

Sound & Science: Digital Histories

Koenig, Rudolph. "Über die Beobachtung der Luftschwingungen in Orgelpfeifen." Annalen der Physik und Chemie 13, (1881): 569-582.

<https://acoustics.mpiwg-berlin.mpg.de/node/1233/edit>



Scan licensed under: [CC BY-SA 3.0 DE](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/de/) | Max Planck Institute for the History of Science

ANNALEN
DER
PHYSIK UND CHEMIE.

NEUE FOLGE.
BAND XIII.

Abgebucht 1955



1777

PHYSIK UND CHEMIE

1777

1777



Signatur
Nr. 608/13

ANNALEN
DER
PHYSIK UND CHEMIE.



BEGRÜNDET UND FORTGEFÜHRT DURCH

F. A. C. GREN, L. W. GILBERT, J. C. POGGENDORFF.

[F. 3]

NEUE FOLGE.

BAND XIII.

DER GANZEN FOLGE ZWEIHUNDERT NEUNUNDVIERZIGSTER.

UNTER MITWIRKUNG

DER PHYSIKALISCHEN GESELLSCHAFT IN BERLIN

UND INSBESONDERE DES HERRN

H. HELMHOLTZ

HERAUSGEGEBEN VON

G. WIEDEMANN.

NEBST FÜNF FIGURENTAFELN.



LEIPZIG, 1881.

VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.

Verein. Askan. u. Tempelh. Gymnasium

Lehrerbücherei

lässt sich wohl erst mit einiger Sicherheit entscheiden, wenn über den Einfluss der Form des Querschnittes der im allgemeinen prismatisch zu wählenden Körper bei den Drahttönen, und andererseits der Form der Spalte bei den Spalttönen eingehende Untersuchungen vorliegen.

Physik. Inst. der Univ. Strassburg i./E. Febr. 1881.

II. *Ueber die Beobachtung der Luftschwingungen
in Orgelpfeifen;
von Dr. Rudolph Koenig in Paris.*

Wenn man bei Untersuchungen über die Schwingungen von Luftsäulen in Orgelpfeifen Pfeifen von geringen Dimensionen anwendet, so kann man in dieselben keine kleinen Membranen oder anderen nöthige Apparate einführen, ohne die Schwingungen der Luft in ihnen beträchtlich zu stören, auch werden dann die Wellenlängen der höheren Theiltöne sehr klein, gewöhnliche Pfeifen von beträchtlicher Grösse, und besonders gedackte, gestatten aber wieder nicht, jeden beliebigen Punkt ihres Innern mit den ausserhalb derselben befindlichen Untersuchungsapparaten oder dem Ohre des Beobachters auf kurzem Wege in Verbindung zu setzen, und dabei immer die vollständig luftdichte Einschliessung der Luftsäule zu bewahren. Ich habe daher folgenden Apparat construirt, bei dem die angegebenen Schwierigkeiten des Experimentirens fortfallen.

Eine grosse Orgelpfeife von 2,33 m Länge und 0,12 m Breite und Tiefe liegt horizontal in einem Trog auf zwei Füßen, welche mit Stellschrauben versehen sind, sodass sie mit Leichtigkeit in eine vollständig wagerechte Lage gebracht werden kann. In ihrer Hinterwand hat sie in ihrer ganzen Länge eine 0,01 m breite Spalte, die durch einen unter der Pfeife befindlichen Hohlraum mit der neben dieser hinlaufenden und zwischen ihr und der einen Seitenwand des Troges gebildeten Rinne in Verbindung steht. Wird nun Wasser

bis zu einer gewissen Höhe in den mit der Pfeife den Hohlraum und die Rinne bildenden Trog gegossen, so schliesst dieses die ganze Spalte, und eine gebogene kleine Messingröhre kann durch

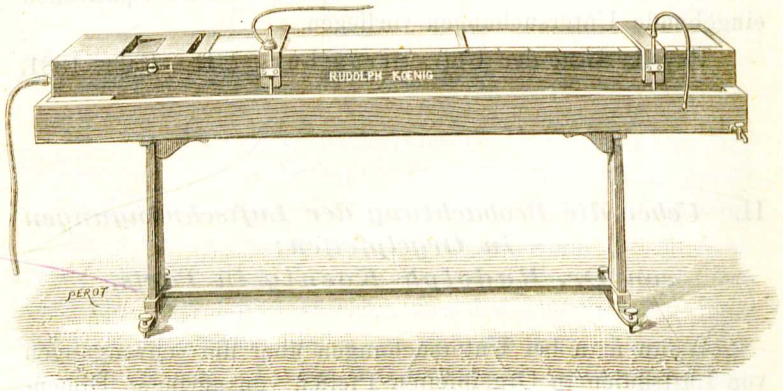


Fig. I.

