so lange, bis die beiden benachbarten Halbtöne gleich stark resonieren, wodurch für den beabsichtigten

[1]) Die beim Schulunterricht aus ästhetischen und hygienischen Rücksichten verwerflichen Ansatzröhren aus Glas, die in den Gehörgang eingeführt werden hönnen, sind nicht unumgänglich notwendig; ich habe sie bei unsern Resonatoren entfernt.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Ton etwa das Maximum der Resonanz erreicht wird, was man mit dem Harmonium sehr gut ausführen kann [1]). Bei der Anstellung der Versuche kann man zunächst so verfahren, dafs man die Resonatoren verteilt und die C-Durtonleiter durch mehrere Oktaven spielt. Sobald ein Ton durch einen Resonator verstärkt wird, wird derselbe angemerkt. Wenn nun der Grundton C für sämtliche Resonatoren angegeben wird, so kann das Vorhandensein der Obertöne von den einzelnen Schülern festgestellt werden. Die Resonatoren können dann noch je nach der Gröfse der Klasse einige Male ausgetauscht werden.

Die Obertöne des Harmoniums sind wie bei allen Zungen stark und reichen weit hinauf, so dafs die Verwendung einer besonderen auf C gestimmten Zungenpfeife, die wohl sonst zur Beobachtung der Obertöne besonders angeschafft wird, nicht nötig ist; aufserdem hat man den Vorteil, dafs zur leichteren Auffindung die betreffenden Töne, auf welche die Aufmerksamkeit gerichtet werden soll, immer angegeben werden können. Mit Hülfe der Resonatoren sind die Obertöne bis zum 12. deutlich wahrnehmbar, wobei sich namentlich der 7., die natürtliche Septime des 4. sehr bemerkbar macht. Da ein Resonator auch einen benachbarten Ton noch verstärkt, so kann der auf e′ abgestimmte auch für die natürliche Septime von G gebraucht werden; und in der That hört man diesen Ton deutlicher als e′, welches der 5. Partialton von C ist.

Dieser 7., unharmanische Oberton wird bekanntlich beim Klavier möglichst schwach gemacht, indem die Anschlagstelle des Hammers ungefähr in $^1/_7$ der Saitenlänge gelegt wird, so dafs sich hier kein Knoten bilden kann. Daher ist jener Oberton auch mit Hülfe der Resonatoren nur schwach zu hören, bei welchem Versuch es dann wieder vorteilhaft ist, wenn man die Resonatoren für das betreffende Klavier in der angegebenen Weise umstimmen kann.

Weiter ist es aber sehr nützlich zu zeigen, wie ein und derselbe Ton zu verschiedenen Tönen Oberton ist, dafs z. B. c′ nicht nur 4. Partialton von C, sondern auch 2. von c ist, oder g′ nicht nur 2. von g, sondern auch 3. von c u. s. w., dafs also bei jedem Intervall diejenigen Partialtöne zusammenfallen, deren Ordnungszahlen durch die Verhältniszahlen des Intervalles gegeben sind. Diese letztere Bemerkung giebt nämlich ein Mittel, die Obertöne auch ohne Resonator herausfinden zu lernen, welches nach meiner Erfahrung namentlich auch beim Klavier gut zu brauchen ist, das ich aber nirgends erwähnt gefunden habe. Während z. B. g″ als zweiter Partialton von g′ nur schwer herauszuhören ist, etwas leichter als dritter von c′, fällt er weit deutlicher und bestimmter ins Ohr, wenn man die Töne c′ und g′ zugleich angiebt. Derselbe Ton ist aber auch 6. Partialton von c und wird daher noch deutlicher, wenn diese drei Töne zu gleicher Zeit erklingen. In ähnlicher Weise kann man bei anderen Intervallen verfahren, nur darf man in den tieferen Tonlagen keine engen Intervalle wählen, weil durch die Rauhigkeit ihres Zusammenklanges das Ohr so empfindlich berührt wird, dafs ein ruhiges Aufmerken und das Herausfinden der Obertöne fast unmöglich wird. Hohe Töne sind vielen Tönen als Obertöne gemeinschaftlich; doch hat eine weitere Fortsetzung der erwähnten Methode ihre Grenze in dem Umstande, dafs die Intensität der höheren Obertöne stark abnimmt und dafs namentlich bei temperierter Stimmung der Zusammenklang vieler Töne zu unruhig ist.

