Werk

Titel: Weber, Ernst Heinrich; Weber, Wilhelm: Wellenlehre, auf Experimente gegründet, od...

Autor: Chladni, E. F. F.

Ort: Mainz

Jahr: 1826

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?472885294_0004|log41

Kontakt/Contact

Digizeitschriften e.V.
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

info@digizeitschriften.de

Wellenlehre,
auf Experimente gegründet,
oder
über die Wellen tropfbarer Flüssigkeiten, mit Anwendung auf die Schall- und Lichtwellen.

Von den Brüdern
Ernst Heinrich Weber, *Professor in Leipzig*
und
Wilhelm Weber in Halle.

Leipzig, bey Gerhard Fleischer, 1825, 8. XXVIII. und 574 S. und 18 Kupfertafeln.

Angezeigt in besonderer Beziehung auf die Tonlehre und mit einigen Bemerkungen, von

E. F. F. Chladni. *)

Nicht nur für die Bewegunglehre überhaupt, als einen der wichtigsten Theile der Naturkunde, sondern auch insbesondere für die Akustik, ist gegenwärtiges Buch gewiss eines der lehrreichsten, die seit geraumer Zeit erschienen sind; um so mehr, da es nichts anderes enthält, als sehr fasslich vorgetragene Resultate von vielen sorgfältig angestellten und grösstentheils ganz neuen Experimenten.

---

*) Es ist uns um so erfreulicher, unsern Lesern diese Darstellung, aus der Feder eines so ausgezeichneten Mitarbeiters wie unser vielbewährter Chladni, vorlegen zu dürfen, da wir dadurch mit dem für die theoretische und practische Tonkunde höchst interessanten Inhalt eines tief gedachten und streng wissenschaftlich begründeten Werkes bekannt gemacht, und darin zugleich insbesondere Gegenstände berührt werden, welche in unsern Blättern angeregt worden waren, und welche Anregungen von den Herren Verfassern mit zum Gegenstande Ihrer Forschungen erhoben worden sind, (nachstehend S. 201 u. 202) Möchten dieselben uns den Stolz gönnen, die Ergebnisse Ihrer ferneren Forschungen über diese, in unser Gebiet einschlagenden Gegenstände, in unsern Blättern bekannt zu machen.

d. Red.

Ich halte also für nützlich, Einiges von dessen Inhalte hier zu melden, theils um Manchen auf das Buch selbst aufmerksam zu machen, theils auch um manche neue Sätze und richtige Ansichten mehr in Umlauf zu bringen.

Hier wird hauptsächlich von dem, was Akustik betrifft, Manches zu erwähnen seyn, und von dem Übrigen nur das, was damit in näherer Verbindung steht, wie auch einige allgemeine Begriffe und Voraussetzungen.

Bey allen diesen Untersuchungen haben diese beyden wackern Brüder immer so gemeinschaftlich gearbeitet, dass keiner sein Eigenthum von dem des Andern zu unterscheiden weiss, oder unterschieden wissen will. Die linearen Kupfertafeln sind auch von ihnen selbst gestochen.

In der Einleitung wird von den Schwingungen in verschiedenen Medien überhaupt geredet. Schwingung ist hier jede Bewegung der Theile eines Körpers, vermöge welcher sie sich dem ruhigen Zustande, oder der Lage des Gleichgewichts abwechselnd nähern und davon entfernen. Sie kann fortschreitend oder stehend seyn, auf welchen wesentlichen Unterschied Viele zu wenig Rücksicht genommen haben.

Die fortschreitende Schwingung oder Wellenbewegung lässt sich an einem ausgespannten Seile gut beobachten, und ist nur eine Form, die bey ihrem Fortrücken immer von andern Theilen des Körpers gebildet wird. Die Bewegung der Welle ist dabey von der Bewegung der Theilchen sehr verschieden. Diese fortschreitende Wellenbewegung kommt in der Natur am häufigsten vor, man hat aber darauf wenig Rücksicht genommen, ausser bey der Schallverbreitung durch die Luft, und bey den Wasserwellen.

Die stehende Schwingung kommt weniger häufig vor. Man hat sie fast nur bey tönenden Körpern genauer betrachtet, die Verfasser haben aber gezeigt, wie

sie auch an tropfbaren Flüssigkeiten Statt finden könne. Bey dieser schwingen alle Punkte gleichzeitig, und wirken wechselseitig gleichförmig auf einander, und jedem Theile wird von entgegengesetzten Seiten eine gleich grosse Bewegung mitgetheilt; dahingegen bey der fortschreitenden Schwingung oder Wellenbewegung die Theile successiv schwingen, und die Bewegung von der Seite, von welcher der Impuls kommt, nach der andern fortrückt. Die stehenden Wellen können entweder dadurch erregt werden, dass alle Theile des Körpers gleichzeitig in Bewegung gesetzt werden, (welches bey tönenden Körpern und auch sonst gewöhnlich vorausgesetzt worden ist, aber in der Natur selten vorkommt) oder dadurch, dass mehrere gleich breite Wellen, deren Breite einem aliquoten Theile der schwingenden Linie oder Fläche gleichkommt, einander mit gleicher Kraft in entgegengesetzter Richtung begegnen, und dadurch ihre fortschreitende Schwingung in eine stehende verwandeln. Dieser letztere Fall kommt am häufigsten vor, ist aber bisher zu wenig berücksichtigt worden, (es ist also neu und richtig, wenn späterhin die Entstehung der stehenden Schwingungen tönender Körper aus einer anfänglichen fortschreitenden Wellenbewegung erklärt wird.) Nach Verschiedenheit der Bahn jedes Theilchens können die Schwingungen longitudinal, transversal oder rotatorisch seyn; sie kommen in allen Körpern, in allen Graden der Grösse und Geschwindigkeit vor, und stehen in sehr verschiedenen Verhältnissen zu unserm sinnlichen Erkenntnissvermögen.

Der erste Haupttheil handelt von den Schwingungen tropfbarer Flüssigkeiten, und zwar die erste Abtheilung von den fortschreitenden Schwingungen, oder von der Wellenbewegung. Der erste Abschnitt betrifft die Erregung der Wellen durch Störung des Gleichgewichtes, der zweite die Erscheinungen an Wellen, deren erregende Ursachen zu wirken fortfahren, wo über

die unter dem Einflusse des Windes stehenden, theils nach Andern, theils nach eigenen Beobachtungen viel Interessantes gesagt wird, unter andern auch über die Besänftigung der Wellen durch Öl; der dritte Abschnitt betrifft die Erregung der Wellen durch augenblicklich wirkende Kräfte, und der vierte die Gestalt der Wellen im Allgemeinen. Der über die gewöhnliche Höhe des Wassers hervorragende Theil der Welle wird der Wellenberg und der unter dieser befindliche das Wellenthal genannt. Jede Welle besteht aus einem Berge und einem Thale. Die Wellen erstrecken sich auch in die Tiefe. Um Gestalt, Bewegung der Theile im Innern, Geschwindigkeit, u. s. w. zu bestimmen, ist ein Werkzeug angewendet worden, das Wellenrinne genennt wird, und ein mehrere Fuss langes, schmales und tiefes rechtwinkliches Gefäss ist, mit Seitenwänden von Glas, um die Umrisse und die Bewegung der Theile im Innern, mit blossen Augen und mit dem Vergrösserungsglase genau zu beobachten und zu messen, wobey auch zu genauer Bestimmung der Geschwindigkeit eine gute Tertienuhr angewendet worden ist. Der 5te Abschnitt über die Bewegung der einzelnen Theilchen einer Flüssigkeit bey der Entstehung und Fortbewegung der Wellen, enthält viel neues und merkwürdiges über die kleinen Bahnen der Theilchen im Innern der Flüssigkeit. Der 6te Abschnitt handelt von der Geschwindigkeit, mit der die Wellen sich bewegen, und der 7te von der Veränderung der Gestalt der Wellen bey gehinderter und ungehinderter Bewegung. In mancher Hinsicht unterscheiden sich die Wellen tropfbarer Flüssigkeiten von den Schall- und Lichtwellen, weil diese letztern als hohle Kugelformen zu betrachten sind. Die Dicke ist bey diesen, was bey den Wasserwellen Höhe und Breite sind. Auch hängen die Licht- und Schallwellen von den elastischen Medium ab, durch welches sie gehen, die Wellen tropfbarer Flüssigkeiten aber wenig von dessen Dich-

tigkeit. Daher ist die Geschwindigkeit der Wellen in elastischen Flüssigkeiten, so lange sie in demselben Medium bleiben, immer dieselbe, in tropfbaren Flüssigkeiten aber nicht. Diese Verschiedenheiten rühren daher, weil die Schall- und Lichtwellen nach drey Dimensionen, aber die Wellen tropfbarer Flüssigkeiten nur nach zwey Dimensionen fortschreiten, und weil auch letztere Flüssigkeiten nur wenig compressibel sind. Über die Durchkreuzung und über die Zurückwerfung der Wellen wird auch viel merkwürdiges gesagt, in Hinsicht auf die Gestalt, die Bahnen der kleinen Theilchen und die Geschwindigkeit, so wie auch zuletzt noch einiges über die Entstehung der Wirbel durch Umbeugung der Wellen.

Die zweyte Abtheilung des ersten Haupttheiles betrifft die stehende Schwingung tropfbarer Flüssigkeiten. Ganz neu ist das, was hier über diese Schwingungen gesagt wird, welche an tropfbaren Flüssigkeiten eben so wohl, wie an tönenden Körpern Statt finden können, und wobey die Wellen nicht in horizontaler Richtung fortrücken, sondern an ihrem Orte bleiben, und nur eine senkrechte Bewegung haben, wobey abwechselnd Wellenberge in Wellenthäler, und umgekehrt, sich verwandeln. Wenn nämlich ein regelmässiger rings umschlossener Raum ganz erfüllt ist, so dass eine regelmässig abwechselnde Vereinigung und Trennung benachbarter, nach entgegengesetzter Richtung fortschreitender Wellen Statt findet, verwandeln sich fortschreitende Wellen durch eine sich wiederholende regelmässige Durchkreuzung in stehende. Es werden Methoden angegeben, um sie hervorzubringen und sichtbar zu machen. Einige beschriebene und abgebildete Figuren sind an tropfbaren Flüssigkeiten dasselbe, was einige der von mir entdeckten Klangfiguren an Scheiben sind.

In der dritten Abtheilung des ersten Haupttheils werden die durch die Erfahrung gefundenen Wellenerscheinungen mit den Resultaten

der bisher aufgestellten Wellentheorieen verglichen. Der erste Abschnitt enthält allgemeine Bemerkungen und Versuche, welche die Anwendung des Calculs zu Begründung einer Theorie der Wellen auf verschiedenen Wegen erleichtern können. Der Stoss ist zwar die Ursache der Entstehung, nicht aber des Fortschreitens der Welle. Er verbreitet sich zwar mit grosser Geschwindigkeit durch das Wasser, wie denn auch durch dasselbe der Schall viel schneller fortgepflanzt wird, als durch die Luft; aber die Kraft, welche das Fortschreiten der Welle bewirkt, ist die Schwerkraft. Wenn die Wassertheilchen gehindert werden, auszuweichen, bringt der Stoss in grosser Entfernung Bewegung hervor, ausserdem aber nur in der Nähe. Der zweyte Abschnitt enthält eine geschichtliche Darstellung der bisher aufgestellten Wellentheorieen, mit Bemerkungen. Hier werden die Theorieen von Newton, Gravesande, D'Alembert, La Place, La Grange, Flaugergues, Gerstner La Condraye, Bremontier, Poisson, Cauchy und Bidone mitgetheilt. Die Bemerkungen zu der Arbeit von Poisson, welche die wichtigste ist, werden in französischer Sprache gegeben, damit sie auch von solchen, die der deutschen Sprache unkundig sind, benutzt werden können.

Der zweyte Haupttheil betrifft die Wellen in Beziehung auf Schall und Licht, und zwar die erste Abtheilung (aus welcher vorzüglich vieles hier zu erwähnen seyn wird) in Beziehung auf den Schall. Jeder Stoss, die Richtung sey, welche man wolle, wirkt allemal durch den ganzen gestossenen Körper von Theilchen zu Theilchen mit grosser Geschwindigkeit. Die Richtung der Fortpflanzung des Stosses ist unabhängig von der, in welcher die Theilchen sich bewegen, weil wegen der Cohäsion kein Theilchen sich bewegen kann, ohne die benachbarten auch in Bewegung zu setzen. Die unmittelbar durch den Stoss erregten

Wellen oder Schwingungen sind dasselbe, was von mir im 3ten Theile der Akustik mitgetheilte longitudinale Schwingung und von Savart mitgetheilte tangentiale Schwingung genennt worden ist. Da aber diese Wellen, welche mit dem unmittelbar fortgepflanzten Stosse Eins sind, in Körpern, welche einen kubischen Raum einnehmen, auch in andern Richtungen fortgepflanzt werden können, so ziehen die Verfasser vor, sie primäre Wellen zu nennen. Die zweyte Classe von Wellen, welche von mir und Andern transversale genennt worden sind, werden hier secundäre Wellen, oder Wellen durch Beugung genennt, weil sie zwar durch einen Stoss hervorgebracht werden können, aber ihre Fortschreitung durch eine andere Kraft geschieht, und zwar weit langsamer, als bey den vorigen. (Man könnte beyde Classen von Wellen auch wohl ganz kurz und angemessen durch die Benennungen: Stosswellen und Biegungswellen, unterscheiden.) Bey den primären Wellen geschieht allemal eine abwechselnde Verdichtung und Verdünnung der Theile, bey den secundären ist nur eine Verschiebung der Theile erforderlich.

