

Die Schwingungen der quadratischen ganz geschlossenen Luftplatten, so weit dieselben genau experimentell untersucht wurden, sind sowohl bezüglich der Schwingungsformen wie der Schwingungszahlen, in völlig genügender und guter Uebereinstimmung mit der Theorie.

Bei den am Rande ganz oder theilweise offenen Luftplatten sind die wirklich beobachteten Schwingungsformen in den Gränzen, in denen ein Vergleich angestellt werden kann, den durch die Theorie gegebenen gleich. Die wirklichen Schwingungszahlen sind aber gegen die von der Theorie geforderten zu klein, und zwar entschieden aus demselben Grunde, aus dem man bei an den Enden offenen Luftsäulen die Töne zu tief findet, gegen diejenigen, welche die gewöhnliche Theorie giebt. Es ist nämlich an den offenen Rändern die Verdichtung nicht Null, wie es doch in der theoretischen Behandlung als erste Annäherung an den wirklichen Vorgang angenommen wird.

Straßburg, Mai 1873.

**II. Ueber Aenderung der Tonhöhe durch Ortsveränderung der Schallquelle und eine darauf gegründete Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles;
von Dr. Schümgel in Herzogenbusch.**

Man wird sich der Versuche erinnern, welche Buys-Ballot vor mehreren Jahren auf einer holländischen Eisenbahn angestellt hat, um in Anschluß an die bekannte Doppler'sche Theorie zu untersuchen, ob ein Ton höher oder tiefer erscheine, als er wirklich ist, wenn seine Schallquelle sich dem Wahrnehmer nähert resp. sich von demselben entfernt (Pogg. Ann. 66, S. 321). Da hierbei die

scheinbare Tonhöhe eines Hornes, welches auf einer vorüberfahrenden Locomotive geblasen wurde, durch Vergleichung mit demselben auf den Stationen geblasenen Ton von Musikern geschätzt werden mußte, so ließen diese Versuche keine genaueren Resultate zu, wenngleich stets ein Zunehmen der Tonhöhe bei Annäherung und ein Abnehmen bei Entfernung des Instruments constatirt werden konnte. Die Schätzung des Unterschiedes zwischen objectivem und subjectivem Ton war nämlich mit besonderen Schwierigkeiten verbunden. Erstens betrug die Zeit der Wahrnehmung bei einer Geschwindigkeit der Locomotive von 25 Metern nur eine Secunde, da in größerer Entfernung bei dem Geräusche der Maschine die Töne nicht mehr gut wahrnehmbar waren. Durch Verminderung der Geschwindigkeit der Locomotive konnte die Wahrnehmungszeit wohl vergrößert werden; dagegen wurde dann auch der Unterschied der objectiven und subjectiven Töne kleiner und ein gleicher Fehler in der Schätzung der Tonhöhe von größerem Einfluß. Zweitens scheint ein genaues Unisono der zu vergleichenden Instrumente nicht immer vorhanden gewesen zu seyn. Drittens konnten die Schätzungen der Musiker nur in Achtel-, seltener in Sechzenteltonen angegeben werden; einige hatten nichts anders aufgezeichnet als: „nahe $\frac{1}{2}$ mehr; mehr als $\frac{1}{2}$ oder $\frac{1}{4}$ “ usw. Daß sich bei solchen Schwierigkeiten in den Zahlenangaben der Musiker zuweilen Unterschiede bei der Schätzung desselben Tones zeigten, welche die Größe der Veränderung der Tonhöhe unsicher machen, ist nicht zu verwundern, wenn man bedenkt, daß es selbst für ein geübtes Ohr unter günstigen Umständen nicht leicht ist, den Unterschied zweier Töne auf ein Sechzentelton genau anzugeben. — Was endlich die Bezeichnung der Schätzungen der Musiker anlangt, so entstand dabei eine neue Schwierigkeit, nämlich die Frage, ob die Musiker sich unter einem halben Ton ein Intervall der temperirten oder der reinen Scale vorgestellt hatten. Da dies nicht bei allen zu constatiren war, so bezeichnete Buys-Ballot

den Unterschied zwischen der nach der Theorie bezeichneten und der geschätzten Vermehrung resp. Verminderung der Tonhöhe nach beiden Scalen und fand, daß die eine Schätzung sich besser der reinen, die andere besser der temperirten Stimmung anschloss.