die Spalte, den Hohlraum und die Rinne hindurch jede beliebige Stelle des Innern der Pfeife, dieselbe mag an ihren Enden offen oder gedackt sein, mit dem äusseren Raum auf ganz kurzem Wege in Verbindung setzen, wie Fig. II zeigt, welche den Durchschnitt der Pfeife darstellt.

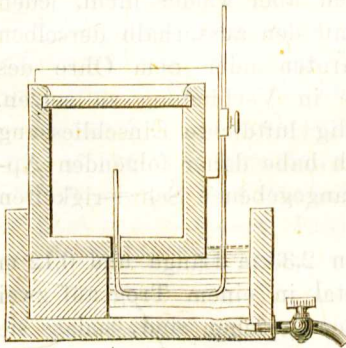


Fig. II.

Die kleine messingene Röhre selbst ist an einem Gestelle befestigt, welches aus zwei rechtwinklig zusammengesetzten, mit Leder überzogenen Brettchen besteht und auf der Vorderwand der Pfeife geräuschlos in ihrer ganzen Länge hingeleiten kann. Diese Vorder-

wand ist zum grössten Theil aus zwei starken Spiegelglasplatten gebildet, welche gestatten, den ganzen inneren Raum der Pfeife zu übersehen, und sie trägt ausserdem in ihrer ganzen Länge eine beim Kerne anfangende Theilung, sodass

man die Entfernung des die Messingröhre tragenden Gestelles, und somit auch die der Röhre selbst vom Kerne immer sofort ablesen kann. — Die Oberlippe ist verstellbar, sodass sie sich immer in der passenden Entfernung von der Kernspalte befestigen lässt, um einen beliebigen Theilton der Pfeife mit grösster Kraft und Reinheit zum Tönen zu bringen. Die Wände der Pfeife sind innen und aussen mit einem starken Firniss, und die des Troges innen mit Zink überzogen. Letzterer trägt auch einen Hahn, um den Apparat vom Wasser leeren zu können.

Verbindet man das äussere Ende einer gebogenen Verbindungsröhre von 0,005 m Durchmesser, welche mit ihrem anderen Ende in die Pfeife bis zur Mitte ihrer Durchschnittsfläche hineinreicht, durch einen Kautschukschlauch mit dem Ohre und gleitet dann mit dem kleinen Gestelle, an dem sie befestigt ist, die ganze Pfeife entlang, während diese einen ihrer Theiltöne hervorbringt, so hört man nun den Ton in den Knotenstellen mächtig anschwellen und in den Bäuchen abnehmen. Es findet jedoch zwischen diesen Stellen grösster und geringster Intensität nicht, wie man es vielleicht erwarten könnte, ein immer gleichmässig fortschreitender Uebergang statt, sondern während der Ton aus der Nähe des einen Bauches bis in die Nähe des nächsten in der That allmählich erst anschwillt und dann wieder abnimmt, so tritt an den Bauchstellen selbst eine ganz plötzliche, bedeutende Schwächung desselben ein, die besonders bei den höheren Theiltönen fast bis zu seinem gänzlichen Verschwinden geht. Während es daher sehr schwer halten würde, mit dem Ohre die Knotenstellen mit einiger Präcision zu finden, kann man auf diese Weise die Lage der Bäuche mit der grössten Leichtigkeit und Genauigkeit bestimmen. Gleitet man mit der Suchröhre durch eine Bauchstelle hin und her, so lässt sich das plötzliche Auftreten der Verstärkung des Tones auf beiden Seiten derselben wie Glockenschläge vernehmen. Diese beiden Punkte, wo der plötzliche Uebergang von der geringen zu der beträchtlich stärkeren Intensität des Tones stattfindet, markirt man, und in der Mitte zwischen beiden liegt dann der Bauch. — Diese zwei Punkte

rücken bei den höheren Theiltönen nicht nur absolut, sondern auch im Verhältniss zu der Wellenlänge des Tones immer näher an einander und werden auch immer schärfer ausgeprägt, sodass, wenn sie beim zweiten Ton der offenen Pfeife gegen 0,14 m auseinander liegen, also etwa um ein Sechstel oder ein Siebentel der halben Wellenlänge, sie beim achten Ton nur noch 0,2 m von einander entfernt sind, eine Länge, die bloß ungefähr dem funfzehnten Theile der halben Wellenlänge des betreffenden Tones entspricht.

