

DRITTER THEIL.

IX. CAPITEL.

VON DEM SCHALLE.

A) Von der sinnlichen Wahrnehmung des Schalles.

§. 158.

XXXXII. Vers. An einer schallenden gläsernen Glocke, die frei schwebend nur in ihrem Gipfel befestigt ist, lasse man mittelst eines dünnen Fadens, ein Siegellakkügelchen so herabhängen, daß es die Glocke berührt, so lange die Glocke tönt wird das Kügelchen pendelartig hin und her schwingen, und berührt man die Glocke leise mit einem Finger, so wird man die schwingende Bewegung der Glasmasse sehr deutlich fühlen.

1) Es zeigt dieser Versuch, daß die Bewegung schallender Körper nicht bloß dem Gehöre, sondern auch dem Gesichte und Gefühle bemerkbar gemacht werden kann; dasselbe wird theils im gemeinen Leben an klirrenden Fenstern, zitternden Wänden und Häusern etc. sehr häufig wahrgenommen,

theils kann es auch auf sehr mannichfaltige Weise, durch Versuche die im Wesentlichen mit dem obigen übereinstimmen beobachtet werden. Zu den auffallendsten Erscheinungen dieser Art gehören folgende: a) fühlbare Erschütterung der Luft am Ende einer grossen Orgelpfeife, wenn man die flache Hand über die Oeffnung der Pfeife hält; b) sichtbare Erschütterung des in einem Kelchglase oder in einer Glasglocke befindlichen Wassers, Weines etc., wenn der Glasrand gestrichen wird; sichtbare Bebung der in der Luft schwimmenden, vorzüglich beleuchteten Rauch- oder Staubtheilchen, in Zimmern worin Musik gemacht wird etc. Tröpfelt man etwas reines Wasser auf eine Glasscheibe, die mit den Fingern, oder noch besser mittelst eines eigenen Stativs durch eine Schraube gehalten wird (vergl. Taf. III. Fig. 16.), und streicht dann den Rand derselben mit einem Violinbogen, so geräth das Wasser nach entgegengesetzten Richtungen in deutliche wellenförmige Bewegungen, bestäubt man zuvor das Wasser mit Bärlappsaamen, so werden die kleinen Staubtheilchen auf dem schwingenden Wasser in ähnlichen Richtungen auseinander geworfen, sich theils netzförmig durchkreuzend, theils verschiedenen krummlinigten Richtungen folgend, die sie auch nach dem Aufhören des Klanges beibehalten. Bei einer langen gespannten schwingenden Saite, kann man die Schwingungen sehen und wenn sie so langsam von Statten gehen, daß man nichts hört, auch zählen. Läßt man (nach YOUNG vergl. Transact. philos. 1800. S. 135) auf eine von den tiefsten Saiten eines viereckigten Pianoforte, um welche ein feiner Silberdrath spiralförmig gewunden ist, einen concentr. Lichtstrahl durch ein Fenster

so darauf fallen, daß wenn die Saite aus dem gehörigen Gesichtspuncte betrachtet wird, der Strahl klein oder schmal, glänzend und vollkommen alle Gewinde des Drathes bescheine, so werden die erleuchteten Punkte der zuvor in Schwingung gesetzten Saite (welche dabei der Saite eine Aehnlichkeit mit einer in die Runde gedrehten glühenden Kohle geben), die Richtungen der Schwingungen bezeichnen, und dem Auge eine Lichtlinie darstellen, die mit Hülfe eines Microscops sehr genau beobachtet werden kann.

2) Erst wenn eine schwingende Saite 30—32 Schwingungen in einer Secunde macht, fängt der Ton an, für das menschliche Ohr hörbar zu werden; es ist dieses der tiefste hörbare Ton, so wie der höchste hörbare derjenige ist, der durch 7552 Schwingungen in einer Secunde entsteht. Da wir der Erfahrung gemäß in einer Secunde ohngefähr nur 8—9 zu zählen vermögen, so folgt, daß wir auch selbst bei dem tiefsten hörbaren Töne, die Schwingungen nicht abzählen und uns nicht durch die Bestimmung der Zahl der einzelnen Zeiträume jeder Schwingung der Tiefe oder Höhe des Tones bewußt werden, und mithin über die absoluten Geschwindigkeiten der Schwingungen, durch das Gehör nicht unmittelbar zum Bewußtseyn gelangen. Uebrigens gilt die Hörbarkeit jener langsamen und schnellen Schwingungen nur für das gesunde Gehörorgan der meisten Menschen, und wohl ist es möglich, daß andere hörende Wesen noch weit langsamere oder weit schnellere Schallschwingungen mit Wohlgefallen zu vernehmen vermögen.

3) Das Werkzeug des Gehörs (Auditus) ist das sehr mannichfach zusammengesetzte Ohr (Auris),

welche in jeder Hälfte unseres Körpers mit dem Gehörnerven (Nervus acusticus) verbunden ist. Das äussere Ohr besteht aus einer gekrümmten hohlen (mit einer stark und fettlos aufliegenden Fortsetzung des Fells überzogenen) Knorpelscheibe, die vorzüglich dazu dient, mehr Schallstrahlen in das innere Ohr zu leiten, als durch eine blosser Oeffnung hineinfallen würden. Das mittlere Ohr liegt in einem sehr dichten harten Knochen (dem sogen. felsigten Theile Os petrosum des Schläfenbeins): ein cylindrischer Kanal der Gehörgang (Meatus auditorius), führt auf ein dünnes straff gespanntes Häutchen das Trommelfell (Membrana tympani), welches ihn von der weiten und ungleichen knöchernen Trommelhöhle oder Pauke (Cavitas tympani s. Tympanum) scheidet. Diese ist mit Luft gefüllt, welche mit der im Munde befindlichen Luft durch die Eustachische Röhre (Tuba Eustachii) Gemeinschaft hat. In der Pauke liegen die vier Gehörknöchelchen (Ossicula auditus): der Hammer (Malleus) steckt mit seinem Handgriffe (Manubium) am Paukenfelle; an seinem Kopfe ist der des Ambosses (Incus) und an dessen langen Schenkel das Knöpfchen des Steigbügels (Stapes) eingelenkt, welches mit dem linsenförmigen Knöchelchen (Ossicul. lenticulare) verbunden ist. Die innere Wand der Trommelhöhle ist mit zwei Oeffnungen versehen, wovon die eine obere, das eiförmige Fenster (Fenestra ovalis), die andere untere, das runde Fenster (Fenestra rotunda) genannt wird; jenes bedeckt der Grund (Basis) des Steigbügels, dieses eine eigne Haut. Das eiförmige Fenster führt aus der Pauke in das innere Ohr, und zwar in denjenigen Theil,

den man den Vorhof (Vestibulum) des Labyrinthes nennt. Dieser mittlere Theil des Labyrinthes besteht aus einer rundlichen knöchernen Höhle (wornin zwei häutige Säckchen eingeschlossen sind) und hat hinter sich die drei Bogengänge (Canales semicirculares, cylindrische gekrümmten knöchernen Kanäle, deren jeder einen häutigen Kanal in sich schließt) und vor sich die Schnecke (Cochlea, ein einem Schneckenhause ähnelndes, knöchernes Behältniß) die einen zweifachen, durch ein gewundenes Blatt (Lamina spiralis) getheilten, Kanal von dritthalb Windungen enthält, und auf jenem Blatte mit einem zarten Häutchen überzogen ist. Die Windung der Schnecke des rechten Ohrs geht rechts, die des linken links. Der Gehörnerv tritt durch ein eigenes Loch (Sinus acusticus) zum Labyrinthe, sein Mark in den häutigen Säckchen des Vorhofs, den häutigen Kanälen und dem Häutchen des gewundenen Blattes verbreitend. Diese sämtlichen Häutchen (so wie ihr zugehöriges Nervenmark) sind auf beiden Flächen mit einer wässrigen Feuchtigkeit (Aquila Cotunnii) umgeben, die durch zwei zum Theil knöcherne Gänge, wovon einer im unteren Schnecken gange, der andere im Vorhof anfängt, durch die Wasserleitungen des Cotunni abgeleitet wird. Die wässrige Feuchtigkeit dient vielleicht dazu, theils zu heftige Erschütterungen des Nervenmarks zu verhüten, theils bestimmte Grade electricischer Spannungen in demselben einzuleiten und zu erhalten; indem jede Schallschwingung mit Electricitätsentwicklung verbunden zu seyn scheint; vergl. RITTER in den Fragmenten aus dem Nachlaß etc. im Anhang daselbst, und OERSTED in GEHLENS Journ. f. Chemie,

Phys. u. Miner. VIII. 247 ff. u. S. 548 dies. Grundr. Unter den Thieren (wenn man die Windungen der Schnecke bei den Säugthieren abrechnet) scheinen die Vögel den ausgebildetsten Hörsinn zu besitzen, und ihr Gehörorgan gleichsam durch die gewöhnlich hohlen Knochen fortzusetzen. Die Vögel wie die Säugthiere haben offne äussere Ohren, welche den Amphibien und den Fischen fehlen. In den Thieren ohne Rückgrat hat man nur in den Krebsen, Afterspinnen, und einigen Sepien, z. B. in dem Dintenfisch (*Sepia offic.*), in der Seekatze (*Sepia loligo*) und dem Polypus (*Sepia octopus*) unvollkommene Gehörorgane aufgefunden. — Thiere mit grösseren elastischen und beweglichen Ohren übertreffen an Schärfe des Gehörs den Menschen, welches im Allgemeinen bei geringerer Vollkommenheit und Zusammengesetztheit des inneren Organs abnimmt.