Ich habe dergleichen Versuche in einer andern Form angestellt, wobei alle genannten Schwierigkeiten und Unsicherheiten wegfallen; ich benutzte dazu nämlich die Schwebungen, welche zwei nahe gleich gestimmte, auf Resonanzkasten stehende Stimmgabeln machen. Die Stimmgabeln sind aus der Fabrik des Hrn. König; die eine (I) macht 512, die andere (II) 508 Schwingungen in der Secunde. Daraus resultiren also genau 4 Schwebungen in der Secunde, wenn beide Stimmgabeln in Ruhe sind. Erhält aber eine der zwei Gabeln — nehmen wir die Gabel II — eine Bewegung nach dem Beobachter hin, so muß sich ihre Schwingungsmenge scheinbar vergrößern, also in diesem Falle die Zahl der Schwebungen vermindern. Wenn man nun bei einer bestimmten Geschwindigkeit der Gabel die Zahl der auf eine Secunde fallenden Schwebungen genau bestimmen kann, so ist damit auch die subjective Tonhöhe dieser Gabel gegeben durch Vergleichung mit der constanten Tonhöhe der ruhenden Gabel I. Zu diesem Zwecke liefs ich die Bewegung der Gabel II im Momente eines Stosses beginnen und im Momente eines der folgenden Stöße aufhören und suchte dabei auf's genaueste zu bestimmen 1) die Zeit, in welcher eine bestimmte Anzahl auf einander folgender Stöße hörbar wurde und 2) die Geschwindigkeit der Gabel. Beides, Zeit und Geschwindigkeit, erhielt ich zugleich auf folgende Weise.

Aus einem Drucktelegraphen ¹⁾ und einem Secundenpendel construirte ich mir ein galvanisch-registrirendes Uhrwerk (Fig. 1, Taf. VI). Das Pendel *P* schloss alle Secunden für einen Augenblick den Strom der Batterie *B'*,

1) Derselbe war ein selbstthätiger Schreibapparat von Siemens und Halske mit repetirbarer Schnelligkeit. Ich verdanke die Benutzung dieses ausgezeichneten Apparates der Güte des Hrn. Collette, Inspecteur der Staatstelegraphen.

der durch das Relais lief. Dadurch wurde der Strom der Batterie B'' geschlossen und auf dem Depeschenpapier des Telegraphen T eine Reihe von Punkten markirt, deren Abstände mit der Dauer einer Secunde correspondirten. Unabhängig davon konnte durch den Schlüssel S der Strom der Batterie B''' geschlossen werden, von dem ein Theil ebenfalls die Windungen des Relais durchlief. blieb nun der Schlüssel, während der Bewegung der Gabel II, niedergedrückt, so entstand auf dem Papier des Telegraphen eine Linie, deren Länge der Dauer jener oben erwähnten Anzahl Schwebungen entsprach. Hiebei kam es zuweilen vor, daß Anfang oder Ende dieser Linie durch Zusammenfallen mit den Secundenpunkten unsicher wurden. Die Versuche, bei welchen dieß stattfand, habe ich natürlich vernichtet.

Dasselbe Niederdrücken und Heben des Schlüssels bewirkte aber auch Anfang und Ende der Bewegung der Stimmgabel. Der größere Theil des Stromes der Batterie B''' lief nämlich durch die Windungen des Elektromagnets E . Beim Niederdrücken des Schlüssels wurde durch diesen Magnet ein Anker A angezogen, der das eine Ende eines zweiarmigen Hebels bildete; das andere Ende trug einen Bügel C , in welchem sich die Axe einer kleinen drehbaren Rolle befand. Durch das Anziehen des Ankers wurde diese Rolle gegen den Rand einer Scheibe D angedrückt, die ebenfalls um ihre Axe leicht beweglich war. In einer Rinne am Umfang dieser Scheibe war eine Schnur befestigt; ein Wägelchen, welches die Gabel II trug, war mit dem anderen Ende der Schnur verbunden. Die Rolle des Bügels wurde durch ein schweres Schwungrad in fortdauernder Rotation erhalten, sowohl wenn die Rolle die Scheibe nicht berührte, als auch, wenn sie gegen dieselbe angedrückt war. Auf diese Weise wurde durch das Niederdrücken des Schlüssels die Scheibe in gleichförmige Rotation und das Wägelchen mit der Gabel in gleichförmige Bewegung versetzt. Wurde nun der Schlüssel wieder gehoben, so wurde der Anker A durch eine Feder F vom Elektromagnete abgerissen; im selben

