© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Skizzen

von

Apparaten zur Demonstration der Wellenbewegung

Von **Jos. Lang.**

Vorgelegt im December 1867.

(Hierzu Taf. III.)

Die Wichtigkeit der Wellenlehre für die Physik bedarf wohl keiner weitläufigen Begründung, da ein grosser Theil physikalischer Erscheinungen auf Wellenbewegung beruht. Andererseits wird jeder Fachmann zugeben, dass in der Schule gerade diese Lehre den Schülern viele Schwierigkeiten verursacht. Vorzüglich sind es die verschiedenen Fälle der Interferenz der Wellen, die sich die Schüler nicht leicht vorstellen können, wenn ihnen nicht an einem Apparate die Bewegung wirklich als solche vor die Augen geführt wird. Denn, Zeichnungen für die einzelnen Phasen können nur als dürftiger Nothbehelf angesehen werden.

Dieser Umstand hat den Gefertigten angeregt, in den unten folgenden „Skizzen“ Apparate zu entwerfen, welche die in Rede stehenden Bewegungserscheinungen den Schülern klar machen sollen. Allerdings finden sich in den verschiedenen physikalischen Werken Beschreibungen sogenannter „Wellenapparate“ vor, doch alle stellen nur die einfache Wellenbewegung vor, während hier der Nachdruck auf die Demonstration der Interferenzerscheinungen gelegt werden soll.

Mögen diese Skizzen bei meinen Herren Fachgenossen eine freundliche Aufnahme finden. Vielleicht dürfte einem günstiger stationirten Collegen die Ausführung gelingen, was mir an meinem gegenwärtigen Aufenthalte leider nicht möglich ist.

Lang.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

I. Gradlinige Schwingung eines einzelnen Punctes.

Obgleich sich diese Art der Bewegung durch entsprechende Anwendung einer einfachen Kurbel sehr leicht darstellen lässt, so möge doch der in Fig. 1 dargestellte Apparat hier beschrieben werden, um die später folgenden complicirteren Apparate deutlicher zu machen.

Auf einem Fussbrete sind zwei verticale Säulen *a* und *b* (etwa 12″ hoch) befestigt, welche durch zwei horizontale Leisten *m* und *n* (in 2 bis 3″ Entfernung) mit einander verbunden werden.

Diese Leisten sind in der Mitte vertical durchbohrt und durch die Bohrungen geht leicht beweglich ein Draht *c d* (etwa 7 bis 8″ lang), welcher am oberen Ende *d* einen glänzenden (oder hell lackirten) Metallknopf trägt und etwa 1″ unterhalb mit einer Verdickung *e* versehen ist, die das tiefere Herabfallen durch die Bohrungen hindert. Das untere Ende *c* des Drahtes geht in eine Art zweizackige Gabel aus, zwischen deren Spitzen eine Scheibe (die Leitscheibe) *f* mittelst einer Kurbel um die Axe *g h* gedreht werden kann.

Die Gestalt dieser Scheibe ist aus Fig. 2 (I. und II.) ersichtlich, wo *A* 1 2....7 *A* den Umfang derselben und *O* den Drehungsmittelpunct vorstellt. Es ist dies gleichsam die längst der Peripherie sich herumziehende Sinuslinie. Die Polargleichung derselben ist: $r = k + a \sin \varphi$ wo r der Vektor, φ der Polarwinkel, k der Halbmesser $A\,O$, a die Amplitude der Schwingung ($a = O\,a = 1''$) ist.

Die Construction dieser Figur und das Anfertigen einer grösseren Anzahl solcher Scheiben dürfte wohl nicht mit technischen Schwierigkeiten verbunden sein.

Die Axe *g h* muss in solcher Höhe angebracht sein, dass, wenn der Draht *c d* am tiefsten herabgesunken ist, die schmalste Stelle der Leitscheibe bei 6 (Fig. 2) die Gabel schleift.

Anmerkung. Sollte der Draht mit dem Knopfe vermöge seines Gewichtes nicht schnell genug sich nach abwärts bewegen, und die Gabel nicht continuirlich am Umfange der Leitscheibe schleifen, so müsste dies durch eine schwache Spiralfeder zwischen den Querleisten *m* und *n* bewerkstelligt werden. Auch liesse sich dies etwa dadurch bewirken, dass die Scheibe am Umfange mit einer Verdickung versehen ist, um welche sich die hakenförmig nach einwärts gekrümmten Spitzen der Gabel anschliessen.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

II. Transversal fortschreitende Wellenbewegung.

Den Apparat, welcher zur Darstellung der transversalen fortschreitenden Wellenbewegung dient, stellt Fig. 3 vor. Derselbe ist, dem oberen Theile nach, gleich dem in Dr. Fricks „Physikalischer Technik", 2. Aufl., Seite 274, beschriebenen Apparate.

In dem Holzgestelle *M N* sind in Zwischenräumen von je 1 Zoll etwa 17 Drähte in gleicher Art, wie in Fig. 1 *c d* angebracht, die mittelst einer Kurbel drehbare Axe *A B* trägt für jeden Draht eine besondere Leitscheibe von der in Fig. 2 dargestellten Form, diese Scheiben müssen so gestellt sein, dass jede einzelne an einem der Drähte schleift, und dass jede gegen die nebenliegende um einen und denselben Winkel, z. B. 45^0 nach derselben Seite gedreht erscheint. Wenn z. B. bei der in Fig. 3 dargestellten Ruhelage der Axe, an der ersten Scheibe von links (bei *o*) als höchster Punct der in Fig. 2 mit *A* bezeichnete Punct erscheint, so erscheinen an den nebenliegenden Scheiben (beziehungsweise bei 1, 2, 3 u. s. w.) die in Fig. 2 mit den gleichen Zahlen bezeichneten Puncte an den höchsten Stellen unterhalb des Drahtes.

Ich halte dafür, dass die hier beschriebene Construction weit leichter ausführbar ist, als die gewundene Walze, welche in dem früher genannten Werke angegeben ist, für die Bewegung der Drähte. Jedenfalls dürfte es wohl kaum angehen, mit den gewöhnlichen Schrauben-Schneidewerkzeugen die Oberfläche dieser Walze mit der Genauigkeit darzustellen, welcher unser Zweck erheischt. Denn die hier in Rede stehende Fläche der Walze müsste man sich dadurch entstanden denken, dass sich eine in der Ebene des Axendurchschnittes eines Cylinders gelegene Wellenlinie um die Axe dreht und dabei zugleich parallel zur Axe fortschreitet, so dass sie während einer Umdrehung um eine Wellenlänge fortrückt; dass folglich jeder Punct hierbei eine Schraubenlinie beschreibt, deren Höhe eine Wellenlänge ist. Ist die Dicke der Leitscheiben gleich der Distanz je zweier Drähte in Fig. 3 (1″), so müssen die Scheiben an der Axe *A B* eng an einander liegen. Hierdurch werden die Scheiben zusammengenommen einigermassen ähnlich der erwähnten Walze. Durch eine solche Anwendung dürfte auch der Apparat an Festigkeit gewinnen.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

III. Stehende Schwingung durch Interferenz transversal fortschreitender Schwingungen.

Um die Bildung stehender Schwingungen durch die Interferenz transversal fortschreitender Wellenbewegung zu zeigen, werden zwei Apparate von der Form der Fig. 3 so neben einander gestellt, dass die Axen der mit den Leitscheiben versehenen Walzen parallel sind. In Fig. 4 deuten *M* und *N* die oberen Theile dieser Apparate an. Bei dem zweiten Apparate *N* müssen die Leitscheiben der halben Amplitude des ersten Apparates entsprechen; folglich mit Rücksicht auf I. muss die Polargleichung der entsprechenden Curve sein: $r = k + \frac{a}{2} \sin \varphi$ Fig. 2 II. stellt eine solche Scheibe dar. Ferner müssen die Leitscheiben von vorne nach rückwärts nach der entgegengesetzten Richtung gedreht erscheinen, wie in *M*. Im Uebrigen müssen beide Apparate genau gleich gebaut sein.

Die Drahtstäbe beider Apparate sind unterhalb der Knöpfchen mit kleinen Häkchen versehen, wie aus Fig. 3 zu ersehen ist. Je zwei Drahtstäbe sind durch je einen Hebel verbunden (wie Fig. 4 darstellt) dergestalt, dass der Hebel *a c* nahe dem einen Ende mit einem kleinen Ringe versehen ist, welcher auf dem einen Häkchen hängt und in der Mitte bei *b* auf dem Häkchen des zweiten Drahtstabes aufliegt. Hierbei muss $a\,b = b\,c$ sein. Die Enden des Hebels sind mit kleinen Metallkügelchen versehen, um das Gewicht zu vergrössern.

Die Bewegungswalzen beider Apparate sind mit gezahnten Rädern *R* (Fig. 3) von gleicher Anzahl Zähne versehen, und werden durch ein zwischen den Apparaten angebrachtes drittes Zahnrad, das in die ersten beiden eingreift, gleichzeitig in Bewegung gesetzt.

Die Bewegung von *A* (Fig. 4) wird auf *c* im entgegengesetzten Sinne übertragen. Bei der Bewegung des Apparates *M* werden die hinter *c* liegenden Kügelchen eine Wellenbewegung darstellen, welche der an dem Apparate *M* versinnlichten Wellenbewegung gleich kommt, nur um eine halbe Wellenlänge vorangerückt erscheint.

Die Bewegung von *B* hingegen wird auf *c* in demselben Sinne übertragen, jedoch der Grösse nach verdoppelt. Weil die dem Apparte *N* entsprechende Amplitude $\frac{a}{2}$ ist, so werden bei der Bewegung dieses Apparates die hinter *c* liegenden Kügelchen eine Welle versinn-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

lichen von gleicher Gestalt, wie an dem Apparate M, nur in entgegengesetzter Richtung fortschreitend.

Bei gleichzeitiger Bewegung beider Apparate zeigen die hinter c liegenden Kügelchen die durch die Interferenz erzeugte Welle (hier eine stehende). Um die Knotenpuncte in den Kügelchen der Reihe hinter c zu erhalten, müssen in der Ruhelage an beiden Apparaten irgend zwei correspondirende (d. h. einem und demselben Hebel entsprechende) Leitscheiben eine übereinstimmende Stellung haben.

