§. 278.

Andere Fortpflanzungsmittel des Schalles.

Es war davon schon oben (§. 265.) die Rede.

Gründe der Musik.

§. 279.

Saiten.

Um regelmäßige Schwingungen oder einen Klang (§. 264.) hervorzubringen, bedient man sich unter andern der Saiten. Die Schwingungen derselben haben viele Aehnlichkeit mit den Schwingungen des Pendels. Deßwegen haben auch die Mathematiker ihre Schwingungen eben so berechnet, wie die Schwingungen des Pendels.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

§. 280.

Klang.

Die Schwingungen einer gespannten Saite bringen einen Schall hervor, der sich durch eine größere Annehmlichkeit auszeichnet. Man nennt ihn einen Klang. Er unterscheidet sich von dem Geräusche dadurch, daß er durch gleichartige (gleich geschwinde) Schwingungen, die durch das Gehör oder durch andere Mittel bestimmbar sind, hervorgebracht wird. (§. 264.)

§. 281.

Klingende Körper.

Nicht nur die Saiten, sondern noch viele andere Körper bringen einen Klang hervor. Man nennt sie klingende Körper. Chladni theilte sie in drey Klassen ein. Sie sind:

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf

1. für sich biegsam, aber durch Spannung elastisch; fadenförmige Körper dieser Art sind Saiten; membranenförmige sind Pauken- und Trommelfelle.

2. ausdehnbar flüßig und durch Druck elastisch, wie die Luft, welche in den Blasinstrumenten der klingenden Körper ist.

3. steif, und für sich elastisch, deren es zweyerley Gattungen gibt; an der einen sind die Schwingungen linearisch, dergleichen gerade Stäbe, Gabeln, Ringe und andere, hauptsächlich nach der Länge ausgedehnte Körper wahrnehmen lassen; an der andern geschehen die Schwingungen nach gekrümmten Flächen, wie an Scheiben, Glocken, Gefäßen, u. d. gl.

§. 282.

Allgemeine Schwingungsgesetze der Saiten.

Die Schwingungsgesetze der Saiten sind um so wichtiger, da von den Saiten nicht nur ein so vorzüglicher Gebrauch gemacht wird, sondern auch alle übrigen klingenden Körper sich gleichsam als Saiten gedenken lassen. Es richtet sich aber die Anzahl der Schwingungen einer Saite nach ihrer Länge, nach ihrer Spannung und nach ihrer Dicke, und das allgemeine Gesetz derselben wird durch folgende Formel ausgedrückt:

$$V = \sqrt{\frac{S}{L \cdot P}}, \text{ wo}$$

V die Schwingung der Saite
L die Länge der Saite
P das Gewicht der Saite, und
S die Spannung der Saite bedeutet.

Diese Formel fließt aus den Gesetzen der Elasticität harter Körper, und aus den Gesetzen des Pendels. Aus jenen nähmlich ergibt sich — welches hier freylich aus der höhern Mechanik postulirt werden muß, da wir uns bey der

Elasticität nicht darauf eingelassen haben — daß

$$T^2 = \frac{L^2 . D^2}{S}$$

oder, daß das Quadrat der Schwingungszeit (T) einer Saite, gleich sey einem Bruche, wovon der Zähler ein Produkt aus dem Quadrate der Länge (L) in das Quadrat der Dicke (D) der Saite, und der Nenner, die Spannung (S) derselben ist.

Für diese Formel läßt sich setzen:

$$T^2 = \frac{L . P}{S}$$

oder, das Quadrat der Schwingungszeit einer Saite, ist gleich der Länge derselben multiplicirt in ihr Gewicht, und dividirt durch ihre Spannung. Denn da die Saite eine cylindrische Gestalt hat, so ist ihr körperlicher Raum, und also auch ihre Masse oder ihr Gewicht (P) = L. D². Man kann also aus dem Zähler der erstern