Momente entfernte sich die Rolle von der Scheibe und ein am Bügel befestigtes Messer schnitt in die dem Centrum zugekehrte scharfe Kante einer Rinne, welche in die obere Fläche der Scheibe gedreht war. Hiedurch wurde ein sofortiges Aufhören der Rotation der Scheibe und folglich der Bewegung des Wägelchens ¹⁾ bewirkt. Es brauchten nun, um die Data für die Berechnung der Versuche zu erhalten, nur die vom Wägelchen zurückgelegte Strecke, die Länge der Linie auf dem Depeschepapier und der Abstand der Secundenpunkte ²⁾ gemessen zu werden.

Was die bei den Versuchen beobachteten Vorsichtsmaafsregeln angeht, so habe ich selbstverständlich alles nach Möglichkeit vermieden, was die Genauigkeit der Resultate hätte beeinträchtigen können. Telegraph, Relais und Pendel waren zur Vermeidung störender Geräusche in einem benachbarten Raume aufgestellt; die stählernen Axen der Rolle, der Scheibe und des Wägelchens liefen in gut passenden Büchsen von Messing; die Rolle war mit Kautschuckring und die Räder des Wägelchens mit Ringen von Flanell umgeben. Mein Ohr hatte ich zur besseren Wahrnehmung der Stöße mit einer als Resonator dienenden Zinkröhre bewaffnet, die auf den Ton der Gabeln abgestimmt war. Das Wägelchen hatte stets eine genau nach meinem Ohr gerichtete Bewegung; die von demselben durchlaufene Strecke wurde möglichst genau ³⁾ und die Abstände der Secundenpunkte sowie die Länge der

1) Siehe darüber weiter unten.

2) Der Abstand je zweier auf einander folgenden Secundenpunkte betrug bei den Versuchen im Mittel etwa 80 Millimeter.

3) Diese Messung geschah mit dem Maafsstabe. Dabei bestimmte ich den Endpunkt der Strecke auf folgende Weise. Ich sorgte dafür, dafs im Anfange und während der Bewegung die Schnur stets gespannt blieb bis zum Momente, wo die Scheibe stillstand. Das Wägelchen lief nun zwar weiter durch; da dasselbe aber während seines Laufes nicht seitlich ausweichen konnte, so brauchte ich es nach dem Versuche nur so weit wieder zurückzuziehen, dafs die Schnur wieder gespannt war.

Linie auf dem Papier, mit einem ausgezeichneten Kathetometer gemessen. — Um die Coincidenz des Arbeitens des Telegraphen mit der Bewegung des Wägelchens zu controliren, fehlte mir ein Hülfsmittel. Doch glaube ich, daß es mir gelungen ist, durch Regulirung der Stromstärke der beiden Batterien B'' und B''' , der Stärke der Feder F , der Abstände des Ankers A vom Elektromagnet E , der Rolle von der Scheibe und des Relais-Ankers von der gegenüberstehenden Schraube die fragliche Ungenauigkeit auf ein Minimum reducirt zu haben.

Die Hauptschwierigkeit bei den Versuchen liegt im rechtzeitigen Niederdrücken und Heben des Schlüssels. Während das Wägelchen sich noch in Ruhe befand, die Stimmgabeln aber schon angeschlagen waren, machte ich mit der Hand unmittelbar über dem Knopfe des Schlüssels eine taktmäßige Bewegung, so daß jedesmal im Maximum eines Stoßes meine Hand die tiefste Stelle in ihrer Bewegung innehatte und dabei den Knopf leicht berührte. Nachdem meine Hand sich so die richtige Bewegung angeeignet, fiel sie dann im Momente eines Stoßes auf den Knopf und verminderte nun sofort die Anzahl der Stöße. Ich begann nun die folgenden Stöße mitzuzählen und mit meiner Hand, die den Schlüssel niedergedrückt hielt, wieder eine kleine Bewegung zu machen, um genau im Momente eines der folgenden Stöße den Strom der Batterie B'' plötzlich unterbrechen zu können. Während der Bewegung der Gabel vertheilt sich aber die ganze Masse des Stoßes — wenn dieser Ausdruck erlaubt ist — wegen der geringern Zahl der Stöße über eine längere Zeit, so daß der Moment des Maximums der Intensität nun nicht mehr so genau zu bestimmen ist. Außerdem ist es nicht leicht, wenn das Ohr sich einmal an den Takt der vier Stöße in der Secunde bei der ruhenden Gabel gewöhnt hat, sich sofort einem langsameren Tempo der Stöße anzuschließen. Anfänglich liegt hierin eine große Schwierigkeit, die noch vermehrt wird durch das nicht zu vermeidende Geräusch des Wägelchens, des Aufschlagens