In folgender Tabelle Nr. I habe ich die Beobachtungen zusammengestellt, welche ich bei der Temperatur von $15,5^{\circ}$ C. an einer Reihe von Theiltönen der offenen, 2,33 m langen Pfeife gemacht. Tabelle Nr. II enthält die Beobachtungen bei einer etwas höheren Temperatur an einer Reihe von Theiltönen derselben Pfeife, wenn sie gedackt war, und die Länge ihrer Luftsäule 2,28 m betrug. Für jeden dieser Theiltöne wurde die Oberlippe besonders eingestellt, um ihn allein und so rein als möglich zu erzeugen. Dabei muss ich jedoch bemerken, dass trotz der Anwendung dieses Mittels beim Intoniren es mir schwer wurde, den siebenten Ton der offenen Pfeife so gut als den sechsten und achten zu erhalten, und dass es mir noch schlechter gelang, bei der gedackten Pfeife den Ton 13 rein und dauernd hervorzubringen, während sowohl die nächst tieferen Töne 9 und 11, als auch die nächst höheren, 15 und 17, vorzüglich gut tönnten. Warum gerade diese beiden Töne, welche nahezu dieselbe Wellenlänge hatten, so schwer hervorzubringen waren, konnte ich nicht auffinden.

Die Schwingungszahlen der Theiltöne, sowohl der offenen, als der gedackten Pfeife entfernen sich ziemlich beträchtlich nach der Höhe zu, und zwar mit zunehmender Ordnungszahl immer mehr von den ihnen theoretisch zukommenden Werthen, was im gegenwärtigen Falle nicht der allmählichen Verengerung der Mundöffnung zugeschrieben werden kann, da diese gerade die entgegengesetzte Wirkung hätte hervorrufen müssen.

In beiden folgenden Tabellen bedeutet:
A die Ordnungszahl des Theiltones der Pfeife,

B den Winddruck, mit dem sie angeblasen wurde,
C den Abstand der Oberlippe von der Kernspalte,
D die Schwingungszahl,
E die Abstände der Bäuche von der Kernspalte,
F die Abstände der Bäuche von einander,
G den mittleren Abstand der Bäuche von einander,
H die Differenz zwischen dem Abstände des ersten
 Bauches von der Kernspalte und dem mittleren Abstände
 der Bäuche,

J_I die Differenz zwischen dem Abstände des letzten
 Bauches vom offenen Ende der Pfeife und dem mittleren
 Abstände der Bäuche,

J_{II} die Differenz zwischen dem Abstände des letzten
 Bauches vom geschlossenen Ende der Pfeife und dem halben
 mittleren Abstände der Bäuche,

K die aus dem mittleren Abstände der Bäuche von
 einander und der Schwingungszahl hervorgehende Fortpflan-
 zungsgeschwindigkeit des Tones.

(Siehe Tabelle I p. 574 und II p. 575.)

Die in diesen Tabellen angegebenen Lagen der Bäuche
 sind die Mittel von gewöhnlich drei Ablesungen, welche
 meistens nur um einige Millimeter, selten um 0,10 m und
 nur einmal um 0,20 m von einander abwichen, und man
 sieht, dass auch die direct gefundenen Abstände zwischen
 den Bäuchen desselben Tones immer nur äusserst wenig
 untereinander und von ihrem Mittelwerthe verschieden sind.

In beiden Tabellen nimmt die absolute Verkürzung der
 ersten Halbwelle bei den Theiltönen nach der Höhe zu ab,
 jedoch nicht so schnell als die Wellenlänge der Töne, und
 je höher also der Ton ist, desto grösser ist auch die relative
 Verkürzung seiner ersten Halbwelle. — Bei der offenen
 Röhre steigt die relative Verkürzung der ersten Halbwelle
 vom dritten bis zum achten Tone von 0,31 zu 0,45, und bei
 der gedackten Pfeife von Tone 5 bis zum Tone 17, von 0,26
 bis 0,40.

Was die Verkürzung der letzten Halbwelle am Ende
 der offenen Pfeife anlangt, so kann man nur bei den ersten,
 tiefsten Tönen, bei denen die Wellenlängen sehr verschieden

Tabelle II.

