

DER PHYSIK UND CHEMIE.

BAND CXXVI.

***I. Ueber eine besondere Art der Bewegung elastischer Körper auf tönenden Röhren und Stäben;
von Dr. August Kundt.***

(In Verbindung mit einer andern demnächst in diesen Annalen erscheinenden Abhandlung in der Sitzung der physikalisch-mathematischen Classe der Berliner Academie der Wissenschaften am 22. Mai 1865 vom
Hrn. Prof. Magnus mitgetheilt.)

Im 53. Bande von Schweigger's Journal S. 308 beschreibt W. Weber folgenden von ihm mit longitudinal schwingenden Glasröhren angestellten Versuch. Steckt man in das eine Ende einer längeren Glasröhre einen gut schließenden Kork, hält die Röhre in der Mitte mit der Hand und reibt sie am andern Ende mit einem nassen Tuch, so daß dieselbe tönt, so wandert während des Tönens der Kork von dem freien Ende der Röhre zu dem Knotenpunkt in der Mitte derselben. An dieser Stelle bleibt derselbe alsdann ruhen. Die Kraft, mit der diese Bewegung ausgeführt wird, ist nach Weber's Angabe so bedeutend, daß der Kork selbst in einer Röhre, die sich nach der Mitte hin schwach conisch verjüngt, zu dem Knotenpunkt in der Mitte wandert, und selbst, wenn bei vertical gehaltener Röhre eine mehrere Fufs hohe Wassersäule auf den Kork gegossen wird, wird auch diese noch mit dem Kork gehoben.

Weber theilt an dem angeführten Orte das einfache Factum mit, ohne eine Erklärung der Erscheinung zu geben und gleichfalls ohne eine solche findet man seine Beobachtung in fast allen Lehrbüchern der Physik erwähnt. Es ist aber durchaus nicht ohne Weiteres klar, wie eine

solche Bewegung des Korkes von einem Maximum der longitudinalen Oscillationen zu einem Knotenpunkt derselben entsteht.

Eine longitudinal geriebene Röhre vollführt bekanntlich immer zweierlei Bewegungen, einmal longitudinale, d. h. solche, bei denen die Theilchen sich in der Richtung der Röhre bewegen, sodann treten aber mit diesen vereint immer transversale Schwingungen auf, d. h. solche, bei denen sich die Theilchen senkrecht zur Längsrichtung der Röhre bewegen. Nur von diesen letzteren wissen wir, daß sie einen Körper, der sich in oder auf einer tönenden Röhre befindet, von seinem Orte zu bewegen vermögen, denn unter dem Einfluß dieser secundären transversalen Schwingungen ordnet sich eingestreuter Sand in longitudinal geriebenen Röhren in die bekannten von Savart entdeckten spiralförmigen Knotenlinien, und auf longitudinal geriebenen Stäben in die auf zwei entgegengesetzten Seiten alternirend liegenden Knoten.

Diese transversalen Schwingungen können aber, wenn keine besonderen Umstände mitwirken, einen Körper immer nur bis zu irgend einem Punkte der Knotenlinien dieser Oscillationen bewegen. Die von Weber beobachtete Erscheinung ist aber gerade dadurch ausgezeichnet, daß der Kork unbekümmert um die secundären Knotenlinien, zu einem Knoten der longitudinalen Oscillationen hinwandert. Der Kork wandert über die spiralförmigen Knotenlinien fort, zu dem Knoten der longitudinalen Oscillationen in der Mitte der Röhre. Da demnach anscheinend die Bewegung unabhängig von den transversalen Schwingungen ist, so scheint man allgemein angenommen zu haben, daß dieselbe durch die longitudinalen hervorgebracht sey, besonders da nach Weber die Richtung der Bewegung eine ganz bestimmte ist, nämlich immer vom freien Ende zum Knotenpunkt. Wie ein bloßes Hin- und Hergleiten der Theilchen der Röhre den Kork fortschieben könne, und warum derselbe immer zum Knotenpunkt bewegt wird, ist durchaus nicht einzusehen. So lange man den Grund der

Bewegung nur in der Natur der Schwingungen der Röhre sucht, wozu man geneigt seyn wird, da der Kork immer zum Knotenpunkt wandert, muß überhaupt jeder Versuch einer genügenden Erklärung mißlingen. Die Bewegung, wie sie von Weber beobachtet wurde, ist jedoch nur ein specieller Fall einer allgemeinen Erscheinung. Als ich bei Wiederholung des Versuches statt einen Kork in die Röhre zu stecken, einen durchbohrten Kork auf dieselbe gesteckt hatte, war ich überrascht zu sehen, daß derselbe bald mit großer Kraft zum Knotenpunkte hinwanderte, bald von Neuem aufgesteckt, zum freien Ende eilte und von diesem herunter geschleudert wurde¹⁾. Es zeigte sich überhaupt, daß viele Körper, die sich in oder auf einer tönenden Röhre befinden, sich während des Tönens bald mit großer Energie vom freien Ende zum Knotenpunkt, bald vom Knotenpunkt zum freien Ende bewegen, ja daß derselbe Körper, der das eine Mal nach dem Knotenpunkt wandert, nach einer Aenderung seiner Lage sich von diesem Knotenpunkt wieder fort bewegt.

Hieraus ergab sich deutlich, daß die Erklärung jener eigenthümlichen Bewegung sich nicht nur auf die Form der Schwingungen der Röhre zu stützen habe, sondern auch Rücksicht zu nehmen habe auf die Form und Beschaffenheit des bewegten Körpers.

Um aber zu einer Erklärung zu gelangen, war es vor Allem nöthig, die Bedingungen, unter denen diese eigenthümlichen Bewegungen auftreten, genauer festzustellen, und es wurden zu dem Ende eine große Reihe einander ähnlicher, aber doch immer etwas variirter Versuche angestellt, von denen die interessanteren und entscheidenden im Folgenden angegeben werden.

1) Durch gütige Mittheilung des Hrn. Prof. Stern in Göttingen erfuhr ich, daß von ihm bereits in Schweigg. Journ. Bd. 61, S. 264 angegeben sey, daß sich ebenso wie Korkstücke auch zusammen gerollte Papierstücke in Röhren und durchbohrte Papierstücke auf Röhren beim Tönen bewegen. Die kurze Notiz am angeführten Orte enthält jedoch keine Angabe der Richtung der Bewegung und auch keinen Versuch einer Erklärung.

Der größeren Ruhe und Sicherheit wegen wurden die Röhren und Stäbe während des Tönens nicht in der Hand gehalten, sondern meist mittelst zweier Klemmen, die an einen festen Tisch angeschraubt waren, in zwei Knotenpunkten eingeklemmt. Dann wurde entweder in der Mitte zwischen den beiden Knotenpunkten gerieben, — bei Glas mit einem nassen Tuch, bei Metallstäben mit Leder und Colophonium — und die Bewegungen an einem der freien Enden beobachtet, oder es wurde an einem der Enden gerieben und die Bewegungen in der Mitte beobachtet. Oft wurde auch die Röhre oder der Stab nur in der Mitte eingeklemmt, und nun die eine Hälfte gerieben, während auf der andern die Bewegungen vor sich gingen. Die Röhre kann natürlich auch statt mit einem oder zwei Knotenpunkten mit noch mehreren schwingen, die Bewegungsercheinungen bleiben zwischen zwei Knotenpunkten immer dieselben.

Für einen großen Theil der Versuche, insbesondere bei Anwendung von Röhren, bedarf es übrigens der Klemmen zum Festhalten nicht, die Versuche gelingen ganz wohl, wenn man die Röhren in freier Hand hält.

Die angewandten Glasröhren und Stäbe hatten eine Länge zwischen 6 Fufs und $1\frac{1}{2}$ Fufs und sehr verschieden große Querschnitte. Die angewandten Metallstäbe hatten meist eine Länge von 1 Meter.

Von Weber's Versuch ausgehend, wandte auch ich zuerst Glasröhren an und mit diesen kann man leicht folgende Versuche anstellen:

1. In das eine freie Ende einer mit zwei oder einem Knotenpunkt tönenden Röhre setze man einen nicht allzu fest schließenden, *etwas conischen* Kork, so daß die breitere Grundfläche des Conus nach Ausen zum freien Ende hin liegt. Beim Tönen wird der Kork, wie Weber beobachtet hat, sich zum Knotenpunkt hinbewegen. Dann setze man den Kork ein zweites Mal so in die Röhre, daß die breitere Grundfläche nach dem Knotenpunkt hinliegt. Sogleich wird derselbe beim Tönen sich in der Richtung vom Knotenpunkt zum freien Ende bewegen, und an

diesem noch aus der Röhre herausgeschleudert werden. Der Kork braucht nur sehr wenig, kaum merklich conisch zu seyn.

2. Bringt man den Kork in den Raum zwischen die beiden longitudinalen Knotenpunkte der Röhre, so wird er sich ebenfalls, mag er sich befinden, wo er will, in dem Sinne von der breiteren Basis des Conus zur spitzeren Endfläche bewegen.

3. Verfertigt man sich einen Ring von Kork, der gut auf die Glasröhre paßt, und giebt der Oeffnung im Innern eine etwas conische Form, so wandert der Ring während des Tönens jedesmal in der Richtung von der Spitze seiner conischen Oeffnung, zu der breiteren Grundfläche derselben, und es ist dabei ganz gleichgültig, ob diese Richtung zum Knotenpunkte hin oder von demselben fortführt. In Fig. 1 und 2 Taf. VI ist schematisch eine Röhre mit einem conischen Korkring gezeichnet und die beigeetzten Pfeile bezeichnen die Richtung der Bewegung.

4. Ein Kork oder Korkring führen noch dieselben Bewegungen aus, wenn dieselben auch nur außerordentlich wenig conisch sind; es genügt sogar, daß man den Kork oder den Ring im Innern etwas rauh feilt und alsdann alle die kleinen Unebenheiten nach einer Richtung streicht. Nur ist alsdann die Energie der Bewegung nicht so sehr bedeutend. Dieselbe wird aber sehr groß, wenn man dem Kork die Form giebt, wie in Fig. 3 Taf. VI dargestellt; derselbe wandert dann in der Röhre mit großer Energie in der Richtung des Pfeiles.

5. Ebenso wie aus Kork kann man sich auch Stöpsel und Ringe aus Caoutchuc, vulcanisirtem oder nicht vulcanisirtem schneiden, dieselben führen, wenn sie die angegebenen Formen haben, auch die obigen Bewegungen aus, d. h. sie wandern je nach ihrer Lage von oder zum Knotenpunkt. Ebenso wandert ein aus etwas wolligem Tuch aufgerollter Pfropfen. Alle diese Körper sind jedoch nicht so geeignet für die Versuche wie Kork, da sie leicht das Tönen der Röhre hindern.

6. *Genau cylindrische* Pfropfen oder Ringe von Kork

oder Caoutchouc oder dergleichen, die an ihrer Oberfläche *vollkommen glatt* sind, bewegen sich in oder auf einer tönenden Röhre entweder gar nicht oder sie bewegen sich nur wie eingestreuter Sand zur nächsten marquirten Stelle der Savart'schen Knotenlinien, nie aber über diese hinweg bald zum longitudinalen Knotenpunkt bald von demselben fort.

7. Conische Pfropfen oder Ringe von Holz, Metall oder andern wenig elastischen Körpern bewegen sich ebenfalls nicht in der angegebenen Weise vom oder zum longitudinalen Knotenpunkt, sondern ruhen entweder ganz oder wandern nur wie Sand zu einem Punkt der Savart'schen Spiralen.

Aus den bisher angegebenen Versuchen folgt schon, daß für das Zustandekommen der Bewegung vom oder zum longitudinalen Knotenpunkt, zwei Bedingungen erfüllt seyn müssen, einmal muß der Körper, der sich bewegen soll, eine bestimmte Form und Oberfläche haben, zweitens muß das Material eine bedeutende Elasticität wie Kork und Caoutchouc besitzen.

Eine solche ausreichende Elasticität besitzen aber nicht bloß die genannten Körper, sondern vor allen Dingen auch alle Sorten Papier oder Pappe, und man kann mit großer Leichtigkeit folgende Versuche machen:

8. Aus einem Stück Papier schneide man einen Ring, dessen innere Oeffnung etwas kleiner ist als der Durchmesser der zu benutzenden Glasröhre und schneide ihn dann von Innen so ein, wie in Fig. 4 Taf. VI gezeichnet. Schiebt man nun diesen Ring so auf das eine Ende der Glasröhre daß alle die kleinen eingeschnittenen Stücke nach dem freien Ende hinliegen, so wird der Ring beim Tönen sich sofort zum Knotenpunkt bewegen. Steckt man denselben jedoch so auf die Röhre, daß die eingeschnittenen Stückchen zum Knotenpunkt hinliegen, so wird der Ring beim Tönen sofort zum freien Ende bewegt und von demselben herabgeworfen werden.

9. Um dieselben Bewegungen hervorzubringen, ist es aber

gar nicht einmal nöthig, daß ein Stück Papier so eingeschnitten sey wie in Fig. 4 und die Röhre in ihrem ganzen Umfange berühre; die Versuche gelingen ebensowohl und überraschender in folgender Weise. In irgend ein Stück Papier schneide man mit einem scharfen Messer irgend eine Oeffnung, z. B. ein gleichseitiges Dreieck, indem man beim Schneiden das Messer etwas schräge, d. h. oben nach auswärts hält. Hängt man nun dies Dreieck so auf die Röhre, daß die Seite die beim Schneiden oben gelegen hat zum Knotenpunkt in der Mitte der Röhre gewendet ist, so wird das Dreieck mit ziemlicher Geschwindigkeit zu diesem Knotenpunkt beim Tönen eilen. Hängt man das Dreieck dann so auf die Röhre, daß die Seite die vorher dem Knotenpunkt zugewendet war, nach dem freien Ende hingewendet ist, so wird das Papier sofort zu dem freien Ende eilen. Die Bewegung ist also bedingt durch den Schnitttrand des eingeschnittenen Dreiecks und zwar in folgender Weise. Erstens wird beim Schneiden der Schnitttrand immer etwas durchgedrückt, sodann wird, wenn man das Messer, wie es gewöhnlich geschieht, oben etwas nach Außen hält, der Schnitt nicht senkrecht durch das Papier gehen, sondern schräge. Dadurch wird das ganze eingeschnittene Loch ein dreiseitiger Conus, dessen breitere Basis auf der Seite liegt, die beim Schneiden oben gelegen. Gerade nun wie ein Korkring mit conischer Oeffnung in der Richtung nach der breiteren Basis hinwandert, ebenso wandert das Papier immer nach der gröfseren Basis des conischen Schnittes, also nach der Seite, die beim Schneiden oben gelegen hat.

10. Der Versuch mit Papier gelingt immer, sowohl mit kleinen Dreieckchen aus dünnem Briefpapier wie mit fußgroßen Stücken dicker Pappe, wenn man nur den Schnitttrand richtig gestaltet. Man kann der Oeffnung im Papier auch jede beliebige Form geben, also etwa einen Kreis ausschneiden, so daß die Röhre beim Aufhängen nur oben in einem einzigen Punkt berührt wird.

11. Wird indessen der Schnitttrand so umgestaltet, daß

er nach beiden Seiten gleiche Form hat, was etwa durch Ausschneiden mit der Scheere oder durch Glätten oder dergleichen geschehen kann, so zeigt das Papier die angegebene Bewegung nicht, sondern wandert auf der Röhre höchstens so weit, als auch ein Sandkorn wandern würde.

12. Schneidet man statt in Papier in ein dünnes Blech eine Oeffnung, deren Schnitttrand auch noch so schräge ist, so wandert ein solches Blech doch nie wie das Papier je nach seiner Lage von oder zum Knotenpunkt.

— Es ergibt sich also wiederum, dafs für die Bewegungen eine gewisse Elasticität und eine gewisse Form der zu bewegendenden Körper nöthig ist. Zu untersuchen bleibt nun, welcher Theil der Gesamtschwingung der tönenden Röhre es ist, der die Bewegungen hervorbringt und wie die betreffenden Oscillationen auf die Körper wirken. Da jedoch die Gesamtschwingungen einer longitudinal tönenden Röhre sehr viel complicirter Natur sind als die eines Stabes, weil sich bei letzteren die spiralförmigen secundären Knotenlinien in alternirende gerade Querlinien auflösen, so wurden zunächst die mit Röhren angestellten Versuche mit longitudinal tönenden Stäben wiederholt.

Ein mehrere Fufs langer, 1 bis $1\frac{1}{2}$ Zoll breiter Glasstreifen wurde in zwei Knotenpunkten eingeklemmt und durch Reiben zum Tönen gebracht. Auf denselben konnten dann die Körper, deren Bewegung untersucht werden sollte, gelegt werden. —

13. Stücke von wenig elastischen Körpern, wie Holz, Metall, Glas oder dergleichen führten die Bewegungen von und zum Knotenpunkte nie aus, mochten sie eine Form haben, welche sie wollten. Ganz glatte, vollständig ebene Stücke mehr elastischer Körper, z. B. ganz ebene Stücke Kork zeigten ebenfalls jene Bewegungen nie. Alle diese Körper blieben beim Tönen entweder ganz ruhen oder wanderten nur zu der nächsten secundären Knotenlinie, zu der auch aufgestreuter Sand sich hin bewegt.

14. Wurde jedoch ein etwa einen Quadratzoll großes Stück Kork oder Caoutchouc auf den Stab gelegt, welches

auf seiner untern Fläche so sägenförmig eingeschnitten war, wie es in Fig. 5 Taf. VI im Querschnitt gezeichnet ist, so bewegte sich dieß Stück mit großer Energie in der Richtung des Pfeiles in Fig. 5, mochte diese Richtung nun zum Knotenpunkt hin oder von demselben fortführen. Man konnte ein solches Korkstück noch sehr stark, etwa mit 200 Gr. belasten, ohne daß die Bewegung aufhörte. Es ist übrigens nicht durchaus nöthig, daß das Korkstück so sägenförmig eingeschnitten sey, man braucht dasselbe nur an der untern Seite rauh zu feilen und dann alle kleinen Rauigkeiten nach einer Seite zu streichen, dann wandert das Stück immer mit diesem Strich. Doch ist die Energie der Bewegung nicht so groß als bei dem sägenförmig eingeschnittenen Stück. Giebt man dem Kork aber eine Form wie in Fig. 6 Taf. VI, so wandert derselbe durchaus nicht vom oder zum Knotenpunkt, sondern höchstens zu der nächsten Knotenlinie der transversalen Schwingungen.

15. Dieselben Versuche mit aufgehängten Papierstücken, die oben für die Röhren angegeben wurden, kann man mit demselben Erfolge auch mit tönenden Stäben anstellen. Doch eignen sich im ganzen für diese Versuche die Stäbe wegen ihrer scharfen Kanten nicht so gut als die Röhren.

Für Stäbe gilt also dasselbe wie für Röhren; es ist für die Bewegungen nöthig, daß die zu bewegenden Stücke sehr elastisch sind und die Richtung der Bewegung ist jedesmal durch die Form und Lage des Stückes bedingt.

Um nun zu einer mechanischen Erklärung der Bewegungen zu gelangen, ist es vor Allem nöthig, zu wissen, ob die longitudinalen oder die transversalen Oscillationen die bewegende Ursache sind. Wie bloße longitudinale Schwingungen einen Körper, möge er nun eine Form haben welche er wolle, auf einem Stabe oder in einer Röhre fortbewegen sollten, ist gar nicht einzusehen. Leider ist man nicht im Stande, einen Stab nur longitudinal, ohne daß transversale Oscillationen zugleich mit vorhanden wären, tönen zu lassen, um die Unmöglichkeit der Bewegungen der Korke und dergl. unter dem alleinigen Einfluß longitudi-

nalcr Oscillationen experimental zu beweisen. Sehr wohl kann man aber zeigen, daß transversale Schwingungen allein genügen, die beschriebenen Bewegungen hervorzubringen, und damit ist die Annahme einer Mitwirkung der longitudinalen Oscillationen wohl hinreichend ausgeschlossen.

16. Man hänge einen Glas- oder Metallstab an zwei Stellen in Fäden so auf, daß derselbe horizontal liegt. Alsdann lege man auf denselben ein Korkstück, wie in Fig. 5 Taf. VI gezeichnet ist. Schlägt man nun vertical auf den Stab, so daß derselbe tönt, oder streicht denselben vertical mit einem Bogen an, so wandert das Korkstück nicht etwa wie ein Sandkorn zum nächsten Knotenpunkt, sondern immer in der Richtung des Pfeiles in Fig. 5. Das Korkstück wandert dabei über alle Knotenpunkte fort, und wenn man statt den Stab in Fäden aufzuhängen, denselben in zwei Punkten von unten unterstützt, so kann man das Korkstück, trotzdem man den Stab mit mehreren Knotenpunkten tönen läßt, von einem Ende des Stabes zum andern wandern sehen.

Dieser Versuch beweist direkt, daß die transversalen Stöße auch bei den longitudinal tönenden Röhren und Stäben die bewogende Ursache seyn müssen. Der merkwürdige Umstand, daß diese Bewegungen sich über die transversalen Knotenlinien fortsetzen, soll sogleich besprochen werden, fürs Erste wird es nöthig seyn, zu zeigen, wie durch transversale Stöße überhaupt eine Bewegung zu Stande kommen kann, die nicht zu dem nächsten Knotenpunkt führt, sondern deren Richtung lediglich durch Form und Lage des bewegten Körpers bedingt ist.

Wenn ein sehr elastischer Körper, z. B. ein Stück Kork auf einer festen Unterlage ruht, und diese Unterlage gegen den Körper stößt, so werden zunächst die Theilchen, mit welchen derselbe auf der Unterlage ruht, zusammengedrückt. Sobald der Stoß aufhört, suchen die Theilchen ihre Gleichgewichtslage wieder anzunehmen und stoßen dabei ihrerseits auf die Unterlage. Da diese jedoch in Folge ihrer Festigkeit Widerstand leistet, wird der Körper in die Höhe bewegt. Die Richtung dieser Bewegung hängt einmal ab

von der Richtung des Stosses und zweitens von der Gestalt des gestossenen Körpers.

Betrachtet man nur Stöße, die normal zu der stossenden Oberfläche, also bei horizontaler Lage vertical sind, so ist klar, daß der gestossene Körper senkrecht in die Höhe geworfen wird, wenn seine Gestalt der Art ist, daß die Zusammendrückungen, die die Theilchen erfahren, ihrer Richtung und GröÙe nach um die Richtung des Stosses so regelmäÙig vertheilt sind, daß die Resultante derselben und somit auch die Resultante des Rückstosses ebenfalls eine Verticale ist. Wenn der Körper aber eine zur Verticalen unregelmäÙige oder unsymmetrische Form hat, werden die Zusammendrückungen, die die Theilchen erfahren, sich auch nicht regelmäÙig um die Verticale ordnen, und mithin kann die Resultante derselben, also auch die Resultante der Rückstosses nicht mehr senkrecht gegen die schwingende Fläche seyn, sondern muß eine Neigung gegen dieselbe haben. In Folge dessen wird der Körper geneigt gegen die Fläche in die Höhe geschnellt und kommt deshalb beim Herabfallen nicht wieder auf dieselbe Stelle zurück, sondern fällt etwas entfernt davon nieder in der Richtung, nach welcher seine Bewegung stattgefunden hat. Trifft ihn nun ein neuer Stoß, so wird er abermals etwas in jener Richtung fortgeschleudert und bei fortgesetzten Stößen wird er sich in jener Richtung continuirlich bewegen. Auf der Unterlage *SS* (Fig. 7, Taf. VI) wird ein gleichmäÙig elastisches Stück Kork *AB* bei wiederholten Stößen senkrecht in die Höhe geworfen werden, aber an seinem Platze beharren, ein Stück mit einem Querschnitt wie *CD* würde ebenfalls nur senkrecht in die Höhe geworfen werden, es ist aber klar, daß ein Stück *EF* nicht senkrecht, sondern schräge in der Richtung des beigezeichneten Pfeiles in die Höhe geworfen werden würde, also bei wiederholten Stößen sich auch in dieser Richtung bewegen würde.

Hiernach ist also ganz klar, weshalb auf einem transversal tönenden Stab ein Stück Kork sich in der Richtung wie dieselbe in Fig. 5 durch einen Pfeil angedeutet ist, bewegt,

und finden überhaupt die sämtlichen angegebenen Versuche durch die dargelegte Betrachtung ihre Erklärung. Dafs die Erscheinungen auf longitudinal tönenden Stäben genau dieselben sind, wie auf transversal tönenden, obgleich man es hier eigentlich nicht mit Stößen zu thun hat die senkrecht zur Oberfläche sind sondern schief, zeigt, dafs die verticale Componente dieser schiefen Stöße die überwiegend wirkende ist.

Wenngleich es eigentlich kaum noch eines Beweises bedarf, dafs ein Körper sich auf einer stoßenden Fläche bewegen mufs, wenn die Resultante der Zusammendrückungen gegen die Fläche geneigt ist, so läßt sich doch durch einen direkten Versuch zeigen, dafs bei einer einfachen Zusammendrückung in schräger Richtung eine solche Bewegung stattfindet.

In einen etwa einen Cubikzoll grossen Klotz *AA* (Fig. 8, Taf. VI) wurde eine schräge Durchbohrung (*BB*) von etwa 10^{mm} im Durchmesser gemacht, die eine Neigung von ungefähr 60° gegen die Grundfläche hatte. Dieselbe wurde oben mit einer Metallplatte *CC* verschlossen, in der sich ein kleines Loch befand. Durch dieses ging ein etwas dicker Draht (*E*), der am untern Ende ein Stückchen Holz (*D*) trug, welches genau in die Durchbohrung paßte. Um den Draht war, so weit er sich in der Durchbohrung befand, eine Spiralfeder gewunden. Wurde dieser kleine Apparat nun auf einen tönenden Stab gelegt, und mit einem Gewicht belastet, so wurde dadurch die schräg in dem Klotz liegende Spiralfeder zusammengedrückt. Der Apparat bewegte sich auf einem longitudinal oder transversal tönenden Stabe immer nach der Richtung, nach der die Feder geneigt liegt.

Alle die Körper nun, die nach den obigen Versuchen jene Bewegungen vom oder zum Knotenpunkt ausführen, haben eine solche Elasticität, dafs sie solche Zusammendrückungen erleiden und eine solche Form, dafs die Resultante der Zusammendrückungen eine Neigung gegen die schwingende Fläche hat. Zu bemerken ist dabei nur, dafs, weil die Zu-

sammendrückungen bei dem außerordentlich leichten Gewicht der Körper nur ganz an der untern Fläche stattfinden, auch ganz kleine Unregelmäßigkeiten in der Form schon genügen, um die Bewegungen zu veranlassen, wie z. B. bei einem rauh gefeilten Kork oder bei dem schrägen Schnitttrande eines Stückes Papier. Ein Kork, der sich in einer Röhre befindet, kann freilich nicht eigentlich in derselben fortgeschleudert werden, derselbe wird vielmehr in der Röhre nur parallel mit sich fortgeschoben durch die horizontale Componente des Rückstoßes, der ihn, wenn er frei läge, schräge in die Höhe schleudern würde.

Dafs die gesammten Bewegungen wirklich durch die transversalen Stöße der tönenden Röhren oder Stäbe hervorgebracht werden, ist nach dem Obigen wohl unzweifelhaft; bemerkenswerth bleibt aber dabei, dafs sich die Körper trotzdem über die Knotenlinien der transversalen Oscillationen fortbewegen, in denen doch nach der gewöhnlichen Anschauung keine Bewegungen stattfinden. Nun ist aber bekannt, dafs die Knotenlinien sowohl auf Stäben wie in Röhren beim Reiben und beim Anstreichen mit dem Bogen nie genau ihre Stellen bewahren. So lange der Stab *tönt*, hüpfet auch der Sand in den Knotenlinien und speciell in Röhren beobachtet man oft ein Verschieben des Sandes an einer Knotenstelle um mehr als einen halben Zoll. Ausserdem berühren die bewegten Körper die tönenden Stäbe oder Röhren nicht in einer mathematischen Linie und empfangen deshalb immer noch Stöße, wenn sie auf einer Knotenstelle ruhen, wenn auch wesentlich geringere als zwischen zwei Knotenpunkten. In Folge dessen ist auch die Energie der Bewegung in der Nähe eines Knotenpunktes wesentlich geringer als zwischen zwei derselben, aber jene geringen Stöße genügen doch, um auch dort noch die Körper zu bewegen.

An den Knotenstellen der longitudinalen Oscillationen hören die Bewegungen auf Röhren und Stäben jedoch immer auf und die Körper werden nie über diese Knoten wegbewegt. Diefs beweist, dafs in diesen Knotenpunkten,

in denen keine longitudinalen Oscillationen stattfinden, auch keine transversalen Bewegungen vorhanden sind, und daraus läßt sich schliessen, daß überhaupt die Intensität der transversalen Oscillationen bei longitudinal tönenden Stäben an jeder Stelle des Stabes von der Gröfse der longitudinalen Bewegungen der Theilchen daselbst abhängt, mithin am grössten ist zwischen zwei Knotenpunkten der Longitudinalschwingungen. Somit hängen die Bewegungen der Korkstücke indirekt auch von den longitudinalen Schwingungen ab, sie sind aber nicht, wie man nach dem vereinzelt stehenden Versuche des Herrn Prof. W. Weber allgemein angenommen zu haben scheint, durch dieselben hervorgebracht. Die bewegende Ursache sind lediglich die transversalen Oscillationen.

Die Kraft, mit der die Körper sich auf longitudinal tönenden Stäben und Röhren bewegen, ist eine wesentlich gröfsere als diejenige, mit der dieselben auf transversal tönenden Stäben wandern. Die bewegende Kraft der transversalen Oscillationen bei Longitudinaltönen ist außerordentlich grofs, einmal in Folge der außerordentlichen Schnelligkeit, mit der jeder einzelne Stofs erfolgt, und dann in Folge der grofsen Anzahl von Stöfsen, die in der Secunde ausgeübt werden. Mit wie grofser Kraft ein Kork in einer longitudinal geriebenen Röhre bewegt werden kann, hat schon Weber, wie oben angegeben, durch Aufgiefsen von Wasser auf den Kork gezeigt. Die folgende Methode erlaubt in noch bequemerer Weise die Kraft dieser Bewegung für Röhren und Stäbe zu bestimmen. Man befestige an den Kork, der sich in einer Röhre oder auf einem Stabe bewegen soll, einen Faden, führe diesen über eine kleine Rolle, und hänge an das eine Ende desselben eine kleine Schale. In diese Schale kann man nun nach Belieben Gewichte legen, die sodann der Kork bei seiner Bewegung mitziehen mufs. Man kann die Gewichte allmählig so weit vermehren, bis der Kork eben nicht mehr im Stande ist, die Schale mit denselben zu ziehen. Legt man auf einen Stab ein sägenförmig eingeschnittenes

Korkstück, wie in Fig. 5, Taf. VI, so kann man, wie schon oben angegeben, dasselbe noch bedeutend belasten, und es bewegt sich beim Tönen doch noch immer sehr gut. Je größer die Belastung des Stückes ist, um so größer ist natürlich auch das Gewicht, welches der Kork noch zu ziehen vermag. Es wurde öfter auf etwa 5 Fuß langen Glasstreifen das Korkstück mit 200 Gr. belastet und ebenso 200 Gr. in die Schale gelegt, und doch bewegte sich das Korkstück noch sehr wohl. Ein wie in Fig. 3 sägenförmig eingeschnittener Kork zog in einer tönenden Röhre zuweilen sehr gut 70 Grm.

II. *Einige Beobachtungen über das elektrische Licht in höchst verdünnten Gasen;* *von Prof. Dr. A. v. Waltenhofen.*

(Aus. d. Sitzungsber. der k. Akad. der Wiss. Bd. LI
 vom Hrn. Verf. mitgetheilt.)

„Es würde von ganz besonderem Interesse seyn“, sagt Plücker in einer seiner Abhandlungen über die elektrischen Gasspectren¹⁾, „durch eine sorgfältige Beobachtung des Sauerstoffspectrums festzustellen, in welcher Aufeinanderfolge die einzelnen prismatischen Farben verschwinden, während der elektrische Lichtstrom aus dem Grunde langsam erlischt, daß er, beim allmählichen Fortgehen des Sauerstoffgases, keine hinreichende Menge von ponderabler Materie mehr findet, die ihm als Träger dienen könnte“. — Es werden ferner gewisse Erscheinungen der elektrischen Entladung im Sauerstoffe besprochen, welche den Schluß begründen, daß die *weniger brechbaren Strahlen zuerst* wegfallen. — An einer andern Stelle²⁾ kommt Plücker auf diesen Gegenstand zurück, indem er das Zutreffen der

1) Pogg. Ann. Bd. 105, S. 79.

2) Pogg. Ann. Bd. 116, S. 51 — 54.

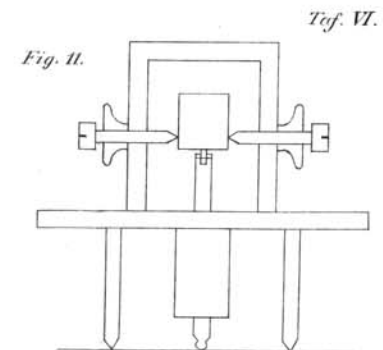
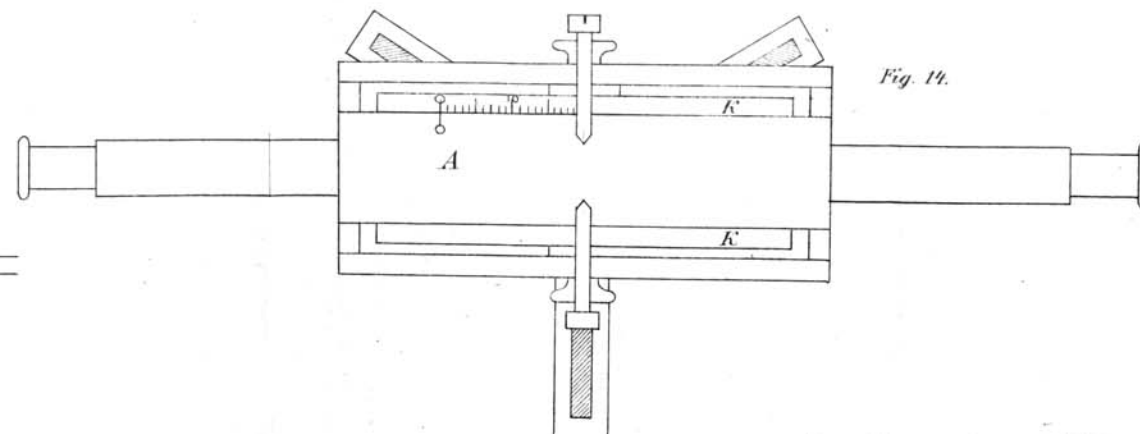
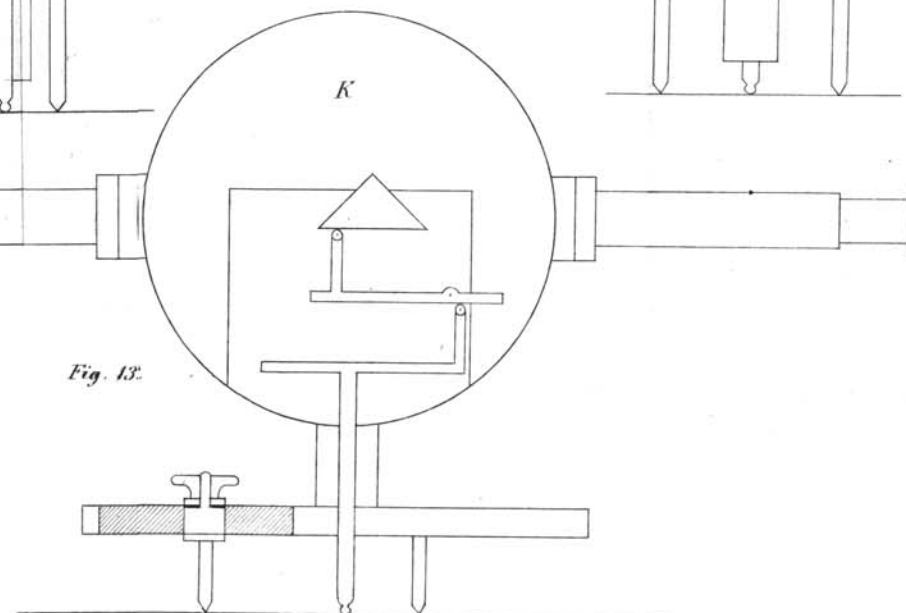
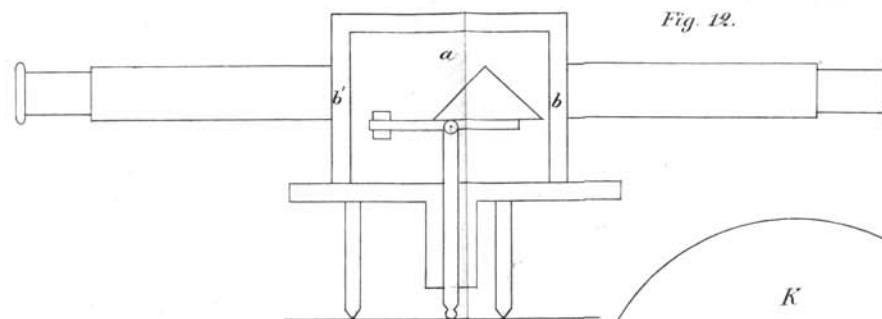
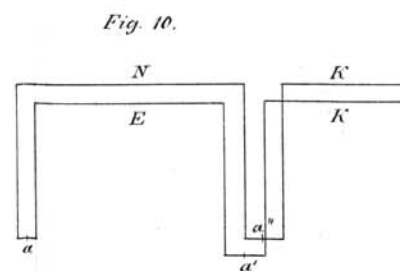
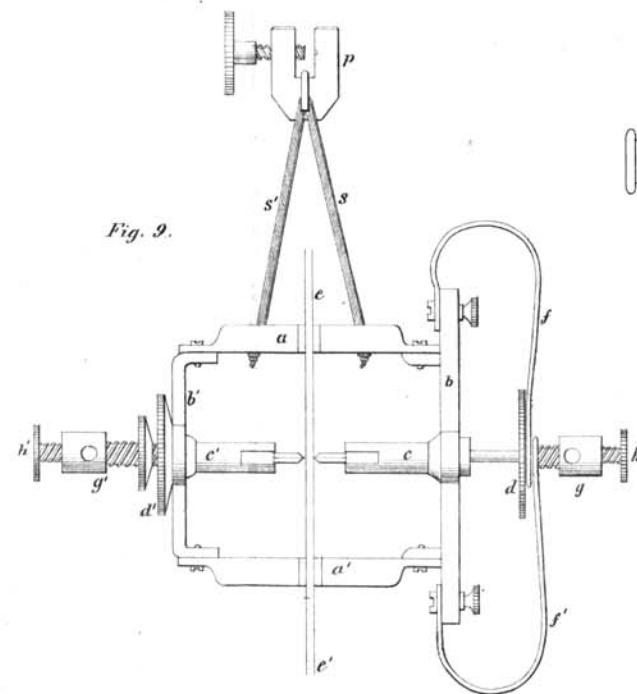
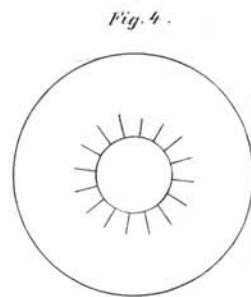
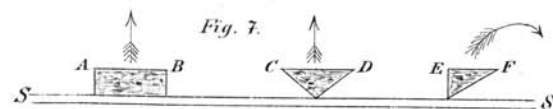
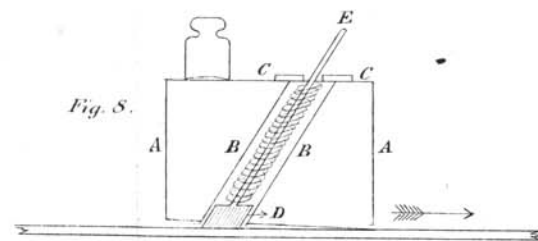
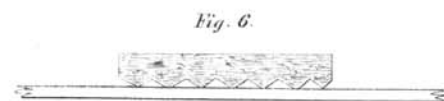
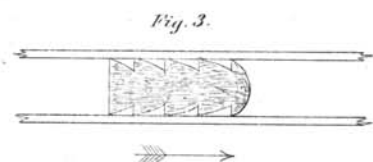
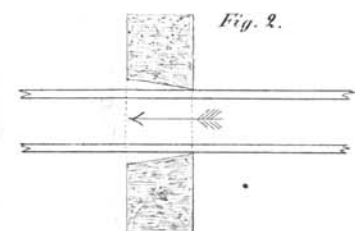
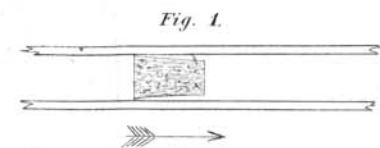


Fig. VI.