des Schlüssels, der Rolle usw. So kommt es, daß selbst ein feines Ohr eine mehr oder weniger lange Uebung nöthig haben wird, ehe es die Stöße während der Bewegung der Gabel mit Sicherheit zu unterscheiden vermag. Mit einem guten Helmholtz'schen Resonator, wie ich ihn allerdings nicht hatte, wird es indess wohl leichter gehen. Von den unten angegebenen Versuchsreihen kann ich nur sagen, daß ich mir, ehe sie angestellt wurden, durch eine lange Uebung die nöthige Sicherheit in der richtigen Handhabung des Schlüssels zu verschaffen suchte.

Die folgende Tabelle I, für welche die objective Schwingungszahl n der beweglichen Gabel 508 ist, enthält in der ersten Verticalreihe die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles v , welche mit Berücksichtigung des Thermometers, des Barometers und des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft berechnet wurde unter Zugrundelegung einer Normalgeschwindigkeit von 332,77 Meter, welchen Werth Schröder van der Kolk aus Discussion der Versuche von van Beek und Moll abgeleitet hat. Die zweite Reihe enthält die Geschwindigkeit v' der Gabel für die einzelnen Versuche, gefunden durch Division des Weges ω durch die Zeit t ; Reihe III: die Zahl s der in einer Secunde hörbaren Schwebungen, die man erhält als Quotienten der wahrgenommenen Anzahl Schwebungen und der Zeit; Reihe IV: die wahrgenommene Schwingungszahl der Gabel II, die gefunden wurde aus dem Unterschiede der Schwingungszahl der ruhenden Gabel I und der Zahl der auf eine Secunde kommenden Schwebungen; Reihe V: die nach der Formel $n' = \frac{nv}{v - v'}$ berechnete Schwingungszahl, und die letzte Reihe den Unterschied zwischen wahrgenommener und berechneter Schwingungszahl. Hier sey noch bemerkt, daß die Zahl der abgezählten Stöße 9 war.

Um nun auch die Verminderung der Schwingungszahl bei Entfernung der Schallquelle zu constatiren, brauchte ich die Aufstellung einzelner Theile des Apparates nur

etwas zu ändern. Doch stellte ich bei dieser Versuchsreihe die Gabel I von 512 Schwingungen auf das Wägelchen, weil anders eine Vermehrung der Stöße stattgefunden hätte, wodurch das Zählen mühsamer geworden wäre. Tabelle II enthält *mutatis mutandis* die hierbei erhaltenen Resultate unter denselben Bezeichnungen wie Tabelle I.

Tabelle I. $n = 508.$

	v	$v' = \frac{w}{t}$	s	$n' = 512 - s$	$n' = \frac{n v}{v - v'}$	
1	342,21 M.	0,90 M.	2,8 —	509,2 +	509,3 +	0,1
2	"	0,90	2,6 +	509,4 —	509,3 +	0,1
3	"	0,93	2,6 +	509,4 —	509,4 —	0,0
4	"	0,94	2,6 +	509,4 —	509,4 —	0,0
5	"	0,94	2,6 —	509,4 +	509,4 —	0,0
6	"	0,95	2,7 —	509,3 +	509,4 —	0,1
7	"	0,96	2,5	509,5	509,4 +	0,1
8	"	0,97	2,6 —	509,4 +	509,4 +	0,0
9	"	0,98	2,6 —	509,4 +	509,5 —	0,1
10	"	1,01	2,5 +	509,5 —	509,5	0,0
11	"	1,01	2,5 +	509,5 —	509,5 +	0,0
12	"	1,02	2,5 —	509,5 +	509,5 +	0,0
13	"	1,03	2,5 —	509,5 +	509,5 +	0,0
14	"	1,04	2,4 +	509,6 —	509,5 +	0,1
15	"	1,05	2,3 +	509,7 —	509,6 —	0,1
16	"	1,06	2,5 —	509,5 +	509,6 —	0,1
17	"	1,10	2,4 —	509,6 +	509,6 +	0,0
18	"	1,11	2,3 —	509,7 +	509,7 —	0,0

Tabelle II. $n = 512.$

	v	$v' = \frac{w}{t}$	s	$n' = 508 + s$	$n' = \frac{n v}{v - v'}$	
1	340,36 M.	0,91 M.	2,7 +	510,7 +	510,6 +	0,1
2	"	0,91	2,5 +	510,5 +	510,6 +	0,1
3	"	0,92	2,7 +	510,7 +	510,6 +	0,1
4	"	0,92	2,6 +	510,6 +	510,6 +	0,0
5	"	0,95	2,5 —	510,5 —	510,6 —	0,1
6	"	0,96	2,6 —	510,6 —	510,6 —	0,0
7	"	0,97	2,5 +	510,5 +	510,5 +	0,0
8	"	0,97	2,5 +	510,5 +	510,5 +	0,0
9	"	0,98	2,6 —	510,6 —	510,5 +	0,1
10	"	0,98	2,6 —	510,6 —	510,5 +	0,1
11	"	1,00	2,5 +	510,5 +	510,5 —	0,0
12	"	1,01	2,5 —	510,5 —	510,5 —	0,0
13	"	1,02	2,5 —	510,5 —	510,5 —	0,0
14	"	1,04	2,4 +	510,4 +	510,4 +	0,0
15	"	1,05	2,3 +	510,3 +	510,4 +	0,1

Durch vorstehende Versuche habe ich allerdings die Richtigkeit der Formeln $n' = \frac{nv}{v \mp v}$ nicht bewiesen, wohl aber ist dadurch die bei der Bewegung einer Schallquelle statthabende Vermehrung resp. Verminderung der Schwingungsmenge dargethan. Will man indessen die Formeln als bewiesen annehmen, so lassen sich derartige Versuche benutzen, um damit umgekehrt die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles zu bestimmen: $v = \frac{v' n'}{n' - n}$; und ich werde zeigen, daß eine auf diese Weise vorgenommene Bestimmung der GröÙe v erhebliche Vortheile bietet. Hierbei handelt es sich vorall um zweierlei: erstens um die im Apparate selbst liegenden Fehlerquellen, und zweitens um die Sicherheit in der Handhabung des Schlüssels.

Was den ersten Punkt betrifft, so braucht man die Fixirung der Bahn des Wägelchens durchaus nicht auf die etwas schwerfällige Art auszuführen, welche meine bescheidenen Hülfsmittel mir vorschrieben. Man wird viel besser das Wägelchen durch einen absonderlichen Motor schon vorher in Bewegung setzen, ehe man den Schlüssel niederdrückt. Dabei hat man auch den Vortheil, daß unmittelbar vor dem Niederdrücken des Schlüssels der Tact der Stöße derselbe ist wie nachher. Um dabei aber die Punkte zu erhalten, wo das Wägelchen sich im Momente des Niederdrückens und Hebens des Schlüssels befindet, kann man einen Zweigstrom der Batterie B'' durch die Windungen eines auf dem Wägelchen sich befindenden Elektromagnets führen und die genannten Punkte durch einen am Anker befestigten Stift auf einem unterlegten Papiere bezeichnen lassen. Die einzige Fehlerquelle in diesem Theile des Apparates läge nun darin, daß nach dem Schließen des Stromes einige Zeit vergeht, ehe der Stift das Papier erreicht; doch kann die daraus resultirende Ungenauigkeit so klein gemacht werden, daß sie füglich vernachlässigt werden kann. Dagegen ist eine andere Fehlerquelle von größerer Bedeutung: eine Linie,