A	B	C	D	E	F	G	H	J	K
V	m 0,05	m 0,28	v. s. 332	m 0,765 1,800	m 1,035	m 1,035	m 0,270	m 0,075	m 343,62
VII	0,06	0,22	476	0,516 1,222 1,930	0,706 0,708	0,707	0,191	0,007	336,53
IX	0,07	0,18	620	0,367 0,905 1,465 2,015	0,538 0,560 0,550	0,549	0,182	0,019	340,38
XI	0,08	0,16	768	0,275 0,730 1,170 1,620 2,070	0,455 0,440 0,450 0,450	0,449	0,174	0,029	344,83
XIII	—	—	—	—	—	—	—	—	—
XV	0,09	0,16	1048	0,180 0,510 0,832 1,150 1,480 1,805 2,125	0,330 0,322 0,318 0,330 0,325 0,320	0,324	0,144	0,014	339,55
XVII	0,11	0,15	1198	0,170 0,450 0,730 1,010 1,295 1,580 1,860 2,145	0,280 0,280 0,280 0,285 0,285 0,280 0,285	0,282	0,112	0,012	337,84
									340,46

Nimmt man bei jedem Tone die Verkürzungen der ersten und letzten Halbwellen zusammen, so findet man, dass

diese Summe für den Ton 3, 0,370 m beträgt, oder 0,411 der Länge der Halbwelle, und sich allmählich bis zum Ton 8, auf 0,184 m verringert, wo sie dann gleich 0,59 der Halbwelle dieses Tones ist.

Eine kleine Abweichung von der allmählichen Abnahme dieser Summe bei den höheren Tönen findet sich nur bei Ton 7, bei dem aber alle gefundenen Werthe etwas unsicherer sind, wegen der oben schon erwähnten Schwierigkeit, ihn rein und dauernd zu erzeugen.

Nach Wertheim sollte die Summe der beiden Verkürzungen am Mundstück und am freien Ende einer Pfeife von der Länge dieser, und also wohl auch von der Wellenlänge der verschiedenen Theiltöne derselben Pfeife unabhängig sein, wobei allerdings eine immer gleiche Mundöffnung vorausgesetzt wurde, doch schien es mir nicht wahrscheinlich, dass die geringe Verkleinerung derselben von einem Theilton zum anderen bei meinen Experimenten die angegebene Aenderung dieser Grösse bedingt, oder doch wenigstens allein bedingt haben sollte.

Auffallend ist es, dass bei der gedackten Pfeife die letzte Viertelwelle zwischen dem Knoten am gedackten Ende und dem letzten Bauche sich immer etwas kürzer als die Hälfte des Mittelwerthes der anderen Halbwellen desselben Theiltones fand. Diese Verkürzung ist allerdings nur gering, aber doch zu bedeutend, als dass sie sich durch Ungenauigkeiten in der Bestimmung des letzten Bauches sollte erklären lassen. Es wäre schon auffallend, dass alle etwaigen Fehler in diesem Falle in einer Richtung begangen sein sollten, dann aber befindet sich der letzte Bauch bei allen beobachteten Theiltönen ohne Ausnahme immer in durchaus übereinstimmender Lage mit den anderen Bäuchen desselben Tones, und abgesehen davon müsste auch der Beobachtungsfehler bei der Bestimmung dieses letzten Bauches bei allen Tönen beträchtlich grösser gewesen sein, als die Grenzen, zwischen denen die Bestimmungen der anderen Bäuche schwanken, anzunehmen gestatten.

Wenn man das äussere Ende der Suchröhre, statt mit dem Ohre zu verbinden, in einen kleinen Hohlraum münden

lässt, der durch eine manometrische Capsel verschlossen ist, so erhält man mit der Flamme sichtbar ganz dieselben Resultate, wie vorher mit dem Ohr. Auch der Anblick der Flamme lässt nicht gut die Knoten, die Stellen, an denen sie am heftigsten vibrirt, mit grosser Bestimmtheit erkennen, während man wieder die Lage der Bäuche sofort mit ausserordentlicher Genauigkeit bestimmen kann. Die Flamme zeigt nämlich noch ganz kurz vor einem Bauche in ihrem Innern eine leuchtende Verengung, welche im Bauche selbst verschwindet, hinter demselben aber sofort wieder auftritt. In der Mitte der sehr kurzen Strecke, auf der die Flamme diese leuchtende Verengung nicht zeigt und das Ansehen hat, als ob sie gar nicht vibrirte, liegt dann der Bauch. — Eine Anzahl Bestimmungen der Lage von Bäuchen, welche ich vermittelst des blossen Anblicks der Flamme machte, zeigte eine so nahe Uebereinstimmung mit den vorher mit dem Ohr gefundenen Mittelwerthen, dass es mir überflüssig schien, auch mit dieser Methode wieder noch vollständige Beobachtungsreihen auszuführen.