4) Zur Verstärkung des einem schwach hörenden Ohre nahe seyenden Schalles, dient das Hörrohr (*Tuba acustica*): eine hohle, kegelförmige (besser an den Enden gebogene) Röhre, von etwa 1—2 Fufs Länge. Die engere Mündung, die nicht über $\frac{1}{4}$ Zoll im Durchmesser hat, wird in den äusseren Gehörgang gebracht, die weitere 2—4 Zoll und darüber im Durchmesser haltende, zum Auffangen der Schallstralen bestimmte Mündung, gegen den schallenden Körper oder gegen die sprechende Person gerichtet. Man hört den Schall stärker, aber weniger deutlich. Verdichtung der eingeschlossenen Luft (durch das Hineinsprechen des Redenden in die weite Mündung) und Zurückwerfung der Schallstralen (146—147) von den Seitenwänden des Instruments, scheinen vorzüglich die Verstärkung des Schal-

ies zu begründen. Da das Ohr mit seinen Haupttheilen nach den Regeln der Parabel entwickelt ist, so dürfte vielleicht die Construction der Hörröhre nach der Form der Parabel die zweckmässigste seyn.

5) Verstopft man das eine Ohr, und bleibt bei verbundenen Augen stets in einerlei Stellung, so scheint der Schall, er werde erregt, wo man wolle, immer von der Seite des offenen Ohrs herzukommen, und zwar von dem Orte, welcher dem Ohre gerade gegenüber liegt, d. i. in der acustischen Achse des Ohrs. Behält der fortdaurende Schall dieselbe Stärke, und dreht man nach und nach den Kopf gegen alle Punkte des Horizontes, so wird der Schall bald stärker bald schwächer vernommen, je nachdem die acustische Achse des offenen Ohrs sich der Richtung des Schalles nähert, oder sich von derselben entfernt, und die Empfindung ist am stärksten, wenn die acustische Achse mit der Richtung der Schwingungen zusammen trifft. Man kann also auf diese Art durch ein einziges Ohr die wahre Richtung des Schalles entdecken, die bei beiden geöffneten Ohren, aus der Ungleichheit der durch ein Ohr mehr als durch das andere gegebenen Empfindung erkannt wird. (VENTURI in VOIGTS Magaz. II. 18 St.) Zur Bestimmung der Richtung entfernter Schalle, ist die willkürliche Beweglichkeit des äusseren Ohrs (welche man bei den Thieren und auch bei denen im Naturzustande lebenden Menschen antrifft) wahrscheinlich von bedeutendem Nutzen.

6) Vergl. Dr. E. F. F. CHLADNI'S Acustik. Mit Kupfern. Leipzig 1802. 4.; wo man zugleich die vollständige Literatur dieses Theils der Physik findet. Die Wissenschaft die vom Schalle handelt, wird über-

haupt Acustik (von ακουειν hören) oder Phonik (von Φωνη Stimme, Laut, Ton) genannt, und die meisten übrigen in der Lehre vom Schall angenommenen Kunstausdrücke, sind von diesen Wörtern hergenommen; z. B. Diacustik d. i. die Lehre vom gebrochenen Schalle, Katacustik die Lehre vom gebogenen Schalle, Otacustik die Lehre von den verschiedenen Arten den Gehörsinn zu verstärken oder ihm zu Hülfe zu kommen.

B) *Von der Erregung, Verstärkung und Fortpflanzung des Schalles.*

§. 139.

Jede Schallschwingung eines elastischen Körpers wird zuvörderst durch eine von aussen kommende Bewegung veranlaßt, — indem er die zunächst an der berührten Stelle in seiner Gestalt und Raumerfüllung hervorgebrachte Veränderung wieder herstellt, und dadurch in seinen übrigen Massentheilen bewegend fortwirkt, gelangt er zur Schallschwingung; deren Energie von der Grösse der schwingenden Masse und deren specifischen Elasticität, und von der Geschwindigkeit des schallenden Körpers abhängt.

1) Ueber Entstehung und Fortpflanzung des Schalles im Allgemeinen vergl. S. 144—148 u. Ch. F. WÜNSCH Nachricht von einem Versuch, welcher lehrt, daß der Schall durch feste elastische Körper unendlich geschwind, oder doch eben so geschwind als das Licht, sich bewegt; in der Samml. der deutschen Abhandl.,

welche in d. kön. Academ. d. Wissensch. zu Berlin vorgelesen worden. Berlin 1793. 4. S. 187 ff. — Die Fortpflanzung des Schalles durch contractile feste Körper, geschieht zwar sehr geschwinde, wenigstens weit geschwinder als durch die Luft (vergl. S. 144 d. Grundr.), aber wahrscheinlich doch nicht so schnell, als die des Lichtes durch durchsichtige Medien. Die Stärke (Intensio) des Schalles nimmt bei der Verbreitung desselben ab, wie das Quadrat der Entfernung zunimmt; vergl. S. 145—146.

2) Gewöhnlich ist es die atmosphär. Luft, welche den Schall aufnimmt und fortpflanzt (Schallwellen, Undae sonorae), und schon früher (S. 335) fanden wir, daß dünnere Luft den Schall mit geringerer Stärke verbreitet, als dichtere, und dasselbe gilt auch von der eingeschlossenen kalten Luft verglichen mit der eingeschlossenen wärmeren; denn in beiden Fällen ist die Elasticität der Luft grösser. Dahin gehört auch die Bemerkung, daß bei übrigens gleichen Umständen ein Schall, z. B. der einer Glocke, dort weiter gehört wird, wo die Luft dichter ist (z. B. in Thälern), als dort wo sie dünner ist (z. B. auf Bergen). Feuchter Dunst, Regen, Schnee etc. vermindern die Intensität eines Schalles, während sie durch Trockniß erhöht wird. Nach PRIESTLEY nimmt die Stärke des Schalles in Gasen von verschiedener Dichtigkeit, wie diese zu; der Schall einer im Wasserstoffgase eingeschlossnen Glocke, war fast so wenig hörbar, als in der GUERIKESCHEN Leere (335): im Sauerstoffgase und im kohlen-sauren Gase mehr als in gemeiner Luft. CHLADNI a. a. O. §. 206. — ROERBUCKS Beob. im Windgewölbe der Devonier Oefen; in GILBERTS Ann. IX. 50. ff.

3) PEROLLE'S Vers. (GILBERT III. 168—178) haben gezeigt, daß die Stärke des Schalles mit zunehmen der Dichtigkeit wachse, und daß, wenn mit dieser Dichtigkeit auch die Elasticität zunimmt, zugleich die Fähigkeit des schallenden Körpers den Schall fortzupflanzen ebenmässig erhöht werde. Den Schlag einer in der Luft an einem Faden aufgehängten Taschenuhr hörte P. auf 8, im Weingeiste auf 12, im Terpentinöl auf 14, im Olivenöl auf 16, im ausgekochten Wasser auf 20 Fuß Ferne. Aehnliche Versuche haben auch HAWKSKEE und ALDERON angestellt.

4) Zugleich beweisen diese Versuche die Fähigkeit tropfbarer Flüssigkeiten den Schall fortzupflanzen; die wahrscheinlich von jener besonderen Art contractiler Elasticität abgeleitet werden muß, welche durch die Cohäsion (in der Tropfenbildung) begründet wird; vergl. S. 273. Fernere Beweise dieser Fähigkeit gewährt der Gebrauch den Fische und Amphibien von ihren Gehörorganen im Wasser machen; das Lockenzahner Fische durch Glocken; die Hörbarkeit des Schalles der unter Wasser zusammenschlagenden elfenbeinernen Kugeln; das Hören der Taucher unter Wasser etc. — Nach NOLLET und MUSCHENBROEK ist ein Schall hörbarer und verbreitet sich weiter, wenn er sich erst einer tropfbaren Flüssigkeit und dann der Luft mittheilt, als umgekehrt.

5) Mit der grösseren Geschwindigkeit der Schallbewegung in festen Körpern (s. oben) nimmt auch die Stärke zu; vergl. PEROLLE a. a. O. 168. Je dichter und gleichartiger die Masse des schallenden festen Körpers ist, um so heftiger ist auch der Schall desselben; vorzüglich wenn man das Ohr unmittelbar

mit einem solchen Körper in Verbindung setzt; vergl. Jo. JORISSEN diss. in qua explicatur nova methodus, surdos reddendi audientes. Halae 1757. — Verstopft man eines der Ohren mit einem Finger, während man das andre fest an das eine Ende eines langen Stabes andrückt, und an das entgegengesetzte Ende desselben eine Taschenuhr hält, so wird man das Schlagen der Uhr — auch bei der größtmöglichen Länge des Stabes — deutlich hören. Dasselbe wird erfolgen, wenn man beide Ohren zuhält, und die Zähne, oder die Schläfe, an das Ende des Stabes hält. Statt des Stabes kann auch ein Stück Zimmerholz, ein Marmorpfeiler etc. dienen; so wie auch statt der Uhr, nur am entgegengesetzten Ende geschabt zu werden braucht. Schwer hörende Personen hören die Töne eines Klaviers besser, wenn sie ihre Zähne mit irgend einem festen Theile desselben in Berührung setzen. Zieht man bei zugehaltenen Ohren die Schlinge einer Schnur, an deren anderes Ende man einen silbernen Löffel gebunden hat, über den Kopf und die Hände, bückt sich dann ein wenig, so daß das mit dem Löffel verbundene Schnurende vorn herab hängt, und schlägt nun mit dem Löffel an irgend etwas, so hört man einen Schall, der dem einer grossen Glocke ähnelt. Legt man eines der Ohren auf die Erde, so hört man entfernte Schalle besser; HUBE will auf diese Art Kanonenschüsse in einer Entfernung von 20 deutschen Meilen gehört haben. Nach CHLADNI gehen auch artikulierte Schalle (Laute) durch feste Körper, ohne unverständlich zu werden.

