

I. *Ueber longitudinale Schwingungen und Klangfiguren in cylindrischen Flüssigkeitssäulen;*  
*von A. Kundt und O. Lehmann.*

Mitgetheilt von A. Kundt.

---

Nachdem es mir gelungen war, durch einen longitudinal schwingenden Stab eine cylindrische Luftsäule in energische Mitschwingung zu versetzen und durch Lycopodium oder andere leichte Pulver, welche in die Röhre gebracht wurden, die stehenden Wellen der Luft sichtbar zu machen, lag es selbstverständlich nahe zu versuchen, ob man auf gleiche Weise in einer in einem cylindrischen Rohr eingeschlossenen Flüssigkeit longitudinale Schwingungen und Klangfiguren erzeugen könne.

Meine ersten Bemühungen führten indeß zu keinem Resultat. Seit jener Zeit habe ich die Versuche wiederholt aufgenommen und bei jeder erneuten Beschäftigung mit dem Gegenstand kam ich immer mehr zu der Ueberzeugung, daß der beabsichtigte Zweck müsse zu erreichen seyn. Im Herbst des verflossenen Jahres veranlaßte ich daher Hrn. Stud. Lehmann mit mir die Versuche von neuem zu beginnen. Nach längeren Bemühungen gelang es uns, auf Grundlage der früher von mir gemachten Erfahrungen, zu einem befriedigenden Resultate zu kommen.

Es zeigte sich, daß sich fast ebenso leicht, wie in einer Luftsäule in einer Wassersäule stehende longitudinale Schwingungen und ihnen entsprechende Klangfiguren erzeugen lassen.

Daß eine tropfbare Flüssigkeit, z. B. Wasser, zum Selbsttönen gebracht werden könne, ist bereits von Cagniard de la Tour<sup>1)</sup> und Wertheim<sup>2)</sup> gezeigt worden. Ersterer benutzte zum Erregen der Schwingungen der Flüssigkeiten gleichfalls longitudinal tönende Glasröhren. Letzterem gelang es, offene Orgelpfeifen unter Wasser zum Tönen zu bringen. Gedeckte Pfeifen sprachen unter Wasser nicht an.

Die Methode, mittelst deren es uns gelang, sowohl an den Enden offene, wie geschlossene Wassersäulen in Schwingungen zu versetzen, ist genau dieselbe, welche ich früher für Gase angewandt habe<sup>3)</sup>.

Ein an einem Ende *a* Fig. 1, Taf. I zugeschmolzenes Glasrohr *aa'* wird mit einem festschließenden Kautschuckpropf in ein weiteres Glasrohr *bb'* fest eingesetzt. Das letztere Glasrohr ist am Ende *b* zugeschmolzen und hat zwei seitliche Ausläufe mit Hähnen, um dasselbe bequem mit einer Flüssigkeit füllen zu können. Das hintere Ende *b* des Flüssigkeitsrohres braucht nicht nothwendig zugeschmolzen zu seyn, man kann dasselbe auch durch einen fest eingesetzten Kautschuckpropfen schließen oder über dasselbe eine Kautschuckmembran binden.

Es schien uns zuweilen wünschenswerth, die Länge des Flüssigkeitsrohres schnell variiren zu können. Hierfür empfiehlt sich folgende einfache Vorrichtung (Fig. 2, Taf. I). Das hintere Ende *b* wird nicht zugeschmolzen, sondern in dasselbe ein gut schließender cylindrischer Kautschuckstopfen gebracht. Letzterer ist durchbohrt und in die Durchbohrung eine einige Decimeter lange Glasröhre mit engem Lumen geführt. Das Glasrohr ist vorn etwas verdickt, so daß der Kautschuckpfropf gegen die Verdickung anliegt; hinter dem Stopfen ist auf das Glasrohr ein kleines Stückchen einer dickwandigen Glasröhre gekittet, so daß beim Vor- und Rückschieben des Röhrchens *c* der

1) *Ann. de chim. et de phys.* T. 56, 1834.

2) Diese *Ann.* Bd. 77.