Bei genauen Untersuchungen sind kleine Flammen von etwa 0,015 m am zweckmässigsten, bei Vorlesungsversuchen kann man aber dieselben doppelt so gross nehmen, und gleitet man mit einer solchen Flamme die ganze Pfeife entlang, so sieht man sie selbst noch aus beträchtlicher Ferne an jeder Bauchstelle plötzlich hell aufleuchten, während sie zwischen den Bäuchen blau und weniger sichtbar bleibt. Natürlich kann man auch mit einer beliebigen Anzahl von Flammen den gleichzeitigen Schwingungszustand der Luftsäule an verschiedenen Stellen illustriren, da die kleinen in das Innere der Pfeife hineinragenden Messingröhrchen zu wenig Masse haben und Platz einnehmen, um irgendwie die Schwingungen der Luft stören zu können.

Es war nicht meine Absicht gewesen, bei dieser Gelegenheit genaue Bestimmungen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Tones zu machen, und erst später fiel mir ein, die, ohne Rücksicht auf andere Umstände, allein aus den gefundenen Wellenlängen und Schwingungszahlen der verschiedenen Töne hervorgehenden Werthe zu prüfen, ich hatte es

mir daher nicht angelegen sein lassen, die Genauigkeit der Bestimmung der Schwingungszahlen bis zur äussersten Grenze zu treiben, wodurch sicher eine grössere Uebereinstimmung der verschiedenen Werthe hätte erreicht werden können, aber auch so schwankten die mit der offenen Pfeife bei der Temperatur von $15,5^{\circ}$ C. gefundenen Werthe nur zwischen 336,53 und 341,64 m, mit dem Mittelwerthe von 338,77 m, und die mit der gedackten Pfeife bei etwas grösserer Wärme erhaltenen, zwischen 336,53 und 344,83 m, mit dem Mittelwerthe von 340,46 m.

Wie man sieht, sind diese Resultate in jedem Falle genau genug, um den Apparat für eine unmittelbare Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles aus der Wellenlänge und der Schwingungszahl eines Tones bei Vorlesungen geeignet zu machen. Da die Töne 4, 5, 6, 8 der Pfeife in die Nähe der Noten \bar{c} , \bar{e} , \bar{g} , \bar{c} fallen, für welche in fast allen physikalischen Sammlungen Stimmgabeln vorhanden sind, so ist eine ziemlich genaue Bestimmung ihrer Schwingungszahl immer leicht auszuführen, und man constatirt die Länge einer, zwei oder mehrerer Halbwellen vor den Augen der Zuhörer durch das einfache Verschieben zweier Flammen.

Eine von beiden Seiten freie, in das Innere einer tönenden Orgelpfeife eingeführte Membran vibrirt bekanntlich in den Bäuchen, weil in diesen die Bewegung der Luft auf ihren beiden Seiten immer in gleicher Richtung stattfindet, und sie kommt in den Knoten zur Ruhe, weil in diesem die Luftbewegungen auf sie beständig von beiden Seiten in entgegengesetzter Richtung wirken, dagegen bei einer Membran, deren eine Seite gegen die Einwirkungen der Luftschwingungen durch eine Capsel mit starren Wänden geschützt ist, wird der Einfluss des wechselnden Dichtigkeitszustandes der Luft vorwaltend, sodass sie stark in den Knotenpunkten vibrirt, wo periodische Verdichtung und Verdünnung der Luft stattfindet, und in den Bäuchen fast ganz ruhig bleibt, weil sich in diesen der Dichtigkeitszustand der Luft so gut wie gar nicht ändert. Zwei Membranen, welche über die beiden Seiten eines Ringes gespannt sind und also eine

flache Trommel bilden, werden nun in allen Stellen der tönenden Luftsäule schwingen müssen, und zwar in den Bäuchen ohne Phasendifferenz, in den Knoten dagegen mit dem Gangunterschiede einer halben Doppelschwingung.

