

IV.

Ueber Töne bloß durch schnell auf einander folgende Stöße, ohne einen klingenden Körper;

VON

E. F. F. CHLADNI.

Der Deutlichkeit wegen halte ich für nöthig, hier die genauere Erklärung einiger Grundbegriffe voranzuschicken. Wenn ein *Schall*, d. i. eine hörbare schwingende Bewegung, in Hinsicht auf Raum und Zeit bestimmbar ist (d. i. wenn man wissen kann, wie die Schwingungen geschehen, und wenn man einen deutlichen Ton dabei hören kann), so ist sie ein *Klang*; wenn sie aber unbestimmbar ist, so ist sie ein *Geräusch*. *Ton* ist ein bloß in Hinsicht auf Höhe und Tiefe (d. i. auf die Zahl der Schwingungen, welche in einer gewissen Zeit geschehen, nicht aber in andern physikalischen und mechanischen Hinsichten) betrachteter Klang. Wenn man diese das Objectiv der Sache ausdrückende Definition nicht hinreichend findet, so läßt sich auch noch allgemeiner, und auch noch mehr in subjectiver Hinsicht sagen: *Ton* ist die Zahl der schnell auf einander folgenden Stöße, welche auf irgend eine Art vermittelt der in dem umgebenden Medium verbreiteten Schallwellen dem Gehöre mitgetheilt werden.

Ferner halte ich für nothwendig, hier zuvörderst Einiges im Allgemeinen über die verschiedenen Arten der Schwingungen oder wellenförmigen Bewegungen zu sagen, welches von meinen sehr geehrten Freunden,

E. H. Weber, Professor in Leipzig, und dessen Bruder, Doctor Wilhelm Weber in Halle, in ihrer *Wellenlehre* *) (Leipzig, bei Gerhard Fleischer 1825. 8. mit 18 Kupfertafeln) zuerst genauer auseinander gesetzt ist. Alle wellenförmigen Bewegungen sind entweder *fortschreitend*, wenn sie von der Stelle der Erregung immer weiter fortrücken, und die Form der Welle immer von andern Theilen des Körpers gebildet wird, oder *stehend*, wenn immer dieselben Theile des Körpers sich hin und her bewegen. Die erstern finden bei der Verbreitung des Schalles Statt, die letztern aber an klingenden Körpern, wo sie aber auch fast immer aus anfänglichen fortschreitenden und sich nach der Zurückwerfung regelmäfsig durchkreuzenden Wellen entstehen. Ferner bestehen alle wellenförmigen Bewegungen entweder in *Verdichtungen und Verdünnungen*, oder in *Beugungen*. Die erstern habe ich *longitudinale*, die andern *transversale* Schwingungen genannt; die Herren Weber nennen die erstern *primäre* Wellen, weil sie eine unmittelbare Wirkung des Stoßes, und mit ihm identisch sind, und die letztern *secundäre* Wellen, weil sie zwar auch durch Stöße erregt werden, aber der weitere Fortgang durch andere Kräfte bewirkt wird. Sie sind wesentlich von einander verschieden, und, wiewohl behauptet worden ist, daß sie in einander übergangen,

*) Das Buch ist einem jeden, der die Lehre von den wellenförmigen Bewegungen tropfbarer Flüssigkeiten, oder auch von den Schallwellen vortragen, oder sich genauer davon unterrichten will, unentbehrlich, da es soviel Neues, nicht auf Speculationen, sondern auf genauen Versuchen und Beobachtungen Beruhendes enthält.

So findet doch an selbstklingenden Körpern schlechterdings kein Uebergang Statt, wohl aber läßt sich an manchen mitklingenden (resonnirenden) Körpern eine Art von Uebergang erzwingen. Die erstern rücken auch weit schneller fort, als die andern. Diese Verschiedenheiten der Schwingungen oder wellenförmigen Bewegungen sind bei jedem Vortrage akustischer Gegenstände voranzusetzen.

Nun zur Sache. Man nimmt gewöhnlich an, daß, um einen bestimmbaren Ton zu hören, allemal ein klingender Körper erforderlich sey, dessen Schwingungen hernach durch die umher befindliche Luft oder durch irgend ein andres Medium weiter verbreitet werden. Dieses ist auch am gewöhnlichsten der Fall; indessen kann doch auch ein Tönen Statt finden, ohne von den (stehenden) Schwingungen eines klingenden Körpers herzurühren, wenn nämlich auf andere Art schnell auf einander in gleichen Zeiträumen folgende Stöße dem umher befindlichen Medium unmittelbar mitgetheilt und dadurch in diesem (fortschreitende) Schallwellen erregt werden.

Dieses scheint einigermassen der Fall zu seyn bei den Tönen, welche durch Anblasen des Mundstücks einer Zungenpfeife *) oder eines damit übereinkom-

*) Die Schwingungen der Luft in Labialpfeifen, oder Flötenwerken der Orgel sind von Dan. Bernoulli, Lambert, Euler etc. und in neuerer Zeit von Savart in den *Annales de Chimie*, t. 24 und 29 gut untersucht worden, und E. H. und W. Weber haben in der *Wellenlehre* § 275 — 280. und in der *Leipziger Allg. Musikalischen Zeitung* 1826. No. 14. deren Bildung aus anfänglichen fortschreitenden Wellen gezeigt, aber der Vorgang bei dem Klange der Zungenpfeifen oder Rohrwerke

zenden Blasinstrumentes ohne eine angeetzte Röhre hervorgebracht werden. Hier ist nicht sowohl die Zunge als klingender Körper (als ein an dem einen Ende fester und an dem andern freier klingender Streif) anzusehen, sondern die Höhe und Tiefe des Tones hängt ab, von den Zeitabständen der abwechselnden Oeffnungen oder Verschließungen der Spalte, und also von den abwechselnden Stößen und Unterbrechungen des Luftstromes. Noch deutlicher zeigt sich dieses an einer von Cagniard-Latour erfundenen Vorrichtung, die er *Sirène* nennt, welche, so viel ich mich erinnere, in den *Annales de Chimie* beschrieben ist, und auch von Biot im zweiten Theile seiner *Traité de Physique* erwähnt wird. Sie besteht aus einer sich schnell umdrehenden Scheibe mit schief hindurchgehenden Oeffnungen, durch welche ein Luftstrom geblasen wird, der auch die Scheibe in Bewegung setzt, wodurch ein Ton entsteht, dessen Höhe oder Tiefe von der Zahl der hindurchgehenden Luftstöße und den Unterbrechungen derselben abhängt. Auch durch einen Strom von Wasser hat man, nach Biot, denselben Ton erhalten, wenn die Zahl der Unterbrechungen dieselbe war. Hier zeigt sich also ein Tönen ohne einen klingenden Körper, bloß durch unmittelbar der umher befindlichen Luft mitgetheilte

war noch fast gantz unbekannt, ehe die Herren Weber in der *Wellenlehre* §. 285 — 288 Auskunft darüber gegeben, und gezeigt haben, unter welchen Umständen der Ton mehr von der Beschaffenheit der Zunge oder von der Länge der angeetzten Röhre abhängt, welche Reihe von Flageoletklängen Statt finde u. s. w. In der Folge sind die Ergebnisse weiterer Untersuchungen dieses Gegenstandes von ihnen zu erwarten.

Stöße. Diese Vorrichtung könnte wohl zu noch mehreren Untersuchungen führen.

Zu den Tönen, welche durch unmittelbare schnelle und gleichförmige Schläge auf die umher befindliche Luft entstehen, kann man auch das Summen und Schwirren mancher fliegenden Insekten rechnen, wo man wohl oft einen bestimmbarern Ton hört, aus dessen Höhe oder Tiefe sich auf die Schnelligkeit der Bewegungen schließen läßt, z. B. bei einer Wespe oder großen Fliege auf einige hundert, und bei einer Mücke auf mehrere tausend Schläge in einer Sekunde.

Dafs auch durch Schläge eines festen Körpers auf den andern ein Ton kann hervorgebracht werden, zeigt sich an den von mir in der *Musik* §. 59. und im *Traité d'Acoustique* §. 42. beschriebenen Klirrtönen einer Saite, in deren Mitte ein Steg ganz locker untergesetzt ist. Hier giebt nicht die Saite den Ton, welcher ihr, als klingender Körper betrachtet, zukommt, sondern der Ton ist um eine Quinte tiefer, weil er von den Zeitabständen des Aufschlagens auf den Steg abhängt. Er klingt auch weit rauher und schnarrender, als wenn er durch die Schwingungen der Saite selbst hervorgebracht würde, und zeigt allemal eine Beimengung und ein Nachklingen des um die Quinte der Octave höheren Tones, welcher den beiden Hälften der Saite zukommt. Wahrscheinlich möchte sich ein, zwar sehr schnarrender und unangenehmer, aber doch wohl einigermaßen bestimmbarer Ton auch durch andere Arten eines schnellen und gleichförmigen Aufschlagens eines festen Körpers auf einen andern hervorbringen lassen, z. B. durch Auf-

schlagen einer Feder auf die Zähne eines schnell mit gleichförmig ungedrehten Rades.

Auch ein einfacher, hinreichend schneller und starker Stofs auf die Luft ist im Stande, bisweilen einen zwar sehr unvollkommenen, aber doch bei gehöriger Aufmerksamkeit einigermassen bestimmbaren Ton hervorzubringen, z. B. bei einer Explosion, oder bei einem Peitschenschlage auf die Luft. Die Erfahrung lehrt nämlich, daß die Wirkung auf das Gehör, auch wo in ganz freier Luft kein Echo oder Nachhall durch Rückwirkung Statt finden kann, doch immer nicht ganz augenblicklich ist, sondern ein wenig länger dauert. Daß hier eine in der Luft erregte Schallwelle mehrere nachfolgende veranlaßt, welche die Wirkung etwas verlängern, stimmt ganz mit den Beobachtungen von E. H. u. W. Weber in der *Wellenlehre* §. 80 f. überein, wo einer durch einen augenblicklichen Stofs erregten Wasserwelle wohl 50 und mehr nachfolgen *).

Wenn ein Körper sich sehr schnell durch die Luft bewegt, z. B. eine Flintenkugel oder Kanonenkugel, hört man auch ein Sausen oder Pfeifen; wobei sich etwas von Höhe und Tiefe, d. i. etwas von einem Tone, wiewohl meist nur sehr unvollkommen, unterscheiden läßt. Die Verschiedenheit von Höhe und Tiefe mag hier wohl theils von der Größe des sich bewegenden Körpers, theils von dessen Geschwindigkeit

*) Vor geraumer Zeit hat mir jemand erzählt, daß ein Herrschftsbesitzer einige seiner Dienstleute abgerichtet habe, durch Peitschen von verschiedenen Dimensionen eine sehr einfache Melodie hervorzubringen, welches gar wohl seyn kann, aber keine besonders angenehme Wirkung mag gethan haben.

abhängen. Auf welche Art nun, und nach welchen Gesetzen hier eine Bewegung, die man für gleichförmig halten sollte, auf einander folgende Schallwellen erregt, und ob diese Erregung mehr durch Reibung an den seitwärts befindlichen Lufttheilen, oder durch Verdrängung der Luft in der Richtung der Bewegung und durch das schnelle Zuströmen in den nach hinten zurückgelassenen leeren Raum bewirkt werde, und wie überhaupt hier der Vorgang seyn möge, überlasse ich Andern zu bestimmen. Hieher gehört auch das Saufen oder Zischen, welches durch schnelles Hauen in die Luft vermittelt eines Stabes sich hervorbringen läßt; am besten vermittelt einer hölzernen Leiste, deren Dicke und Breite verschieden sind, z. B. die Dicke $\frac{1}{4}$ und die Breite $\frac{1}{2}$ oder $\frac{3}{4}$ Zoll, wo der kaum oder nur sehr unvollkommen zu bestimmende Ton höher ist, wenn man mit der schmälern Seite, als wenn man mit der breitem haut. Wenn die Dicke nach der einen Seite zu abnimmt, wie z. B. bei einem Säbel, oder bei einer nach der einen Seite zugespitzten Leiste, so zeigt sich mehr Höhe, wenn die dünnere Seite, als wenn die dickere gegen die Luft bewegt wird. Nächste der geringen Breite scheint die Geschwindigkeit der Bewegung am meisten zu einer mehreren Höhe des Tones beizutragen, die Länge des Stabes oder der Leiste aber wenig oder gar nichts.

Das Strömen eines sehr starken Windes durch eine enge Ritze oder Spalte, etwa in einer Bretwand oder in einem Fenster, ist bisweilen auch hinreichend, um einen Ton hervorzubringen, der aber sehr unangenehm und heulend ist, weil er sich in jedem Augenblicke verändert, da dessen Höhe und Tiefe nicht nur

von der geringern oder größern Weite der Spalte, sondern auch von der mehrern oder mindern Hefigkeit des Windes abhängt.

Aus alledem, was hier erwähnt ist, und wovon manches vielleicht noch mehr untersucht zu werden verdient, ist zu ersehen, daß man den Begriff von *Ton* in etwas weitläufigerem Sinne nehmen muß, als es gewöhnlich geschieht, indem nicht allemal (stehende) Schwingungen eines tönenden Körpers dazu erforderlich sind, sondern es im Allgemeinen darauf ankommt, daß hinreichend starke und schnell auf einander folgende Stöße auf irgend eine Art dem umher befindlichen Medium und durch dieses dem Gehöre mitgetheilt werden. In den hier erwähnten Fällen sind es freilich auch Schwingungen, aber keine stehenden, wie bei klingenden Körpern, sondern bloß fortschreitende Schwingungen, oder unmittelbar in dem umgebenden Medium durch Stöße erregte (primäre) Schallwellen. Für den Gebrauch werden indessen nur die durch klingende Körper hervorgebrachten Töne anwendbar seyn, und von den hier erwähnten keine andern, als die des Mundstücks einer Zungenpfeife mit durchschlagender Zunge, welche auch zu dem Acolodikon und ähnlichen Instrumenten angewendet werden.

Chladni.