

Compensation der Orgelpfeifen

von

Prof. Wilhelm Weber.

Mit einer Zeichnung.

V o r w o r t

von

Gfr. Weber.

So viel mir bekannt ist, habe ich das Verdienst, die Frage: ob die sogenannten Zungen- oder Rohrwerke der Orgeln, (und gewissermaßen auch das mittels einer ähnlichen Zunge zur Ansprache gebracht werdende Clarinett,) ganz eigentlich in die Classe der Blasinstrumente zu rechnen seien, zuerst *) erhoben und zur Sprache gebracht, und die Muthmasung ausgesprochen zu haben, dass die Rohrwerke wohl als ein Mittelding zu betrachten sein müssten zwischen eigentlichen Blasinstrumenten, (d. h. solchen, in welchen der ursprünglich erklingende, schwingende, erzitternde, kurz der tongebende Körper ein elastisch-flüssiger Körper, nämlich die in der Höhlung der Röhre enthaltene und begrenzte Luftsäule ist; und wo die Höhe oder Tiefe des Tones allein von der Länge und sonstigen Beschaffenheit dieser Luftsäule abhängt,) — und solchen

*) S. m. Akustik der Blasinstrumente, Leipz. allg. mus. Ztg. v. 1816. S. 35, und in meiner allgemeinen Musiklehre zu §. II., ferner in m. Theorie d. Tonsetzk. 2. u. 3. Aufl. 1. Bd. zu §. 2. Encyclop. d. Wissenschaften u. K. 10. Bd. S. 327, Cäcilia I. S. 82 u. 94 — 96; auch VIII. S. 92. *GW.*

Instrumenten, in welchen der tönende Körper ein fester, (ein saitenförmiger, stabförmiger, gabelförmiger, glockenförmiger, ein riemenförmiger, zungenförmiger,) ist; (bei welchen die Höhe oder Tiefe des Tones allein von der Länge, Dicke und Steifheit etc. dieses vibrirenden festen Körpers abhängt;) — und insbesondere dass zwar wohl bei Zungenpfeifen von beträchtlicher Länge die Tonhöhe von der Länge der Luftsäule allein abhängt, indem bei diesen (und also auch beim Clarinette, — Vergl. vorstehend S. 36) die bedeutende Länge der Luftsäule, vermöge ihrer beträchtlichen Masse, gleichsam das Uebergewicht über die Zunge gewinne und, statt die dem Zungenblatte beliebigen Schwingungen anzunehmen, vielmehr dasselbe nöthige, sich nach ihr zu richten und in der ihr angemessenen Geschwindigkeit zu vibriren, — indess wenigstens bei kürzeren Zungenpfeifen die Tonhöhe wesentlich nur von der Beschaffenheit des Zungenblatts, und nicht von der Länge der Luftsäule, abhängig sei, so dass also letztere eben so wenig als eigentliche Blasinstrumente zu betrachten seien, als z. B. die Aeolsharfe, die Aeoline, das Anemochord u. dergl., und dass also Zungenpfeifen überhaupt zu betrachten sein mögten als (um mich Hrn. Prof. Webers Worte zu bedienen,) *conjunctio duorum corporum, diversa celeritate oscillantium, ita conjunctorum ut oscillare non possint nisi synchronice.*

Es hat sich nun dieses Alles seitdem aufs Vollkommenste als richtig bewährt, durch die akustischen Forschungen der in diesem Fache als classisch anerkannten Herrn E. und W. Weber, welche, namentlich Letzterer, in seiner Dissert.: *Leges oscillationis tuborum linguatorum etc.* (Caecilia VIII. Bd. S. 91) bekannt gemacht, und in der nachstehenden weitem Abhandlung nun sogar dem Calcul unterworfen hat, eine Berechnung, welche, weit entfernt, bloß mathematische Speculation zu sein, vielmehr alsbald die

interessantesten und erfreulichsten praktischen Resultate darbietet.

Es ist bekannt, dass der Ton aller eigentlichen Blasinstrumente, und also auch der Orgelpfeifen, vornehmlich der sogenannten Flötenwerke, durch stärkeres Anblasen steigt, beim Nachlassen der Windstärke aber sinkt; ein Umstand welcher der Ausführbarkeit des *Crescendo* und *Decrescendo* auf der Orgel durch abwechselnde Verstärkung und Schwächung des Windes, jederzeit entgegensetzt, und auch an der in Frankreich so viel gerühmten *Crescendo*-Orgel oder *orgue expressif* noch keineswegs befriedigend beseitigt ist. *)

- *) Der Uebelstand des Steigens oder Sinkens des Tones bei wechselnder Windstärke soll bei der französischen *Crescendo*-Orgel hauptsächlich dadurch beseitigt sein, dass der Erfinder derselben, Herr Grenié, statt Zungenpfeifen der früher gewöhnlichen Art, andere, mit freischwingenden Zungen, anwendet. Es sei erlaubt, zum leichteren Verständniss der minder Unterrichteten, ein Wort über die betreffende Beschaffenheit der Rohr- oder Zungenpfeifen, und zugleich auch über das Verdienst der Erfindung der freischwingenden, hier einzuschalten.