Anmerkung 1. Die Kügelchen, welche die Bewegung der Interferenzwelle veranschaulichen, bleiben wohl nicht in derselben Verticalebene. Doch ist es möglich, durch entsprechende Länge der Hebelarme $a\,b$ und $b\,c$ (Fig. 4) diese Abweichungen beliebig zu verringern. Uebrigens zeigt sich das Entstehen der stehenden Schwingung trotz dieser Abweichung klar.

Ist $d = a\,b$ (Fig. 4) die Distanz der beiden Apparate und bezeichnet a die Amplitude der Schwingung, so ergibt sich für die grösste bei der Bewegung zum Vorschein kommende Verschiebung A des Unterstützungspunctes b (Fig. 4.) der Werth:

$$A = d\left(\sqrt{1 + \frac{9}{4}\,\frac{a^2}{d^2}} - 1\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{I.}$$

Wird der Wurzelausdruck entwickelt, und werden blos die ersten drei Glieder berücksichtiget, so findet man:

$$A = d\left[\frac{9}{8}\,\frac{a^2}{d^2} - \frac{81}{128}\left(\frac{a^2}{d^2}\right)^2 + \frac{729}{1024}\left(\frac{a^2}{d^2}\right)^3 \ldots\ldots\ldots\right]$$

$$\text{oder } A = \frac{a^2}{d}\left[\frac{9}{8} - \frac{81}{128}\left(\frac{a}{d}\right)^2 + \frac{729}{1024}\left(\frac{a}{d}\right)^4 \ldots\ldots\right]$$

Dieser Ausdruck lehrt, dass A um so kleiner ist, je grösser d im Verhältnisse zu a ist.

Für die grösste Abweichung B des Punctes c von der Verticalebene erhält man:

$$B = 2\,d\left(1 - \sqrt{1 - \frac{1}{1 + \frac{9}{4}\,\frac{a^2}{d^2}}}\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{II.}$$

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

$$B = 2\,d\left(1 - \frac{\sqrt{1 + \frac{9}{4}\frac{a^2}{d^2}}}{1 + \frac{9}{4}\frac{a^2}{d^2}}\right) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

Für $a = 1''$ und $d = 5''$ findet man:

$$A = 0{\cdot}2199'' = 2{\cdot}6391''' \text{ und}$$
$$B = 0{\cdot}4217'' = 5{\cdot}04''' \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (\alpha)$$

Nimmt man aber $d = 10''$, so bekommt man:

$$A = 0{\cdot}11187 = 1{\cdot}33''' \text{ und}$$
$$B = 0{\cdot}2214'' = 2{\cdot}657''' \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (\beta)$$

Noch verringern lässt sich diese Abweichung, wenn man den Hebeln die bei $a'\,c'$ (Fig. 4) angedeutete Einrichtung gibt, so dass der Ring, woran der Hebel hängt, in der Mitte bei b' angebracht ist, und bei n der Hebel blos auf dem Häkchen aufliegt. In diesem Falle beträgt die Abweichung bei c' blos die Hälfte der obigen (II.), nämlich:

$$B' = d\left(1 - \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{9}{4}\frac{a^2}{d^2}}}\right) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{III.}$$

In diesem Falle muss für die Verschiebung des Häkchens bei n ein Spielraum freigelassen werden von der Grösse:

$$A' = \frac{d}{2}\left(\sqrt{1 + \frac{9}{4}\frac{a^2}{d^2}} - 1\right) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{IV.}$$

Für $d = 10''$ wird demnach:

$$A' = 0{\cdot}67''' \text{ und}$$
$$B' = 1.328'''$$

Anmerkung 2. Beträgt die Entfernung der Apparate 10 Zoll, so können sämmtliche 3 Zahnräder einen Halbmesser von 2·5 Zoll bekommen.

IV. Longitudinal fortschreitende Bewegung.

Um die longitudinal fortschreitende Schwingung zu zeigen, dient das in Fig. 5 in perspectivischer Ansicht dargestellte Gestelle.

Auf dem Fussbrete A von etwa 30″ Länge und 6″ Breite sind die beiden rechteckigen Rahmen B und C (in einer Entfernung

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

von 19″) befestigt. Die Höhe der verticalen Leiste *a b* beträgt 6″, die Höhe des Rechteckes selbst *b c* = 4″. Jede der horizontalen Leisten ist mit 8 horizontalen Bohrungen (1, 2, 3 u. s. w.) von je $^1/_2$ Zoll gegenseitigem Abstande versehen.

Neben dem Rahmen *B* in einer Entfernung von 4″ befinden sich die beiden Stützen *E* und *F* für die bewegende Walze. Diese Walze ist in der Zeichnung weggelassen und nur die Zapfenlager (in einer Höhe von 4″) sind durch Puncte angedeutet. An der Walze selbst sind acht Leitscheiben angebracht, wie bei dem Apparate in Fig. 3 nur mit dem Unterschiede, dass die Abstände je zweier Scheiben $^1/_2$ Zoll betragen. Die Scheiben selbst sind am Umfange mit einem beiderseits etwa 1 Linie vorstehenden Rande versehen. Dies dürfte sich am leichtesten in Metall ausführen lassen.

In den Bohrungen des Gestelles sind acht rechteckige Rahmen aus dickem, steifem Eisendraht beweglich angebracht.

In Fig. 6 (I. bis VIII.) sind diese Rähmchen nach dem beigefügten Massstabe *M N* dargestellt. Sie haben eine Länge von 22 und eine Höhe von 4 Zoll. Das Rähmchen I. trägt in der Mitte (bei *b*) und zu beiden Seiten in 8 Zoll Entfernung (bei *a* und *c*) verticale Drähte, die senkrecht auf die Ebene des Rahmens horizontal und dann vertical gebogen sind; am oberen Ende sind dieselben, wie in Fig. 3 die Drähte mit Knöpfchen und Häkchen versehen. Der horizontale Arm hat eine Länge von $1^3/_4$ Zoll.

Die übrigen Rahmen (II. bis VIII.) tragen nur je zwei Drähte, welche von den gleichliegenden Stellen *a* und *b* um je einen Zoll weiter nach rechts liegen (wie die Vergleichung der Zeichnungen ersichtlich macht). Die Dimensionen dieser Drähte müssen genau gleich sein, nur die horizontalen Arme sind verschieden. Sie sind bei I. bis IV. nach rückwärts gebogen und betragen bei I. $^7/_4$″, bei II. $^5/_4$″, bei III. $^3/_4$″ und bei IV. $^1/_4$″, bei den übrigen (V. bis VIII.) sind sie nach vorwärts gebogen und haben nach der Reihe eine Länge von $^1/_4$, $^3/_4$, $^5/_4$, $^7/_4$ Zoll.

Werden diese Rähmchen in das Gestelle Fig. 5 so eingesetzt, dass die mit 1, 2, 3 u. s. w. bezeichneten Ecken durch die mit den gleichen Zahlen bezeichneten Bohrungen gesteckt erscheinen, so kommen sämmtliche Knöpfchen der Drähte in eine gerade Linie zu liegen.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Um die Rähmchen in Bewegung zu setzen, trägt jedes derselben in der Mitte der linken Seite zwei gegen einander gekrümmte kurze Häkchen, welche sich an die Ränder der Leitscheiben anlegen. Wird demnach die Walze gedreht, so gerathen die Knöpfchen in eine oscilirende Bewegung, wie es der longitudinal fortschreitenden Schwingung entspricht.

Anmerkung 1. Sollte etwa die Reibung an den Leitscheiben die Beweglichkeit des Apparates hindern, so könnte jede Rahme blos durch eine kurze Spitze mit der zugehörigen Leitscheibe in Verbindung stehen, dabei müsste die Bewegung nach links durch Federn hervorgebracht werden. In beiden Fällen richtet sich die Länge sowohl der Häkchen, als der Spitzen nach der Gestalt der eingebogenen Seite der Leitscheibe.

Anmerkung 2. Um die Bewegung der Knöpfchen ohne Störung beobachten zu können, dürfte es angezeigt erscheinen, den ganzen Apparat mit einem Holzkasten zu umgeben und nur die Drähte mit den Knöpfchen durch einen Einschnitt hervorragen zu lassen.

V. Stehende Schwingung durch Interferenz longitudinal fortschreitender Schwingungen.

Mit Bezugnahme auf das in III. Angeführte dürfte es wohl klar sein, wie sich die Interferenz longitudinal fortschreitender Schwingungen und die dadurch entstandene stehende Schwingung darstellen lässt. Man nehme nur zwei Apparate wie sie IV. beschrieben sind, von gleichen Dimensionen, nur mit dem Unterschiede, dass beim zweiten Apparate die Leitscheiben der halben Amplitude entsprechen und nach der entgegengesetzten Richtung gedreht erscheinen.

Beide Apparate werden so neben einander gestellt, dass die Axen der Bewegungswalze in eine gerade Linie fallen. (Es wäre zweckmässig, beide Apparate auf einem gemeinschaftlichen Fussbrete zu befestigen und beide Drehungswalzen zu einer einzigen zu verbinden, so dass sie durch eine und dieselbe Kurbel gedreht werden können.) Die Verbindung von je zwei Knöpfchen geschieht ebenso, wie es in Fig. 4 dargestellt ist.

VI. Kreisförmige Schwingung durch Interferenz zweier gradliniger Schwingungen.

1. Art. Um zu zeigen, dass zwei geradlinige unter rechten Winkeln sich kreuzende Schwingungen eine kreisförmige Bewegung hervorbringen können, dient der in Fig. 7 skizzirte Apparat.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

An dem quadratischen Brete *M N O P* von 9 bis 10 Zoll Seitenlänge ist die um *O* drehbare Scheibe S von $1^1/_4$ Zoll Halbmesser befestigt.

A B C D ist ein rechteckig geformter Rahmen aus unbiegsamem Drahte, dessen eine kürzere (4″ lange) Seite *A B* aus zwei parallelen Drahtstäben besteht. Die gegenüberstehende Seite erscheint über *C* bis *I* (etwa um 4″) verlängert, und trägt an der Verlängerung einen kleinen Knopf. Die längeren Seiten haben eine Länge von $4^1/_2$ bis 5 Zoll. *a*, *b*, *c*, *d* sind vier kleine an dem Brete befestigte etwa 1″ hohe Klötzchen, welche durchbohrt sind, so dass sich in den Bohrungen der Rahmen leicht auf- und abschieben lässt. Die untern Klötzchen *a* und *c* sind ungefähr mit dem höchsten Puncte der Scheibe in gleicher Höhe, die oberen *b* und *d* liegen in einem Abstande von etwa 2″ von jenen; übrigens müssen sie sämmtlich so gestellt sein, dass die Mitte der Seite *A B* bei der Bewegung durch den Mittelpunct *O* geht. *E F G H* ist ein zweiter mit dem oben angegebenen gleicher Rahmen, bei welchem *G H* bis *K* verlängert erscheint, und gleichfalls ein Knöpfchen trägt. Die Seiten *E H* und *F G* gehen in gleicher Art durch Bohrungen in den Klötzchen *e*, *f*, *g*, *h*. Diese Klötzchen sind länger als die ersteren und die Bohrungen stehen weiter von dem Brete ab, als bei diesen, so dass die Seite *E F* an der Kreuzungsstelle (bei *n*) oberhalb *A B* und *G K* bei *m* oberhalb *D I* zu liegen kommt. An dem Kreuzungspuncte bei *n* (1″ von dem Mittelpuncte *O* entfernt) wird ein möglichst glatter Zapfen, welcher gleichzeitig als Kurbel dient, zwischen den parallelen Drahten beider Rähmchen in der Scheibe befestigt. Wird nun die Scheibe gedreht, so zeigen die beiden Knöpfchen *I K* geradlinige Schwingungen.

Der Kreuzungspunct bei *m* gibt die durch die Interferenz erzeugte kreisförmige Bewegung an. Zu diesem Ende bringt man dort einen doppelt durchbohrten Knopf an, der sich gleichzeitig auf *C* und *I*, auf *H* und *K* ohne bedeutende Reibung schieben lässt.

Anmerkung 1. Zur Vermeidung der Reibung könnte das Kügelchen bei *m* statt der Bohrungen zwei mit ihren Ebenen auf einander senkrecht stehende Ringe erhalten. Sollte auch dann noch die Reibung die Beweglichkeit des Apparates hindern, so dürfte es genügen, auf dem Brete bei *m* die kreisförmige Bahn in einer hellen Farbe zu

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

verzeichnen und die Beobachtung würde zeigen, dass der Durchschnittspunct *m* stets in die Peripherie jenes Kreises fällt.

Anmerkung 2. Es dürfte für die Schule auch vortheilhafter sein, das Bret *M N O P* vertical zu stellen und mit entsprechenden Füssen zu versehen, dann könnte die Scheibe *S* auch von rückwärts durch eine Kurbel gedreht werden.

2. Art. Anders liese sich dieselbe Wirkung darstellen, durch Anwendung eines Hebels, wie ihn Fig. 4 zeigt. Hierbei müssten die Puncte *a* und *b* in gegenseitig rechtwinkligen Bahnen (geradlinig) schwingen, und bei *b* die Amplitude die Hälfte von jener des Punctes *a*, ferner der Phasenunterschied zwischen *a* und *b* $^1/_4$ Schwingung betragen.

Die Fig. 8 zeigt die Details des entsprechenden Apparates. Auf dem Fussbrete *M* ist der rechtwinklige Rahmen *A* (4″ hoch, 6″ breit) so aufgestellt, dass unter der untern Leiste noch ein Spielraum von $1^1/_2$ bis 2 Zoll frei bleibt. In entsprechend angebrachten Bohrungen ist das aus steifem Drahte gebildete Rechteck *d e f g* (4 bis 5″ breit, $5^1/_2$ bis 6″ hoch), ohne grosse Reibung auf- und abwärts beweglich, die beiden verticalen Seiten sind in der Mitte durch zwei nahe neben einander parallel laufende Drähte *O s* verbunden und die obere Seite trägt in der Mitte einen verticalen Drahtstift, welcher in einen kleinen Ring *a* endet.

Von *A* 10 Zoll entfernt, befinden sich die beiden Tragsäulen *B* und *C* (von 6″ Höhe in einem gegenseitigen Abstande von etwa 4″). Hierin sind entsprechend vier Bohrungen angebracht, durch welche das gleichfalls aus Draht gebildete Rechteck *k l m n* (etwa 5″ bis 6″ breit, Höhe den Bohrungen entsprechend) gesteckt wird.

In der Mitte laufen zwei parallele Drähte *u v* vertical, und an der oberen Seite ist ein Drahtstift befestigt, welcher den Knopf *b* trägt. Zwischen *A* einerseits und *B C* andererseits ruht in entsprechenden Trägern (die in der Figur der Deutlichkeit halber weggelassen sind) die Walze *D*[1]) angebracht. Diese trägt an den beiden Enden die kreisförmigen Scheiben *E* und *F* (Halbmesser $1^1/_4$″). In diesen Scheiben sind in einem Abstande von 1 und respect. $^1/_2$″ vom Mittelpuncte die beiden Zapfen *x y* so befestigt, dass sie in demselben Axendurchschnitte liegen

---

[1]) *D* sollte in der Zeichnung unterhalb des Gestelles Fig. 8 gestellt sein.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

und zwischen den mittlern parallelen Drähten der Rähmchen hindurch gehen. Die Träger jener Walze bestehen aus zwei verticalen Säulchen mit runden Bohrungen (Zapfenlagern), durch welche die Walze hindurch gesteckt ist. Die horizontale Verschiebung könnte durch entsprechend angebrachte Verdickungen an der Walze verhindert werden.