3) Diese *Ann.* Bd. 127, S. 497.

Stopfen sich mitbewegt ohne auf dem Röhrchen zu gleiten. Die Röhre *c* selbst steht durch einen Schlauch in Verbindung mit einem Gefäß, welches mit der betreffenden Flüssigkeit gefüllt ist. Soll das Flüssigkeitsrohr verkürzt werden, so treibt man den Kautschuckstopfen in dasselbe hinein. Die überschüssige Flüssigkeit tritt dann durch den Schlauch in das Reservegefäß; soll das Rohr verlängert werden, so tritt beim Herausziehen des Stopfens aus dem Reservegefäß hinreichend Flüssigkeit in das Flüssigkeitsrohr. Das tönende Rohr *aa'* wurde gewöhnlich so eingesetzt, daß es seinen zweiten Ton angab, so daß es also mit einem Viertel seiner Länge in das Flüssigkeitsrohr hineinragte.

Die hauptsächliche Bedingung für das Gelingen des Versuchs — die Bildung kräftiger und regelmäßiger Schwingungen in der Flüssigkeitssäule — ist stets, daß *jede, auch die kleinste, Luftblase*, aus dem mit Flüssigkeit gefüllten Rohr entfernt sey. Luftblasen, welche man kaum noch mit bloßem Auge erkennt, können das Tönen des Apparates völlig hindern. *Enthält die benutzte Flüssigkeit, z. B. Wasser, ein Gas absorbirt, so muß letzteres vorher durch anhaltendes Kochen völlig ausgetrieben werden.* Hat man nämlich das Rohr noch so sorgfältig mit gewöhnlichem, nicht ausgekochtem Wasser gefüllt und sich überzeugt, daß auch nicht das kleinste Luftbläschen vorhanden ist, so treten, sobald man das tönende Rohr kräftig anreibt, im Wasser Luftblasen auf, die sich beim weiteren Anreiben oft beträchtlich vergrößern.

*Es wird die absorbirte Luft durch die Schwingungen aus dem Wasser ausgetrieben.*

Läßt man den Apparat dann längere Zeit ruhig stehen, so verschwinden diese Luftblasen wieder, die Luft wird wieder absorbirt.

Für die Erzeugung guter Klangfiguren in dem Flüssigkeitsrohr ist sodann die Natur des für die Figuren zu verwendenden Pulvers von der größten Bedeutung. Das Pulver muß hinreichend schwer seyn und einen gewissen

Grad von Feinheit besitzen. Von allen Pulvern, die ich bereits früher geprüft habe, hat sich das fein zertheilte Eisen, welches als *ferrum limatum* käuflich ist, als das beste erwiesen. Auch bei unseren letzten Versuchen konnten wir kein besseres Pulver auffinden.

Ueber die Figuren selbst ist wenig zu bemerken. Sie sind denen ganz ähnlich, welche ich früher bei meinen Versuchen mit Gasen beschrieben habe.

Bringt man das Eisenpulver (es ist gut recht wenig zu nehmen), durch Klopfen an den Boden der Röhre, dreht dann das Rohr ein wenig, so daß das Pulver noch eben an der Seite haftet und reibt nun an, so fällt dasselbe an den Bäuchen der schwingenden Wassersäule in Rippungen herunter, während es an den Knoten an der Seitenwand hängen bleibt. Man erhält alsdann die in diesen Annal. Bd. 127, Fig. 1, Taf. V gezeichnete Form.

Vertheilt man das Pulver recht gleichmäfsig über die ganze Röhrenwand und erregt zum Tönen, so erhält man die Fig. 2 der citirten Figurentafel.

Die Länge der Staubwellen läßt sich sehr gut in der früher<sup>1)</sup> beschriebenen Weise messen.

Die absolute Lage der Knoten und Bäuche vom hinteren Ende *b* an gerechnet, hängt bei einem und demselben Apparat, wie selbstverständlich, ab von der Art und Weise, wie das Ende *b* geschlossen ist. Ist dasselbe zugeschmolzen, so befindet sich nahe dem Ende ein Knoten. Das Ende ist also als nahezu gedeckt oder fest anzusehen. Ist das Ende mit einem festen Kautschuckkork geschlossen, so rückt der Knoten von dem Ende weiter in das Rohr hinein. Ist bei *b* durch eine Kautschuckmembran geschlossen, so befindet sich hier ein Bauch.

Tönte das ganze System sehr gut, so konnten wir mehrfach beobachten, daß das Wasser direct an dem stoßenden Ende des tönenden Stabes *a* während des Tönens trübe wurde. Da das benutzte Wasser völlig luftfrei war, so können die kleinen Bläschen, welche das Trübwerden be-

1) Diese Ann. Bd. 135, S. 355.

dingen, wohl nur daher rühren, daß bei den intensiven Schwingungen an dieser Stelle das Wasser in viele kleine Parthien zerreißt.

Zuweilen will der Apparat trotz aller Bemühungen nicht gut tönen, es genügt dann meist die Länge des tönenden Stabes oder der Flüssigkeitssäule etwas zu ändern.

Die Staubfiguren in der Flüssigkeitssäule können zur Bestimmung der Schallgeschwindigkeit der Flüssigkeit dienen. Versieht man das Ende  $a'$  des tönenden Rohres mit einem Kork und schiebt über dies Ende ein weiteres Rohr, in dem sich Lycopodium befindet, so erhält man durch die Klangfiguren, die in der Flüssigkeit entstehen und diejenigen, die sich in dem Luftrohr bilden, in welchem sich das Lycopodium befindet, die Wellenlänge *desselben* Tones in der Flüssigkeit und in der Luft. Das Verhältniß beider giebt die relative Schallgeschwindigkeit der Flüssigkeit, bezogen auf die der Luft als Einheit.

Ist  $t$  die Temperatur der Luft, so giebt diese relative Geschwindigkeit multiplicirt mit derjenigen der Luft bei  $t^0$  d. i.  $330 \sqrt{1 + \alpha t}$  die absolute Schallgeschwindigkeit der Flüssigkeit bei der betr. Temperatur in Metern.

Wir haben bisher nur einige Versuche mit ausgekochtem Wasser angestellt, hauptsächlich um zu erkennen, ob man Werthe erhalte, die sich denen nähern, welche die gewöhnliche Theorie fordert oder Werthe, die in Uebereinstimmung mit den Versuchen von Wertheim ständen.

Aus der experimentell ermittelten Zusammendrückbarkeit des Wassers ergibt sich theoretisch die Schallgeschwindigkeit bei  $8^0$  zu 1437 Meter. Colladon und Sturm fanden im Genfersee bei  $8^0$  durch directe Versuche die Schallgeschwindigkeit zu 1435 Meter. Wenn die außerordentlich gute Uebereinstimmung der beiden Werthe auch wohl nur zufällig ist, so ist doch jedenfalls bewiesen, daß directe Versuche keine Zahlen ergeben, die sehr weit von dem theoretischen Werth sich entfernen. Als Wertheim dagegen die Schallgeschwindigkeit des Wassers durch die Messung der Wellenlänge und Schwingungszahlen tönen-

der Wassersäulen ermittelte, fand er einen viel kleineren Werth, nämlich als Mittel bei  $15^{\circ}$  1173 Meter. Auch die anderen Flüssigkeiten, in denen er Orgelpfeifen ertönen liefs, ergaben Werthe der Schallgeschwindigkeit, welche gegen die aus der Zusammendrückbarkeit berechneten wesentlich zu klein waren.

Desgleichen fand André<sup>1)</sup> die Fortpflanzungsgeschwindigkeit einer Compression in Wasser, welches in einem etwa 600 Meter langen, 0,8 Meter weitem Wasserleitungsrohr enthalten war, zu 897 Meter, und O. E. Meyer<sup>2)</sup> fand dieselbe für Wasser in einem Bleirohr von 7<sup>mm</sup> Weite auch 3000 Meter Länge zu ungefähr 1000 Meter.

Gestützt auf seine Versuche glaubte Wertheim bekanntlich behaupten zu können, daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in einer unbegrenzten Flüssigkeit eine andere seyn müsse, als in einer Säule der gleichen Flüssigkeit. Eine schallleitende oder tönende Flüssigkeitssäule verhält sich nach ihm wie ein fester Stab, d. h. der Druck, welcher beim Tönen an irgend einer Stelle parallel der Axe ausgeübt wird, gleicht sich während der kurzen Zeit der Schwingung nicht nach den Seiten aus.

Indem Wertheim ferner annimmt, daß das Verhältniß der Quercontraction zur Längsdilatation bei festen Körpern und ebenso auch bei den Flüssigkeiten gleich  $\frac{1}{3}$  sey, findet er, daß die Schallgeschwindigkeit in einem cylindrischen festen Stab oder einer Flüssigkeitssäule zu derjenigen in der unbegrenzten Substanz sich verhalte wie  $1 : \sqrt{\frac{8}{3}}$ .

Wertheim glaubte diese Anschauung durch die Gesammtheit seiner Versuche beweisen zu können. Multiplirt man 1173 mit  $\sqrt{\frac{8}{3}}$ , so erhält man in der That 1437 Meter.

Indessen hat schon Helmholtz<sup>1)</sup> gegen die Art und Weise, wie Wertheim seine Versuche auslegte, Beden-

1) *Compt. rend.* 1870, T. 70, p. 568.

2) Diese Ann. Jubelband, S. 1.

3) Fortschritte der Physik, 1848, herausgegeben von der physikal. Gesellschaft in Berlin.

ken erhoben und darauf aufmerksam gemacht, daß die die Flüssigkeitssäule einschließende Wand von nicht unwesentlichem Einfluß seyn müsse. Helmholtz sagt:

„Wir können indessen diese Erklärung der Versuche nicht annehmen, weil der Unterschied der Schallgeschwindigkeit im Stabe und im unbegrenzten Körper wesentlich davon abhängt, daß sich jener nach den Seiten ausdehnen kann, was bei der von der Pfeife aus Messing oder Glas eingeschlossenen Wassermasse in den besprochenen Versuchen nicht der Fall war. Nun ist allerdings eine Messingröhre einer comprimierten Wassermasse gegenüber nicht als so absolut fest anzusehen, wie es bei den Luftschwingungen ist. Schon bei den letzteren erniedrigt sich der Ton der Pfeife, wenn sie aus Holz gefertigt wird und noch mehr, wenn ein Theil der Wand durch eine nachgiebige Substanz, z. B. Pergament ersetzt wird, und etwas Aehnliches muß bei Wasserschwingungen in Messingröhren vorkommen. Indessen kann dieser Einfluß nicht von der Art der Röhre unabhängig seyn, er muß proportional seyn ihrem Radius umgekehrt proportional ihrer Wanddicke und ihrem Elasticitätscoëfficienten. Ob sich die Resultate der Wertheim'schen Versuche dadurch erklären lassen, muß künftigen Untersuchungen vorbehalten bleiben“.

Auch André (l. c. p. 571) macht darauf aufmerksam, daß die Compressibilität der Wände und die Reibung, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit einer Erschütterung im Wasser, welches in einem Rohr eingeschlossen ist, beträchtlich beeinflussen könnten.

Die Versuche, die wir mit Wasser angestellt haben, lassen in der That, obgleich die Zahl derselben gering ist, die Wertheim'sche Anschauung als irrig erkennen und bestätigen die oben angegebene Vermuthung, daß Durchmesser und Dicke der Wand von bedeutendem Einfluß auf den Werth der Schallgeschwindigkeit des Wassers sind. Zum Belege mögen die in folgender Tabelle angeführten Versuche dienen. Es bedeutet in derselben  $D$  die Dicke der Glaswand,  $2R$  den Durchmesser des Rohres im Lich-

ten,  $\frac{l}{2}$  die halbe Wellenlänge in der Luft,  $\frac{L}{2}$  die halbe Wellenlänge in Wasser,  $t$  die Temperatur,  $v$  die berechnete Fortpflanzungsgeschwindigkeit im Wasser bei der angegebenen Temperatur, diejenige in der Luft bei 0° gleich 330 Meter gesetzt.

Bei den Versuchen war das Rohr für die Luftwellen so weit genommen, daß für die Luft die Röhrenwand ohne Einfluß war (cf. d. Ann. Bd. 135, S. 560).

Schallgeschwindigkeit des Wassers, welches in Glasröhren von verschiedenem Durchmesser und verschiedener Wandstärke eingeschlossen ist.

$D$	$2R$	$\frac{1}{2}l$	$\frac{1}{2}L$	$t$	$V$
mm	mm	mm	mm	° Cels.	met.
{ 2,2	28,7	47,6	145,4	18,3	1041,3
{ 2,2	28,7	47,6	145,1	18,5	1039,5
{ 3,0	34,0	41,0	146,9	17,0	1218,6
{ 3,0	34,0	41,0	148,6	17,0	1232,7
{ 3,0	34,0	41,0	148,5	17,0	1231,9
{ 3,0	23,5	28,6	106,1	18,0	1264,0
{ 3,0	23,5	28,6	105,8	18,0	1260,4
{ 3,5	21,0	29,2	116,3	18,5	1358,1
{ 3,5	21,0	29,2	116,2	18,5	1357,0
{ 5,0	16,5	39,3	156,9	18,2	1360,7
{ 5,0	16,5	39,3	157,6	18,2	1366,8
{ 5,0	16,5	39,3	155,8	19,1	1353,3
5,0	14,0	32,4	130,6	22,2	1333,2

Röhren von mehr als 5 Mm. Wandstärke konnten wir bisher nicht anwenden, so daß es also vorerst unentschieden bleibt, ob man bei hinreichender Wandstärke sich demjenigen Werth der Schallgeschwindigkeit nähert, welchen die Theorie fordert.

Es scheint mir übrigens von vornherein nicht wahrscheinlich, daß man sich *vollständig* dem Werth 1435 Meter



bei 0° bei Benutzung von Röhren nähern werde, da es sehr schwer seyn wird, die Durchbiegungen der Wand völlig verschwindend zu machen. Man könnte vielleicht versucht werden, dieselben dadurch zu beseitigen, daß man das Rohr selbst unter Wasser legt. Man erkennt aber bald, daß in diesem Fall die Durchbiegungen der Wand fast ebenso stark stattfinden, wie wenn das Rohr sich in Luft befindet. Es bilden sich in dem umgebenden Wasser Schwingungen, doch sind dieselben derart, daß sie die Bewegung der Wand sehr wenig beeinflussen. Der Versuch ergab demgemäß auch, daß die Wellenlänge eines Tones in dem Wasserrohr sich nicht merklich änderte, mochte das Wasserrohr sich in Luft oder in Wasser befinden.

Aber selbst dann, wenn man die Röhrenwand sehr dick nehmen könnte, so daß Durchbiegungen der Röhrenwand nicht mehr merklich auftreten, wird doch an den Knotenstellen bei den Verdichtungen noch ein Nachgeben der Wand durch wirkliche Compression derselben stattfinden können.

Man denke z. B. an ein Kautschuckrohr von selbst *sehr* beträchtlicher Wandstärke. Durch die von der Flüssigkeit beim Schwingen hervorgebrachte periodische Compression der Wand an den Knoten, muß jedenfalls die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles modificirt werden.

Man könnte vermuthen (cf. André und O. E. Meyer l. c.), daß auch die innere Reibung der Flüssigkeit die Schallgeschwindigkeit nicht unwesentlich verringere. Die nähere Untersuchung ergibt aber, daß die Schallgeschwindigkeit einer Flüssigkeit, welche in einem Rohr eingeschlossen ist, durch die innere Reibung der Flüssigkeit nur unwesentlich modificirt wird. Bei den Röhrendurchmessern und Tönhöhen, welche in den oben mitgetheilten Versuchen benutzt wurden, beträgt die Verminderung der Schallgeschwindigkeit durch die innere Reibung des Wassers nur einige Meter.