6) Ohnerachtet im Allgemeinen angenommen werden kann, daß sich die Schallschwingungen sphärisch fortpflanzen (146), so lehrt doch die Erfahrung, daß

der Schall nicht in jeder Richtung gleich deutlich und stark vernommen wird. Befindet man sich in der Richtung des Schusses einer abgeschossenen Kanone, so hört man den Knall stärker; als wenn man sich in der entgegengesetzten Richtung befand. — Die Einrichtung der gewöhnlichen redenden Figuren, Cicerosköpfe etc. — Das unsichtbare Mädchen des Prof. SCHAUER, wobei vielleicht (ausser der Schalleitung durch Luft und durch feste Körper) Bauchrednerkünste mit im Spiele sind. -- Winde verändern die Geschwindigkeit und Stärke des Schalles beträchtlich; weht der Wind in der Richtung des Schalles einer Person zu, so hört sie den Schall früher und in grösserer Ferne als bei ruhiger Luft, und noch besser als bei abwehender Richtung des Windes. Befindet sich zwischen dem schallenden Körper und der Person eine ebene Fläche, besonders ruhiges Wasser, so kann man sehr entfernte Laute (z. B. das Sprechen anderer Menschen) deutlich vernehmen; vorzüglich in windstillen Winternächten. Bäume, Häuser, Hügel etc. wogende Strömungen des Wassers etc. legen dagegen der Schallverbreitung nach Hauptrichtungen mehr oder weniger bedeutende Hindernisse in den Weg. — Starke und anhaltende Schalle, z. B. das Schlagen der Hämmer, Abfeuern der Kanonen etc. ermüden das Ohr, und können öfters (wenigstens eine Zeit dauernde) Taubheit hervorbringen. Merkwürdig ist es, daß Personen welche dergleichen anhaltende Schalle gewohnt sind, das, was man ihnen sagt besser unter dem gewohnten Geräusche, als entfernt von demselben hören.

7) Bekanntlich sieht man den Blitz beim Gewitter oder an einem in beträchtlicher Ferne abge-

(104)

schossenen Feuegewehr eher als der Donner oder Knall vernommen wird, woraus folgt dafs sich der Schall langsamer durch die Luft bewegt als das Licht, indem unter obigen Umständen beide zu gleicher Zeit entwickelt werden. Diese Zeit nun welche zur Fortpflanzung des Schalles durch die Luft erfordert wird, ist von mehreren Physikern gemessen worden; wobei sich zuvörderst zeigte, dafs die Bewegung des Schalles gleichförmig ist (106), und mithin in gleichen Zeiten, gleiche Weiten durchlaufen werden. Ist nun die Entfernung z. B. zwischen der Kanone und dem Beobachter nach Fussen berechnet, so darf man nur diese durch die Zahl der (zwischen dem Sehen des Blitzes und dem Hören des Knalles) verstrichenen Secunden dividiren; der Quotient zeigt dann die Grösse der Geschwindigkeit des wahrgenommenen Schalles, oder wieviel Fufs er in der Secunde durchläuft. Die Geschwindigkeit des Schalles beträgt in einer Secunde nach denen von

GASSENDI in Frankreich angest. Beob.	1473	par. Fufs.
MERSENNE - - - - -	1380	— —
CASSINI, HUYGENS u. a. - - -	1172	— —
CASSININI, de THURY, - - -	1038) — —
MORALDI, la CAILLE - - -	1041	
d. Florent. n. Acad. in Italien	1185	— —
FLAMSTEAD, DER-		
HAM u. HALLEY - England - -	1070	— —
de la CONDAMINE - Cayenne - -	1101	— —
Derselbe - Peru - - -	1050	— —
JOH. TOB. MAYER - Deutschland -	1037	— —
G. C. MÜLLER - - - - -	1040,3	— —

8) Jene Beobacht. eines CASSINI, MORALDI, LA CAILLE, J. T. MAYER, und G. E. MÜLLER scheinen

die vorzüglichsten zu seyn; vergl. *Mém. de l'Acad. de Paris* 1738 u. 1739. *VOIGTS Mag.* VIII. 170. Diesen Beob. zufolge nimmt man etwa 1040 Par. Fufs, als die Weite an, welche der Schall in einer Secunde durchläuft; und man kann daher die Entfernung eines Ortes, z. B. beim Lösen des Geschützes, beim Donner, beim Zerspringen einer Feuerkugel ungefähr schätzen, wenn man die Zeit zwischen Licherscheinung und Schallhörnung nach einer Secunden- oder Tertienuhr abzählt; vergl. oben. — Ueber *ROBERTS*, *BOYLE*, *WALKER*, *MERSENNE*, *DERHAM*, *FLAMSTEAD*, *HALLEY*, *BIANCONI*, *CONDAMINE* u. a. Beob. vergl. *Philosoph. Transact.* N. 209. 247. — *NEUTON* (*Arithmet. universal. Probl.* 50.) und *KÄSTNER* (dessen *mathem. Abhdl.* IV. Erfurt 1794.) lehren, wie aus der Zeit, welche zwischen dem Augenblicke da man einen Stein in einen Brunnen wirft, und dem, wo man den Schall hört, die Tiefe des Brunnens bestimmt werden könne. — Nach *HALLEY* verhält sich die Wellenbewegung des Wassers zu der Bewegung des Schalles wie 1 zu 865. Aenderung der Geschwindigkeit durch verschiedene Temperatur der Luft; vergl. *KRAMPS* *Geschichte d. Aerostatik*, Strasburg 1784. Anhang 1786. — Eine Stimmgabel bis 80° R. erhitzt, giebt eine Note an, die fast um einen halben Ton tiefer ist, als die welche sie angiebt, wenn sie in Eis abgekühlt worden. Möglicher Einfluss auf die Geschwindigkeit durch die Lage des Beob. Ortes rücksichtlich der geogr. Breite. — *CHLADNI* a. a. O. III. Thl. §. 191 etc.

g) Wahrscheinlich ist das Fortpflanzungsvermögen für den Schall, in den verschiedenen Atmosphären der Planeten verschieden, wir können dieses aus

der verschiedenen Heftigkeit und Schnelligkeit der atmosphärischen Bewegungen schliessen; es sind nämlich die heftigsten Bewegungen in der jetzigen Erdatmosphäre 12—15 mal langsamer als die des Schalls, während die atmosphärischen Bewegungen auf mehreren von der Sonne entfernten Planeten, die Schallgeschwindigkeit in unserer Luftkreise um 7—11 mal übertreffen.

10) Da es unmöglich ist, sich eine solche Strecke anderer elastischer Flüssigkeiten zu verschaffen, als nöthig ist, um über die Schallgeschwindigkeit in ihnen durch Versuche etwas bestimmtes auszumitteln, so bediente sich CHLADNI zu dieser Absicht folgender sinnreicher Methode; er untersuchte um wieviel der Ton einer Pfeiffe, die mit einem und demselben Gase gefüllt und umgeben ist, und davon angeblasen wird, bei einerlei Schwingungsart höher oder tiefer ist, als der Ton, welchen die atmosphär. Luft unter denselben Umständen giebt. Aus seinen Versuchen (vergl. VOIGTS Mag. III. Bd. 1 St. u. CHLADNI a. a. O. S. 226 etc.) ergab sich, dafs bei einerlei Druck und bei ohngefähr 10—11° R. der Wärme, der Schall in einer Secunde durch folgende Weiten gehen würde.

In reiner atmosphär. Luft, wie auch in einer ihr ähnlichen künstlichen Mischung aus Sauerstoffgas und Stickgas ohngefähr durch	1038	Par. Fufs.
In Sauerstoffgas - - -	950—960	— —
- Stickgas - - -	990	— —
- Wasserstoffgas - - -	2400—2500	— —
- kohlensaurer Gas - -	840	— —
- Salpetergas - - -	980	— —

Da diese Resultate sehr beträchtlich von denjenigen abweichen, zu denen die Theorie der Schallbewegung

führt, so scheint daraus hervorzugehen, daß die Schallgeschwindigkeit in einer elastischen Flüssigkeit nicht bloß von der specifischen Elasticität, sondern auch von dem chemischen Werthe des Mediums und von seiner eigenthümlichen electricischen Spannung abhängt; die, wenn sie auch durch die räumlichen (Zusammendrückungs und Ausdehnungs-) Aenderungen während der Schalleitung modificirt werden sollten (vergl. S. 701 unten) sich doch nach jeder vollbrachten Schwingung wiederum herstellen, und also der folgenden Schwingung dieselbe (die Schalleitung hemmende oder beschleunigende) Kraft entgegenstellen, die sie der ersten darboten. — MAUNOIRS und PAULS Vers. über die Veränderung der Stimme durch Athmung des Wasserstoffgases; in GILBERTS Annal. II. 205. v. ARNIMS Vorschlag, die Güte des Wasserstoffgases durch die Höhe des angegebenen Tones, mittelst eines dazu eingerichteten Apparats (Hydrogenometer) zu messen; ebendas. III. Bd. 200.