Formel, L . D² weglassen, und dafür P setzen: so erhält man in der letztern Formel zum Zähler L. P, und es ist also

$$T^2 = \frac{L \cdot P}{S}$$

Nun aus den Gesetzen des Pendels ergibt sich, daß sich die Schwingungsanzahlen verkehrt verhalten, wie die Schwingungszeiten, weil ja natürlich die Anzahl der Schwingungen um desto größer seyn muß, je kleiner die Dauer jedes einzelnen Schwunges ist. Folglich ist

$$V^2 = \frac{S}{L \cdot P}$$

und auf beyden Saiten die Quadratwurzel ausgezogen, gibt

$$V = \sqrt{\frac{S}{L \cdot P}}$$

und so verhält sich also die Anzahl der Schwingungen von ein paar Saiten in einer gegebenen Zeit, wie die Quadratwurzeln aus den Quotienten, die man findet, wenn man die Saiten spannenden Kräfte durch das Produkt, aus dem Gewichte der Saiten in ihre Längen, dividirt; oder es ist

$$\dot{V} : v = \sqrt{\frac{S}{L \,.\, P}} : \sqrt{\frac{S}{l\,p}}$$

Anmerkung. Hieraus läßt sich nun einigermassen Eulers allgemeine Formel, für die Anzahl der Schwingungen einer Saite in einer Sekunde, verstehen.

Es ist folgende:

$$V = \frac{355}{113} \,.\, \sqrt{\frac{3166 \,.\, n}{a}}, \text{ wo}$$

V die Anzahl der Schwingungen in einer Sekunde; $\frac{355}{113}$ die sogenannte Cölnische Zahl, oder 3,141592. 3166, die Länge eines Sekundenpendels in Tausendtheilen des Rheinl. Fußmaßes;

n, das Gewicht der Spannung der Saite; und

a die Länge der Saite ebenfalls in Tausendtheilen des Rheinl. Fußmaßes bedeutet.

Nach obiger Formel mußte nähmlich diese Euler'sche, folgendermassen ausgedrückt werden:

$V = \frac{355}{113} \cdot \sqrt{\frac{3166}{L.P}}$. Weil aber Euler die spannende Kraft der Saite oder S durch ein Gewicht ausdrückt, welches ein Multiplum von dem Gewichte der Saite ist, so daß also P : S = 1 : n und mithin n anzeigt, wie vielmahl die Spannung der Saite stärker ist, als ihr Gewicht: so kann P, da es = 1 gesetzt wird, aus der Formel weggelassen werden, und es verwandelt sich dieselbe, wenn man noch n statt S und a statt L setzt, in folgende:

$$V = \frac{355}{113} \cdot \sqrt{\frac{3166.\ n}{a}}$$

Es sey die Länge der Saite . oder a oder L = $2\frac{1}{2}$ rheinl. Fuß, also im Tausendtheilen desselben = 2500, und sie werde durch ihr 10000 faches Gewicht gespannt, also n = 10000 : so wird dieselbe in einer Sekunde $\frac{355}{113} \cdot \sqrt{\frac{3166 \cdot 10000}{2500}}$

d. i. $353\frac{1}{2}$ Schwingungen machen. Will man die Länge der Saite nicht in Tausendtheile verwandeln, so darf man natürlich für 3166 nur 3,166 setzen. Man sieht, daß diese Eulersche Formel viel Schönes hat, da sie ein sicheres Mittel darbietet, der Nachwelt Nachricht von unsern Tönen zu geben. Euler fand nähmlich, daß eine Saite, die in einer Sekunde 392 Schwingungen machte, den Ton a angebe. Hieraus folgt, daß das Contra A von einer Saite angegeben wurde, die 98 Schwingungen in einer Sekunde macht, und das Contra C, wenn man dieses für den tiefsten Ton annehmen wollte, von einer Saite, die $58\frac{4}{5}$ Schwingungen in einer Sekunde macht. Sollte nun unser Fußmaaß wirklich verloren gehen: so darf man die Länge der Saite, nur nach einem solchen Maaße bestimmen, wovon 3166 Theile, die Länge eines Perpendikels machen, das Sekunden schlägt.

§. 283.

Besondere Schwingungsgesetze der Saiten.

Aus diesem allgemeinen Gesetze lassen sich nun leicht alle besondere Gesetze herleiten. Lichtenberg schränkte sich auf folgendes einzige ein, das er mit seinem von Chladni selbst verfertigten Monochord erläuterte: bey gleich gespannten und gleich dicken, aber ungleich langen Saiten, verhält sich die Anzahl der Schwingungen umgekehrt, wie ihre Längen; oder

$$V : v = l : L$$

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Weil nähmlich die Dicken gleich sind, so verhalten sich ihre Gewichte wie ihre Längen, und statt des Faktors P und p in den Nennern der Generalformel, kommt also L und l zu stehen, so daß

$V : v = \sqrt{\frac{S}{L.L}} : \sqrt{\frac{S}{l.l}}$, oder welches einerley ist

$V : v = \frac{\sqrt{S}}{L} : \frac{\sqrt{S}}{l}$. Weil aber auch die Spannungen gleich sind: so läßt sich für S und s, 1 und 1 setzen, daß also

$V : v = \frac{\sqrt{1}}{L} : \frac{\sqrt{1}}{l}$; oder welches einerley ist

$V : v = \frac{1}{L} : \frac{1}{l}$, oder welches einerley ist

$V : v = l : L$

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

§. 284.

T o n.

Sieht man bey einem Klange blos auf die Geschwindigkeit der zitternden oder schwingenden Bewegung: so nennt man ihn einen T o n. (§. 264)

Ein Ton unterscheidet sich von einem andern durch H ö h e und T i e f e. H ö h e r ist ein Ton, wenn in einer gegebenen Zeit die Schwingungen schneller; t i e f e r, wenn in derselben Zeit die Schwingungen langsamer auf einander folgen.

§. 485. 486.

I n t e r v a l l oder T o n v e r h ä l t n i ß.

Ein I n t e r v a l l oder T o n v e r h ä l t n i ß ist der Unterschied eines Tons von dem andern; oder das Verhältniß der Schwingungszahlen für zwey Töne bey einerley Zeit der Schwingungen. Es wird dieß Verhältniß der Töne gegen einander, nach den Längen der Saiten bestimmt. Wenn also von ein paar gleich dicken, und gleich stark gespannten Saiten, ihre Längen sich verhalten

Wie	so gibt die erste		von der zweyten
1 : 1	= =	den Einklang	= =
1 : 2	= =	die Oktave	= =
2 : 3	= =	die Quinte	= =
3 : 4	= =	die Quart	= =
4 : 5	= =	die große Terz	= =
5 : 6	= =	die kleine Terz	= =
5 : 8	= =	die kleine Sexte	= =
3 : 5	= =	die große Sexte	= =

Es lassen sich alle diese Verhältnisse auf einem Monochorde, mit kleinen Satteln, von Papier recht deutlich machen.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

§. 287.

Consonanzen und Dissonanzen.

Der Grundton, die Oktave, die Quinte und die große Terz gewähren dem Ohre Vergnügen, und werden dahero Consonanzen, Accorde, consonirende Töne genannt. In Kirchen, und sonst, singen Frauenzimmer gewöhnlich um eine Oktave höher, ohne daß sie es merken, daß sie höher singen. Dieß rührt von der schönen Zusammenstimmung, der Oktave, Quint und Terz her.

Die übrigen Töne, deren eine unzählige Menge sind, heißen Dissonanzen oder dissonirende Töne. Auch dieß läßt sich mit dem Monochorde oder Sonometer deutlich machen.

§. 288.