Der erste Abschnitt dieser Abtheilung handelt von der secundären (transversalen) fortschreitenden Wellenbewegung, oder von den Wellen durch Beugung an fadenförmigen gespannten Körpern. Bey dieser Art der Bewegung lässt sich das successive Fortschreiten der secundären Wellen an langen ausgespannten Seilen sehr gut beobachten; an einem 190 Fuss langen Seile, das bey Halle über die Saale gespannt war, sahen die Vf. die Welle wohl 16mal über den Fluss hinüber und herüber laufen. Grössere und kleinere Wellen gehn gleich geschwind fort, so dass nie eine die andere einholt. Bey der Begegnung gehen sie ohne den mindesten Zeitverlust durch einander durch. Euler hat (*in Act. Acad. Petrop. pro anno* 1779) die Wellenbewegungen der Seile vollständig abgehandelt; seine Be-

rechnungen werden hier mitgetheilt, und durch viele Versuche, zu welchen eine Tertienuhr angewendet worden ist, bestätigt. Manches lässt sich auch dadurch aufklären, was durch Erfahrung sich nicht genau ausmitteln lässt, z. B. dass an einer Saite der Charakter des Klanges, aber nicht der Ton sich ändert, nachdem sie an verschiedenen Stellen oder auf verschiedene Art angeschlagen wird, welches unstreitig in der Gestalt liegt, welche die Saite bey ihren Schwingungen abwechselnd annimmt. Den stehenden Schwingungen tönender Körper geht fast immer eine Wellenbewegung voraus, so dass ursprünglich nur Wellen erregt werden, die durch ihre Bewegung in ein gewisses Gleichgewicht kommen. (Auf diese Bildung stehender Schwingungen aus anfänglichen fortschreitenden Wellen hat man bisher bey tönenden Körpern zu wenig Rücksicht genommen, und die Schwingungen nur immer so betrachtet, wie sie in ihren ausgebildeten Zustande sind.)

Im zweyten Abschnitte wird von stehenden secundären (transversalen) Schwingungen an fadenförmigen elastischen Körpern geredet. Da hierbey die diesseits und jenseits der natürlichen Lage geschehenden Ausbeugungen der Saite immer an ihrem Orte bleiben, so werden diese Schwingungen hier (wie vorher bey dem Wasser) stehende Schwingungen genennt. Die Ausbeugungen der Saite bey dem Grundtone und bey den Flageolettönen, und das Hervorgehen dieser stehenden Schwingungen aus Wellenbewegungen werden erklärt, und gezeigt, wie sie sich an einem etwas dicken Seile sichtbar machen lassen. Wenn die Breite der Wellen nicht ein aliquoter Theil der Saite ist, kann keine stehende Schwingung, wenigstens keine vollkommene, entstehen. — Über die secundären Schwingungen der Körper, welche durch innere Steifigkeit elastisch sind. Der Vorgang ist bey Stäben, u. s. w. eben derselbe, wie bey Saiten, indem die stehende Schwingung auch erst durch regelmässige Begeg-

nung von Wellen hervorgebracht wird. Aber die Geschwindigkeit, mit welcher ein an den Enden freyer Stab von den Wellen durchlaufen wird, ist nicht gleichförmig, weil die Enden beweglicher sind, als die Mitte, indem sie nur von einer Seite in ihrer Lage gehalten werden. Daher sind die Excursionen der freyen Enden grösser und die Schwingungsknoten liegen so, dass die Endstükken nur halb so lang sind, als die in der Mitte gelegenen Stücken. Die Klangfiguren flächenförmiger Körper geben eine Vorstellung von solchen Eintheilungen, welche aber, wie schon bemerkt ist, auch an tropfbaren Flüssigkeiten Statt finden, wo wegen langsamerer Fortschreitung der Wellen die Entstehung solcher Gestalten sichtbar werden kann. Bey den Scheiben bestimmt der Ort der Berührung die Breite der Welle. (In meiner Akustik, und auch schon früher habe ich zwar zuerst gezeigt, wie die Schwingungen solcher Körper in ihrem völlig gebildeten Zustande beschaffen sind, wie sie aber durch regelmässiges Zusammentreffen von Wellen entstehen, darüber haben die Verfasser dieses Buches zuerst mehrere Auskunft gegeben.) Über die von Taylor, Daniel Bernoulli und Euler theoretisch untersuchten Schwingungen eines durch Gewichte, die sich in regelmässigen Abständen befinden, beschwerten Fadens, 51 Fuss lang, haben die Verfasser mit Hülfe einer Tertienuhr viele Versuche im Thurme der Leipziger Sternwarte angestellt, und deren Resultate hier bekannt gemacht.

Der dritte Abschnitt betrifft die primäre fortgepflanzte Schwingung, oder die Wellen des fortschreitenden Stosses, (longitudinale oder tangentiale Schwingungen, Wellen durch Verdichtung und Verdünnung) in der Luft. Die Verfasser nennen hier Spannung (das, was ich Elasticität genannt habe, nämlich) den Zustand eines Körpers, wo die Kräfte bey einer gewissen Lage oder Entfernung der Theilchen sich aufheben, aber diese Lage wieder herzustellen streben,

wenn sie verändert wird. Diese Spannung kann natürlich seyn, wenn alle Theilchen eines Medium sich gegenseitig so anziehen und zurückstossen, dass sie in Ruhe bleiben, (welches ich Steifigkeit genennt habe,) oder sie wird vergrössert, wenn die Theilchen durch Druck einander mehr genähert, oder durch Ausspannung von einander mehr entfernt werden. Die Spannung ist von der Dichtigkeit unabhängig. Im Augenblicke des Stosses erhalten die Theilchen eine desto geringere Bewegung, je weiter sie von der gestossenen Stelle entfernt sind; es wirkt aber jedes Theilchen bewegend auf die andere. Die Fortpflanzung einer Verdichtung und Verdünnung zwischen zwey nächsten Theilen, und die Fortpflanzung von Wellen, welche aus mehren solchen Theilen bestehen, wird nach Euler's Rechnung construirt, und mit den Wellen des Wassers, oder eines gespannten Fadens verglichen. Zwey einander durchkreuzende Wellen stören sich nicht, sondern setzen hernach ihren Lauf ungehindert fort. Die Richtung, in welcher die Lufttheilchen sich bewegen, kann sehr verschieden seyn, ohne dass dadurch die Richtung der Welle geändert wird. Wenn der schwingende Körper die Gestalt eines Stabes hat, so wird doch der Schall in allen Richtungen gleich schnell fortgepflanzt. Nun sollte man aber glauben, dass er in der Richtung der Schwingungen eine grössere Intensität haben müsste, als in der Querrichtung. Die Verfasser haben aber an 3 Stimmgabeln von verschiedener Grösse, die alle den Ton $\bar{a}$ angaben, Versuche angestellt, die neu sind und ein anderes Resultat gaben. Wenn sie in gleicher Höhe mit dem Ohre gehalten, und um die senkrechte Axe des Stiels gedreht wurden, so war der Ton in der Richtung der Schwingungen am stärksten, nächstdem aber in der Richtung, wo die Schwingungen quer übergingen, am schwächsten aber in einer diagonalen Richtung, (welches ich an meiner Stimmgabel, die auch $\bar{a}$ angibt, so wie auch an breitern gabelförmig gebogenen und auch an graden eisernen Stäben oder Streifen bestätigt finde, eben so wie auch das folgende.) Der