welche der Telegraph zeichnet, ist nicht genau so lang, als sie seyn müßte. Es wird nämlich nach dem Niederdrücken des Schlüssels einige Zeit verlaufen, ehe der Relais-Anker so weit angezogen ist, daß der Strom der Batterie B'' geschlossen wird, und darauf muß der Anker des Telegraphen wieder eine kleine Bewegung machen, ehe der Schreibstift anfängt, die Dauer des Versuches aufzuzeichnen. Der dadurch entstandene Fehler wird sich beim Wiederheben des Schlüssels, wo ähnliche Verhältnisse stattfinden, wohl nicht gänzlich compensiren; und so wäre es möglich, daß diese, in der Zeitbestimmung gemachte Ungenauigkeit zu groß würde, um ihren Einfluß auf das Endresultat vernachlässigen zu können. Unter der Voraussetzung, daß die beiden Anker des Relais und des Telegraphen eine gleiche Zeit zu ihrer Bewegung nöthig haben, liesse sich indeß annehmen, daß sich der in Rede stehende Fehler auf die Hälfte vermindern würde, wenn man den Strom der Batterie B''' mit Umgehung des Relais direct durch den Telegraphen führte; und könnte man diesen Umstand benutzen, um die GröÙe des Fehlers annähernd zu finden. Hierzu wäre nur ein zweiter „Vergleichungs-Apparat“ — ebenfalls bestehend aus Telegraph, Relais und Pendel — zu construiren, in welchem der Strom, der das Anzeichnen der Zeit-Linie bewirkt, direct durch den Telegraphen T_1 geleitet würde; und dieser Apparat so mit dem Hauptapparate zu verbinden, daß beide Ströme, B''' und B_1 durch denselben Schlüssel geschlossen würden (Fig. 2, Taf. VI). Bei gehöriger Regelung der Widerstände in den alsdann entstehenden Zweigströmen ist nicht zu befürchten, daß durch den Strom B''' die Wirkung von B_1 im Vergleichungs-Apparate unsicher gemacht würde und umgekehrt. Durch jedes beliebige Niederdrücken und Heben des Schlüssels liesse sich so constatiren, ob die in beiden Telegraphen beschriebenen Linien vollkommen gleiche Zeit andeuten oder nicht. Ist letzteres der Fall, so kann dies nur herrühren von einem Unterschiede der Fehler in beiden Apparaten; und

aus diesem Unterschiede ließe sich dann unter Zugrundelegung obiger Annahme auf den Fehler des Hauptapparates schließen. Wenn alle Elektromagnete und Hebel gleich sind, und die Stärke aller Ströme gleich gemacht wird, so würde sich theoretisch gegen eine solche Vergleichung wohl nichts einwenden lassen; ob sie aber practisch ausführbar sey, wird von der Güte der benutzten Instrumente abhängen.

Der zweite hier in Betracht zu ziehende Umstand, die Geschicklichkeit und Sicherheit, womit der Experimentirende den Schlüssel zu handhaben vermag, ist natürlich nicht allgemein zu behandeln; doch ist dieß nicht so schlimm, als es auf den ersten Blick scheinen könnte. Meiner Ansicht nach, ist die mit den Stößen correspondirende Bewegung der Hand am sichersten auszuführen, wenn man etwa 4 Stöße in der Secunde hört. Man würde demnach am besten zwei Gabeln zu den Versuchen wählen, die in der Ruhe etwa 3 Stöße machen und der einen eine solche Geschwindigkeit mittheilen, daß während der Bewegung 4 Stöße oder auch etwas mehr entstünden. Wenn nun auch jeder einzelne Versuch mit einem größeren oder kleineren Fehler behaftet ist, so existirt doch kein Grund dafür, daß sie in einer Versuchsreihe vorzugsweise nach einer und derselben Seite gemacht werden, also vorzugsweise positiv oder negativ seyn sollen. Mit derselben Wahrscheinlichkeit, mit der man erwarten kann, daß sich positive und negative Fehler das Gleichgewicht halten, wird man auch annehmen können, daß sich der mittlere Werth aus mehreren Versuchsreihen dem wahren Werthe nähere.