Setzt man zuerst das Innere einer solchen Trommel durch die Messingröhre mit einer manometrischen Capsel ausserhalb der Pfeife in Verbindung, so sieht man, dass die Flamme ganz dieselben Anzeigen gibt, wie wenn die Messingröhre offen in die Pfeife mündet, nur dass ihre Schwingungen im Knoten stärker sind, weil die beiden Membranen der Trommel die Wirkung eines grösseren Theiles der Knotenfläche totalisiren, da aber in den Bäuchen die Schwingungen der Flamme so schwach bleiben, wenn sie ohne Trommel sind, so zeigt dieses an, dass die Membranen an diesen Stellen ihre Schwingungen so ausführen, dass der zwischen ihnen eingeschlossene Raum immer derselbe bleibt. Es schien mir aber interessant, diesen verschiedenen Phasenunterschied bei den Schwingungen der beiden Membranen in den Knoten und in den Bäuchen auch noch direct zur Anschauung zu bringen, und es gelang mir dieses vermittelt folgender Vorrichtung, von welcher Fig. III einen schematischen Durchschnitt zeigt.

Ausser der kleinen Röhre, mit welcher die Trommel auf



Fig. III.

der gewöhnlichen Verbindungsröhre im Innern der Pfeife aufgesetzt ist (*a*), und durch welche man Leuchtgas in sie hineinströmen lassen kann, trägt sie noch zwei dünne, an ihren Enden umgebogene Röhrchen (*b*, *b'*), welche bis in ihre Mitte in sie hineinragen und in zwei luftdichten Fassungen (*c*, *c'*) beweglich sind. Durch zwei ausserhalb der Trommel befindliche Mikrometerschrauben können sie so eingestellt werden, dass sie mit ihren Mündungen die Membranen in ihren Mittelpunkten berühren und diese sie somit wie zwei Ventile schliessen. Beide Röhrchen stehen mit einem Gasbrenner ausserhalb der Pfeife in Verbindung, zu dem sie

also jedesmal aus der Trommel Gas zuströmen lassen, wenn die Membranen zugleich oder einzeln ihre Mündungen öffnen.

Da in einem Knotenpunkte beide Membranen bei jeder Verdichtung der Luft vor ihren Aussenseiten gleichzeitig nach innen in die Trommel getrieben, und bei der darauf folgenden Verdünnung der Luft wieder gleichzeitig nach aussen gezogen werden, und folglich während jeder Doppelschwingung beide Röhrenenden einmal zugleich schliessen, und einmal öffnen müssen, so liess sich erwarten, dass im rotirenden Spiegel eine Reihe hoher, gleichweit von einander getrennter Flammenbilder entstehen würde, in einem Bauche dagegen konnte man darauf rechnen, die Flammenbilder dieser Reihe verdoppelt zu sehen, da an der Bauchstelle immer im selben Augenblicke, während die eine Membran sich nach der Mitte der Trommel zu bewegt und somit eine Röhre schliesst, die andere Membran nach aussen schwingt und die ihr entsprechende Röhre öffnet, sodass das Gas in der Trommel während jeder Doppelschwingung zweimal einen Weg zum Brenner offen findet. — Diese Voraussicht bestätigte sich aber beim Experimentiren nicht vollständig sondern es fand sich, dass an den Knotenstellen im Augenblick, in dem die Bewegungen der Membranen absolut entgegengesetzt werden, die Verdünnungen der Luft vor den Aussenseiten derselben nicht Kraft genug haben, sie gleichzeitig von beiden Röhrenenden loszureissen, an denen sie wie angesogen haften bleiben. Durch diesen Umstand aber werden diese Ventilflammen gerade zu einem Mittel von wahrhaft wunderbarer Empfindlichkeit für die directe Bestimmung der Knotenstellen, die, wie ich oben angegeben, sich weder mit dem Ohre, noch mit der manometrischen Flamme, und ich kann hinzufügen, noch weniger vermittelt einer von beiden Seiten freien Membran mit grosser Genauigkeit ausführen lässt.