---

[1]) Die bei einzelnen Tönen durch die temperierte Stimmung bedingte Abweichung kann nachträglich noch korrigiert werden, doch ist sie hierbei weniger von Einflufs, da das Maximum der Resonanz doch nicht sehr genau zu bestimmen ist.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Dieses Aufsuchen der gemeinschaftlichen Obertöne ist den Schülern, die regeres Interesse besitzen und ein Klavier zur Benutzung haben, für häusliche Untersuchungen zu empfehlen; denn beim Klassenunterrichte ist doch nur schwer diejenige absolute Stille und gespannte Aufmerksamkeit zu erreichen, welche für diese Beobachtungen nötig ist; auch finde ich, dafs hierbei auf dem Harmonium die temperierte Stimmung mehr stört als bei dem Klavier, wo man noch zur Erleichterung des Auffindens bei den ersten Versuchen den Dämpfer von den Saiten entfernen, also die entsprechende Saite als Resonator benutzen und während des Versuches wieder ausschalten kann. Wünschenswert ist es aber sehr, dafs die Obertöne auch ohne Resonator beobachtet werden, denn es bleibt doch sonst immer Raum für die Vermutung, dafs diese Töne in dem Resonator erst *entstehen,* wärend dieser doch nur das Auffinden erleichtern soll.

Den cylindrischen Resonatoren wohnt übrigens als Resonatoren ein gewisser Mangel bei, der aber in anderer Beziehung wieder lehrreich ist. Sie verstärken nämlich nicht nur einen bestimmten Ton, sondern, entsprechend der Theorie der gedackten Pfeifen, auch die ungeraden Obertöne des Grundtones, auf den sie abgestimmt sind; namentlich der 3. Partialton, also die Duodezime tritt bei den gröfseren oft sehr deutlich hervor.

Ferner können diese cylindrischen Resonatoren sehr gut zu einer angenäherten Berechnung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles dienen, auf welche Berechnung doch trotz der Ungenauigkeit der Resultate deswegen Wert zu legen ist, weil eine direkte Messung, so einfach sie auch theoretisch ist, nicht wohl ausgeführt werden kann. Bezeichnet L die Länge des Resonators, l die Wellenlänge, n und c wie üblich die Schwingungszahl und Fortpflanzungsgeschwindigkeit, so erhält man nach den Formeln

$$L = {}^1/_4\, l, \quad c = n\, l$$

für unsere Resonatoren folgende Tabelle:

Ton	L	l	n	c
g	43,7 cm	174,8 cm	192	335,6 m
c′	33 cm	132 cm	256	337,9 m
e′	26 cm	104 cm	320	332,8 m
g′	22,1 cm	88,4 cm	384	339,5 m
c″	16,4 cm	65,6 cm	512	335,9 m
e″	12,9	51,6	640	330,2 m
g″	11	44	768	337,9 m

Die erhaltenen Werte für c sind alle zu klein (bei 20° ist c etwa = 340 m), da nach der genaueren Theorie die schwingende Luftsäule um ein gewisses Stück verlängert gedacht werden mufs, und da der Ton durch die Weite der Röhre ebenfalls stark beeinflufst wird, so weichen die Resultate allerdings beträchtlich von einander ab.

§ 5. Das Mitschwingen.

Um die Wirkung der Resonatoren zu verstehen, ist es nötig, die Theorie des Mitschwingens näher ins Auge zu fassen. Den gewöhnlichen Demonstrationsversuch mit zwei Stimmgabeln von gleicher Höhe, von denen die eine dann verstimmt wird, erwähne ich nur, um daran die Be-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf