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

merkung zu knüpfen, dafs dabei das Princip gleich mehrfach zur Anwendung kommt insofern, als die Stimmgabeln sich nicht direkt beeinflussen, sondern nur mit Hülfe der in den Resonanzkasten schwingenden Luftsäulen. Zur Erklärung der Erscheinung wird man immer vom Pendel ausgehen. Ich benutze dabei das grofse Pendel der Atwoodschen Fallmaschine, an dem ich zuerst zeige, dafs es durch den Druck oder Schlag eines dünnen Holzstäbchens auch dann nicht merklich aus seiner Ruhelage entfernt wird, wenn das Stäbchen sich durchbiegt oder bei heftigem Schlagen zerbricht. Werden dann aber mit eben solchem Stäbchen in dem Tempo der Pendelschwingungen regelmäfsige Impulse gegeben, so macht das Pendel bald ausgiebige Schwingungen.

Ist das Pendel an der Fallmaschine selbst befestigt, so läfst sich weiter folgender hübsche Demonstrationsversuch anstellen. Man hänge an dem oberen Teile des Stativs ein Fadenpendel auf, dessen Schwingungsdauer der des grofsen Pendels gleich ist, und setze das letztere dann in Bewegung, während das erstere ruht; nach kurzer Zeit macht dann auch dieses ausgiebige Schwingungen. Die geringen Erschütterungen, die sich in dem Stativ fortpflanzen, von weitem aber ganz unsichtbar sind, reichen vollständig hin, um das zweite Pendel in Bewegung zu setzen. Das Mitschwingen findet aber nicht mehr statt, sobald das Fadenpendel verkürzt oder verlängert wird.

Bei der Wahrnehmung der Töne durch das Ohr spielt das Mitschwingen elastischer Teile ebenfalls eine wichtige Rolle, und wenn es auch nicht möglich ist, beim Schulunterricht auf die Einzelheiten dieses schwierigen Gebietes einzugehen, so wird man doch immer von dem Bau der Schnecke und dem Cortischen Organe sprechen. Hierbei empfand ich es früher als einen Mangel, den Schülern nicht wenigstens einiges von dieser inneren Struktur des Ohres vorführen zu können. Diese Lücke habe ich dann in der Weise ausgefüllt, dafs ich Bilder für das Skioptikon anfertigen liefs. Die Methode ihrer Herstellung dürfte in der besonderen Ausführung, wie ich sie angegeben hatte, nicht allgemein bekannt sein, und da sie auch anderweitig nützlich sein kann, möchte ich sie hier beschreiben.

Das matt geschliffene Glas, welches seit Erfindung des Sandblasverfahrens bedeutende Verbreitung gefunden hat und daher aufserordentlich wohlfeil ist, besitzt, wie Ölpapier und Pausleinewand, die Eigenschaft, dafs es zwar auf gröfsere Entfernungen nur durchscheinend, aber bei unmittelbarer Berührung fast durchsichtig ist. Andererseits läfst sich wegen der rauhen Oberfläche ganz gut mit der Feder auf demselben zeichnen. Es ist daher möglich, selbst die feineren Details einer komplizierten Figur durchzuzeichnen. Auf diese Weise liefs ich nun von einem Schüler, der Talent für das Zeichnen hatte, nicht nur die einfacheren Abbildungen des Gehörganges, des Labyrinths und der Gehörknöchelchen, die ja zum Teil in den Lehrbüchern gegeben werden, sondern auch die schwierigeren Darstellungen des Trommelfelles, der Schnecke, der Ausbreitung der Gehörnerven aus Helmholtz, Tonempfindungen (III. Aufl. Fig. 40, 45, 48), durchzeichnen und erhielt so über Erwarten schöne Bilder für das Skioptikon, die den Originalfiguren im wesentlichen nicht nachstehen. Durch Überziehen der Platten mit dem sogenannten Negativlack, den die Photographen verwenden, schützt man nicht nur diese Zeichnungen vor allmählicher Zerstörung, sondern man gewinnt noch den weiteren Vorteil, dafs der Lack die Unebenheiten der mattierten Platte wieder ausfüllt und sie so fast durchsichtig macht, sodafs selbst bei einfacher Petroleumbeleuchtung die stark vergröfserten Bilder noch genügende Helligkeit besitzen. Die Heranziehung der Schüler spornt nicht nur den Eifer derselben an, sondern erhöht auch das Interesse der Mitschüler für die kleinen Kunstwerke.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf