

12. *Ueber die Erregung stehender Wellen durch electrische Funkenentladungen; von F. Melde.*

1. Das Experiment mit dem electrischen Glockenspiel, wobei zwei an einem Seidenfaden aufgehängene Metallkugeln zwischen je einem seitlichen Glöckchen und dem dritten mittleren Glöckchen Pendelbewegungen ausführen, führt zu weiteren Consequenzen, wobei insbesondere bei Fäden, Metallsaiten, Metalllamellen stehende Wellenbewegungen erzeugt werden, welche immerhin interessant sind und wobei sich zeigt, dass diese Bewegungen nicht bloss, wie gewöhnlich, durch den electrischen Strom mittels der Electromagnete, sondern auch durch statische Funkenentladungen dauernd und regelmässig erhalten werden können. Um für unsere jetzigen Experimente die Bedingungen zu ihrem Gelingen zu erkennen, lässt sich der Versuch mit einem einfachen Pendel zwischen zwei entgegengesetzten Polen einer Influenzmaschine verschiedentlich modificiren. An einem horizontalen Glasstabe verschieben sich zwei Messingschieber mit den entsprechenden Metallarmen, die an den Enden bald Spitzen, bald Kugeln, bald kreisrunde Scheiben als Polenden tragen können. Zwischen solchen Polenden befindet sich eine an Seidenfäden keilförmig-bifilar aufgehängte Metallkugel. Lässt man sie zwischen *Spitzen* hängen und versucht sie in Pendelbewegung zu versetzen, so wird diese durch die electrischen Entladungen *nicht* unterhalten. Denn aus den Spitzen strömt Electricität auf die Kugel aus und wenn diese auch im Anfang von einer Spitze abgestossen wird, so wird sie durch das Ausströmen der entgegengesetzten Electricität aus der anderen Spitze, schon ehe sie diese Spitze erreicht, neutralisirt. Das Ausströmen der Electricitäten aus beiden Spitzen macht hiernach die Spitze dauernd neutral und hat diese daher keine Neigung in eine Pendelbewegung zu gerathen. Diese Unmöglichkeit, eine Pendelbewegung zu erhalten, tritt auch ein, wenn man die Kugel zwischen zwei kreisrunde Polplatten hängt und diese so stellt, dass die erstere zwischen zwei *Rändern* der Platten pendeln müsste,

weil auch aus diesen Rändern die Electricitäten auf die Kugel schon aus der Entfernung ausströmen.

Stellt man die eine Platte so, dass die Pendelkugel bei ihrer Bewegung den Mittelpunkt der Scheibe trifft, bei der anderen Platte dagegen deren Rand, so tritt eine dauernde Pendelbewegung ein, die sich leicht erklären lässt. Am leichtesten und am intensivsten wird aber die Pendelbewegung erhalten, wenn die Pendelkugel beide Scheiben in ihrem *Centrum* erreichen kann.

Das Tempo der Schwingungen hängt offenbar von der Menge der Electricitäten ab, die auf den beiden Platten sich befindet, sodann aber auch wesentlich von der Entfernung der Platten, sodass die ganze Bewegung der Kugel und mit ihr die Bewegung des Fadens als eine theilweise erzwungene aufgefasst werden muss.

2. Für die jetzt zu beschreibenden Fadenschwingungen ergibt sich nun nach dem, was soeben in Kürze auseinander-gesetzt wurde, die Anordnung der Versuche ohne Schwierigkeit. An die Stelle unserer isolirt aufgehängenen Pendelkugel soll ein fadenförmiger Körper, isolirt befestigt, treten. Daraus folgt, dass wir Metalldrähte, Metallfäden etc. zu verwenden haben, die an ihren Enden isolirt befestigt und entsprechend in ihrer Spannung verändert werden können. Ich mache es so, dass der Faden in horizontaler Lage an einem Ende mit einer in einem Hartgummiklötzchen befindlichen Klemme festgeklemmt und am anderen Ende durch einen Wirbel, auch in einem Hartgummiklötzchen drehbar, gespannt werden kann. Die Länge des Fadens kann eine sehr beträchtliche sein und verwende ich Fäden von sieben und mehr Metern Länge. Als Fäden eignen sich sehr die in den Stickereiläden unter dem Namen „Goldfrisé“ oder auch „japanisches Gold“ zu findenden Fäden. Aber auch dünne Metallsaiten können verwendet werden.