Winkel, unter welchen der Ton am schwächsten gehört wird, schien nach genauern Messungen an einer Gabel von gleicher Breite und Dicke ungefähr 135 Grad zu seyn. Wenn die Gabel um die andere horizontale quer durch den Stiel gehende Axe gedreht wird, so hört man auch senkrecht über der Zinke der Gabel und seitwärts den Ton fast gleich stark, zwischen diesen Richtungen liegt aber eine, welche mit der Zinke einen Winkel von ungefähr 10 Graden macht, in welcher man den Ton auffallend schwach hört. Dreht man die Gabel um die andere quer durch den Stiel gehende Axe, so gibt es keine Richtung eines auffallend schwachen Lärms. An einer dreyseitigen Stimmgabel war die Wirkung fast eben so, wie an einer vierseitigen; es kommt also nicht sowohl auf die Gestalt der Gabel, als auf die Richtung der Schwingungen an. Die Verfasser glauben, es lasse sich dadurch erklären, dass nicht nur in der Richtung der Schwingungen verdichtende und verdünnende Wellen ausgehen, sondern auch fast gleich starke in einer Richtung, welche mit den Schwingungen der Gabel einen rechten Winkel macht. (Die Beobachtung ist gewiss sehr merkwürdig, und verdient in Hinsicht auf die Theorie eine genaue Untersuchung.) Die Verfasser haben auch beobachtet, dass eine Stimmgabel, die in einer Drehbank schnell um die Axe des Stiels gedreht wird, bei einer gewissen Geschwindigkeit keinen Ton verbreitet, welcher aber bei dem Aufhören des Drehens sogleich wieder hörbar wird, wovon der Grund nicht etwa in einem Geräusch der Drehbank, sondern vielmehr in einer gehinderten Mittheilung der Schwingungen an der Luft liegt.

Im vierten Abschnitt ist die Rede von der stehenden Schwingung in der Luft. In Orgelpfeifen, Blasinstrumenten und der menschlichen Stimme befindet sich die Luft in einer stehenden Schwingung. Der Vorgang, wodurch sie in dieselbe geräth, ist dem sehr ähnlich, durch welchen Saiten und auch Wasser in dieselbe versetzt werden. Dieser Vorgang wird weiter erklärt, und in den Figuren die Abweichung von der na-

türlichen Dichtigkeit, die Geschwindigkeit der Lufttheilchen, die Richtung ihrer Bewegung, und die davon wohl zu unterscheidende Richtung der Welle, auf eine sinnreiche Art gewissermasen bildlich angedeutet. Eine in einer Röhre vorwärts schreitende Welle, wird nicht nur zurückgeworfen, wenn sie an eine die Röhre verschliessende Ebene anprallt, sondern auch dann, wenn sie an dem offnen Ende der Röhre heraustritt. Im ersten Falle behält sie ihre Eigenschaften, im letzteren Falle aber verändert sie ihren Charakter, so dass aus einer verdichtenden Welle eine verdünnende, und aus einer verdünnenden eine verdichtende wird, wegen der weitern Ausweichung der Lufttheilchen am offnen Ende, weshalb also am Ende eine schwächere Zurückwerfung Statt findet. Daher kommt es auch, dass Blasinstrumente nur so lange tönen, als die wellenerregende Ursache fortdauert. Bey der stehenden Schwingung laufen gewisse Wellen nach einem gewissen Zeitabschnitte wieder in ihre vorige Bahn zurück, so dass sie nach einem 2, 3, oder 4fach etc. so grossem Zeitabschnitte sich wieder an demselben Orte befinden. Dieses unterscheidet die stehende Schwingung oder das Selbsttönen von der Resonanz. Methoden, die stehende Schwingung in der Luft zu erregen. Zur Hervorbringung dieser Schwingungen ist erforderlich, dass der Luft, welche in einer Röhre enthalten ist, regelmässig auf einander folgende abwechselnd verdichtende und verdünnende Stösse ertheilt werden, welche Wellen erregen, deren Breite zur Länge der Röhre sich verhält, bey einer Röhre mit zwey offenen Enden wie 1 : 1, wie $1/2 : 1$, wie $1/3 : 1$ u. s. w. und bey einer an einem Ende geschlossenen Röhre, wie 2 : 1, wie $2/3 : 1$, wie $2/5 : 1$ u. s. w. (So werden die Zahlen heissen müssen, anstatt der Art, wie sie im §. 281, Z. 6 bis 8 durch ein Druck- oder Schreibversehen angegeben sind. Auch wird es in §. 280, Z. 19, anstatt Fig. 190, heissen müssen: Fig. 191.) Die Stösse können der in einer Röhre enthaltenen Luft entweder durch einen selbsttönenden Körper ertheilt werden, oder auf andere Weise. So hat Savart

entdeckt, dass man in Orgelpfeifen, Gefässen mit verschlossenem Boden u. s. w. die Luft durch Vorhalten einer Glocke, einer Scheibe, oder sonst eines tönenden Körpers, zum Tönen bringen könne, wenn die darin befindliche Luftstrecke die dazu erforderliche Länge und Breite hat. *) Eine so regelmässige Reihe von schnell auf einander folgenden Stössen ist aber nicht nothwendig, sondern es ist hinreichend, wenn, so wie es bey dem Anblasen der Fall ist, unter einer Reihe von Stössen viele sind, deren Dauer und Folge in einem richtigen Verhältnisse zu der Luftstrecke steht. Die Wellen, welche nach einem gewissen Zeitraume in ihre vorige Bahn zurückkehren, wachsen an Grösse, die übrigen verlieren sich bald. — Das Tönen wird entweder in ruhender Luft erregt, wie in Orgelpfeifen, der Flötenwerke und in Flöten, oder in einem Luftstrome, wie in den Zungenpfeifen und in den menschlichen Sprachwerkzeugen. **) Im ersten Falle strömt die durch eine Spalte dringende Luft nicht in die Röhre, sondern setzt nur durch ihr Vorbeystreichen die darin enthaltene Luft so in schwingende Bewegung, wie es bey festen Körpern vermittelst eines Violinbogens geschieht. Wie wenig ganz regelmässig wiederkehrende Stösse erforder-

