

teten Furchen hervorbringen, nicht, wie bei den horizontalen Wellen, von der Schwerkraft allein, sondern auch von der Capillarkraft, ja bei einem senkrechten Strahl von letzterer allein \*) bedingt wird. Dieß giebt vielleicht ein Mittel ab, diese Kraft bei verschiedenen Flüssigkeiten zu messen, eben so wie die erwähnten Furchen, wenn sie auf der horizontalen Oberfläche einer Flüssigkeit erregt werden, ein Mittel zur Bestimmung der Geschwindigkeit der durch die Schwerkraft auf dieser Flüssigkeit fortgepflanzten Wellen darbieten. P.

## VI. *Ueber die Gränze der Hörbarkeit tiefer Töne; von Hrn. Savart*

(*Ann. de chim. et de phys. T. XLVII. p. 69.*)

In einem früheren Aufsatz \*) habe ich hauptsächlich zu zeigen gesucht, daß, wenn es eine Gränze giebt, über welche hinaus das menschliche Ohr hohe Töne nicht mehr wahrnimmt, dieselbe viel entfernter liegt, als man es bisher geglaubt, weil man noch Töne hören kann, die aus 40000 einfachen Oscillationen in der Secunde entspringen. Am Schlusse dieses Aufsatzes habe ich gesagt, daß, wenn es möglich wäre, eine Reihe von Eindrücken auf das Gehörorgan hervorzubringen, von denen jeder länger als eine Sechszehntel-Secunde dauerte, nicht daran zu zweifeln stände, daß man noch tiefere Töne als die aus 32 einfachen Oscillationen in der Secunde entspringenden wahrnehmen würde, und daß es folglich für die Hörbarkeit tiefer Töne keine Gränze gäbe. Diese Hypothese

\*) Die schraubenförmigen Furchen an dem Quecksilberstrahl, der senkrecht aus einem Trichter mit rauher Spitze fließt, sind ganz dieses Ursprungs. P.

\*\*) Mitgetheilt in dies. Ann. Bd. XX (96) S. 290. P.

habe ich durch ein, wie ich glaube, bisher ganz unbekanntes Verfahren der Tonerregung zu verwirklichen gesucht, von dem ich hier eine Idee zu geben versuchen werde.

Wird ein Speichen-Rad in Umdrehung versetzt, so theilt es der umgebenden Luft Bewegung mit, in gleicher Richtung mit der seinigen. Wenn man nun, während der Luft diese Bewegung eingeprägt ist, dem Rade, in Richtung einer seiner Speichen, den Rand eines dünnen Bretts oder eines Kartenblatts nähert, und zwar so, daß die Ebenen des Blatts und des Rades senkrecht auf einander stehen, so ist klar, daß der Luftstrom momentan unterbrochen wird, sobald eine der Speichen neben (*devant*) diesem Blatt vorbeigeht, und daß, während der ganzen Zeit des Fortgangs der Speiche, die Luft an einer des Blattes \*) z. B. oberhalb comprimirt und gleichzeitig unterhalb dilatirt wird, so daß, im Moment wo die Speiche entweicht, die comprimirte Luft sich in das erzeugte unvollkommene Vacuum stürzt. Ist die Umdrehungsgeschwindigkeit groß genug, so muß, wie einzusehen, aus dieser Bewegung der Luft ein ähnliches Geräusch entstehen, wie das, welches stattfindet, wenn die Luft plötzlich in ein mehr oder weniger ausgepumptes Gefäß eindringt. Diefes geschieht auch wirklich, und da der Vorgang sich bei jeder Speiche wiederholt, so entsteht eine Reihe kleiner Explosionen, deren Zahl proportional ist der Zahl der Speichen und der Umdrehungsgeschwindigkeit des Rades, und die, wiederholen sie sich schnell genug, einen anhaltenden Ton erzeugen, welcher viele Stärke erlangen kann, wenn man statt eines Kartenblatts deren mehrere, vier z. B., in angegebener Weise neben dem Rade in *einer* diametralen Ebene anbringt.

\*) Weil das Blatt im Moment, wo die Speiche *neben* ihm vorbeigeht, den Luftstrom abschließt, bedient sich Hr. Savart des Namens: *obturateur*, *Verschließer*, für den hier der Kürze wegen immer *Blatt* gesetzt seyn wird. P.

Diefs ist im Allgemeinen das Princip, auf welchem der von mir angewandte Apparat beruht. Eigentlich müßte ich nun dieses neue Mittel zur Tonerregung in allen seinen Eigenthümlichkeiten studiren und den Einfluß der Länge, Dicke und Breite der Speichen, wie den der Dicke der Blättchen, untersuchen; allein da ich in diesem Aufsatz nur zur Absicht habe, mich mit der Gränze der Hörbarkeit tiefer Töne zu beschäftigen, so lasse ich alle diese Fragen für den Augenblick bei Seite liegen, und begnüge mich als das Resultat der Versuche anzuführen: 1) daß die Intensität des Schalls sehr rasch mit der Länge der Speichen wächst; 2) daß zur Erlangung sehr kurzer (*très-secs*) und sehr starker Schläge die Speiche im Moment, wo sie neben dem Blatte vorbeigeht, mit ihrer Kante der Kante des Blattes parallel, und letztere Kante nicht weiter als ein Millimeter von der Ebene, in welcher der Stab circulirt, entfernt seyn muß \*); 3) endlich, daß die Schläge, wenn ihre Anzahl in einer gegebenen Zeit bestimmt ist, desto intensiver werden, je kleiner die Zahl der Speichen, oder mit andern Worten, je größer ihre Geschwindigkeit ist.

Auf diese Beobachtungen gründet sich die Construction des von mir angewandten Apparats. Er besteht aus einem  $4\frac{1}{2}$  Fufs im Durchmesser haltenden Rade, mittelst dessen ein Eisenstab von etwa  $2\frac{1}{2}$  Fufs Länge, 2 Zoll Breite und 6 Linien Dicke in Umdrehung gesetzt wird, und zwar um eine Axe, die durch die Mitte desselben, senkrecht gegen seine breiteren Flächen, hindurchgeht.

\*) Hr. Savart gebraucht nämlich, wie er im folgenden Satze anführt, statt des Speichenrades, auch bloß einen einzigen Stab, den er um eine gegen seine Länge senkrecht stehende Axe im Kreise herumschwingt. Auch erhellt aus dieser Stelle, was zuvor nicht deutlich gesagt worden ist, daß das Blatt nicht *vor* den Speichen, sondern *neben* ihnen steht. Unter *Schlag* hat man hier übrigens immer nur einen momentanen *Schall* zu verstehen, denn das Blatt wird von den Speichen oder dem Stabe nicht wirklich geschlagen. P.

Diese Axe ruht mittelst Pfannen auf einem sehr festen und sehr schweren Gestell, das auch das große bewegende Rad trägt. Zu beiden Seiten der kreisrunden Ebene, welche der Stab beschreibt, und in Richtung eines ihrer Durchmesser, sind zwei dünne Brettchen angebracht, so befestigt auf dem Gestell, daß sie den Seiten des Stabes, der sich zwischen ihnen herumschwingt, nach Belieben genähert werden können. Mittelst eines an der Axe des Stabes befestigten Zählers kann man mit Leichtigkeit die Zahl der Umläufe derselben in einer Secunde bestimmen. Klar ist, daß, bei dieser Einrichtung, die Zahl der Schläge doppelt so groß ist wie die Zahl der Umläufe des Stabes, weil dieser bei jedem halben Umlauf einen Schlag hervorbringt.

Wenn der Stab beim Beginne seines Umlaufens nur eine geringe Geschwindigkeit besitzt, so hört man anfangs nur getrennte Schläge, die sehr schwachen Verpuffungen gleichen; so wie aber die Geschwindigkeit zunimmt, werden die Schläge immer intensiver, so daß man glauben könnte, der Stab schläge wirklich auf einen festen Körper; zugleich hört man einen anhaltenden, ungemein tiefen Ton, welcher anfangs sehr schwach ist, bald aber außerordentlich stark wird, so wie die Schläge einander so schnell folgen, daß die von ihnen auf das Gehörorgan gemachten Eindrücke lang genug dauern, um gehörig in einander zu greifen. Da man indeß mit dem beschriebenen Apparat nicht mehr als 25 bis 30 Umläufe in der Secunde hervorbringen kann, so nimmt man, außer dem anhaltenden Ton, immer noch jeden einzelnen Schlag gewahr, so daß der Ton immer zu den sogenannten schnarrenden gehört \*). Uebrigens besitzt er eine solche Stärke,

\*) Mit einem Rade von drittehalb Fuß im Durchmesser und acht Speichen, gedreht mit solcher Geschwindigkeit, daß man ungefähr 50 bis 100 Schläge in der Secunde erhält, sind die Töne bewundernswerth gerundet und stark, und man unterscheidet außer dem anhaltenden Ton durchaus nicht mehr die Schläge, die denselben erzeugt haben.

dafs alle Personen, die diesen Versuchen beiwohnten, darüber in Erstaunen geriethen; und wirklich ist diese Stärke so grofs, dafs es in einem sehr geräumigen Zimmer durchaus unmöglich ist, auch nur das Mindeste von einer Orgel, oder einem Basse, oder den Stimmen der Menschen, während der Bewegung des Apparats zu hören.

Da es hier das Wichtigste war, die Zahl der Schläge, bei welcher die Wahrnehmung des anhaltenden Tones anfang, genau zu bestimmen, so wurde der Versuch in Gegenwart vieler Personen mehrmals wiederholt. Alle stimmten darin überein, dafs die Gränze der Hörbarkeit bei etwa sieben bis acht Schlägen, also vierzehn bis sechzehn einfachen Schwingungen in der Secunde liege. Diese Gränze darf indess nicht als absolut betrachtet werden, denn mit einem Apparat von kleinerem Durchmesser kommt der anhaltende Ton erst bei einer weit gröfseren Zahl von Schlägen zu Stande, so dafs man natürlicherweise schliessen mufs, dafs, wenn der herumgeschwenkte Stab länger, die Stärke der Schläge also gröfser wäre, man auch den anhaltenden Ton bei einer weit geringeren Zahl von Schlägen hören würde.

Nichts beweist daher bis jetzt, dafs es für die Hörbarkeit tiefer sowohl wie hoher Töne eine Gränze gebe; im Gegentheil *scheinen* die Thatsachen zu zeigen, dafs, wenn die Dauer des von jedem Schlage erzeugten Eindrucks proportional mit der Vermehrung der in gegebener Zeit erfolgenden Zahl von Schlägen vermindert wird, die höchsten Töne mit gleicher Leichtigkeit wie die weniger hohen wahrnehmbar seyn würden. Und umgekehrt, könnte man, immer für eine gegebene Zeit, die Dauer des von jedem Schlag hervorgebrachten Eindrucks proportional mit der Verminderung der Schläge verlängern, so würden die tiefsten Töne eben so leicht wahrnehmbar seyn, wie die weniger tiefen, die der Empfindlichkeit unseres Gehörorgans angemessener zu seyn scheinen.

---