Ich habe endlich auch noch versucht zu entscheiden,

ob die Wertheim'sche Auffassung, daß eine schwingende Flüssigkeitssäule sich wie ein fester tönender Stab verhalte, wenn auch nicht völlig, doch bis zu einem gewissen Grade richtig sey, indem ich untersuchte, ob an den Knotenstellen der tönenden Wassersäule Doppelbrechung des Lichtes auftrete.

Es hat schon früher Mach <sup>1)</sup> und in neuerer Zeit Maxwell <sup>2)</sup> gezeigt, daß in sehr zähen Flüssigkeiten bei einer Deformation der Druck, welcher in einer Richtung ausgeübt wird, sich so langsam nach allen Richtungen ausgleicht, daß die Ungleichheit des Druckes nach den verschiedenen Richtungen durch die auftretende Doppelbrechung des Lichts erkennbar wird.

Wäre die Zeit, in der sich ein in einer Richtung im Wasser ausgeübter Druck nach allen Seiten ausgleicht (die Relaxationszeit nach der Benennung von Maxwell), nicht außerordentlich klein, so würde in Folge dessen in der That an den Knotenstellen eine schwache Doppelbrechung des Lichtes, wie in den Knoten longitudinal tönender Stäbe beobachtet werden müssen. Schon Wertheim hat nach einer solchen Doppelbrechung in tönenden Flüssigkeitssäulen vergeblich gesucht (*compt rend.* 1851, *T. I*, p. 144).

Auch meine Versuche haben ein positives Resultat nicht ergeben.

Man erhält allerdings bei tönendem Wasser, welches sich in einem Glasrohr befindet, an den Knotenstellen Doppelbrechung, während dieselbe an den Bäuchen gering ist, auch sind die Polarisations Ebenen der Doppelbrechung, so wie sie seyn müßten, wenn das Wasser selbst doppelbrechend wäre. Doch rührt diese Doppelbrechung nur von den Durchbiegungen der Wände her. Eliminirt man den Einfluß der Wände, indem man Polarisator und Analysator in die Flüssigkeit selbst bringt oder die Glaswand an zwei gegenüberliegenden Stellen durchbohrt und Kalkspathpris-

1) Diese Ann. Bd. 146, S. 313.

2) Diese Ann. Bd. 151.

men ankittet, so erhält man weder im Wasser, noch auch in zäheren Flüssigkeiten, wie Oel, Glycerin und dergl. Doppelbrechung.

---

Bei Gelegenheit meiner wiederholten Versuche Flüssigkeitssäulen zum Tönen zu bringen, habe ich noch einige Beobachtungen gemacht, die ich hier kurz mittheile.

Wertheim gelang es nach seiner Angabe erst nach längeren Bemühungen Orgelpfeifen unter Flüssigkeiten zum Tönen zu bringen. Es ist mir nicht bekannt, daß man schon versucht hätte, Zungenpfeifen in Flüssigkeiten ertönen zu lassen. Dieß gelingt außerordentlich leicht. Jede Zungenpfeife kann man, wenn man sie mit einem Schlauch an die Wasserleitung setzt und unter Wasser bringt, durch den Strom der Wasserleitung sehr leicht und rein zum Tönen bringen. Es muß nur der fürs Tönen geeignete Zufluß des Wassers durch Regulirung des Hahnes an der Wasserleitung sehr genau ermittelt werden. Sodann habe ich eine andere sehr einfache Methode gefunden, Luft und Wassersäulen in Schwingung zu versetzen, eine Methode, die sich für die Erzeugung der Staubfiguren der Luft in größeren Dimensionen sehr gut eignet.

Ueber das eine Ende *b* eines Glasrohres *ab* (Taf. I, Fig. 3) binde man recht stramm eine Kautschuckmembran, das andere Ende *a* kann entweder offen oder geschlossen seyn. Sodann setze man auf die Membran ein engeres Glasrohr *cd*, welches bei *c* etwas abgeschliffen ist und blase mit dem Munde stark bei *d* durch das auf die Membran gesetzte Rohr.