3. Die electricischen Entladungen zwischen den Polkugeln wurden nun mit einer 20scheibigen Toepler'schen Influenzmaschine erzielt, die aber auch durch eine zweiseibige oder auch eine kleinere Holtz'sche Maschine vertreten werden kann, falls man eben geringere Electricitätsmengen haben will. Die Polkugeln mit einem Durchmesser von 26 mm werden

dann auf einer *verticalen* Glassäule in bestimmter, gegenseitiger Entfernung festgestellt. Mitten zwischen ihnen durch läuft der Goldfaden. Bei einer Länge des Fadens von 8 m kann man die Kugeln, falls jener der ganzen Länge nach seine Grundschiwingung ausführen soll, immerhin bis auf 6—8 cm von dem Faden entfernen. Ist die Maschine in Thätigkeit, so biegt man mit einem Federchen den Faden nahe genug nach einer Polkugel hin, damit ein Funke nach dem Faden hin überspringen kann, dieser schwingt dann nach der anderen Kugel hin und bald wird man die stehende Bewegung des Fadens eintreten sehen, die beliebig lange Zeit hindurch, falls die Maschine weiter gedreht wird, unterhalten werden kann. Die richtige Entfernung der Polkugeln vom Faden wird man bald erfahren.

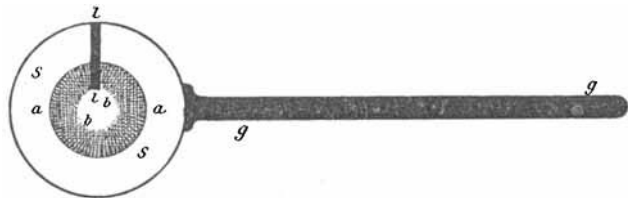


Fig. 1.

Nun kommt es darauf an, die 2., 3., 4. etc. *Oberschwingung* des Fadens einzuleiten. Hierbei beachte man folgendes. Zweifellos ist der Vorgang der Funkenentladung nicht ein so streng genau periodischer als wie die Stromunterbrechungen bei meinem electrischen Stimmgabelapparat¹⁾, wobei ein Electromagnet die continuirliche Schwingung einer Stimmgabel veranlasst, an deren einem Zinkenende das eine Ende eines horizontal ausgespannten Fadens befestigt ist. Es wird deshalb bei der Funkenentladung der statischen Electricität von Vortheil sein, wenn man die Bildung eines oder zweier Knotenpunkte durch einen zweckmässig construirten *Dämpfer* begünstigt. Ich habe mir nun für diese meine Versuche äusserst zweckmässige Dämpfer construiert, von denen ich einen durch die Fig. 1 genau versinnlichen kann. Man nimmt ein niedriges, kreisrundes, sogenanntes Pillenschächtelchen *SS* von z. B. 12 mm Höhe und 45 mm Durchmesser. Mittels eines scharfen Locheisens schlägt man

1) Vgl. F. Melde, Wied. Ann. 24. p. 504. 1885.

in den Deckel und ebenso in den Boden des Schächtelchens je ein kreisrundes Loch *aa* von ca. 24 mm Durchmesser. Sodann schneidet man sich aus einem Pack Baumwolle einige Lagen kreisrund heraus, sodass mit ihnen das Schächtelchen ziemlich dicht ausgefüllt werden kann. Dann schliesst man das Schächtelchen, kittet mittels Siegelack das Deckelchen mit dem zweiten Theil vom Schächtelchen fest zusammen und schlägt sodann mit einem zweiten scharfen Durchschlag in die Baumwolle ein Loch *bb* mit einem Durchmesser von ca. 11 mm; sodann brennt man mittels eines glühend gemachten Strickstocks quer durch das Schächtelchen und die Baumwolle einen Schlitz *ll* und kittet zuletzt an den Rand des Schächtelchens einen Stiel *gg* von Hartgummi, an welchem man den ganzen Dämpfer irgend wie in einem Stativ festklemmen kann. Diesen Dämpfer kann man nun so stellen, dass er an einen Knoten der zu erreichenden Aliquotschwingung des Fadens zu stehen kommt, falls vorher der letztere durch den Schlitz *ll* in die innere Höhlung der Baumwolle hineingebracht wurde.