Als Illustration zu dem Gesagten will ich den folgenden Versuch mittheilen, den ich angestellt habe, um annäherungsweise die Genauigkeit zu ermitteln, mit der meine durch das Gehör dirigirte Hand in dem Falle von vier Stößen in der Secunde den Schlüssel handhabte. Ich überzeugte mich erst mit Hülfe des Pendels, des Telegraphen und des Schlüssels, daß die oft genannten

Gabeln genau vier Stöße in der Secunde machten. Hierzu drückte ich den Schlüssel zweimal kurz nieder bei zwei Stößen, die um 100 Schwebungen von einander lagen, und fand die inzwischen verlaufene Zeit ohne bemerkenswerthen Fehler = 25 Secunden. Ich maafs darauf auf die oben bei den Versuchen beschriebene Weise die Zeit von 5 Schwebungen, die also genau = 1,25 Secunden seyn mußte, wenn ich den Fehler des Apparates, den ich übrigens möglichst klein zu machen suchte, vernachlässige. Bei 38 auf einander folgenden Versuchen war der hierbei gemachte Fehler noch nicht $1\frac{1}{2}$ Hundertel-Secunde für den einzelnen Versuch, wenn bei der Berechnung allein die absolute Gröfse des Fehlers berücksichtigt wurde. Der Fehler aber war bald positiv, bald negativ; suchte ich nun unter Berücksichtigung des Vorzeichens des Fehlers den mittleren Werth der Dauer der 5 Schwebungen aus den 38 Versuchen, so ergab sich dabei ein Fehler, der kleiner war als 1 Tausendtel-Secunde. So lange man den Fehler des Apparates nicht kennt, kann man allerdings, wo es sich hier um Hundertel von Secunden handelt, aus diesen Resultaten keine genauen absoluten Werthe ableiten; doch wird man meiner Behauptung zustimmen, daß daraus wohl hervorgeht, daß diese Art der Zeitbestimmung, wobei die taktmäßige Bewegung der Hand durch das Gehör dirigirt wird, zu dergleichen feinen Versuchen recht wohl benutzt werden kann.

Der Fehler in der Zeitbestimmung wird in der Zahl der subjectiven Schwingungsmenge mit der Dauer des Versuches noch vermindert, während er die Gröfse v' offenbar gar nicht beeinflusst.

Wie grofs die zu erreichende Genauigkeit seyn müfste, um ein sicheres Resultat für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles zu erzielen, sieht man am besten daraus, daß bei 2 Gabeln von 509 resp. 512 Schwingungen und einem Werthe $v' = 0,8$ Meter ein Fehler von 0,001 in der subjectiven Schwingungszahl die Fortpflanzungsgeschwindigkeit nur um etwa $\frac{1}{4}$ Meter verändern würde.

Schließlich mache ich noch darauf aufmerksam, daß man aus dem gefundenen Werthe von v mit größter Sicherheit den Normalwerth der Fortpflanzungsgeschwindigkeit ableiten kann, da man es hier mit ruhiger Luft zu thun hat, deren Temperatur und Feuchtigkeitsgehalt sich mit aller wünschenswerthen Genauigkeit ermitteln lassen.

Ich unterbreite den Vorschlag, die Geschwindigkeit des Schalles auf genannte Weise zu bestimmen, dem Urtheile der Physiker, da ich keine Aussicht habe, die Versuche selbst anstellen zu können. Es würde für mich eine Genugthuung seyn, wenn man finden sollte, daß die dabei zu überwindenden Schwierigkeiten die Ausführung nicht unmöglich machen, und wenn es dem einen oder andern Physiker gelänge, die bis jetzt vorhandenen Bestimmungen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit um eine genaue Arbeit zu vermehren.

III. Ueber die Aenderungen der Elasticität und der Länge eines vom galvanischen Strome durchflossenen Drahtes; von Dr. Heinrich Streintz.

(Auszugsweise aus den Sitzungsbb. der Wiener Academie der Wissensch.
Bd. LXVII., Abth. II., Aprilheft 1873, vom Verf. mitgetheilt.)

1. **U**nter den Abhandlungen Wertheim's über die Elasticität fester Körper findet sich auch eine, welche „vom Einflusse des galvanischen Stromes und des Elektromagnetismus auf die Elasticität der Metalle“ handelt, und deutsch wiedergegeben ist in diesen Ann. Ergänzungsband II, S. 99. Wertheim kommt bei diesen Untersuchungen zu dem Resultate, daß der galvanische Strom,