11) Nach v. ARNIM (GILBERTS Annal. IV. 1 St.) steht die Stärke der Fortpflanzung des Schalles durch verschiedene homogene feste Stoffe, im Verhältniß ihrer Unverschiebbarkeit, womit noch A. KIRCHER (Musurgia I. I. sect. 7. cap. 7.) WINKLER (de ratione audiendi per dentes. Lips. 1759), HERHOLD (REILS Archiv III. 178) HOOK (in der Vorrede zu seiner Micrographia), und WÜNSCH a. a. O. zu vergl. ist. VIDRONS in Paris angestellte Versuche, um Tauben durch Ansetzung eines Stabes an die Zähne Worte und Töne vernehmlich zu machen, vergl. Musikal. Zeit. 1801. N. 4. u. VOIGTS Mag. III. 3 St. — EULER Eclaircissement sur la génération et sur la propagation du son §. 13. in d. Mém. de l'Acad. de Berlin 1765.

§. 140.

Dem vorhergehenden §. zufolge, unterscheiden wir den (durch irgend eine nicht Schall seyende Bewegung erregten) Urschall (Sonus primitivus) von dem mitgetheilten Schalle (S. derivatus v. secundarius), jedoch ohne einen Körper nachweisen zu können, der nur durch Mittheilung schallend würde, sondern es ist vielmehr jede Schall leitende Materie auch des Urschalls fähig, und umgekehrt jede ursprünglich schallende auch des mitgetheilten Schalles. Merkwürdig ist es aber, daß alle Schwingungen die ein elastischer Körper einzeln nach und nach darzustellen vermag, von ihm auch zugleich angegeben werden können, ohne daß eine die andere hindere. Daher können sich mehrere Arten des Schalles zugleich durch einerlei Luftschicht fortpflanzen, ohne daß eine dieser Schwingungen die andere störe; so wie wir auch mehrere Schalle zu gleicher Zeit gesondert zu hören vermögen.

1) Etwas dieser gleichzeitigen Verbreitung unvollkommen ähnelndes, bemerken wir auch an Wasserwellen, die an zwei oder mehreren Stellen der Oberfläche zugleich hervorgebracht wurden: die Kreise beider Wellenarten durchschneiden sich, ohne sich zu stören. — MAIRANS Hypothese zur Erklärung jener gleichzeitigen Schallverbreitung (z. B. daß man mehrere Töne zugleich hört), der zufolge er für je-

den Schall eine eigene Art von Lufttheilchen annahm, die eine diesem Schalle gemässe eigenthümliche Elasticität besitzen sollte, hat EULER (Theoria lucis et colorum §. 60.) wiederlegt. — Dafs jede Schallschwingung zugleich mit drehenden, oder fortschreitenden Bewegungen des Körpers, ohne beträchtliche Störung verbunden seyn könne, haben BERNOULLI und EULER (im 15 u. 19 Bd. der Nov. Comment Acad. Petrop.) erwiesen, und durch Erfahrungen bestätigt.

2) Hieher gehört auch das Mitklingen höherer Töne bei dem Grundtone einer gespannten Saite; welches seltener an Orgelpfeifen und anderen Blasinstrumenten bemerkt wird, hingegen an einem gabelförmig gebogenen klingenden Stabe gar nicht verhütet werden kann. Etwas ähnliches hat man auch bei klingenden Glocken wahrgenommen, es läfst sich aber durch Dämpfungen gewisser Stellen beseitigen. — Das Mitklingen findet jedoch nicht bei allen klingenden Körpern statt, und die mitklingenden Töne sind nie andere als solche die der Körper einzeln zu geben im Stande ist; bei Verschiedenheit der Tonfolge eines solchen Körpers, sind auch die mitklingenden Töne verschieden, von denen eines anderen des Mitklingens fähigen Körpers.

3) Verschieden rücksichtlich der Ursachen von diesem Mitklingen, ist dasjenige welches man beim Angeben zweier höheren Töne, an allen klingenden Körpern bemerkt; es wird nämlich unter diesen Umständen zugleich ein tieferer Ton vom musikalischen Gehöre wahrgenommen, indem dieses nicht nur das Verhältnifs der Schwingungen bei den zwei gesondert angegebenen Tönen, sondern auch gleichzeitig das Zusammentreffen der Schläge auf die

selbe Art empfindet, wie es einen einzelnen Ton empfinden würde, bei welchem die Schwingungen in den Zeiträumen des Zusammentreffens erfolgten. Vergl. CHLADNI a. a. O. 207. Können z. B. die beiden wirklich angegebenen Töne durch die kleinsten Zahlen ausgedrückt werden, so hört man zugleich einen tieferen Ton der mit der Zahl 1 übereinkommt. ROMIEU bemerkte dieses Mitklingen (1753) zuerst; vergl. TARTINI trattato di Musica secondo la vera scienza dell' Armonia. Padova 1754. LA GRANGE Recherches sur le son, in den Miscellan. Taurinens. tom. I. §. 64. SARTI's Anwendung dieser Erscheinung zur Bestimmung der Schwingungszahl eines Tones; in VOIGT's Mag. I. 102. Abt VOGLERS Benutzung dieses Mitklings bei der Orgel, indem er 2 kleinere Pfeifen, deren Töne zu dem Dreiklange eines Grundtons gehören, einer sehr grossen, die einen tieferen Ton giebt, substituirt.

4) Durch jeden Schall werden alle anderen umher befindlichen Körper, welche in derselben Geschwindigkeit (des angegebenen Schalls) zu oscilliren vermögen, mitbewegt. Sehr häufig entsteht dadurch Mitklingen dieser Körper; so giebt z. B. ein Clavier öfters ungespielt einen Ton an, wenn dieser Ton anderweitig in demselben Zimmer entwickelt wurde. Eine vortheilhafte Anwendung macht man von diesem Mitklingen zur künstlichen Verstärkung des Schalles; dahin gehört die Einrichtung und Wirkung des Resonanzbodens (Fundus resonans) der hinlänglich groß, nicht zu dick und gehörig elastisch seyn muß, um alle Schwingungen mit Leichtigkeit aufzunehmen und wiederzugeben. Auch der Resonanzboden kann mehrere Töne zugleich angeben und somit verstärken.

Ein ähnliches Mitklingen bemerkt man auch an Fenstern, Wänden, Pfeilern etc. solcher Gebäude, worin sehr tiefe Töne einer Orgel angegeben werden. Ein Schuß knallt im Zimmer stärker als im Freien. Anwendung bei der Einrichtung der Schauspielhäuser etc.

c) *Von der Zurückwerfung des Schalles.*

§. 141.

Stößt der in der Luft entwickelte oder verbreitete Schall an die Oberfläche eines harten Körpers, so wird er nach den Gesetzen der Reflexion elastischer Körper (§. 43 u. 44.) zurückgeworfen; d. h. die Schwingungen werden von der Oberfläche des harten Körpers erneuert, und so nach einer von der ursprünglichen abweichenden Richtung fortgepflanzt. Hierauf gründet sich die Entstehung des Nachhalls, das Echo, die Einrichtung des Sprachrohrs und der Schallgewölbe oder Sprachsäle.

1) Der Schall wird von harten Oberflächen so zurückgeworfen, daß der Zurückwerfungswinkel dem Einfallswinkel gleich ist. — Es kommt dabei mehr auf die Gestalt der Oberfläche, als auf die chemische Beschaffenheit des Körpers an. Glatte Oberflächen reflectiren den Schall besser als rauhe; ebene oder etwas concave besser als convexe. Nur wenn der Schallstrahl senkrecht auf die reflectirende Ebene stößt, wird er von ihr mit derselben Stärke und Geschwindigkeit zurückgeworfen, mit welcher er zu ihr gelangte.

2) Der Erfahrung gemäß, sind für uns zwei Schalle noch deutlich unterscheidbar, wenn sie in dem neunten Theile einer Secunde auf einander folgen (699); soll daher ein und derselbe Schall, nicht bloß als Urschall sondern auch als zurückgeworfener Schall, wieder wahrgenommen werden, so muß die reflectirende Oberfläche wenigstens so weit entfernt seyn, daß durch die Bewegung des Urschalls zu ihr, und von da zurück bis zu dem Ohre desjenigen, der den Urschall zuvor hörte, wenigstens $\frac{1}{3}$ Secunde vergeht, oder was dasselbe ist, daß zur Bewegung des Urschalls bis zur reflectirenden Oberfläche wenigstens $\frac{1}{18}$ Sec. verstreicht. Durchbebt nun der Schall in $\frac{1}{18}$ Sec. $57\frac{1}{2}$ paris. Fufs (vergl. 709.), so wird die reflectirende Oberfläche wenigstens eben so weit von dem Entstehungsorte des Urschalls entfernt seyn müssen, wenn hier ein Widerschall oder Echo (Echo) gehört werden soll. Bei einer solchen Ferne kann aber nur ein einsylbiges Echo (E. monosyllaba) entstehen; beim Aussprechen eines mehrsylbigen Wortes, hört man nur die letzte Sylbe deutlich wieder schallen, indem der Schall der ersten Sylben vor volendetem Aussprechen des ganzen Wortes zurückkommt. Zur Entstehung eines vielsylbigen Echo (E. polysyllaba), wird erfordert, daß die reflectirende Oberfläche um 520 paris. Fufs vom Urschalle entfernt ist, indem nun bis zum Wiederhören des Urschalls eine Secunde verstreicht. Finden sich mehrere reflectirende Oberflächen in einiger Entfernung neben einander, so wird der Schall von der einen zur anderen, und von jeder wieder (wenigstens zum Theil) nach dem Ausgangsorte des Urschalls zurückgeworfen; es entsteht dann ein vielfaches Echo (E. multi-

plex). Verschiedene merkwürdige Echo findet man in KIRCHERS neue Hall- und Tonkunst a. d. L. Nördlingen 1684. Fol. und in GEHLERS Wörterb. Thl. I. Art. Echo beschrieben. — Genauere Bestimmung des Echo in CHLADNIS Acustik. §. 212 etc. Ob auch das Wasser als Schall reflectirende Oberfläche dienen könne, vergl. BRANDES in VOIGTS Mag. V. 65. ECKARTSHAUSENS u. a. Benutzung der Hohlspiegel als reflectirende Oberfl.; vergl. dessen natürl. Magie I. Bd. — Sind die Entfernungen geringer als zur Entstehung eines Echo erforderlich ist, so entsteht entweder ein blosser Nachhall (Resonanz), oder es werden beide: Urschall und reflectirter Schall zu gleicher Zeit vernommen, mithin von uns nicht unterschieden. Hieher gehört die gewöhnliche Einrichtung der Wohnzimmer. CHLADNI a. a. O. §. 211.

3) Hält man eine gleichweite (z. B. cylindrische oder prismatische) Röhre, mit der einen Mündung an den Mund eines sprechenden Menschen, während man die andere Mündung dem eigenen Ohre nähert; so hört man mit Hülfe dieses Communicationsrohrs leise gesprochene Worte ziemlich deutlich und stärker als andere mit dem Rohre nicht in Verbindung stehende Personen, indem die Schallstralen bis zur entgegengesetzten Mündung des Rohrs, durch die Seitenwände zusammengehalten werden. KIRCHER bemerkte diese Eigenschaft gleich weiter Röhren unter anderen an einer alten römischen Wasserleitung, in welcher er den Schall 600 Fuhs weit mit gleicher Stärke hörte; und die Wasserleitung des CLAUDIUS soll den Schall auf ähnliche Weise mehrere italienische Meilen weit verbreiten. Soll aber der Schall, ausserhalb der Röhre in beträchtlicher Entfer-

nung verstärkt verbreitet werden, so wird erfordert, daß das Rohr nach dem vom Munde abgekehrten Ende zu Trichterförmig erweitert sey; eine Vorrichtung die unter der Benennung Sprachrohr (Tuba stentoria v. locutoria) häufig, vorzüglich auf den Schiffen etc. in Gebrauche ist; und dessen vortheilhafteste Gestalt nach LAMBERT ein abgekürzter Kegel ist. Während nämlich im Communicationsrohre, die Schallstrahlen zwar auch mehrmals gebrochen werden, aber dennoch aus der entgegengesetzten Mündung, wie gewöhnlich divergirend fortgehen, werden sie von den innern Seitenwänden des Sprachrohrs so zurückgeworfen, daß sie nach einer oder mehreren Brechungen mit der Achse parallel laufen, oder doch nicht bedeutend davon abweichen. Nur das in der Richtung der Achse des Rohrs sich befindende entfernte Ohr, hört die ausgesprochene Worte am deutlichsten und stärksten. — Vergl. LAMBERT sur quelques instrumens acoustiques in den Mém. de l'acad. de Berlin 1763. p. 87 übers. v. HUTH. Berl. 1796. 8. — Der Ritter SAM. MORLAND wird für den Erfinder des Sprachrohrs (1670) gehalten, sein erstes Sprachrohr ähnelte einer Trompete und war von Glas, ein späteres von Kupfer. Ob die Rohrwände wenig oder sehr elastisch sind, scheint nicht gleichgültig zu seyn; am zweckmässigsten besteht die innere Rohrwand aus einer glatten elastischen, die äussere aus einer weichen Masse. HUTHs Bemerkungen zufolge thut ein elliptisches Rohr keine vortheilhafte Wirkung; auch beim parabolischen Sprachrohre ist die Wirkung geringer als beim kegelförmigen von gleicher Länge, so wie auch die nach den Vorschlägen eines CASSEGRAIN (Journ. de scav. 1672; die Seiten

des Sprachrohrs hyperbolisch zu krümmen, so daß die Achse des Rohrs die Asymptome der Hyperbel würde) und des J. M. HASE (de tubis stentoreis. Lips. 1719. 4.: das Rohr aus einem elliptischen und einem parabolischen Stücke zusammensetzen, so daß während der Mund in dem einen Brennpuncte der Ellipse angesetzt wird, der andere Brennpunct zugleich derjenige der Parabel wäre) gestalteten Sprachrohre den LAMBERTSchen nachstehen. Auch wird zum Theil hierdurch HASENFRATS Meinung (GILBERTS Ann. XIX. 145.) widerlegt, der zufolge die Wirkung bloß in (durch Luftverdichtung) verstärkter Luftschwingung bestehen soll. Ueber das sogen. HORN ALEXANDER des GROSSEN; vergl. HUTH a. a. O. Verstärkung des Kanonendonners durch Sprachröhre, Benutzung dieser Vorrichtung zu Signalen. — Abbildungen verschieden gestalter Sprachröhre finden sich in den Transact. philos. N. 141 oder in LOWTHORPS Auszug Bd. I. 505. — Vergl. CHLADNI a. a. O. §. 208.

4) Aus der Zurückwerfung der Schallstrahlen erklärt sich auch die Wirkung des Sprachgewölbes (Fornix acusticus) oder der Sprachsäle. Indem die Decke und wo möglich auch die Seitenwände eine elliptische Gestalt haben, werden sie als Ellipsoid die aus einem Brennpuncte divergierend ausgehenden Schallstrahlen, in dem anderen Brennpuncte vereinigen; und daher die in der Gegend jenes Brennpunctes (leise) ausgesprochenen Worte, nur in diesem Brennpuncte von einer zweiten sich hier befindenden Person deutlich vernehmen lassen. Tab. III. F. 17. stellt eine solche Wölbung dar; F ist der erste und f der zweite Brennpunct, und die in F entwickelten

Schallstralen, werden auch bei der größten Divergenz so zurückgeworfen, daß sie in f zusammentreffen; weil den Eigenschaften der Ellipse zufolge, der Winkel m in jedem Punkte der Ellipse, dem Winkel n gleich ist. — Merkwürdige Schallzurückwerfungen der Art in der Kuppel der Paulskirche zu London; im Pantheon zu Rom, in einer Gallerie zu Gloucester, in der Cathedralkirche zu Girgente in Sicilien, das sog. Ohr des DIONYSIUS (Grotta della favella) in den Steinbrüchen zu Syracus etc.; vergl. CHLADNI a. a. O. §. 210. Berücksichtigung der Zurückwerfungsgesetze des Schalles, bei Erbauung der Sprachsäle; der Theater, Concertsäle etc. a. a. O. §. 217 ff. und RHODE: Theorie der Verbreitung des Schalles für Baukünstler. Berlin 1806. 8 L. CATEL: Vorschläge zur Verbesserung der Schauspielhäuser. Berlin 1802. 4. EULER a. a. O. u. ejusd. de motu aëris in tubis, in Nov. Comment. Acad. Petrop. tom. XVI.

D) Von den Schwingungsknoten.

§. 142.

XXXXIII. Vers. Eine an ihren Ende befestigte angespannte Saite (des Monochords) wie AD (Taf. II. F. 18.), theile man durch die Punkte B und C in drei gleiche Theile, unterstütze sie mittelst eines Stegs in B, und behänge sie vorzüglich in C mit kleinen winkelförmig gebogenen Papierstreifen; bringt man nun den mit AB bezeichneten Theil der Saite auf irgend

eine Weise in Schwingung, z. B. durch Streichen mit einem Violinbogen, so werden alle Papierstreife, der einzige in C (und wenn in B einer lag auch dieser) ausgenommen, von der Saite herabgeworfen werden; zum Beweise, daß die Stelle C, gleich der durch Unterstützung gedämpften B, ruhet, während die anderen Saitentheile sämmtlich schwingen. Aendert man diesen Versuch dahin ab, daß man die Saite in mehr als drei z. B. in sechs gleiche Theile abtheilt, und wird dann unter übrigens gleichen Umständen der nächst A gegebene Theilungspunct, also in der obigen Fig. der Punct α unterstützt, und Aa in Schwingung gesetzt, so wird die Seite in aBbC und c ruhen, während die übrigen Theile, gleich den zwischen Aa ursprünglich schwingenden oscilliren. Untersucht man aber die Ausdehnungsrichtungen der zwischen den Ruhepuncten vorhandenen schwingenden Theile genauer (z. B. auf S. 698 angegebene Weise), so findet man daß sie wechselseitig entgegengesetzt sind, wie dieses die krumme Linie der gen. Fig. anzeigt. Setzt man nämlich durch Streichen den erwähnten Theil der Seite nach α zu in Bewegung, so wird der Theil βa nach α und dadurch nothwendig der Theil $a\epsilon$ nach $a\delta$ gezogen, und der ruhende Theil a verhält sich zu denen ihm zur

Seite entgegengesetzt bewegten Theilen, ähnlich dem Ruhepunkte eines Hebels erster Art (vergl. §. 54). Alle schwingende Theile bewegen sich hiebei mit gleicher Geschwindigkeit (weil sonst die Schwingungen des einen Theils die des andern verhindern würde), erstreckt sich daher die Oscillation weiter nach D oder A, so folgt, daß in gleichen Entfernungen wie a von A, sich ähnliche Ruhepunkte bilden werden. Sowohl diese folgenden Ruhepunkte, als auch den ursprünglich durch Unterstützung (Dämpfung) gegebenen, nennt man Schwingungsknoten (Nodi oscillationum).

1) Fährt die Saite fort zu schwingen, so erhellt aus dem Obigen, daß die Bewegungsrichtungen der folgenden Schwingung, denen der vorhergehenden entgegengesetzt seyn, und die Schwingungsknoten nach wie vor in Ruhe bleiben werden. Statt der Saite kann auch Metalldrath, als ein klingender Stab etc. gewählt werden. Vergl. CHLADNI a. a. O. §. 48. — Um absolut gleichzeitig zu seyn, müßten die Schwingungen klingender Körper, wie die eines Pendels (S. 192) unendlich klein seyn. Indefs ist die Abweichung von der strengsten Genauigkeit bei sehr kleinen Schwingungen unmerklich. Bei einem Bogen von 1 Grade, dürfte die Dauer jeder Schwingung ohngefähr $\frac{1}{50000}$ weniger betragen a. a. O. §. 46.

2) Ausser jenen gleichzeitigen Hauptschwingungen und den zugehörigen Schwingungsknoten, scheinen auch noch untergeordnete Bebuungen in der klingenden Saite statt zu finden, aus deren Vereini-

(46²)

gung mit den Hauptschwingungen (nicht bloß durch Saiten sondern durch alle klingende Körper) wahrscheinlich das Entstehen eines Klanges (der sich überhaupt vom Geräusche durch die Gleichartigkeit und Bestimmbarkeit der Schwingungen unterscheidet) erst möglich wird. Bestreut man einen in seinen Endpunkten unterstützt liegenden, ziemlich dicken Metalldrath (oder Pfeiffenstyl) mit Bärlappaamen, und schlägt dann geschwind aber nicht zu heftig daran, so bilden sich eine Menge kleiner Stauberhöhungen, die so beschaffen sind, daß man die Abwechselungen der mehr und weniger bewegten Theile darin bemerken kann. Indem sich nämlich der dem einem Draththeile versetzte Stofs, nicht zu gleicher Zeit sondern in einer gewissen Folge den übrigen Theilen mitzuthellen vermag, so folgt daß man den Theil der den Stoff empfangen, als unterstützt von den umgebenden Theilen betrachten muß, und daß mithin eben so viele Schwingungsknoten hervorgebracht werden, als die ganze Saite von solchen schwingenden Theilen enthält. OERSTEDS Vers. über die Klangfiguren; in GEHLENS Journ. f. Chem. Phys. u. Mineralogie. VIII. 241. An klingenden Scheiben kann man ebenfalls etwas der Art bemerken, wenn man mit ihnen auf die S. 698 dies. Grundr. beschriebene Weise experimentirt. Auch vergl. man noch S. 147 dies. Grundr.

3) Die Theile, worin sich der klingende Körper theilt, haben stets gegeneinander ein solches Grössenverhältniß, als erforderlich ist, um in gleicher Geschwindigkeit schwingen zu können. Je grösser die Zahl der schwingenden Theile, mithin je kleiner jeder einzelne Theil ist, um so geschwinder sind

auch die Schwingungen, mithin um so höher die Töne; vergl. 146. Das was bei jedem Klange ausser der bestimmten Höhe oder Tiefe, und der bestimmten Schwäche oder Stärke noch als Modification desselben erscheint, und im Französischen durch *timbre* bezeichnet wird, hängt theils (wie schon bemerkt a. a. O.) von der eigenthümlichen Qualität des klingenden und zugleich fortpflanzenden Körpers und des fortpflanzenden Mediums ab, theils rührt es von beigemischten Geräusche her, wovon der Grund ebenfalls sowohl im klingenden Körper, als auch in dem das Klingen hervorrufenden reibenden oder stossenden Körper zu suchen ist. CHLADNI §. 44. Hieher gehören die sogen. harttönenden Instrumente, z. B. die meisten Metallinstrumente, vorzüglich die Trompete, das Clavier, die Geige u. m. ähnliche, im Vergleich mit der Flöte, Clarinette etc. überhaupt vorzüglich mit hölzernen Blasinstrumenten. Vergl. KESSLER: Ueber die Natur der Sinne. Jena u. Leipzig 1805. 8. S. 192—197.

4) Auf die Art des Schalles oder Klanges haben überhaupt verschiedene Verhältnisse Einfluss. Ob rücksichtlich der Gestalt, und zwar in Betreff der Dimensionen, die klingenden Körper der Länge nach, oder als Fläche, oder in der Dicke (z. B. bei den Saiten — dünnen Blechen, Scheiben und Trommelfellen — Glocken, Stäben, Ringen) vorzüglich ausgedehnt sind, ob in Betreff der Richtung die Hauptdimensionen gerade Linien (wie bei den Saiten, Scheiben etc.) oder krumme Linien (Glocken etc.) bilden; ob rücksichtlich der Befestigung, zur nöthigen Spannung die Körper an beiden Enden (wie bei

den Saiten) oder nur an einem Ende (Stäbe), oder durch Aufhängen (Glocken, Ringe) schwebend gehalten werden; ist für die Art des Klanges nichts weniger als gleichgültig. — Die größte Verschiedenheit der schwingenden Bewegungen zeigt sich in ihrer Richtung, die entweder quer, länglicht oder drehend seyn kann; wornach sich dann auch die Richtung der jedesmaligen Anregung der Schwingungen richten muß.

5) Die Transversalschwingungen bestehen aus Beugungen des klingenden Körpers (oder jedes seiner Theile) seitwärts der Axse (in deren Richtung die Schwingungsknoten liegen), vor und hinter jedem Schwingungsknoten nach abwechselnden Richtungen, vergl. Tab. III. Fig. 14, $\alpha\delta$; so daß die Durchmesser der Schwingungen mit der Axse einen rechten Winkel machen. Hieher gehören die Schwingungen der Saiten, Membranen, und die der meisten festen Körper. — Die Longitudinalschwingungen erfolgen in abwechselnden Zusammenziehungen und Ausdehnungen des klingenden Körpers oder seiner aliquoten Theile, nach der Richtung der Länge; so daß diese sich abwechselnd gegen einen Schwingungsknoten stemmen, und von demselben entfernen. Zum Theil sind auch Saiten und andere nach einer geraden Richtung ausgedehnte Körper dieser Schwingungsart fähig; vorzüglich findet sie aber Statt, an der in einer Röhre eingeschlossenen Luft, z. B. bei allen Arten von Blasinstrumenten. Bei den drehenden Schwingungen (die CHLADNI nur an Stäben bemerkte) bewegen sich die aliquoten Theile des Staben abwechselnd rechts und links in einer schraubenförmigen Richtung, so als ob sie sich

um ihre Axse drehen wollten. CHLADNI a. a. O. §. 47. ff.

6) Zur Hervorbringung der Longitudinalschwingungen an einer Saite, muß dieselbe innerhalb eines schwingenden Theiles mit dem Violinbogen (unter einem so spitzen Winkel wie möglich) der Länge nach gestrichen, oder nachdem sie mit Geigenharz bestrichen, mit einem weichen Körper (z. B. mit einem Stückchen Tuch, mit dem Finger etc.) der Länge nach gerieben werden. Holz- und Metallstäbe werden auf ähnliche Weise mit Tuch gerieben, nachdem sie zuvor mit Geigenharz bestäubt waren. Glasstäbe (wozu sich am besten Thermometer- oder Barometerröhren schicken) befeuchtet man zuvor mit etwas Wasser, und bestäubt sie dann mit feinem aber scharfen Sande oder Bimssteinpulver. (CHLADNI's Euphon.) Vergl. a. a. O. §. 89 etc. 96. Zu den drehenden Schwingungen werden die glatten Oberflächen der Stäbe auf ähnliche Weise wie bei den Longitudinalschwingungen behandelt, nur mit dem Unterschiede, daß das Reiben nicht der Länge nach, sondern links oder rechts in einer drehenden Richtung geschieht. — Eine andere Art von Longitudinalschwingungen wie die obigen, wo eine Saite, an welche ein Gewicht gehängt ist, sich nach einer geschehenen Aufhebung des Gleichgewichts so ausdehnt und zusammenzieht, daß das Gewicht selbst dadurch abwechselnd auf- und niederwärts bewegt wird, hat der Graf GIORDANO RICCATI (a. a. O. §. 62.) beobachtet.