Wie schon Marx <sup>1)</sup> gezeigt hat, kommt alsdann die Membran in starke Schwingung und diese Schwingungen versetzen ihrerseits die Luft im Rohr in stehende Oscillationen. Hat man etwas Korkpulver oder Kieselsäure in das Rohr gebracht, so erhält man sehr schöne Luftstaubfiguren. Man kann Röhren von 2 Meter Länge und ein Decimeter Durchmesser nehmen und erhält die Figuren noch vorzüglich.

1) cf. Gehler's physik. Wörterbuch, Bd. 8, Artikel Schall, S. 222.

Der Ton und damit die Staubwellen ändern mit der Art des Anblasens der Membran, doch gelingt es mit einiger Uebung leicht, einen bestimmten Ton zu erhalten.

Will man nur die Schichtungen des Pulvers zeigen, so nimmt man ein  $1\frac{1}{2}$  bis 2 Centim. weites Reagenzglas, schüttet etwas Korkpulver oder Kieselsäure in dasselbe, bindet eine Kautschuckmembran über das offene Ende und bläst an. Man erhält alsdann Schichtungen, die 1 Centim. und mehr in dem Rohr in die Höhe stehen.

Füllt man das Rohr ab Fig. 3, Taf. I mit Wasser, bringt dasselbe unter Wasser und läßt alsdann aus der Wasserleitung einen Strom Wasser durch *cd* gegen die Membran strömen, so ertönt gleichfalls die Membran und damit das in dem Rohr enthaltene Wasser sehr gut. Doch gelang es mir nur unvollkommen in der tönenden Wassersäule Klangfiguren durch Pulver zu erhalten.

Eine jede Membran, selbst eine ziemlich große und dicke, läßt sich übrigens unter Wasser durch einen Wasserstrom, den man aus einem gegen dieselbe gehaltenen Glasrohr oder Kautschuckschlauch strömen läßt, zum Tönen erregen.

Straßburg, den 8. Mai 1874.

---

## II. *Zur Theorie des Segner'schen Kreiselrades; von Dr. H. Buff in Gießen.*

---

Das Segner'sche Kreiselrad besteht in seiner einfachsten Form aus einem hohlen, cylindrischen Rohr aus Eisen oder Messing, welches in horizontaler Lage um eine seine Mitte durchschneidende feste Vertikalaxe drehbar ist. In der Mitte des Rohrs, die Drehaxe desselben umgebend, befindet sich eine Zuflußöffnung, deren Weite derjenigen des

Fig. 4.

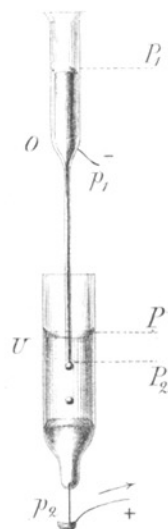


Fig. 5.



Fig. 6.

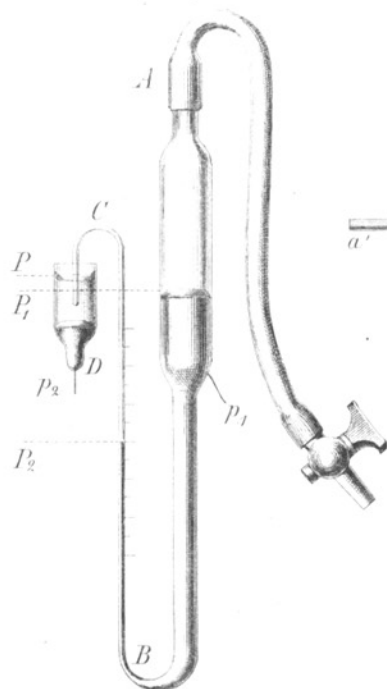


Fig. 7.