---

*) Ich bediene mich gewöhnlich zu diesen Versuchen der pappnen Röhre eines Fernrohrs, welche ich durch Ein- oder Ausschieben der Stücke so weit verlängere oder verkürze, als es nöthig ist. Auch finde ich schon hinreichend, wenn man eine gläserne Bouteille oder ein Arzneyglas so weit mit Wasser füllt, bis die noch darin befindliche Luft bei dem Hineinblasen den verlangten Ton dumpf hören lässt. Hierbey fand ich auch die bey dem vorigen Abschnitte erwähnte Entdeckung der Herrn Weber bestätigt, indem eine vor die Röhre oder vor die Mündung der Bouteille gehaltene Stimmgabel in der Richtung der Schwingungen und in der Querrichtung, der darin befindlichen Luft die Schwingungen gleich stark, in diagonaler Richtung gehalten, aber nur äusserst schwach mittheilt. *Chl.*

**) Bestättigung der Äusserung in der *Cäcilia*, vorstehend (Heft 14.) S. 157 Z. 10 u. 11 v. u.

lich sind, um eine schwache, stehende Schwingung in einer regelmässig (und auch nicht regelmässig) gestalteten Röhre hervorzubringen, sieht man daran, dass Röhren von einer passenden Länge und Weite schon durch das Geräusch des Tages schwach tönen. So bemerkten die Verfasser, dass eine Röhre von Pappe, 1 Fuss 3 Zoll Par. Maas lang, und 1 1/3 Zoll im Durchmesser, an das Ohr fest angestemmt, wenn das andere Ende offen war, den Ton $\bar{a}$ gab, dass sie aber, wenn das andere Ende mit der Hand zugehalten ward, a, und in der Nähe des Ohrs, wenn beyde Enden offen waren, $\bar{gis}$ summte.*) Über die Hervorbringung einer stehenden Schwingung in der Luft vermittelst einer Zungenpfeife, haben die Verfasser sehr viele Versuche angestellt, zur Beantwortung der Fragen Gottfried Weber's in seiner vortrefflichen Theorie der Tonsetzkunst (welcher sie alle Gerechtigkeit widerfahren lassen) B. 1, S. 4, **): in

*) Kurz zuvor, ehe ich dieses schreibe, habe ich hierüber einen Versuch an der in der vorigen Note erwähnten pappnen Röhre angestellt, wo ich auch bey dem Ansetzen an das Ohr einen schwachen, aber bestimmbaren Ton zufolge des Tagesgeräusches höre, der bey Verlängerung oder Verkürzung der Röhre tiefer oder höher, und durch jedes stärkere Geräusch verstärkt wird. Wird die Röhre nicht ganz dicht an das Ohr gehalten, so ist der Ton ein wenig höher, als wenn sie ganz dicht daran gehalten wird. Wird das entferntere Ende mit der Hand zugehalten, so ist er eine Octave tiefer, als wenn es offen ist. So hörte ich auch in einem Zimmer, das ich vor mehreren Jahren bewohnte, an einem Windofen mit einer langen blechernen Röhre, bey lebhaftem Brennen des Feuers, immer anhaltend das *Contra Gis*, und fand hernach bey dem Messen der Röhre, dass sie von dem Ofen bis zum Schornstein ungefähr die zu Hervorbringung desselben Tones in einer offenen Pfeife erforderliche Länge von 10 Fuss hatte. *Chl.*

**) Auch schon in s. Akustik der Blasinstrumente, Leipz. Mus. Ztg. v. 1816 S. 35; dann in s. Allgemeinen Musiklehre, Darmst. b. Leske, S. 5, und in der *Cäcilia*, 1. Bd. (Heft 1.) S. 93 in der Anmerkung.

welchen Verhältnissen bei Zungenpfeifen die Zunge oder die Luftsäule den Ton bestimmt, und ob bey Zungenpfeifen auch, wie bey den Pfeifen der Flötenwerke, höhere Töne, oder Flageolettöne Statt finden. Ihre Untersuchungen lehrten, 1) dass die Höhe des Tones bey Pfeifen, an die keine lange Röhre angesetzt ist, von der Länge, Dicke und Elasticität der Zunge abhängt, 2) dass sie unter übrigens gleichen Umständen in geringem Grade von der Weite der angesetzen Röhre abhängt, 3) dass sie vorzüglich von der Länge einer an den Körper der Pfeife angesetzten langen Röhre abhängt, 4) dass die Länge der zum Tönen gebrachten Luftsäule in den tieferen Tönen ziemlich ein Drittheil der Länge hatte, welche sie in der Pfeife eines Flötenwerkes haben musste, um denselben Ton zu geben, 5) dass Zungenpfeifen auch Flageolettöne geben können, von denen der nächste um die Quinte der Octave höher ist, 6) dass also Zungenpfeifen in dieser Hinsicht sich verhalten, wie Pfeifen, deren eines Ende offen, das andere verschlossen ist, 7) dass, wenn die angesetzte Röhre lang ist, die Länge der Zunge keinen beträchtlichen Einfluss auf die Änderung des Tones äussert. Die Zunge ist hier nicht als ein selbsttönender Körper anzusehen, der durch Stösse der Luft den Ton mittheilt, sondern er nöthigt durch abwechselnde Schliessung und Öffnung die äussere verdichtete Luft, die Luft in der Pfeife in regelmässigen Zeiträumen abwechselnd zu stossen und nicht zu stossen. Die Bewegung der Zunge hängt also mehr von den in der Pfeife hin und her laufenden Luftwellen, als von ihrer Elasticität ab. Sie wird also mehr geschwungen, als sie selbst schwingt. *) Lässt man die Pfeife ohne Röhre schwingen, so hängt die Schnelligkeit der Schwingung fast ganz von der Zunge ab. (Seit der Herausgabe dieses Buches haben die Herrn W. weitere Versuche angestellt, unter andern über den

*) Im Ganzen also Alles so, wie Gfr. Weber schon im April 1824 in der *Cäcilia* (B. 1 Heft 1 S. 95 und 96) vorausgesagt hatte.

Fall, wenn die Zunge an dem einen Ende der Röhre angebracht ist, und an dem andern geblasen wird, wobey sie merkwürdige Resultate erhielten.

Über das Mittönen der Körper, (Resonanz.) Der Ton einer Stimmgabel wird verstärkt entweder durch Aufstemmen auf eine Holzplatte, oder auch, wenn man sie vor eine Röhre hält, in welcher die Luft denselben Ton giebt. So war eine Röhre von Pappe, die 1 Fuss 3 Zoll lang, und 1 1/2 weit war, zur Verstärkung des Tones einer Stimmgabel, die a̿ gab, am angemessensten. (Der höhere Ton dieser Stimmgabel, welcher §. 289 erwähnt wird, kann kein anderer gewesen seyn, als das viergestrichene f⃥, weil, wie ich in meiner Akustik §. 99 und im *Traité d'Acoustique*, §. 88, angegeben, der tiefste Ton einer Gabel zum nächsten höhern sich wie 4:25 oder 22:52 verhält, und von dem höheren aus gerechnet die noch höheren an einer hinreichend langen Gabel sich wie die Quadrate von 3, 4, 5, 6 u. s. w. verhalten.) Es werden zwey Arten von Resonanz unterschieden, 1) bey der Mittheilung der Schwingungen an ein Medium von anderer Cohäsion und Dichtigkeit, 2) wo ein begränzter Körper durch einen tönenden in so heftige Schwingungen versetzt wird, dass er sie, wenn er unbegränzt wäre, nicht vollbringen könnte. Die dem begränzten Körper mitgetheilten Schallwellen werden von dessen Rändern oder Gränzen zurückgeworfen, und kreuzen sich mit einander und mit den von dem tönenden Körper fortwährend ausgehenden Wellen. An den Durchkreuzungsstellen wird die Verdichtung und Verdünnung weit grösser, so wie auch bey den Wasserwellen die Erhebung und Vertiefung der Oberfläche. Zum Selbsttönen eines Körpers ist erforderlich, dass sein ganzer Raum von gleichbreiten, sich zwey oder mehrmal durchkreuzenden Wellen eingenommen sey, die vermöge seiner Gestalt so zurückgeworfen werden, das die Kreuzungspuncte auch nach einer vielfachen Zurückwerfung immer nach gleichen Zeiträumen wieder auf dieselben

Stellen fallen; da hingegen zum Resoniren nur erfordert wird, dass der Körper von gleichbreiten zurückgeworfenen Wellen bedeckt sey, die sich mit den immer wieder auf dieselbe Art erregten so durchkreuzen, dass die Kreuzungsstellen, so lange die Erregung neuer Wellen dauert, auf dieselben Puncte fallen. Hieraus werden weitere Folgerungen über die Unterschiede des Selbsttönens und des Resonirens gezogen, und gezeigt, wie der Vorgang auch an tropfbaren Flüssigkeiten, besonders an Quecksilber, kann sichtbar gemacht werden. Wenn ein fester Körper nicht selbst tönt, sondern nur resonirt, kann er auch Schwingungsknoten und Knotenlinien haben. Diese Knotenlinien des Mittönens, welche hier Klangfiguren der Resonanz genennt werden, sind von den eigentlichen Klangfiguren tönender Körper wohl zu unterscheiden. (Ich ziehe vor, sie Resonanzfiguren zu nennen, weil unter Klang doch immer das Selbsttönen zu verstehen ist.) Die Resonanzfiguren sind von Savart gut untersucht, und manche sind in den *Annales de Chymie*, T. 25, Tab. 25, Fig. 8—11 abgebildet; er hat sie aber von den Klangfiguren nicht genug unterschieden. Beyde sind aber wesentlich verschieden, denn 1) bey den Klangfiguren liegen die Knotenlinien, wenn der klingende Körper regelmässig gestaltet ist, immer symmetrisch; bey den Resonanzfiguren ist zwar auch Symmetrie möglich, sie können aber ebensowohl auch unsymmetrisch seyn, 2) die Abstände der Knotenlinien sind bey den Klangfiguren aliquote Theile des Raumes; bey den Resonanzfiguren nicht, 3) die Zahl der Knotenlinien an tönenden Körpern ändert den Ton, der immer höher wird, je mehr Knotenlinien vorhanden sind; bey resonirenden Körpern aber nicht. Die in einer Röhre eingeschlosseue Luft ist auch zum Resoniren geneigt, wenn man einen selbsttönenden Körper ihr nähert. Mit Luft erfüllte grosse Räume werden so lange zu resoniren fortfahren, bis die Schallwellen ihren Lauf so weit fortgesetzt haben, dass die Durchkreuzungen an den bestimmten Stellen aufhören. (Wenn hierbey bemerkt wird,

das Nachhallen in Kirchen sey nicht etwa eine besondere Wirkung der Gestalt der Kirche, sondern eine nothwendige Wirkung der Grösse des Raumes, so würde ich lieber sagen, es sey nicht blos oder nicht immer eine besondere Wirkung der Gestalt, denn manche Gestalt, z. B. eine elliptische, welche unter allen möglichen die schlechteste ist, eine runde, eine zu hoch und gleichförmig gewölbte u. s. w. können allerdings machen, dass der Nachhall zu lange anhaltend und unerträglich wird. Diese Fehler habe ich am meisten in länglich viereckigen, hoch gewölbten Localen angetroffen, wo zwey gerade Wände einander gegenüber standen, und also die der Länge nach hin und her gehenden einander durchkreuzenden Schallwellen lange dauerten, und Alles undeutlich machten.) — Im 296ten §. wird Einiges über die Frage gesagt, wie ein Gebäude beschaffen seyn müsse, dass es sich zur Ausführung von Musikstücken vorzüglich eigne.*)

---

*) Ich halte dafür, dass alles nur mögliche, was man über Anordnung eines grossen Locals, um nicht nur Musik, sondern auch einen Redner oder Schauspieler deutlich zu hören, sagen kann, sich in den einzigen Satz zusammendrängen lasse: Rückwirkungen und Durchkreuzungen der Schallwellen von entferntern Stellen, besonders von der entgegengesetzten Seite, wodurch man einen zu späten Nachhall oder ein Echo erhalten würde, muss man möglichst zu vermeiden oder zu vermindern suchen, wozu eine amphitheatralische Einrichtung der Sitze sehr nützlich seyn kann; aber Rückwirkungen von Stellen, die dem Orte der Schallhervorbringung nahe sind, von den Seiten, von hinten und von oben, nach den Zuhörern zu, und deren Durchkreuzungen mit den ursprünglich erregten Schallwellen müssen möglichst befördert werden, und zwar so, dass zwischen den ursprünglich erregten und den zurückgeworfenen Schallwellen kein bemerkbarer Zeitunterschied Statt findet, wozu eine parabolische oder divergirende Gestalt der Wände sehr tauglich ist, und ein nicht zu hohes oder zu sehr gewölbtes längliches Viereck, der Länge nach benutzt, wenigstens nicht als fehlerhaft angesehen werden kann. *Chl.*

Als Bedingungen werden angegeben, 1) dass die Zurückwirkung des Schalles so vollkommen als möglich geschehe, (ich muss hierbey bemerken, nur nicht von der entgegengesetzten, am meisten entfernten Seite zurück, weil dieses ein Echo geben würde, worin manche Baukünstler sehr gefehlt haben), 2) dass nicht etwa durch Säulen, Vorsprünge, scharfe Ecken u. s. w. die Durchkreuzung grosser Wellen gehindert werde, (ganz richtig, wiewohl es auch Fälle geben kann, wo durch solche Vorsprünge, Vertiefungen und Unterbrechungen der Gleichförmigkeit ein zu grosser Nachhall, der wegen einer unvortheilhaften Gestalt des Raumes entstehen würde, verhindert werden kann, wie z. B. in dem Saale des königlichen Akademiegebäudes zu Berlin, wo sonst die Singakademie gehalten wurde, die Wirkung des Gesanges, ungeachtet der länglich runden Gestalt, doch sehr gut war, ohne Zweifel, weil, wegen der beträchtlichen Vertiefungen an den Fenstern, nicht zu viele gleichförmige Zurückwirkungen Statt finden konnten.) 3) Dass die zurückgeworfenen Wellenstücken so viel als möglich, gerade bleiben, (welche besonders durch parabolische oder divergirende Seitenwände parallel werden), und dass die Puncte der vorzüglichsten Durchkreuzungen durch den ganzen Saal gleichförmig vertheilt sind, aber auch nicht so liegen, dass für gewisse Töne eine stehende Schwingung entstehen kann. In kleinen und regelmässigen Räumen findet sich bisweilen eine solche Verstärkung eines gewissen Tones durch eine stehende Schwingung der darin enthaltenen Luft. (So bemerkte ich in einem vormahls von mir bewohnten Zimmer, dass das ungestrichene cis, wenn ich es, mit der Stimme, oder auf eine andere Art angab, auf eine bisweilen lästige Art verstärkt ward und nachtönte.) Da eingeschlossene Luft auch resoniren kann, und alsdann anderer Luft den Schall vollkommener mittheilt, als feste Körper, so ist die Gestalt des in Resonanzböden eingeschlossenen Luftraumes und die Lage der Öffnungen nach aussen für die Resonanz von

Wichtigkeit, worüber Savart merkwürdige Versuche gemacht hat.

Der fünfte Abschnitt handelt von der fortgepflanzten und stehenden primären (longitudinalen) Schwingung anderer Medien, als der luftförmigen. Auch das Wasser und die starren Medien sind fähig, Stösse, und also primäre Schwingungen oder Stosswellen, fortzupflanzen, und zwar weit schneller als die Luft. (Wasser nach La Place 7mal schneller, und feste Körper, meinen Untersuchungen zufolge, noch schneller, wie denn bey Glas, Eisen und Tannenholz die Geschwindigkeit wohl 17mal grösser ist, als bey der Luft.) Bey dem Wasser rührt diese Fähigkeit von der Elasticität her, keinesweges aber von der darin gebundenen Luft. Dass das Wasser zum Tönen unfähig ist, liegt in seiner zu geringen Zusammendrückbarkeit. Bey festen Körpern scheint die Adhäsion, vermöge welcher die kleinen Theilchen einander bestimmte Flächen zuzuwenden bestrebt sind, noch einen besondern Einfluss auf die Fortpflanzung primärer Wellen auszuüben. Hat ein Medium einen so grossen Umfang, dass die Entwikkelung primärer Wellen nach keiner Richtung gehindert wird, so sind die erregten Wellen, so wie in der Luft, kugelförmig, wie z. B. in einem grossen Felsen, an dem geklopft wird. Die an Saiten und Stäben der Länge nach gehenden Schwingungen, welche von mir entdeckt sind, habe ich longitudinale Schwingungen genennt. Savart hat diesen Namen verworfen, weil es ihm gelang, auch Schwingungen sichtbar zu machen, bei welchen die Theilchen des Körpers sich in andern Richtungen bewegten, welche zwischen der Länge und der Queere lagen. Es wird aber von den Verfassern hier ganz richtig gezeigt, dass Savart sich hierin geirrt habe, indem meine Versuche die Schwingungen selbsttönender Körper betreffen, die von Savart aber die durch Resonanz verursachten Schwingungen, wie auch kleine Bewegungen einer höheren Ordnung, die nicht

hörbar sind, so dass also der von mir aufgestellte Satz richtig bleibt, dass bei longitudinal tönenden Körpern die Schwingungen allemal in die Länge geschehen, und nie schief oder senkrecht gegen die Dicke. Aus Savart's Versuchen wird viel Merkwürdiges mitgetheilt und erläutert. Die Verfasser stimmen übrigens, aus mehren angegebenen Gründen, der Behauptung Savart's nicht bey, dass es nur eine einzige Art von Schwingungen gebe, welche alle die Arten in sich begreife, welche ich longitudinale, transversale, und drehende genennt habe. (Ich kann hierin ebenfalls Savart nicht beystimmen, und muss jetzt eben sowohl, wie vormals, die primären und secundären Schwingungen als etwas wesentlich von einander Verschiedenes ansehen. Was die drehenden Schwingungen betrifft, so musste ich sie zwar bey cylindrischen oder prismatischen Stäben wegen Verschiedenheit der Richtung besonders abhandeln, habe aber selbst, weit früher als Savart, in meiner Akustik §. 133, und im *Traité d'Acoustique* §. 98 und §. 124, Nro. 3, gesagt, dass sie mit einer gewissen Reihe transversaler Schwingungen einer Scheibe Eins und Dasselbe sind.) Die Gesetze der fortschreitenden und stehenden primären Schwingung fester Körper sind den Schwingungen in der Luft ähnlich. Die fortschreitende primäre Schwingung wird festen Körpern schon durch die Berührung mit andern tönenden Körpern mitgetheilt. Die secundäre oder transversale Schwingung eines festen Körpers theilt sich einem andern flächenförmigen Körper durch einen dazwischen gebrachten Stab desto schwächer mit, je mehr die durch den verbindenden Stab fortschreitende Schallwelle eine Bewegung der Theilchen mit sich führt, deren Richtung auf die Richtung der Welle senkrecht ist. Je öfter aber und in je höherem Grade die Richtung, in welcher die Theilchen schwingen, wechselt, desto mehr wird die Mittheilung des Tones gehemmt. Die von Wheatstone vorgetragene sogenannte Polarisation des Schalles, wo der Ton einer Stimmgabel, nachdem man sie auf andere Art vermittelst eines geraden oder recht-

winklichen Stabes mit einer Holzplatte in Verbindung setzt, stärker oder schwächer ist, (welcher sehr specielle Fall weniger Aufsehen würde erregt haben, wenn der Urheber ihm nicht einen etwas imponirenden Namen gegeben hätte), wird hiedurch erklärt und durch eine Abbildung erläutert. Hierauf wird von den primären Schwingungen oder Längenschwingungen einer Saite geredet, von denen ich in meiner Akustik, und auch schon früher, behauptet hatte, dass die mehrere und mindere Spannung nur wenig Einfluss auf deren Höhe und Tiefe habe. Die Verfasser hatten die Idee, dass, wenn der Ton der secundären Schwingung, oder der gewöhnliche Grundton einer in die Quere schwingenden Saite, sich durch Spannung erhöhen liesse, ohne dass sich der Längenton ändere, es bey Voraussetzung der Unzerreissbarkeit der Saite einen Punkt geben müsse, wo der Querton höher, als der Längenton wurde, welches ihnen aber unmöglich schien, (wie es denn auch unmöglich ist, weil jede Saite weit früher zerreisst, weshalb also der Querton an sehr dünnen bis zum Zerreissen gespannten Darmsaiten um nicht viel mehr als etwa zwey Octaven wird dem Längentone können genähert werden, dahingegen der Unterschied, besonders an schwach gespannten Metallsaiten, weit über 5 Octaven betragen kann.) Bey einem angestellten Versuche fanden sie, dass bey zunehmender Spannung die Höhe des Längentones wohl um eine Quinte zunahm. (Hier muss ich aber vermuthen, dass die Saite nicht auf 2 Stegen immer fest genug aufgelegen habe, und dass die anfangs beobachtete Zuname der Höhe um eine Quarte, E:A, bey Verdoppelung der spannenden Kraft möge von einem anfänglichen Mitschwingen der Befestigungsstelle an dem einen oder dem andern Endpunkte hergerührt haben; denn bey allen von mir sowohl früher, als auch ganz neuerlich, angestellten Versuchen *) fand ich nie eine

*) Ganz vor Kurzem habe ich diesen Versuch an meinem Monochorde wiederholt, und zwar mit 3 verschiedenen Saiten, wo ich den Längenton, (welcher

Erhöhung, die mehr, als beynahe einen ganzen Ton, betragen hätte.) — *) Über die interessanten Entdeckungen

---

sich am besten durch Streichen oder vielmehr Wischen nach der Richtung der Länge vermittelst des unter einem sehr spitzigen Winkel gehaltenen Violinbogens hervorbringen lässt) mit dem Quertone verglichen habe, von der geringen Spannung an, wo beyde Töne anfingen bestimmbar zu werden, bis zu der, wo die Saite zerriss. An einer Stahlsaite stieg der Querton von grossen F bis etwas über das ungestrichene a, wo sie zerriss, also um mehr, als eine Octave und eine grosse Terz, und der Längenton von dem viergestrichnen gis bis etwas über das viergestrichene a, also nicht viel über einen halben Ton; an einer Messingsaite stieg der Querton vom grossen C bis zum kleinen g und etwas darüber, wo sie zerriss, also über eine Octave und eine Quinte, der Längenton aber vom viergestrichenen d bis etwas über das viergestrichene dis, aber nicht ganz bis zum $\overline{\overline{e}}$, also auch um keinen ganzen Ton; an einer Violinquinte stieg der Querton vom grossen F bis zum eingestrichenen g, wo sie bald hernach zerriss, also um 2 Octaven und einen ganzen Ton, und der Längenton vom dreygestrichenen g bis beinahe zum dreygestrichenen a, also beynahe um einen ganzen Ton. Da nun anzunehmen ist, dass sich die spannenden Kräfte wie die Quadrate der Quertöne verhalten haben, so folgt, dass bey der Stahlsaite eine Vermehrung der Spannung wenigstens um das Sechsfache, bey der Messingsaite um das Neunfache, und bey der Darmsaite um das Zwanzigfache nicht im Stande gewesen sind, eine grössere Erhöhung des Längentones zu bewirken, als beynahe um einen ganzen Ton. *Chl.*

*) Späterer Nachtrag zum gegenwärtigen Aufsatze. Der Widerspruch, wo ich behauptet hatte, dass die Längentöne einer Saite nur sehr wenig von der Spannung abhängen, dahingegen die Herrn Weber eine anfängliche beträchtliche Zuname der Höhe bey Vermehrung der Spannung gefunden hatten, ist nun ausgeglichen, da ich Gelegenheit gehabt habe, ihre Versuche zu sehen, und ihnen die meinigen zu zeigen. Sie haben nähmlich an sehr langen und dicken Saiten experimentirt (31 Fuss 9 Zoll Par. M. lang, und von der Dicke der stärksten Stahlsaiten, die man zu einem Pianoforte anwendet), und an solchen nimmt allerdings, so lange sie noch sehr schlaff sind, die Höhe des Tones bey

Savart's, die schraubenförmigen Knotenlinien an hohlen und langen Cylindern betreffend, auf welchen der Sand liegen bleibt, haben die Verfasser an Glasröhren, 6 Fuss und drüber lang, die hernach abgekürzt wurden, sorgfältige Versuche angestellt, die ihnen merkwürdige Resultate gegeben haben.

In der zweyten Abtheilung des zweyten Haupttheils werden die Wellen in Beziehung auf das Licht abgehandelt, wobey der Unterschied der Emanationstheorie von der Wellentheorie erläutert, und letztere, wohl mit allem Rechte, für vorzüglicher erklärt wird.

Herr Wilhelm Weber liefert jetzt auch in den neuesten Stücken von Schweigger's Journale für Chemie und Physik einen sehr interessanten Aufsatz, worin aus mehrern Abhandlungen Savart's dessen mitunter etwas undeutlich vorgetragene Entdeckungen über viele akustischen Gegenstände deutlich und in guter Ordnung mit beygefügten Bemerkungen mitgetheilt werden.

Chladni.

---

einiger Vermehrung der Spannung beträchtlich zu, (bey einem Versuche betrug die Zuname eine kleine Septime, bey einem andern noch mehr); der Ton ist dabey sehr schwankend, aber bey gehöriger Vorsicht doch bestimmbar; wenn aber die Saite durch vermehrte Spannung mehr Consistenz bekommen hatte, fand keine weitere Erhöhung des Längentones Statt, als etwa um einen halben Ton. Zu meinem Versuche hatte ich aber kürzere und dünnere Saiten angewendet, die an meinem Monochorde auf zwey Stege gespannt waren, und an solchen tritt der Fall der Hörbarkeit eines Längentones bey äusserster Schlaffheit, und einer beträchtlichen Zuname der Höhe bey verursachter Spannung gar nicht ein; vielmehr lässt sich der Längenton von der geringsten bis zur stärksten Spannung um nicht viel mehr, als etwa um einen halben Ton erhöhen. Es ist also von beyden Seiten richtig experimentirt, und richtig daraus gefolgert worden. *Chl.*