In einer jeden Oktave werden sieben Haupttöne und fünf Nebentöne angenommen. Die ersten werden mit den Buchstaben C, D, E, F, G, A, H, die letztern mit Cis, Dis, Fis, Gis, B bezeichnet. Die Töne, welche in Oktaven aus einander liegen, werden mit demselben Buchstaben, nur mit der kleinen Abänderung bezeichnet, daß man zu der ersten Oktave große Buchstaben, zu der zweyten kleine Buchstaben, zu der dritten einmahl gestrichene, zu der vierten zweymahl gestrichene kleine Buchstaben wählt, u. s. w. Also

$$C^{Cis}\ D^{Dis}\ E\ F^{Fis}\ G^{Gis}\ A^{B}\ H$$

$$c\ d\ e\ f\ g\ a\ h\ \underline{c}\ \underline{d}\ \underline{e}\ \underline{f}\ \underline{g}\ \underline{a}\ \underline{h}$$

$$\underline{\underline{c}}\ \underline{\underline{d}}\ \underline{\underline{e}}\ \underline{\underline{f}}\ \underline{\underline{g}}\ \underline{\underline{a}}\ \underline{\underline{h}}\ \underline{\underline{c}}$$

Und hierinn bestehet nun das heutige Diatonische System, oder die Diatonische Grundleiter.

§. 289.

Temperatür.

Bey diesem Diatonischen Systeme ereignet sich ein sehr merkwürdiger Umstand.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Weil man gerne jeden der zwölf Töne für einen Grundton halten will, so geschieht es, daß, wenn man die Quinte rein haben will, man sich in die Oktave verliert. Es sind 12 Quinten, und man kann also gar nicht auf das c kommen. Da muß denn ein Vergleich getroffen werden, bey welchem die möglichst kleinste Abweichung von der höchsten Reinigkeit Statt findet. Ein solcher Vergleich oder eine solche Einrichtung wird nun die Temperatur genannt. *)

*) Ein sehr schätzbares Werk über die Temperatur ist: Anleitung zu Temperaturberechnungen für diejenigen, welche in dem arithmetischen Theile der Musik, keinen mündlichen Unterricht haben können, insbesondere aber für die Besitzer des Kirnberger'schen Werkes: die Kunst des reinen Satzes u. s. w. Von Daniel Gottlob Türk Musikdirektor, (jetzt Professor der Musik) in Halle. Halle 1808, 572 S. gr. 8. Siehe darüber Hall. A. L. Z. 1809.

Man hat sehr viele solche Temperaturen vorgeschlagen. Die Kirnbergersche, für welche sich Erxleben so warm erklärt, hat ihren Nahmen von Kirnberger, einem berühmten Musikus, der die musikalischen Artikel zu Sulzers Wörterbuch verfertigte. Um sie zu verstehen, muß man folgendes bemerken: Wenn man die Quinten alle rein stimmt: so wird das C zu hoch, in diesem Verhältniß 524288 : 531441, welches das Pythagorische Comma heißt, zum Unterschiede von dem gemeinen Comma, oder 80 : 81.

Nun nach der Kirnbergerschen Verbesserung sind 9 Quinten rein; von den drey übrigen schwebt das eine mit $\frac{1}{12}$ vom Pythagorischen Comma, und von den zwey übrigen schwingt ein jedes mit $5\frac{1}{2}$ vom Pythagorischen Comma.

Die gleichschwebende oder mathematische Temperatur, die unstreitig vor allen übrigen den Vorzug verdient, ist

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

diejenige, wo alle Schwingungen in einem eigentlichen wahren geometrischen Verhältnisse fortgehen. Man muß also die Oktave C bis c in 12 gleiche Intervalle oder Stufen eintheilen. Und dieß geschieht auf folgende Art:

Grundton C — Oktave c

1 oder 2^0 — 2 oder 2^1

oder

$2^{\frac{1}{12}}\ 2^{\frac{2}{12}}\ 2^{\frac{3}{12}}\ 2^{\frac{4}{12}}\ \ldots\ 2^{\frac{12}{12}}$

Wenn man also den Log. 2 mit $\frac{1}{12}$ multiplicirt ($\frac{1}{12}$. Log. 2) so erhält man Log. 0,0250858, den man sucht, oder den Unterschied der zwölf Logarithmen. — Zieht man nun den Logarithmus 0,0250858 von dem Log. 1 oder Log. 1,0000000—1 ab: so erhält man den Logarithmus 0,9749242—1, und die dazu gehörige Zahl ist = 0,9438, u. s. w.