Nach der ältern und auch jetzt noch gemeinüblichen Einrichtung, liegt das Blatt der Rohrwerke auf dem sogenannten Mundstücke in eben der Weise auf, wie das Clarinettblatt auf dem Schnabel, d. h. so, dass es, beim Erzittern, unausgesetzt auf den Saum des Schnabels aufschlägt, wodurch der Klang grösstentheils etwas rau und unangenehm schnarrend und gleichsam schmetternd wird. — Weit vorzüglicher ist eine bis jetzo nur erst wenig übliche Einrichtung, welche darin besteht, dass das Blatt nur so gross gemacht wird, dass es nicht auf den Rand des Mundstückes aufschlägt, sondern, ohne anzustossen, in dessen Oeffnung frei hinein- und herauszuschwingen kann. Eine nähere Beschreibung findet man in der Leipziger Musikal. Zeitung von 1811, Nr. 9. und eine die Wesenheit der Sache versinnlichende Abbildung bietet auch die nachstehende Kupfertafel dar.

Diese allerdings höchst vorzügliche Vorrichtung ist aber keineswegs die Erfindung des Franzosen

Nun tritt aber bei schwingenden Zungen der Fall ein, dass, durch Verstärkung, Vergrößerung ihrer Erzitterungen oder Schwingungen, die

Grenié, sondern vielmehr auch wieder einmal eine, ursprünglich von einem Teutschen gemachte, von mehren Teutschen ausgeführte, aber freilich nie prunkhaft ausposaunte Erfindung, etliche Jahrzehnte später aber von einem Franzosen nacherfunden, und nun, wie billig, — von Franzosen und Teutschen einstimmig, — als „französische Erfindung“ ausgerufen.

Zum Glück besitzt die teutsche Nation über den hier befraglichen Gegenstand unverwerfliche Notizen und Actenstücke, nach welchen, noch ehe der Franzose an seine Erfindung dachte, die Teutschen von diesen freischwingenden Zungenwerken als von einer in Teutschland längst bekannten Sache sprechen. Aus diesen Documenten geht Folgendes hervor:

Der erste Erfinder war der Teutsche Kratzenstein, welcher in Petersburg, schon unter der Regierung der Kaiserin Katharina, lebte. Nach ihm wendete der teutsche Orgelbauer Rackwiz in Stockholm solche Rohrwerke in Orgeln an. Vogler benutzte sie in seinem Orchestrion, welches er im Jahr 1796 in Stockholm, und nachher bekanntlich, auf seinen vielfältigen Kunstreisen, auch an vielen Orten Teutschlands, und wahrscheinlich auch in Frankreich, hören liess. Nach eben diesem Modell erbaute Leopold Sauer, Instrumenteamacher in Prag, ein grosses Fortepiano mit Saiten- und Pfeifen-Pedal, welches im Pedal 16 Fuss, und durch das ganze Klavier 8 Fuss der neuen Rohrwerke hatte, und sich im J. 1813 im Besitze des Grafen Leopold von Kinsky in Prag befand. Ein zweites Instrument dieser Art verfertigte derselbe Meister im Jahr 1804, und der Orgelbaumeister Ignaz Kober in Wien, im Jahr 1805, eine grosse Orgel in die dortige Schottenkirche, mit mehren solchen Rohrwerken. — Ungefähr um's Jahr 1807 brachte Vogler an der Orgel in Neuruppin eben solche Rohrwerke an, und zwar von 4 bis zu 32 Fusston; und eben solche Register an dem, von ihm im Residenzschlosse zu Darmstadt aufgestellten Orgelwerke, Mikropän genannt, habe ich selbst noch kürzlich in Händen gehabt.

Späterhin kam die Sache in teutschen öffentlichen Blättern mehrfältig als eine unter uns Teutschen

Geschwindigkeit derselben sich vermindert, ihr Ton also tiefer wird. Wird nun eine Zunge durch Anblasen in Schwingung versetzt, so

längst bekannte Vorrichtung zur Sprache. So findet man z. B. schon im Jahrgang 1811 der Leipziger Musik. Zeitung, S. 153 u. ff. eine Ankündigung des Mechanikus Strohm ann in Frankenhausen, welcher die Erfindung selbst zwar als schon lange vor ihm dagewesen anerkennt, sich aber das Verdienst beimisst, dieselben nicht für einige Stimmen allein, sondern auch für die tiefsten und die höchsten Töne gleich anwendbar gemacht zu haben. Er äussert dies Letztere sehr bescheiden, und sogar nur zweifelhaft; worauf er denn in Nr. 25 der Mus. Ztg. von 1811 vom Orgelbauer Uthe in Wien, und dann im Jahrgang 1813, S. 115, auch von dem obengenannten Herrn Sauer, belehrt wird, dass diese Register schon, wie vorerwähnt, in den Jahren 1796 bis 1807, in eben solchem Umfang ausgeführt gewesen.

Nach diesem allen (selbst nach französischen Berichten erst im Jahr 1812,) benutzte Herr Grenié in Paris eben solche Rohrwerke zu seinem sogenannten *Orgue expressif*, jedoch ohne vorerst auch nur den Versuch eines, in Teutschland schon 20 Jahre früher ausgeführt gewesenen, 16füssigen Registers dieser Art zu wagen. — Er war aber glücklich genug, einen ausgezeichneten Physiker, Herrn Biot, seinen Landsmann, treuherzig glauben zu machen, die Sache sei bis jetzt auch ausserhalb Frankreich unbekannt gewesen, und Biot, *Membre de l'Académie des Sciences, des Sociétés royales de Londres, d'Edimbourg, des Antiquaires d'Ecosse, de la société Philomatique des Académiciens de Turin, de Munich et de Wilna*, sei es nun entweder aus einer nationalen Eigenthümlichkeit, welche alles, was Nichtfranzosen gethan, so gern als gar nicht geschehen betrachtet, — sei es aus wirklicher Unkunde, — stellt in seinem *Traité de Physique* v. J. 1816 T. 2, p. 171, so wie auch in s. *Précis élémentaire de Physique* von 1817, im Capitel: *Des Instrumens à vent*, Unterabtheilung *Des Instrumens à Anches*, seinen Lesern den *Mr. Grenié, habile Amateur de musique*, als den Erfinder der freischwingenden Zungen vor, welcher »par une modification aussi simple qu'ingénieuse est parvenu à leur ôter tous ces défauts, et à leur donner en échange des qualités qu'elles n'avoient pass, (T. I. Pag. 386.)

werden, bei stärkerem Anblasen, ihre Schwingungen grösser, also langsamer, ihr Ton also tiefer werden, bei schwächerem Anblasen aber kleiner, schneller, der Ton also höher.