7) Die Verbreitung des Schalles in der Luft und in festen Körpern scheint vorzüglich durch Longitudinalschwingungen zu geschehen. Würde diese Vermu-

thung (vergl. CHLADNI'S Acustik §. 226. u. HERHOLDS Beob. in REILS Archiv III. 166.) bestätigt, so würde man dadurch ein Mittel haben, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles durch feste Körper zu bestimmen. In derselben Zeit, in welche der gegebene feste Körper frei schwingend eine Longitudinalschwingung macht, würde er auch den Schall in sich fortsetzen; und diesem nach würde sich der Schall z. B. durch Kupfer fast 12 mal geschwinder verbreiten als durch die Luft. Vergl. S. 705—707 dies. Grundr. — Einfluß des Schalles auf den Barometerstand. ENGLEFIELD in GILBERTS Ann. XIV. 214.

8) Rücksichtlich der Zahl der Schwingungsknoten einer gespannten klingenden, in irgend einem Punkte (z. B. durchs Steg) unterstützten Saite, ist zu bemerken, daß wenn sich der kleinere (durch Streichen etc. zuerst in Schwingung gebrachte) Saitenthail zu dem grösseren verhält, wie 1:3, zwei Schwingungsknoten hervorgebracht werden; verhält er sich wie 1:4 so erscheinen drei, wie 1:5, vier Schwingungsknoten etc.

§. 143.

XXXXIV. Versuch. Zur Nachweisung der Schwingungsknoten an klingenden Flächen, die irgendwo unterstützt sind, z. B. an Blechen, Glas- oder Metallscheiben etc., bedient man sich entweder des S. 698 angegeben Stativs, oder in Ermangelung desselben folgendes Verfahrens: man nimmt z. B. eine kreisrunde Scheibe von

gleichdicken, reinem, blasenlosen Fensterglase, die an den Rändern gehörig abgeschliffen ist, und ohngefähr 3—12 Zoll im Durchmesser hat; man bestreut sie mittelst eines kleinen Siebes mit feinkörnigem Sande (Marmor, Eisenfeile oder *Lycopodium*), legt sie in ihrem Mittelpunkte auf einen etwas zugespitzten Kork, drückt sie oberhalb mit dem Finger an den Kork an, unterstützt sie ausserdem noch am Rande (Taf. III. Fig. 19) in a, oder b, oder c, oder d, und streicht nun den Rand 45 Grad von der berührten Stelle, also in e, oder h, oder in f, oder in g, rechtwinklicht mit einem mit Colophonium bestrichenen Violinbogen. Der Sand wird von allen schwingenden Stellen (welche die Gestalt krummer Flächen erhalten) der klingenden Scheibe, in die Höhe geworfen; nur auf den Schwingungsknoten bleibt er liegen, bezeichnet dadurch die Reihe der zusammenhängenden Schwingungsknoten, und bildet so die in Fig. 19 gezeichnete Klangfigur; die sich ändert; wie die Gestalt der Scheibe (ob sie rund oder viereckigt etc. ist), die Unterstützungspunkte und die ursprünglichen Bewegungsstellen abgeändert werden.

1) Vergl. CHLADNI a. a. O. §. 102. ff. Jede auf einer Scheibe hervorzubringende Klangfigur, steht mit den anderen auf derselben Scheibe zu erzeugenden Figur in einem bestimmten Tonverhältnisse; irrig ist

es aber, zu glauben jeder bestimmte Ton habe seine ihm entsprechende Figur. — Eisenfeile verdient nach OERSTEDS Beob. (GEHLENS Journ. a. a. O.) den Vorzug vor Sand, so wie Metallscheiben vor Glasscheiben zu genauen Versuchen. Die Metallscheiben tönen länger nach, und geben die Figuren auch dann, wenn man den Sand etc. erst auf die bereits tönende Scheibe streut, womit meine eigenen Beob. übereinstimmen. Ueber die Benutzung des Wassers und Lycopodiums zu diesen Versuchen, vergl. S. 698 dies. Grundr.

2) Taf. III. Fig. 20, 21, 22, 23 und 24 stellen noch fünf der merkwürdigsten Klangfiguren vor. Fig. 20 wird erhalten, wenn man die kreisrunde Scheibe etwa 30 Grad von der gedämpften Stelle des Randes streicht. Fig. 21, wenn man die Quadratscheibe in a oder b hält und in c oder d streicht; Fig. 22, wenn dieselbe Scheibe an einer der Ecken in e oder f anstreicht; Fig. 23, wenn man eine elliptische Scheibe in der Mitte g auf den Kork andrückt, die beiden Randpuncte i und k dämpft, und in r streicht; Fig. 24, wenn die kreisrunde Scheibe in m gehalten und in l angestrichen wird. Darstellung dieser und mehrerer anderer Klangfiguren, durch Versuche mit kreisrunden, elliptischen, und Rectangelscheiben von verschiedener Art, von Glas, Metall und Holz.

3) Zur genauen Ausmessung der Klangfiguren, bedient man sich nach OERSTED (a. a. O.) vortheilhaft quadratische Messingscheiben, die fast eine Linie dick sind, und deren Seitenlinie 4 Zoll beträgt. Die Oberfläche einer solchen Scheibe wird zu dem Ende durch Linien, die mit den Seiten parallel ge-

hen, in 1600 Quadrate eingetheilt, und nun entweder selbst bestreut zur Schwingung gebracht, oder es wird die mit der Klangfigur versehene Glastafel über die eingetheilte Metalltafel gelegt. Durch mehrere Vers. mit dergleichen Scheiben, gelangte O. zu dem wichtigen Resultate: daß die Klangfiguren in Fig. 19, 20, 21 und alle ähnlichen nicht (wie man nach CHLADNI bisher glaubte) aus geraden, durchschneidenden Linien, sondern aus Hyperbeln entstehen, die sich begegnen; und daß die scheinbaren Winkel ebenfalls Hyperben sind, welche entgegengesetzte Scheitelpuncte haben. a. a. O. S. 226 u. 233.

4) Wäre eine Scheibe darstellbar die vollkommen elastisch und zugleich so biegsam ist, daß gar kein Widerstand da wäre, so würden Staublinien darauf mit den absolut ruhenden zusammenfallen und mithin Dreiecke bilden. In der Wirklichkeit sind aber nur Annäherungen dieses denkbaren Falles möglich; und die Hyperbel ist der gewöhnlich hervorzubringende Kegelschnitt. Es könnte dieser Schnitt aber eben so gut mit der entgegengesetzten Seite des Kegel parallel gehen und dadurch eine Parabel bilden, oder die Axse perpendicular oder schräg durchschneiden und so einen Kreis oder eine Ellipse bilden; Fälle die wahrscheinlich auf sehr grossen Scheiben eintreten, und so die Möglichkeit gewähren, alle Kegelschnitte in verschiedener Entfernung vom Mittelpuncte dargestellt zu finden. a. a. O. S. 235. — Durch wiederholte Striche (mit dem Violinbogen) rücken die Scheitelpuncte der Hyperbeln in den unter N 3 angegebenen Fällen immer näher, jedoch ohne das völlige Verschwinden der Bögen zuzulas-

sen — Ueber die besondere Gegenwirkung in klingenden Scheiben, wodurch an gewissen Stellen Staubmassen angehäuft werden, und die Form der Hyperbel etwas unregelmässig wird; a. a. O. S. 233 u. 235. — Operirt man in den vorhergehenden Vers. zur Darstellung der Klangfiguren, statt des Sandes etc. mit Bärlappsamen, so wird mandadurch in den Stand gesetzt, jene untergeordneten Schwingungen und Schwingungsknoten der Scheibe zu bemerken, die denen der mit Bärlappsamen bestäubten klingenden Saite (S. 724) ähneln; und hyperbelförmige Stauberhöhungen bilden a. a. O. 236.

5) Nach O's. Beob. hängt der Staub in den Klangfiguren fester an der Tafel, als in den übrigen Stellen; ein Ankleben welches mit der electr. Anziehung leichter Körperchen Aehnlichkeit zu haben scheint; vergl. S. 701 u. 712. O. vermuthet das die Knotenstellen negativ electricisch geworden sind, während die schwingenden (leeren) Stellen positiv electricisch wurden. a. a. O. S. 248.

6) Die Schwingungen der Glocken und überhaupt gekrümmter Flächen, ähneln denen einer runden Scheibe, bei welchen sich sternförmige Figuren zeigen Die Glocke etc. theilt sich nämlich in 4, 6, 8, oder nachdem sie groß und dünn genug ist, überhaupt in eine grade Zahl von schwingenden Sektoren, welche durch Knotenlinien von einander getrennt sind, die sich sämmtlich oben im Gipfel der Glocke durchschneiden. Vergl. CHLADNI a. a. O. §. 166—175 u. S. 698 dies. Grundr.

E) Von den Tönen.

§. 144.