§. 290.

Musik.

Die ganze Musik gründet sich auf den Unterschied zwischen den tiefen und hohen Tönen. Sie lehret nähmlich nichts anders, als Töne, die in Ansehung der Tiefe und Höhe verschieden sind, so mit einander zu verbinden, daß daraus eine angenehme Harmonie entsteht.

Die Lyra der Alten bestand aus vier zwischen zwey Stierhörnern ausgespannten Saiten, und hatte Anfangs nur die 4 Töne C F G c.

§. 291.

Reinheit des Klangs.

Chladni entdeckte eine ganz eigene Art von Tönen an den Saiten, die zwar in der Musik nie werden angewendet werden können, weil sie unangenehm sind, die aber we-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

gen ihrer gänzlichen Abweichung von allen übrigen Schwingungsarten, Aufmerksamkeit verdienen. Er heißt sie Längentöne. Man muß die Saite mit dem Bogen so nach der Länge unter einem sehr spitzigen Winkel streichen, nicht unter einem rechten, wie gewöhnlich geschieht. Bey den gewöhnlichen Tönen kommt nichts darauf an, was man für einen Körper nimmt. Allein bey den Längentönen ists ganz etwas anders, da geben die Messingsaiten andere Töne, andere die Darmsaiten, andere die Stahlsaiten. Diese sind um eine Quarte höher, als die Messingsaiten, und diese wieder um eine Sexte höher, als die Darmsaiten.

§. 292.

Bemerkbarer Unterschied der Töne.

Wie viel Schwingungen muß eine Saite in einer Sekunde ma-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf

chen, damit es in unsern Ohren ein Ton wird? — Sauveur glaubt $12\frac{1}{2}$ Schwingungen. Dieß wäre der tiefste Ton; der allerhöchste wäre 6400. Also $12\frac{1}{2}$, 25, 50, 100 u. s. w. Die letztere Zahl ist ungefähr das Contra A. Bey Euler ist es 98; fährt man also fort bis zur Zahl, die 6400 am nächsten liegt, so erhält man 9 Oktaven. Euler rechnet für den tiefsten Ton 20, und für den höchsten 4000 Schwingungen. Hier gibt es 96, dort 108 hörbare Töne. Bey den Farben kömmt etwas Aehnliches vor. Der Mensch kann 819 Farben unterscheiden.

§. 296. *)

Erregung der Töne.

Wie auf den verschiedenen musikalischen Instrumenten die Töne hervorgebracht wer-

*) Die Paragraphen 293, 294 und 295 wurden von Lichtenberg übergangen. Sie han-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

den, ist bekannt. Eine andere Art Töne zu erregen, ist folgende. Wenn man Zink in ein Medizinglas wirft, und dann zuerst Wasser, hernach Salzsäure darauf gießt: so entsteht inflammable Luft. Setzt man nun auf die Oeffnung des Glases eine kurze Röhre, zündet die Luft an, und hält eine lange Glasröhre darüber: so entsteht ein herrlicher Ton. — Die siedenden Theekessel geben einen ähnlichen Ton von sich, und es ist auch ganz dasselbe. — Wenn man die inflammable Luft mit Eisenfeilstaub macht, kann man jenen Ton nicht erhalten. Hieher gehört auch die Riesen- oder Wetterharfe in Basel. Lichtenberg beschrieb sie im Götting. Taschenkal. für das Jahr 1792. Der Erfinder davon ist Pater Ventan, Probst zu Bürkli, unweit Basel. Er

---

deln von der gleichzeitigen Fortpflanzung mehrerer Töne, von der Mittheilung derselben, und von der Resonanz.