Wird nun bei dem Zapfen *x* mit der Hand gedreht, so zeigt *a* eine verticale und *b* eine horizontale Schwingung. Soll die in Frage stehende Interferenzwirkung zum Vorscheine kommen, muss der Ring *a*, wenn er die Mitte seines Weges passirt, gleiche Höhe haben mit *b*. Wird dann der Hebel *a c*, wie aus der Figur zu ersehen ist, mit dem Apparate in Verbindung gebracht, so zeigt bei der Drehung der Walze der Punct *c* die verlangte kreisförmige Bewegung.

Anmerkung. Mit diesem Apparate liesse sich noch den Schülern zeigen, dass die Bewegung von *b* auf *c* in doppelter Grösse übertragen wird, wenn man den Zapfen *x* entfernt, dafür aber in der Mitte der Scheibe *E* eine Kurbel einsetzt. Wird dagegen der Zapfen *y* in die Mitte der Scheibe *F* versetzt, so sieht man die Uebertragung der Bewegung von *a* auf *c* auch abgesondert.

VII. Geradlinige Schwingung durch Interferenz zweier kreisförmigen Schwingungen.

Die Erzeugung einer geradlinigen Schwingung durch Interferenz zweier kreisförmiger lässt sich ebenfalls mittelst eines Hebels, wie *a c* (Fig. 4) darstellen, wenn die Puncte *a* und *b* im entgegengesetzten Sinne in kreisförmigen Bahnen bewegt werden, wobei der Halbmesser der Bahn von *b* die Hälfte beträgt vom Bahnhalbmesser des Punctes *a*. Um diese kreisförmige Bewegung hervorzubringen, dient die in Fig. 9 dargestellte Vorrichtung. 4 kürzere und 2 längere Leistchen sind durch Stifte zu zwei beweglichen kleineren Parallelogrammen verbunden. Die längeren Leistchen *A B* und *C D* sind (von einem Stift zum andern) 4″ lang und an der Kreuzungsstelle bei *O* um eine Axe drehbar an dem 3″ hohen Säulchen *M* befestigt. Die kürzeren Seiten haben von Stift zu Stift eine Länge von 2″ und zwei entgegenstehende Leistchen, z. B. *A B* und *E F*, erscheinen noch über die Verbindungsstelle um etwa $^1/_4$″ bis $^1/_2$″ verlängert. Durch die Oeffnung bei *F* geht locker ein Zapfen, welcher in der kreisförmigen Scheibe *S* in einem Abstande von

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

1″ von der Axe befestigt ist. Die Axe der Scheibe ruht in der Säule *N* mit *O* in gleicher Höhe in einem Abstande von etwa $2^1/_2$″ davon. Wird nun der Punct *F* im Kreise bewegt, so beschreibt der gegenüberstehende Punct E eine gleiche Bahn. Um die in Rede stehende Interferenz darzustellen, wendet man noch einen zweiten Apparat, welcher sich von dem eben beschriebenen blos dadurch unterscheidet, dass der mit *F* analoge Punct von der Umdrehungsaxe der Scheibe blos $^1/_2$″ entfernt ist. Beide Apparate werden so aufgestellt, dass die Axen bei *O* in dieselbe Gerade fallen. Der Verbindungshebel *a b* (vide Fig. 4) geht durch *E* und den analogen Punct des zweiten Apparates. Werden beide Scheiben im entgegengesetzten Sinne mit gleichen Geschwindigkeiten gedreht, so zeigt der Endpunct des Hebels *c* (Fig. 4) die geradlinige Schwingung annährend. Die Richtung dieser Bahn hängt von der Phasendifferenz der kreisförmigen Bewegungen ab.

Die entsprechende Bewegung der beiden Scheiben liesse sich dadurch erzeugen, dass man an ihren Axen Zahnräder (*R* und *R′*) mit gleicher Zähnezahl befestiget und in die Zähne derselben ein Kammrad *(K)* eingreifen lässt, dessen Ebene auf den Ebenen von *R* und *R′* senkrecht steht.

Es leuchtet ein, dass auch eine andere Art der Verzahnung den Zweck erfüllt, nämlich bei sämmtlichen Rädern *R* und *R′* und *K* unter 45^0 gegen ihre Ebene geneigt. Das mittlere Rad *K* kann einen Halbmesser von 2 bis $2^1/_2$″ haben; die beiden anderen Räder *R* und *R′* müssen in entsprechenden Entfernungen angebracht sein.

Wird nun *K* gedreht, so tritt die gewünschte Bewegung ein.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Taf. III.

LANG, APPARATE zur DEMONSTRATION der Wellenbewegung.

Fig. 1.

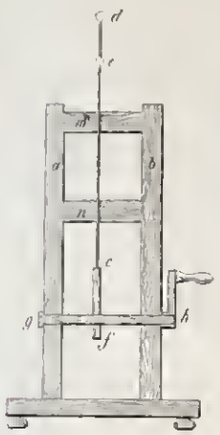


Fig. 2.

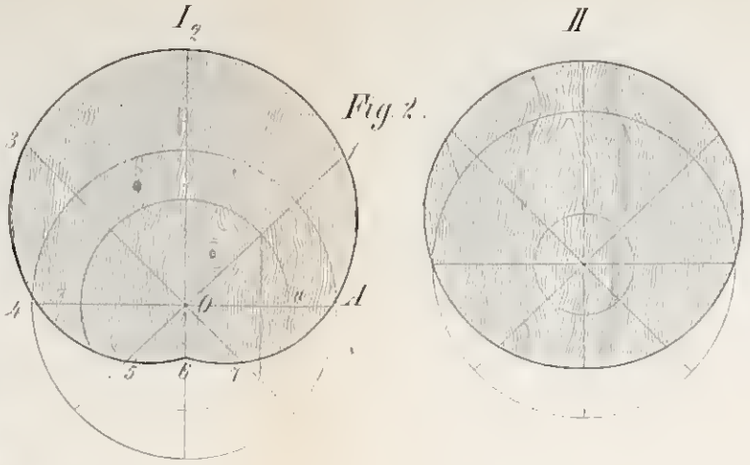


Fig. 3.

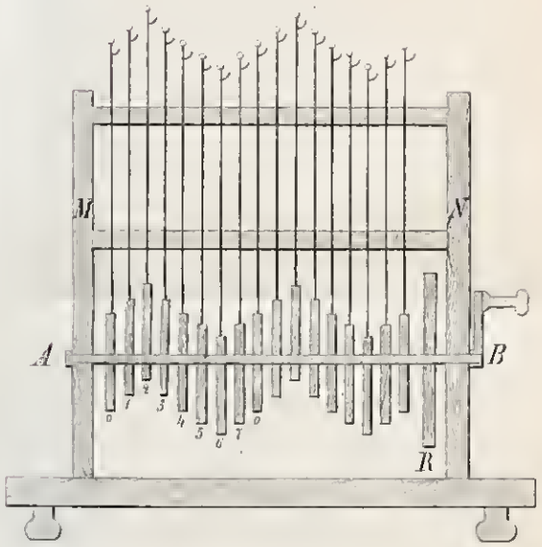


Fig. 4.

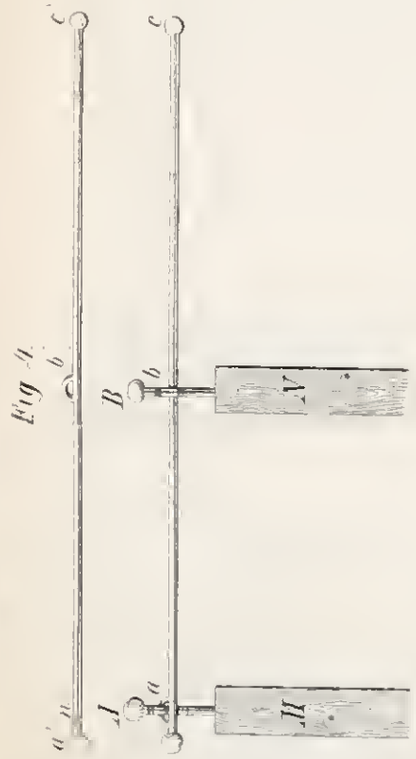


Fig. 5.

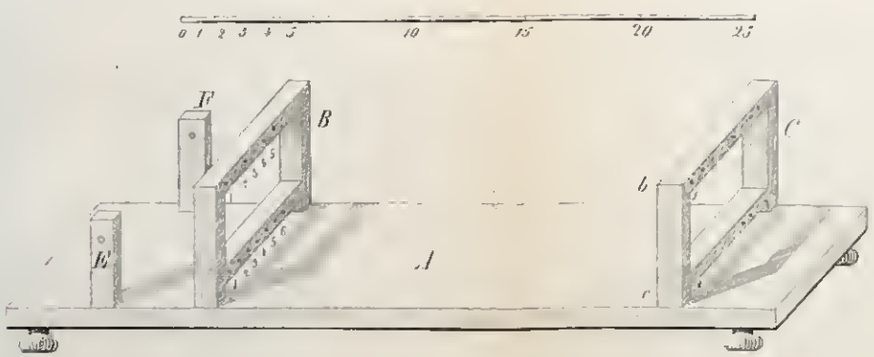


Fig. 6.