In jedem Klange empfinden wir ein gewisses Gepräge von Ordnung und Harmonie, welches die einzelnen den Klang hervorbringenden Schwingungen vereint als Schallganzes wahrnehmen läßt, und Ton (so wie die Verschiedenheit desselben: Höhe und Tiefe) genannt wird. Vergl. S. 724 u. 725. Den Unterschied eines Tones von dem andern, oder die Verschiedenheit der in einerlei Zeit erfolgenden Zahlen der Schwingungen, nennt man ein Intervall oder Tonverhältniß.

1) Zur Entwicklung der verschiedenen hörbaren Töne von vorzüglicher Reinheit und Vollendung, ist die menschliche Stimme am geschicktesten; und die musikalischen Instrumente stehen ihr hierin nach. Bei den letzteren, sofern es Blasinstrumente sind, ist es die Luft, welche tönt. — Etwas denen auf solche Weise der Luft entlockten articulirten Tönen Aehnliches, bemerkt man hin und wieder auch an der freien bewegten Luft. Hieher gehört die von mehreren Reisenden bestätigte Luftmusik oder Teufelsstimme auf Ceylon und in benachbarten Ländern, die in stillen heiteren Nächten vor Witterungsänderung einzutreten pflegt, und die meiste Aehnlichkeit mit der tiefen klagenden Menschenstimme haben soll. Zum Theil gehört hieher auch das gewöhnliche Heulen des Windes. — Dem Klange der Blasinstrumente rücksichtlich seiner Entstehung ähnlich, ist auch derjenige der sogen. chemischen

Harmonica; die erhalten wird, indem man in einem engmündigen Gefässe Wasserstoffgas entbindet, das zur Mündung herausströmende Gas in atmosphärischer oder Lebensluft anzündet, und über diese kleine und ruhige Flamme, eine oben offene oder verschlossene, gläserne oder metallene, nicht allzuweite Röhre hält, so daß die Flamme sich etwas innerhalb der Röhre befindet. Durch das Verbrennen des Wasserstoffgases zu Wasser (S. 653) entsteht fortwährend ein leerer Raum, den die umgebende Luft hinzuströmend hinwiederum erfüllt, diese Strömung vereint mit der des verbrennenden Wasserstoffgases aus dem Gefässe, erregt in der obern Luftsäule der Röhre Longitudinalschwingungen, die sich dem unter der Röhrenöffnung gehaltenen Finger durchs Gefühl und dem Ohre durch heulende, öfters beschwerlich fallende Töne verrathen. Während des Klanges spitzt sich die Flamme zu. Vergl. DE LUC in dessen neuen Ideen über die Meteorologie I. §. 200. der dieses Phänomen zuerst erwähnte; ferner GÖTTLINGS Taschenbuch für Scheidekünstler und Apotheker. 1795. S. 16. SCHERER in GRENS neuen Journ. d. Phys. II. 4. S. 509. CHLADNI a. a. O. S. 91—93 u. S. 673 dies. Grundr. — Ueber von KEMPELENS Sprachmaschine, über das menschliche Stimmorgan; mündlich.

2) Bei Bestimmung der Tonhöhe einer Transversalschwingungen machender Saite, kommt vorzüglich die Länge, Dicke und Spannung derselben in Betracht; sind diese bekannt, so läßt sich daraus auf die jedesmalige Geschwindigkeit in der Nacheinanderfolge der zum Tone gehörigen Schwingungen, d. i. auf die jedesmalige Tonhöhe schliessen, und

diese durch Berechnung ausmitteln. Der Ton ist um so höher, je grösser jene Geschwindigkeit ist, und umgekehrt um so tiefer, je geringer sie ist. Vergl. S. 724. Sind zwei Saiten nur rücksichtlich der Länge verschieden, so verhält sich ihre Schwingungsanzahl (in gleichen Zeiten) umgekehrt wie ihre Längen; sind sie es nur rücksichtlich der Dicke, so verhält sich ihre Schwingungsanzahl umgekehrt wie ihre Durchmesser, und sind zwei Saiten mit ungleicher Stärke (durch ungleiche Gewichte) gespannt, rücksichtlich der Länge und Dicke aber gleich, so verhält sich die Anzahl ihrer Schwingungen (mithin ihre Tonhöhe) wie die Quadratwurzeln der spannenden Kräfte oder Gewichte. Bezeichnen wir also die Anzahl der Schwingungen oder die Tonhöhe (der qualitativ gleichartigen) Saiten mit N, n , die spannenden Kräfte oder Gewichte durch P, p , die Längen durch L, l , und die Durchmesser durch D, d , so ist $N : n$

$$= \frac{\sqrt{P}}{LD} : \frac{\sqrt{p}}{ld}. \quad \text{Bei einerlei longitudinalen}$$

Schwingungsart, verhalten sich die Töne mehrerer aus einerlei Materie bestehenden Stäbe umgekehrt wie die Längen. Auf die Dicke eines Stabes kommt gar nichts an, aber wohl auf die Verschiedenheit der Materie; CHLAENI a. a. O. §. 95. Alle feste Körper geben bei dieser Schwingungsart unter übrigens gleichen Umständen weit höhere Töne, als gleich lange Luftsäulen z. B. einer Pfeiffe. Bei gleichartigen und gleichförmigen Scheiben, verhalten sich die Töne umgekehrt wie die Quadrate der Durchmesser ($N = \frac{1}{D^2}$).

3) Zur Ausmittlung obiger Tonverhältnisse schwingender Saiten, dient ein Sonometer oder Tono-

meter, d. i. ein einfaches mit einer oder mehreren Saiten (Monochord, Dichord, Tetrachord etc.) bezogenes Instrument; wo die Längen durch verschiebbare Stege gegeben, und durch parallel mit den Saiten angebrachten Längenscalen, so wie die Dicken durch Micrometer (LÜDICKE's Micrometer zur Messung der Durchmesser dünner Saiten, in GILBERTS Ann. I. 137.) und die Spannungen durch Gewichte gemessen werden. Durch ähnliche Versuche hat man auch das Verhältniß der Schwingungszahlen der verschiedenen Töne d. i. die Temperatur (Temperamentum) ausgemittelt. Ungleichschwebende KIRNBERGERSche und gleichschwebende oder mathematische Temperatur; Unterschied derselben. KIRNBERGERS Kunst des reinen Satzes in der Musik. Berlin 1771. 4.

4) Machen zwei Saiten in gleichen Zeiten gleichviel Schwingungen, so haben sie den Einklang; macht hingegen die eine Saite noch einmal soviel Schwingungen als die andere, so giebt sie die Oberoctave des Grundtons (Tonica) der anderen Saite; ein Fall der z. B. eintritt, wenn die Saite bei übrigens gleichen Umständen halb so lang ist, als die andere. Hat die kürzere $\frac{2}{3}$ der Länge der anderen Saite (macht sie also in derselben Zeit 3 Schwingungen, in welcher diese andere 2 macht), so giebt sie die Quinte des Grundtons (Dominante) der längeren an. Hat sie $\frac{3}{4}$ der Länge, so giebt sie die Quarte des Grundtons (Unterdominante) jener Saite. Die grosse Terze wird an der kürzeren Saite angegeben, wenn ihre Länge $\frac{4}{5}$; die kleine Terze wenn sie $\frac{5}{6}$; die grosse Sexte, wenn sie $\frac{3}{2}$; die kleine Sexte, wenn sie $\frac{5}{3}$; die Oberduodecime, oder die

Oberoctave der Quinte, wenn sie $\frac{1}{3}$; die Oberdecime-Septime, oder die doppelte Octave der grossen Terze, wenn sie $\frac{1}{5}$ von der Länge der Grundton angehenden Saite beträgt. Die gewöhnlichen Töne der Musik beschränken sich auf die 4 Octaven; Bass: C bis H, Tenor: c bis h, Alt: c bis h', Diskant: c'' bis h'. — Ueber die Höhe der Töne in verschiedenen Gasen, vgl. PEROLLE in GILBERTS Ann. III. 193. Eine zwischen zwei Wirbeln gespannte Saite wird durch Wärme ausgedehnt und dadurch schlaffer; während eine Luftsäule erwärmt elastischer (gespannter) wird; und mithin während die Saite einen mehr niederen, diese einen höheren Ton giebt.

5) Gewöhnlich bedient man sich bei Saiteninstrumenten nur derjenigen Schwingungsart, wo die Saite ganz schwingt; seltener macht man auf der Geige und dem Violoncell bei dem Solospielen Gebrauch von den höheren Tönen, wo sich die Saite in aliquote Theile eintheilt. Man nennt sie Flageolett-Töne; CHLADNI a. a. O. §. 53. Die Töne der Aeolsharfe, und der Riesen- oder Wetterharfe, wo die Saiten oder Dräthe durch Luftzug in Bewegung gesetzt werden, beruhen ebenfalls auf solche Transversalschwingungen der Saiten, die sich, je nachdem sie verschiedentlich vom Winde getroffen werden, in eine grössere oder kleinere Anzahl aliquoter Theile abtheilen. Daher die grosse Mannichfaltigkeit ihrer Töne. GEHLERS phys. Wörterb. Art. Aeolsharfe und Wetterharfe. — Ueber Tonleiter; harte und weiche Tonart; Accorde; Consonanzen und Dissonanzen; Melodie; Combinationstöne; den Gesang der Vögel etc. mündlich. — GEHLER a. a. O. Art. Ton; SULZERS Theorie der schönen Künste; CHLADNI a. a. O.