Die *Commission de l'Instruction publique* erhob darauf, durch ihr *Arrêté* v. 22. Febr. 1817, Biot's *Précis* zum öffentlichen Lehrbuch, und die gesammte liebe Jugend einer grossen Nation lernt nun, von Generation zu Generation, den *habile amateur de musique Mr. Grenié*, als den Erfinder der besagten *modification aussi simple qu'ingénieuse* gläubig verehren. — Was Wunder, dass demnach auch der Inspector des Königl. *Conservatoire de Musique, Mr. Perne*, welcher ohne Zweifel ebenfalls nach Biot's *Précis* Physik gehört hat, das eingelernte *Credo* in einem in öffentlichen Blättern abgedruckten Berichte nachbetet, und den Mr. Grenié als denjenigen preist, dem es bis jetzt vorbehalten geblieben, die Akustik durch seine ingenüose Erfindung zu bereichern, wobei er Biot's Zeugnis als authentische historische Quelle und wissenschaftliche Autorität anführt. — Im J. 1819 beschenkt Herr Friedr. Wolff, der Weltweisheit Doctor und Professor am Joachimsthal. Gymnasium, die deutschen Physikbegeisterten mit einer Uebersetzung des Biot'schen *Précis*; und auch dieser Teutsche lässt nicht den entferntesten Unglauben laut werden, so dass nun auch die teutsche Jugend das französische *Credo* einlernt. — Im Jahr 1821 liefert die Leipziger Mus. Ztg. Nr. 9 und 10 eine Uebersetzung des Perne'schen Berichtes, und dabei eine Notiz über ein, in — China übliches, aus einem ausgehöhlten Kürbis gebildetes Instrument, welches mit der angeblichen Grenié'schen Erfindung einige entfernte Verwandtschaft haben soll. — So bewahren wir (am Ende doch über die Gebühr anspruchlose) Teutsche, sorgfältig sogar den Chinesen die Ehre der, wenn gleich entfernten und rohen, ja problematischen Initiative; dass aber von unsern vaterländischen Künstlern schon ein Paar Jahrzehnte vor den Franzosen die Sache bereits ausgeführt gewesen, ja, dass sie bei uns bereits so gäng und gabe ist, dass jeder teutsche Orgelbauer, bei welchem ein Rohrwerk bestellt wird, dem Besteller alsbald mit der Frage entgegenkommt, ob es mit aufschlagenden, oder mit freischwingenden (einschlagenden) Zungen werden solle, welches letztere den Preis um etwa die Hälf-

Es wird diesemnach eine Zungenpfeife, deren Röhre sehr kurz ist, deren Tonhöhe sich also ganz nach der Willkür der das Uebergewicht behauptenden Zunge richtet, bei stärkerem Anblasen tiefer, bei schwächerem Blasen aber hö-

te erhöht — dies alles haben wir kaum einmal zu erwähnen, vielweniger die ausländische Anmasung zu rügen für gut gefunden. — Gut mag es indessen doch sein, vorstehende Notizen hier niederzulegen. —

Uebrigens stehen Mr. Grenié's Rohrwerke in einem andern Punkte auch noch weit zurück; denn er begnügt sich, die alte, höchst mangelhafte Einrichtung der sogenannten Stimmkrücken durch grössere Stärke des Drahtes einigermaßen zu verbessern, indess man in Deutschland schon längst gelernt hat, solcher Krücken ganz zu entbehren, und dafür die Zungen mittels Stellschrauben unverrückt zu halten. —

Es wird übrigens aus der nachstehenden Abhandlung des Hrn. Prof. Weber mit mathematischer Gewissheit hervorgehen, dass freischwingende Zungenpfeifen keineswegs ohne weiters unbedingt unwandelbar bei Verstärkung oder Schwächung des Windes sind, sondern nur in sofern, als sie nach denjenigen Gesetzen construirt und compensirt sind, welche Hr. Weber nunmehr entdeckt und in mathematische Formeln gebracht hat; und dass also dasjenige was man von der französischen Crescendo-Orgel gerühmt hat, mathematisch unmöglich ganz wahr sein kann.

Schliesslich muss ich noch anmerken, dass, gleich nachdem der lobpreisende Artikel des Mr. Perne in der Leipz. allgem. mus. Zeitung Nr. 9. u. 10. v. 1821 abgedruckt erschienen war, ich die obige historische Zusammenstellung, deren Data grossentheils aus früheren Jahrgängen eben dieser Zeitung geschöpft sind, wörtlich so wie ich sie vorstehend gegeben, an die verehrliche Redaction jener Zeitung zur Bekanntmachung eingeschickt hatte, die verehrliche Redaction aber, wahrscheinlich um Sich nicht mit dem gelieferten Perne'schen Berichte in Widerspruch zu setzen, die Annahme meines Artikels ablehnte, kurze Zeit darauf aber (in Nr. 10 v. 1823, S. 149) dieselben Notizen, mit einigen Zusätzen des rühmlichst bekannten Herrn Wilke, ihren Lesern doch nicht vorenthielt.

GW.

her werden, — indess umgekehrt eine beträchtlich lange Pfeife dieser Art, bei welcher die Luftsäule das Uebergewicht über die Zunge behält, durch stärkeres Blasen höher wird und tiefer durch Schwächen des Windes.

Hieraus ergibt sich denn nun ganz natürlich, dass eine Pfeife, welche grade eine solche mittlere Länge hat, dass weder ein Uebergewicht der Zunge gegen die Luftsäule, noch auch dieser gegen jene, vorhanden ist, sondern beide einander grade balanciren, sich gleichsam compensiren, — ihre Tonhöhe also bei verstärktem oder geschwächtem Anblasen nicht ändern, sondern unwandelbar festhalten muss; und so ist das Problem der Crescendo-Orgel nunmehr mit mathematischer Unfehlbarkeit gelüset.

Dieses als Einleitung und zur leichteren Verständnis der nachstehenden wichtigen Mittheilung unsers trefflichen Professors *W. Weber*.

Mögen übrigens Herrn *Webers* tiefe Forschungen ihm doch bald einmal Gelegenheit geben, Aufschlüsse über die, dem hier befraglichen Gegenstande so verwandte, und noch immer so unerklärte, auch schon von mir in diesen Blättern an Ihn gerichtete Frage bekannt zu machen: wie es denn kommt, dass, indess die Grundtöne (I.) aller übrigen eigentlichen Blasinstrumente sich zunächst in die Octave als ersten Beiton (II.) überblasen, nur allein das Clarinett, welches doch auch aus einer verhältnismässig langen Röhre besteht, sie doch sofort in die Quinte, der Octave überbläst? (vergl. vorstehend S. 40.)

Möge er die Lösung dieser Aufgabe als eine Ehrenschild betrachten, deren Abtragung das Vaterland nur die musikalische und akustische Welt von einem Manne wie Er zu fodern berechtigt ist; und möge er mir erlauben, Ihn an dieselbe so lange zu mahnen, bis er geneigt wird, sich diesem ehrenvollen Berufe zu unterziehen.

Gfr. Weber.

Durch Vorarbeiten, welche ich zu dem Zwecke gemacht habe, für die Töne genaue Messungsmethoden zu begründen, und durch dieselben einige Eigenschaften der Körper genauer kennen zu lernen, *)

*) Wenn es möglich wäre, mit dem Gehöre eben so genaue Bestimmungen der Töne zu machen, als die Messungen des Raumes durch den Gesichtssinn sind, so würde man einige Eigenschaften und Kräfte der Körper, wie die Cohäsion, die Compressibilität, die Dilatabilität, die Ausdehnung durch die Wärme, zu deren Untersuchung räumliche Messungen des Gesichtsinns weniger geeignet sind, genauer als bisher kennen lernen. Wie klein ist z. B. die Verlängerung einer Metallstange, wenn sie sich durch die Wärme ausdehnt, und wie schwierig, diese kleine Verlängerung genau zu messen! Wie gross ist dagegen die Aenderung der Tonhöhe einer transversal schwingenden Metallsaite, wenn sie, mit ihren Enden zwischen zwei unveränderlichen Punkten befestigt und aufgespannt, nur die geringste Verlängerung erleidet, weil durch diese Verlängerung die Kraft, durch welche die Saite in der Richtung ihrer Länge gespannt wird, sehr schnell abnimmt.

Bei meinen Versuchen wog z. B. eine 48 Par. Lin. lange Eisensaite 0,5^r.02473. Wird diese Eisensaite mit 144^r.63 gespannt, so macht sie 864 Schwingungen in einer Secunde (gibt den Ton \bar{a} , wie gewöhnlich die Stimmgabeln der Flanoforte's). Wird sie bei der Spannung von 144^r.63 festgeklemmt, und so erwärmt, dass sie um den 1000sten Theil einer Par. Linie sich ausdehnt, so gibt sie nach meinen Versuchen einen Ton, der mehr als einen Viertelton tiefer als \bar{a} ist. Ein geübtes Ohr kann aber, wie wir gleich nachher sehen werden, selbst die Wirkung einer Schwingung zu 1000 Schwingungen noch unterscheiden, und folglich noch den 40. Theil von jenem Tonunterschiede wahrnehmen. Um wie

bin ich auf die Entdeckung compensirter Orgelpfeifen geführt worden, die, (ausser den Vortheilen, welche sie mir bei manchen akustischen Un-

viel vortheilhafter ist in diesem Falle der Gebrauch des Ohres als des Auges; denn die Messung mittelst des Ohrs ist in diesem Falle etwa 40 Mal feiner als die mittelst des Auges, das, selbst durch das stärkste Mikroskop unterstützt, höchstens bis auf den 1000sten Theil einer Linie sicher ist.

Die Fortschritte der Mechanik von physikalischer Seite scheinen hauptsächlich auf genauer Ausmittelung einiger Bewegungen zu beruhen. Welchen Gewinn hat man in der Mechanik aus einer einzigen Thatsache zu ziehen gewusst, aus der Messung des Raumes, welchen ein Körper im leeren Raume in einer Secunde von der Ruhe ab durchfällt! Aehnliche Vortheile bei Untersuchung einiger Naturkräfte kann es gewähren, wenn die Zahl der Schwingungen, die ein Körper unter bestimmten Verhältnissen macht, gleich genau, wie der Fallraum, gemessen wird.

Aber wie kommt es, dass die eigenthümlichen Vortheile, die das Ohr vor dem Auge voraus hat, noch so wenig zu genauen Messungen der Naturkräfte benutzt sind? In der zu geringen Feinheit des Gehörs liegt der Grund nicht, dass dasselbe so wenig zu solchen Zwecken angewendet worden ist; denn ich kann aus Erfahrung beweisen, dass es fein genug empfindet, um unter günstigen Umständen die Töne unmittelbar so genau zu bestimmen, dass der Fehler auf 200 Schwingungen nie mehr als eine Schwingung beträgt. Und so wie, wenn man das Auge durch einen Nonius oder Vernier, durch den Keil, durch den Fühlhebel, und durch die Mikrometerschraube unterstützt, noch weit genauere Messungen mit ihm machen kann, als ohne diese Hülfsmittel, so stehen uns bei Bestimmung der Höhe der Töne Methoden zu Gebote, welche auf eine ähnliche Weise die Zählung der Schwingungen durch die Höhe der Töne so vervoll-

tersuchungen durch ihre Töne von unveränderlicher Höhe verschaffen,) auch für die Ausübung der Musik Nutzen zu versprechen scheinen.

kommen, dass man unter günstigen Umständen auf 1000 Schwingungen nie mehr als eine irrt.

Ich will hier nur zweier von diesen Methoden gedenken, deren ich mich bei meinen Untersuchungen mit vorzüglichem Vortheile bedient habe. Die Beobachtung der sogenannten Schwebungen ist die erste dieser Methoden. Wenn die nicht ganz übereinstimmenden Pendel zweier Uhren neben einander schwingen, so beobachtet man bald Zeiträume, wo die Pendelschläge beider zwischen einander fallen, bald Zeiträume, wo sie zusammenfallen, und deswegen einen stärkeren Eindruck auf's Ohr machen. Eben so machen von Zeit zu Zeit die Schwingungen zweier neben einander tönender Körper, bei denen nur ein geringer Unterschied ihrer Tonhöhe stattfindet, auf das Ohr einen stärkeren Eindruck, so oft die Maxima ihrer Schwingungen zusammenfallen; und diese stärkeren Eindrücke auf unser Ohr nennen wir Schwebungen. Diese sogenannten Schwebungen leisten nun für das Ohr dasselbe, was der Vernier bei Längenmessungen und Winkelmessungen leistet. Durch den Vernier wird eine und dieselbe Linie zweimal in gleiche Theile getheilt, so dass sie bei der zweiten Theilung eine Unterabtheilung mehr als bei der ersten Theilung erhält. Durch die Schwingungen zweier Körper, welche Schwebungen hervorbringen, wird ein und derselbe Zeitraum zweifach in gleiche Theile getheilt, so dass die eine Theilung eine Unterabtheilung mehr als die andere erhält. Wie man nun beim Vernier das Zusammenfallen zweier Striche beobachtet, so beobachtet man die Schwebungen als das Zusammenfallen zweier Schwingungen.

Die zweite von mir immer angewendete Methode zur Unterstützung des Ohres bei der Vergleichung zweier Töne gründet sich darauf, dass ich den zu bestimmenden Ton auf doppelte Weise mit einem

Bekanntlich leidet das grösste und vollkommenste musikalische Instrument, die Orgel, an dem Fehler, dass seine Töne nicht allmählig anwachsen und abnehmen können. Aber auf diesem allmählichen Anwachsen und Abnehmen beruht hauptsächlich der Ausdruck der Musik.

Die vielfachen Anstrengungen, welche daher die Künstler gemacht haben, um der Orgel auch diesen Vorzug zu verschaffen, konnten aber bisher keinen vollkommen glücklichen Erfolg haben; denn es liegt in dem Wesen einer longitudinal

andern Töne in Einklang zu bringen suche, erst durch Erhöhung, dann durch Vertiefung des zweiten Tones, und auf beiden Seiten die Grenzen bestimme, wo das Ohr den Unterschied beider Töne wahrzunehmen anfängt.

Aber die grosse noch vorhandene Schwierigkeit beim Bestimmen der Töne durch das Ohr, liegt darin, dass es uns noch jetzt an einem zuverlässigen unveränderlichen Maassstab für die Höhe der Töne fehlt, an einem Körper, den man sich mit Sicherheit immer von neuem zurichten kann, und welcher immer genau denselben Ton hervorbringt, an einem Töne, der ein Mas für alle übrigen Töne ist, ein Normalton, um alle anderen Töne mit ihm vergleichen und auf ihn reduciren zu können. Welchen Arbeiten haben sich die Physiker der neuern Zeit unterzogen, um ein solches Mas für räumliche Messungen zu gewinnen; welche Entdeckungen waren nothwendig, um durch die gehörigen Correctionen wegen Einflusses der Wärme und der umgebenden Luft, alle Längenmessungen, Barometermessungen und Pendelmessungen unter einander vergleichbar zu machen!

schwingenden Luftsäule, dass ihr Ton bei jeder Verstärkung höher, bei jeder Schwächung tiefer werde, und folglich ein beträchtliches Anwachsen oder Abnehmen des Tones eine dem Gehör unangenehme Aenderung der Tonhöhe zur Folge haben würde.

Auch die verbesserten Zungenpfeifen, mit freischwingenden, durchschlagenden Zungen, welche Kratzenstein von dem chinesischen Instrumente *Tscheng* *) auf seine Sprachmaschine übertrug, und welche dann später Andere, (Vogler in sein Orchestrion, und Kaufmann und Grenié, in ihre Instrumente) aufnahmen, leiden einigermassen an diesem Fehler, und die Bemühungen Grenié's haben ihn nicht beseitigen können.

Erst nachdem ich, durch eine lange Reihe von physikalischen Versuchen, die Gesetze gefunden hatte, nach welchen die Zungenpfeifen mit freischwingenden Zungen tönen, bin ich im Stande gewesen, Orgelpfeifen aufzustellen, welche, wie stark oder wie schwach auch der Luftstrom ist, der den Ton in ihnen erregt, dennoch immer genau dieselbe Tonhöhe behalten.

Die Einrichtung dieser Compensationspfeifen gründet sich auf folgende Betrachtung.

Es ist bekannt, dass der Ton einer angeschlagenen Stimmgabel im ersten Augenblicke etwas tiefer

*) Vorstehend S. 186.

ist, als gegen das Ende, wo die Schwingungsbahnen ihrer Theilchen sehr klein geworden sind. „Der Ton der verhallenden Stimmgabel,“ sagt man, „zieht sich etwas in die Höhe.“ Eben so zieht sich der Ton jeder verhallenden Saite etwas in die Höhe. Ueberhaupt ist es eine Eigenthümlichkeit aller transversal schwingenden Körper, dass ihr Ton etwas tiefer bei stärkerer Schwingung, etwas höher bei schwächerer Schwingung ist. — Die umgekehrte Eigenthümlichkeit haben alle longitudinal schwingenden Körper, und im höchsten Grade findet sie sich bei longitudinal schwingenden Luftsäulen; denn statt, wie die transversal (durch Beugung) schwingenden Körper bei Verstärkung der Schwingungen tiefer zu tönen, tönen longitudinal (durch Verdichtung und Verdünnung) schwingende Körper, dabei höher. »Der Ton eines Blasinstrumentes,« sagt man, »wird durch stärkeres Blasen in die Höhe getrieben.« In beiden Fällen, bei Longitudinalschwingungen und bei Transversalschwingungen, wird also der Ton in seiner Höhe geändert, aber auf eine entgegengesetzte Weise.

Wäre es nun also möglich, eine tönende Metallplatte, welche transversal schwingt, und eine tönende Luftsäule, welche longitudinal schwingt, in eine solche Verbindung und Wechselwirkung mit einander zu bringen, dass sie nur beide gleich schnelle und gleichzeitige Schwingungen machen könnten, so wäre es auch möglich, aus ihnen ein musikalisches Instrument zusammenzusetzen, welches seinen Ton gar nicht ändert während man ihn schwächer oder stärker

erregt. In der That ist dieses bei dem von mir aufgestellten Instrumente der Fall.

Schon bei der gewöhnlichen Zungenpfeife mit freischwingender, durchschlagender Zunge, ist eine transversal schwingende Metallplatte mit einer, in einer Röhre eingeschlossenen, longitudinal schwingenden Luftsäule auf diese Weise verbunden. Denn wenn auch jeder von diesen beiden Körpern, aus welchen das Instrument zusammengesetzt ist, die transversal schwingende Metallplatte und die longitudinal schwingende Luftsäule, so beschaffen ist, dass jeder, einzeln und allein schwingend, eine andere Zahl von Schwingungen, und also einen andern Ton hervorbringt, so sind sie in diesem Instrumente so mit einander verbunden, dass sie dennoch nur gemeinschaftlich irgend einen dritten Ton, und also nur *eine* dritte Zahl von Schwingungen hervorbringen können.

Ich habe in meiner Schrift: *Leges oscillationis, oriundae, si duo corpora, diversa celeritate oscillantia, ita conjungantur, ut oscillare non possint nisi simul et synchronice, exemplo illustratae tuborum linguatorum. Halae 1827.* 4. *) gezeigt, dass, unter bestimmten Verhältnissen, die in der Röhre dieses Instrumentes eingeschlossene *Luftsäule* genöthigt wird, ihre Schwingungen bedeutend zu ändern, und fasst ganz der transversal schwingenden Metallplatte nachzugeben: — in die-

*) Siehe Chladnis Anzeige dieser Schrift in der *Cäcilia*; Bd. VIII. S. 91. Rd.

sem Falle wird der Ton der Zungenpfeife durch Verstärkung *tiefer*; — dass aber, unter bestimmten andern Verhältnissen, die Metallplatte genöthigt werde, ihre Schwingungen beträchtlich zu ändern, und den Longitudinalschwingungen der Luftsäule nachzugeben — in diesem Falle wird der Ton der Zungenpfeife durch Verstärkung *erhöhet*. Es giebt aber auch endlich einen dritten, zwischen beiden in der Mitte liegenden Fall, in welchem die transversal schwingende Metallplatte den Ton der Zungenpfeife um eben so viel vertieft, als die longitudinal schwingende Luftsäule ihn *erhöhet*, und dieses ist der Fall der *Compensation*, welchen aufzufinden der Zweck meiner Bemühungen war.

Nachdem ich also ein sicheres Mittel, die Compensation der Orgelpfeifen bei beliebiger Verstärkung und Schwächung des Tons zu bewerkstelligen, aufgefunden hatte, kam es mir darauf an, dasselbe auf eine sichere Weise dem Calcul zu unterwerfen, damit es mit Leichtigkeit zur praktischen Ausführung kommen könnte. Denn es ist zwar leicht, die Röhre einer Zungenpfeife so lange zu verkürzen, bis der Ton, den die in der Röhre eingeschlossene Luftsäule gemeinschaftlich mit der schwingenden Metallplatte hervorbringt, compensirt ist und also durch einen verstärkten Luftstrom weder höher noch tiefer wird. Aber eine solche compensirte Orgelpfeife gäbe alsdann einen Ton, welcher sich nach unsern bisherigen Kenntnissen nicht voraus bestimmen liesse. — Umgekehrt kann man leicht durch Verlängerung der Röhre bewirken, dass eine Zungenpfeife irgend eine

bestimmte Anzahl Schwingungen in einer Secunde und also einen bestimmten Ton hervorbringt; aber alsdann würde die Zungenpfeife nicht compensirt sein.

Die Aufgabe einer vollkommenen Orgel würde von einem Künstler nur dann gelöst sein, wenn er eine Reihe Orgelpfeifen aufstellte, von denen jede einen Ton unserer Scale, also einen vorausbestimmten Ton hervorbrächte, und zugleich auch compensirt wäre. Dazu müssten aber die Gesetze, von denen die Zahl der Schwingungen einer Zungenpfeife, und die Bedingungen bekannt seyn, von welchen ihre Compensation abhängt. Diese Gesetze zu finden, ist mir durch meine Beobachtungen und Rechnungen gelungen.

Denen, welche sich für diese Gesetze interessieren, werde ich sie, sammt den Versuchen, worauf sie sich gründen, mit Vergnügen vorzeigen, den Lesern der *Cäcilia* aber lege ich hier nur das Endresultat meiner Untersuchung, nämlich eine Tabelle vor, in der ich, nach den gefundenen Gesetzen, die Dimensionen der transversal schwingenden Metallplatte und der longitudinal schwingenden Luftsäule, für 5 Töne unserer Scala, so berechnet habe, dass die darnach construirten Orgelpfeifen zugleich genau compensirt seyn würden.

Das Instrument, mit welchem ich meine Versuche gemacht habo, besteht

1. aus einer Reihe von Metallplatten aus Eisen, Kupfer, Silber, Messing, Argentan, jede 3 Pariser

Cäcilia XI. Band, (Heft 43.)

17

Linien breit, und 26,6 Lin. lang, und zwar aus jedem Metalle mehrere von verschiedener Dicke, zwischen einem Sechstel und einem Drittel Par. Linie. Alle diese Metallplatten sind durch ein Walzwerk gegangen, dessen stählerne Walzen mit dem Support und mit der Demantspitze sorgfältig abgedreht waren, so dass die Oberflächen der Metallplatten vollkommen eben und parallel sind. Diese Metallplatten bilden den transversal schwingenden Körper in unserem Instrumente. Je grössere Bahnen eine solche schwingende Lamelle durchläuft, desto mehr vertieft sich ihr Ton.

2. Der zweite, longitudinal schwingende, Körper unseres Instruments, dessen Ton bei Vergrösserung der Schwingungsbahnen höher wird, ist die in der Messingröhre AB eingeschlossene Luftsäule, die durch Ansetzung von hölzernen Röhren, wie BC , beliebig verlängert werden kann. Die Messingröhre ist am Ende A verschlossen. Das ganze Instrument ist in Fig. 1. im Durchschnitte, in Fig. 2. perspectivisch gezeichnet.

Beide für sich tonfähige Körper, die longitudinal schwingende Luftsäule AC und die transversal schwingende Metallplatte ab , sind in unserem Instrumente so verbunden, dass die letztere, die Platte, an einer Stelle ab der Messingröhre AB einen Theil der die Luftsäule begrenzenden Wand ersetzt.

Beide Körper, die Metallplatte und die Luftsäule, werden in gemeinschaftliche Schwingungen gesetzt, wenn ein Luftstrom zur Spalte a , welche die etwas

schief stehende Metallplatte zwischen sich und dem sie umfassenden Rahmen lässt, eindringt, und bei *B* oder *C* aus der Röhre herausgeht. Ohne die Platte *ab* zu berühren, hielt ich das Ende *A* der Pfeife in den Mund, und es entstand der Ton, sobald ich blies. Es fängt nämlich die Metallplatte an zu schwingen, und verschliesst und öffnet dabei abwechselnd das länglich viereckige Loch des Rahmens, an dessen einem Ende *b* sie festgeklemmt ist. Die äussere Luft kann daher nur periodisch und stossweise in den inneren Raum der Röhre eindringen, und von der Geschwindigkeit der Aufeinanderfolge dieser Stösse der eindringenden Luft hängt die Höhe des hervorgebrachten Tones ab. (Wie die schwingende Metallplatte dem eindringenden Luftströme den Weg periodisch öffnet und verschliesst, sieht man, wenn man das Ende *B* oder *C* in den Mund nimmt, und die Luft nicht aus der Lunge herausbläst, sondern sie schnell einzieht.)

Gebe ich der Luftsäule eine solche Länge, dass der Ton des ganzen Instruments mehr von der transversal schwingenden Metallplatte als von der longitudinal schwingenden Luftsäule abhängt, und blase ich einmal schwach und einmal stark, so ist der letztere Ton etwas tiefer als der erstere. Wenn ich z. B. die Röhre dieser messingenen, 38 Pariser Linien langen Zungenpfeife nicht verlängere, so ist deutlich wahrnehmbar, dass der Ton beim schwachen Blasen etwas höher als beim starken Blasen ist.

Gebe ich dagegen der Luftsäule eine solche Länge, dass der Ton des ganzen Instruments mehr

von der longitudinal schwingenden Luftsäule abhängt, und blase ich einmal schwach und einmal stark, so ist der letztere Ton etwas höher als der erstere. Gebe ich z. B., durch Ansetzen von Röhren an die vorliegende Zungenpfeife, der Luftsäule eine Länge von 150 Par. Linien, so ist deutlich wahrnehmbar, dass beim schwachen Blasen der Ton etwas tiefer als beim starken Blasen ist.