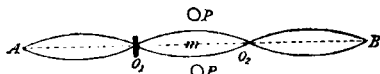


Fig. 2.

Wer den Versuch wiederholt, wird die Erfahrung machen, dass ein solcher Dämpfer in ausgezeichneter Weise seinen Zweck erfüllt.

4. Soll nun der Faden z. B. die 3. Oberschwingung ausführen, so stellt man die Polkugeln *PP* in der Mittelebene des Fadens (oder noch besser in einem $\frac{1}{6}$ von *A* gerechnet), also bei *m* auf und ebenso einen Dämpfer links in einem Drittel vom linken Fadenende bei o_1 so ein, wie die Fig. 2 andeutet. Sobald die Funken auf den Faden überspringen, und die Entfernung der Kugeln vom Faden entsprechend regulirt ist, wird man die gewünschte Aliquotschwingung bald eintreten sehen, wobei sich dann der Knoten o_2 ganz frei bildet.

Ebenso leicht ist es, den Faden in die 4. Oberschwingung zu versetzen. Die Kugeln kommen dann, z. B. von *A* aus nach rechts gerechnet, in $\frac{1}{8}$ der Fadenlänge, der eine Dämpfer in $\frac{1}{4}$ von *A* und der zweite in *m* zu stehen. Der dritte Knoten in $\frac{3}{4}$ von *A* aus kommt dann völlig frei zu Stande, oft aber erzielt man diese Schwingung auch schon mit einem Dämpfer in $\frac{1}{4}$ der Länge.

So fortfahrend wird man noch höhere Aliquotschwingungen herausbringen, ohne dass man die Zahl der Dämpfer über zwei zu vermehren hätte. Je höher die Ordnungszahl der Oberschwingung ist, desto näher müssen die Polkugeln an den Faden heran.

5. Die Schwingungen des Fadens dauern solange als die Influenzmaschine gedreht wird. Man kann aber leicht den Versuch in der Weise verändern, dass man mit der Maschine zunächst eine grosse Leydener Flasche ladet und diese dann durch den schwingenden Faden successiv entladen lässt. Je grösser dann die Capacität der Flasche ist, desto länger dauert die Zeit der successiven Entladung. Unser Marburger Institut besitzt als eine Anschaffung von R. H. A. Kohlrausch aus dem Jahre 1853 eine werthvolle grosse Batterie von 50 Flaschen mit einer Gesamtbelegung von zweimal 3,4 qm. Mittels der 20scheibigen Maschine kann diese Batterie schon bei etwa 8—10 Umdrehungen vollständig geladen werden und dauert die successive Entladung, nachdem man zu drehen aufgehört hat, dann etwa eine Minute, ein Versuch, der sicherlich auch als ein interessantes Vorlesungsexperiment angesehen werden kann, bei dem nicht bloss die successive Entladung einer Batterie, sondern gleichzeitig auch eine Aliquotschwingung eines Fadens in grossem Maassstabe vorgeführt wird.

Ausser Fäden lassen sich auch Metalllamellen, die an einem Ende eingeklemmt sind, in stehende Schwingungen versetzen; ich habe mich jedoch mit diesen Schwingungen nicht weiter beschäftigt. Membranen in solche Schwingungen zu bringen, ist mir nicht gelungen, da bei ihnen die Elongationsweiten nicht gross genug sind. Flüssigkeitsmembranen zerreißen sofort beim Ueberspringen der Funken.

Marburg, im Juni 1897.