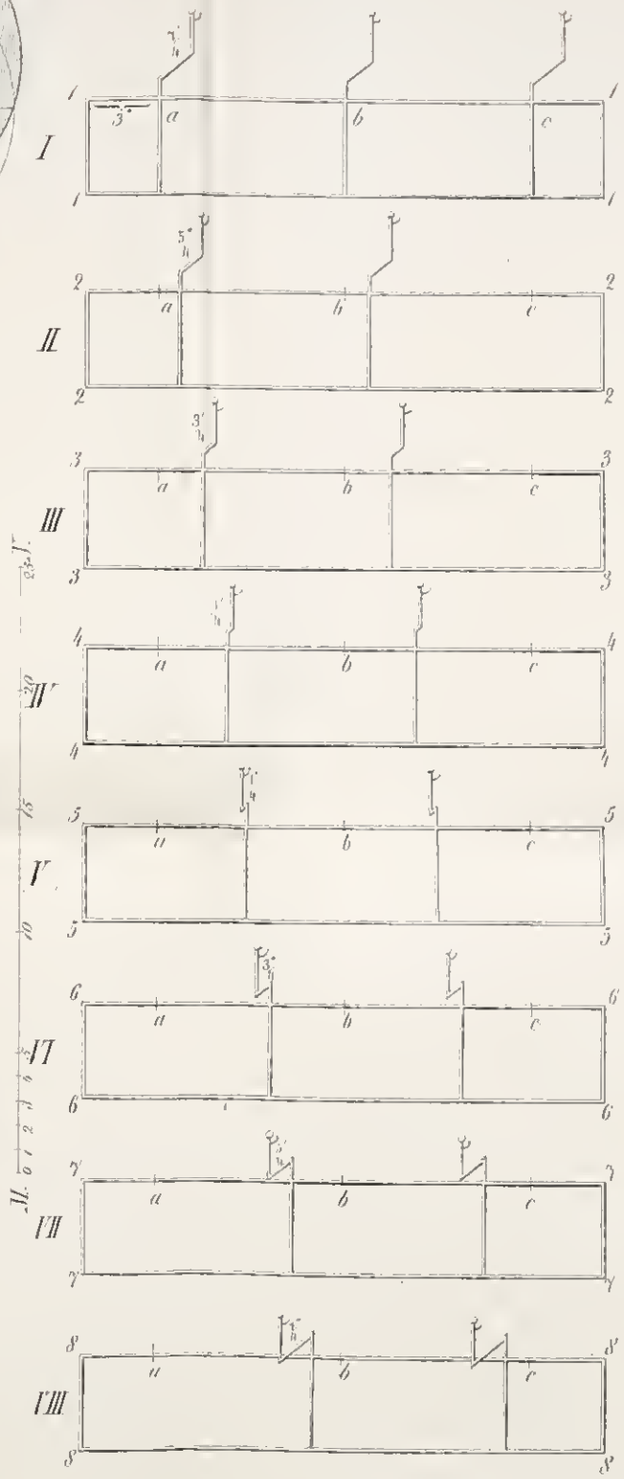


Fig. 7.

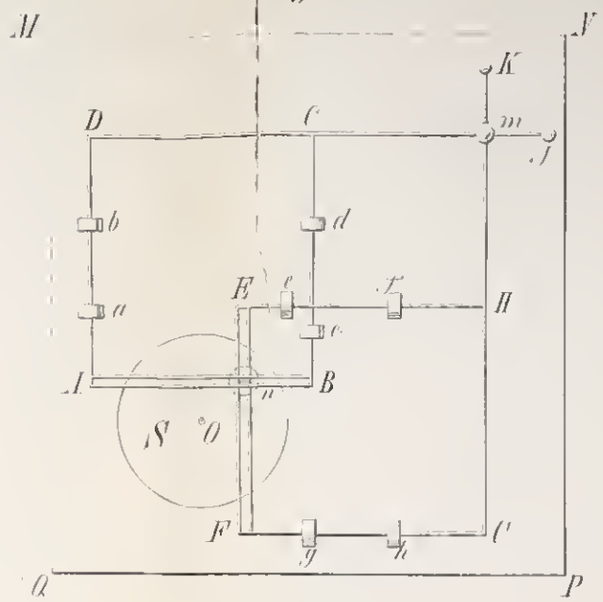


Fig. 8.

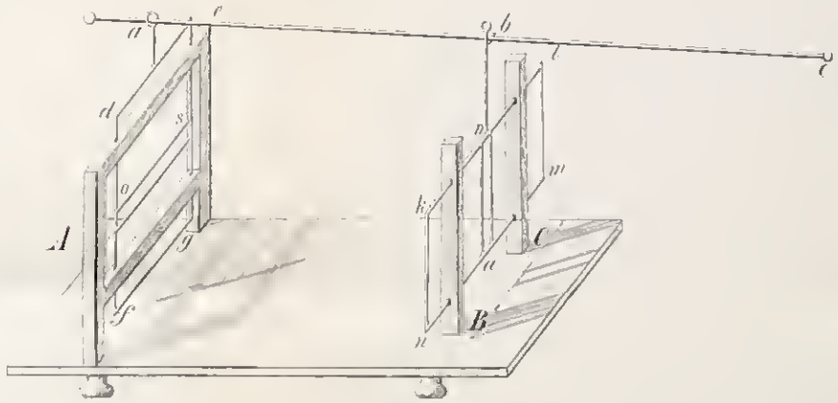
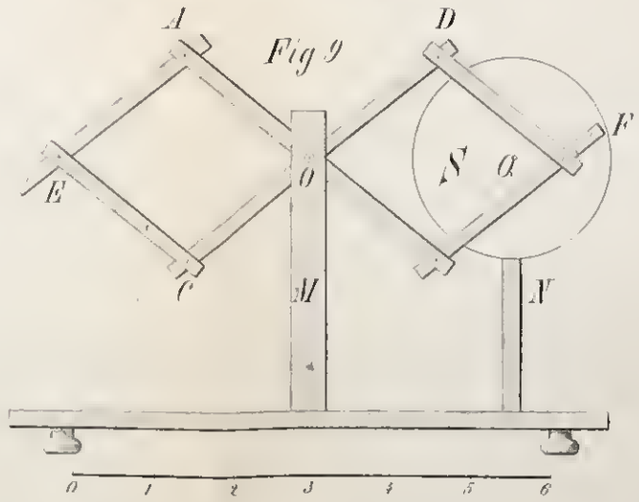


Fig. 9



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Verhandlungen des naturforschenden Vereines in Brünn

Jahr/Year: 1867

Band/Volume: 06

Autor(en)/Author(s): Lang Jos.

Artikel/Article: Skizzen von Apparaten zur Demonstration der Wellenbewegung 153-164