Es giebt aber eine bestimmte mittlere Länge der Luftsäule, bei der die Longitudinalschwingungen derselben den Ton des ganzen Instruments, bei beliebiger Verstärkung des Luftstroms, um eben so viel erhöhen, als die Transversalschwingungen der Metallplatte ihn vertiefen. Mache ich z. B. die Luftsäule des vorliegenden Instrumentes, durch Ansetzen einer Holzröhre, 102 Pariser Linien lang, so kann ich den Ton beliebig anwachsen oder anschwellen, und auch beliebig abnehmen lassen, je nachdem ich heftiger oder sanfter blase, ohne dass man die geringste Aenderung der Tonhöhe wahrzunehmen im Stande wäre.

Dieses vorliegende Instrument war es, mit welchem ich alle meine Versuche zur Begründung einer Compensation der Orgelpfeifen gemacht habe. Ich bin durch diese Versuche zu dem vorgesetzten Ziele wirklich gelangt, für jeden gegebenen Ton im Voraus die Dicke und Länge der Metallplatte bei einem bestimmten Metalle, z. B. bei Messing, und die Länge der Röhre, wie auch die übrigen Dimensionen der beiden gemeinschaftlich schwingenden Kör-

Fig. 1.

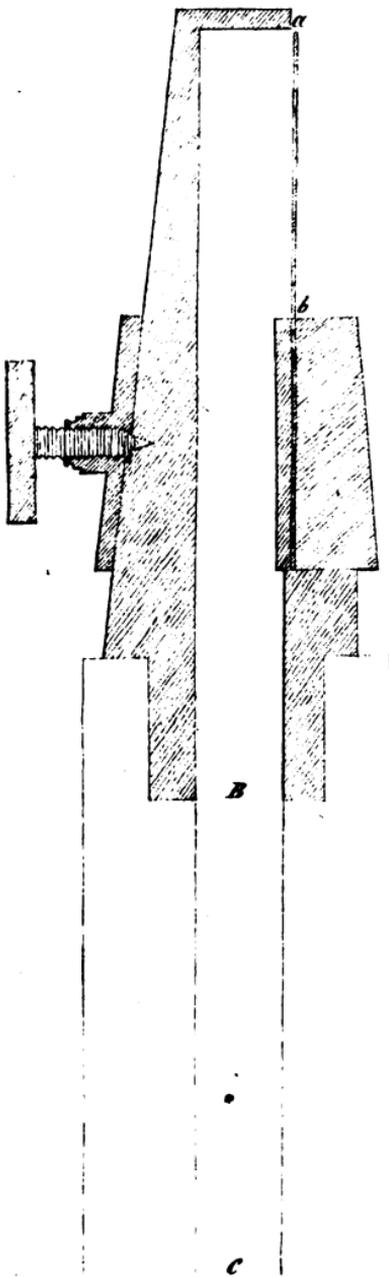


Fig. 2.



per, anzugeben, so dass, wenn ein Instrument nach diesen Vorschriften von einem geschickten Mechanikus genau gefertigt wird, dasselbe nicht allein einen bestimmten Ton unserer Scale geben, sondern zu gleicher Zeit compensirt sein wird. Zum Beweise lege ich in der folgenden Tabelle einige Beispiele solcher compensirten Orgelpfeifen vor.

Fünf Beispiele compensirter Orgelpfeifen.

Die Metallplatten sind sämmtlich von gewalztem Messingblech, 14 Par. Lin. lang und 3 Par. Lin. breit, die Röhren sämmtlich $3\frac{1}{2}$ Par Lin. weit.

Zur Hervorbringung folgender Töne	sind folgende Schwingungen in 1 Secunde erforderlich.	Die Messingplatten würden, bei folgenden Dicken,	ausser der Zungenpfeife folgende Schwingungen in 1 Secunde machen.	Die Luftsäulen würden, bei folgenden Längen der Röhren,	ausser der Zungenpfeife folgende Schwingungen in 1 Secunde machen.
<i>as</i>	406,40	0lin.,1815	424,12	102lin.,61	720,44
<i>a</i>	450,56	0,1933	451,77	102,57	720,97
<i>b</i>	456,15	0,2059	481,22	101,95	725,18
<i>h</i>	483,27	0,2192	512,28	100,72	733,66
<i>c</i>	512,00	0,2333	545,30	98,64	748,50

Werden die in dieser Tabelle sich entsprechenden Messingplatten und Luftsäulen mit einander zu Zungenpfeifen verbunden, so erhält man compensirte Orgelpfeifen, welche genau folgende Töne geben:

as, a, b, h, c,

Die Versuche und Gesetze, aus welchen die in dieser Tabelle zusammengestellten Resultate berech-

net sind, habe ich in der physikalischen Section der, in Berlin, zu Michaelis 1828 versammelten, deutschen Naturforscher, am 21. September, ausführlich vorge-
tragen, und ich werde in einem folgenden Hefte der *Cäcilia* diese Versuche und Gesetze gleichfalls mittheilen.

Einigen dieser Versuche hoffe ich in kurzer Zeit einen etwas höheren Grad der Vollkommenheit zu geben, indem die Freigebigkeit des Königl. Ministeriums, dem die Sorge für das Wohl der wissenschaftlichen Anstalten anvertraut ist, die Anschaffung derjenigen Instrumente bewilligt hat, durch welche meine Versuche die Genauigkeit erhalten können, welche man bei dem jetzigen Zustande der Wissenschaft zu verlangen berechtigt ist.

Wilh. Weber.