Man bringt vermittelt der beiden Mikrometerschrauben beide Röhrchen mit den Membranen so in Berührung, dass die Flamme des Brenners von jedem einzeln genähert, nur noch ein kleines blaues Kügelchen, von beiden zugleich ver-

sorgt, ein kleines blaues Flämmchen mit einem gelben Spitzchen bildet. Dieses Flämmchen sieht man auf beiden Seiten des Knotens sich schon deutlich verlängern, wenn die Verschiebung noch keine 0,03 m beträgt, sodass ich z. B. an der offenen Pfeife beim Ton 6 sofort zwischen allen Knoten immer die Entfernung von 0,425 m fand, was genau mit dem Mittelwerthe für die halbe Wellenlänge dieses Tones stimmte, wie ihn die Lage der Bäuche ergeben hatte.

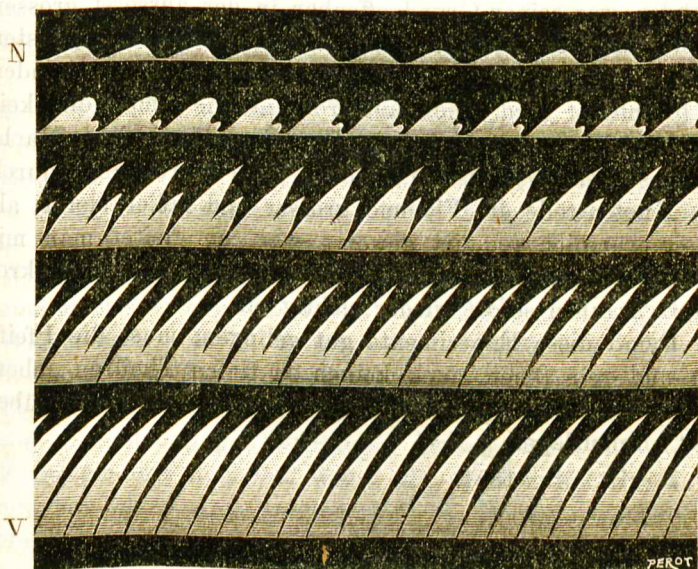


Fig. IV.

Im rotirenden Spiegel zeigt diese kleine Flamme an der Knotenstelle selbst eine kaum gewellte helle Linie, die aber schon in seiner nächsten Nähe ihre Wölbungen erhebt und zugleich das erste Auftreten einer zweiten kleinen Welle neben der grösseren erkennen lässt. Darauf entstehen zwei ungleich hohe, aber wie zusammengekoppelte Flammen, die allmählich gleich hoch werden und zuletzt sich auch von einander loslösen, sodass sie dann eine Reihe ganz regelmässig gleichweit von einander absteher Flammen bilden.

Ueber den Bauch hinaus, bis zum nächsten Knoten, treten dann wieder dieselben Erscheinungen in umgekehrter Reihenfolge auf. — Zwischen zwei Knoten erreicht die Flamme eine Höhe von 0,03 bis 0,04 m.

Dieses ist der Vorgang, wie er sich in den meisten Fällen beobachten lässt, doch kommt es auch in der Gegend der Bäuche vor, dass an derselben Stelle die Flammen bald ganz gleich hoch, bald von etwas verschiedener Länge erscheinen, bald gekoppelt, bald in gleichen Abständen von einander, was seinen Grund offenbar in der äusserst grossen Empfindlichkeit des Apparates hat, der durch die geringsten Druckveränderungen in der Gasleitung, mit der er verbunden ist, beeinflusst wird. Diese ausserordentliche Empfindlichkeit der Vorrichtung hat aber beim Experimentiren nichts Nachtheiliges, denn bemerkt man, dass beim Durchgange durch eine Knotenstelle die Flamme grösser und heller bleibt, als sie ursprünglich regulirt gewesen war, so gleitet man mit ihr an das Ende der Pfeife und stellt sie vermittelst der Mikrometerschrauben sofort wieder richtig ein.

Damit diese Experimente gut gelingen, muss die Pfeife laut und rein tönen, auch keinen zu tiefen Theilton geben. Ich erhielt die besten Resultate mit den Tönen, welche über \bar{c} (ut_3) hinauslagen.

Paris, Mai 1881.

III. Ueber das Leitungsvermögen der Metalle für Wärme und Electricität; von L. Lorenz in Kopenhagen.

(Fortsetzung von p. 447.)

Nach Beendigung dieser Versuche, die von Januar bis October 1880 gedauert hatten, wünschte ich, namentlich auf Veranlassung der inzwischen von Hrn. H. F. Weber¹⁾ veröffentlichten Beobachtungsergebnisse, welche in auffallender

¹⁾ H. F. Weber, Berl. Monatsber. 1880. p. 457.