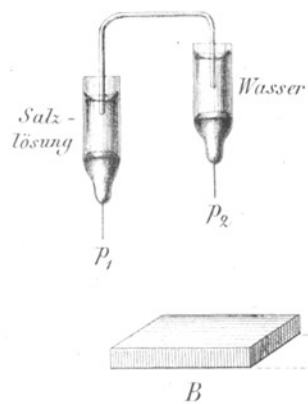


Fig. 8.

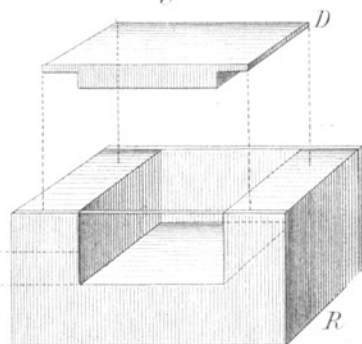


Fig. 1.

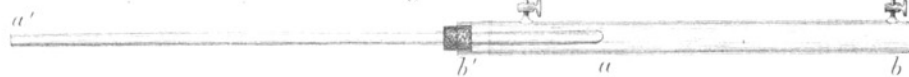


Fig. 2.

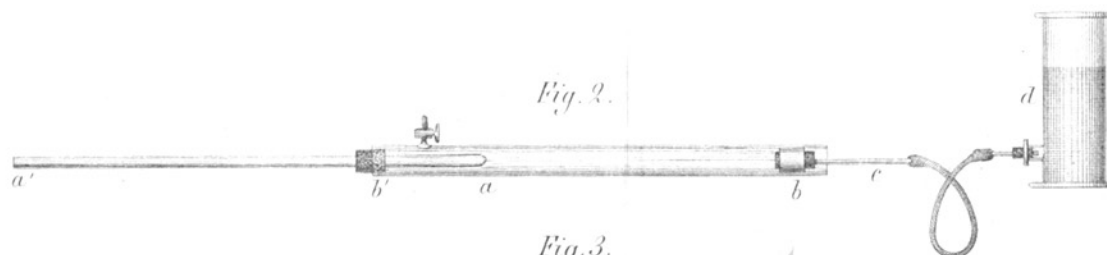


Fig. 3.

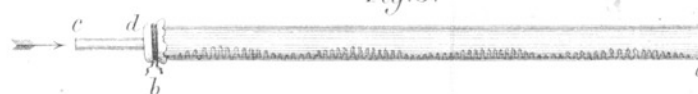


Fig. 9.

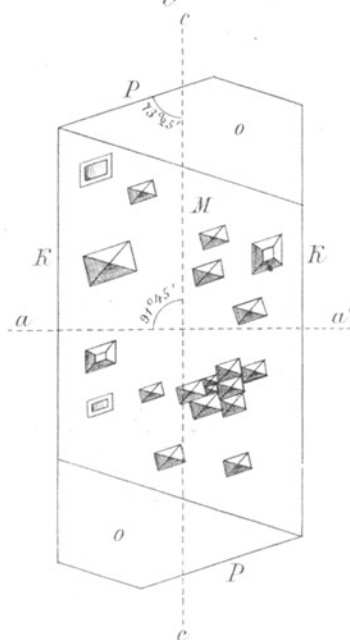


Fig. 10.

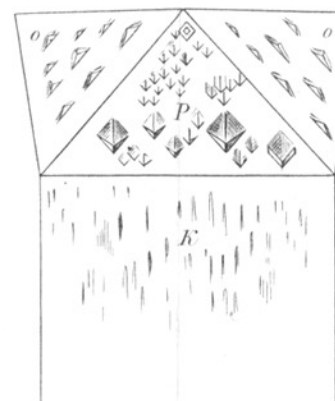


Fig. 11.

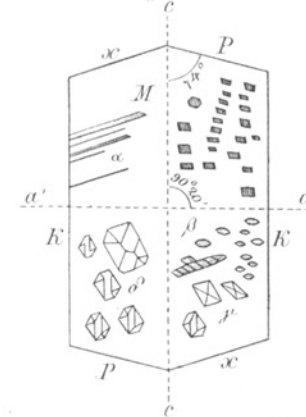


Fig. 12.