war ein großer Liebhaber vom Scheibenschießen, aber auch dabey sehr podagraisch. Er mochte oder wollte sich keinen eigenen Mann halten, der ihm angezeigt hätte, ob er getroffen oder nicht getroffen hat. Er erfand also eine Methode die Scheibe ans Fenster zu ziehen. Dieß bewerkstelligte er mit einem Drath ohne Ende. Da hörte er denn, daß dieser Drath zuweilen des Nachts die angenehmsten Töne gab. Dieß machte sich ein gewisser Hauptmann Haas in Basel zu Nutzen, und spannte mehrere Saiten von Eisendrathe auf. Sie hatten eine Länge von 320 Fuß und eine Dicke von 1, $1\frac{1}{2}$ und 2 Linien, und tönten bey jeder Veränderung des Wetters; weßwegen er auch dieser Vorrichtung den Nahmen der Wetterharfe gab.

Man hat sich auch Mühe gegeben Menschenstimmen nachzuahmen. Die Akademie der Wissenschaften zu Petersburg gab darüber eine Preisfrage auf, und Krazenstein zu Kopenhagen, erhielt den Preis. Allein es kam doch nie etwas rechtes zum Vorschein. Wolfgang v. Kempelen's Schrift enthält viel Gutes über diesen Gegenstand. — Bisher kann also blos der Kuckuck auf den Uhren thierische Stimmen nachahmen. Man sieht, es wäre von großem Nutzen, und vielleicht entdeckt es noch einmahl die Nachwelt. Da könnte man sich die Predigten absprechen lassen, und brauchte vielleicht die Pastöre gar nicht.

Schlüßlich noch etwas vom menschlichen Ohr. Lichtenberg fand sich vorher bey Demonstrationen über das Ohr, in sehr grosser Verlegenheit, weil es äußerst schwer hält, eine perspektivische Zeichnung von den äußern Theilen des Ohres zu geben. Bey dem Auge ist es ganz etwas anders. Da schneidet man nur in der Mitte durch, so kann man alles gut sehen. — Dieß bewog ihn denn endlich Sömmering, — den größten Physiologen unserer Zeit — zu

Mainz, bey seiner Anwesenheit zu Göttingen, zu ersuchen, ein großes menschliches Ohr in Natura verfertigen zu lassen, woran die innern Theile alle, nach den neuesten Entdeckungen, verhältnißmäßig angegeben wären. Dieß that er denn auch, und schickte ihm ein sehr schönes, großes, von Keck, zu Mainz im Jahre 1791 gearbeitetes Ohr, wobey nun die Demonstrationen sehr leicht wurden. Als Brugmanns von Leiden, in Göttingen war, und Lichtenberg ihn ins Museum führte, fiel ihm nichts so sehr auf, als dieses Ohr. Vermuthlich, weil er sich wohl auch zuweilen in solcher Verlegenheit befand, wie Lichtenberg.

Man theilt das Ohr am besten, in das äußere, mittlere, und innere ein.

Das äußere Ohr (auris externa) besteht aus folgenden Theilen: Helix, Anthelix, Scapha, Concha, Tragus, Antitragus. Hierauf folgt der meatus

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

auditorius bis zur membrana tympani, welches die Gränze zwischen dem äußern und mittlern Ohr macht.

Das mittlere Ohr (auris media) besteht in der Pauckenhöhle, und hat folgende drey Theile, welche ossicula auditus (Gehörknöchelchen) heißen:

1. Hammer (malleus).
2. Ambos (incus).
3. Steigbügel (stapes).

Der Hammer ist an dem Trommelfellchen mit seinem Stiele angewachsen, mit dem Kopf agirt er auf den Ambos. Dieser articulirt mit dem Steigbügel, und dieser ragt durch die fenestra ovalis in das Labyrinth hinüber. Von der fenestra ovalis ist die fenestra rotunda sehr wohl zu unterscheiden. Sie liegt hinter jener. — Aus dem mittlern Ohr geht ferner noch die tuba Eustachii in den Mund hinüber.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Das innere Ohr (auris intima) oder das Labyrinth, besteht aus folgenden Theilen:

1. Vestibulum (Vorhof).
2. Canales semicirculares (drey bogenförmige Gänge).
3. Cochlea (die Schnecke).

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf