

Da sich nach unserer Annahme

verhält, so ergibt sich hieraus, wenn wir  $t = t'$  setzen,  
 $P : P' = g : g'$   
 $P : P' = g : g' = v : v'$ ;  
 wenn wir aber  $s = s'$ , also  $\frac{v^2}{2g} = \frac{v'^2}{2g'}$  und folglich  $\frac{g}{g'} = v^2 : v'^2$  annehmen,  
 $P : P' = g : g' = v^2 : v'^2$ .

Als Anwendung der hier entwickelten Lehren wollen wir die folgende Aufgabe anführen: Wie groß ist die Wirkungsfähigkeit eines Gefälles, wenn in jeder Secunde eine Wassermasse  $m$  von der Höhe  $h$  herabfällt?

Die Wirkungsfähigkeit ist zufolge des Obigen gleich der Hälfte der lebendigen Kraft, also

$$= \frac{1}{2} m \cdot v^2.$$

Bezeichnen wir das Gewicht der Wassermasse mit  $P$ , so ist nach dem Vorhergehenden

$P = mg$ , folglich  $m = \frac{P}{g}$ , und da nach §. 38, a.  $v = \sqrt{2gh}$  ist, so erhalten wir

$$\frac{1}{2} m v^2 = Ph.$$

Die gesuchte Wirkungsfähigkeit ist also gleich dem Producte aus dem Gewichte des Wassers und der Fallhöhe. Fallen z. B. aus der Höhe von 12 Par. Fuß in jeder Secunde 50 Kubikfuß Wasser, und ist das Gewicht des Kubikfußes Wasser = 68 Pfund (ohngefähr), so ist die gesuchte Wirkungsfähigkeit des Gefälles

$$= 12 \cdot 50 \cdot 68 = 40800 \text{ Fußpfund} = 82 \text{ Pferdekkräfte.}$$

#### \*§. 44. Geschichtliche Uebersicht.

- 250 v. Chr. Archimedes erweist die Gesetze des Hebels, des Flaschenzuges, der schiefen Ebene, der Schraube u. s. w. Eben so lehrt er auch den Schwerpunkt der Körper auf mathematischem Wege bestimmen.
- 1543 n. Chr. Copernicus stellt das jetzt allgemein angenommene Sonnensystem auf.
- 1600—1700. Die Untersuchungen verschiedener Physiker führen zur Entdeckung des Theorems vom Parallelogramm der Kräfte, welches zuerst für Kräfte, welche unter einem rechten Winkel zusammenstoßen, später allgemein für Kräfte, deren Richtungen einen beliebigen Winkel einschließen, erwiesen wird.
1602. Galilei entdeckt die Gesetze des freien Falles, des Falles auf der schiefen Ebene und der Pendelschwingungen.
1610. Keppler entdeckt die allgemeinen Gesetze der Bewegungen der Planeten.
1658. Huyghens vervollständigt Galilei's Entdeckungen über das Pendel und wendet dasselbe als Zeitmaß an. Derselbe lehrt auch die Schwingkraft (Centrifugalkraft) berechnen.
1682. Newton entdeckt das allgemeine Gravitationsgesetz.

Da die Entdeckungen der neueren Physiker in den mechanischen Wissenschaften sich auf die höhere Analysis gründen, so haben sie in diesem Lehrbuche keine Aufnahme finden können.

### Dritter Abschnitt.

#### Von den mechanischen Erscheinungen flüssiger Körper.

##### §. 45. Von den flüssigen Körpern im allgemeinen.

Die flüssigen Körper unterscheiden sich von den festen durch die leichte Verschiebbarkeit ihrer Theile. — Die Zahl derjenigen Körper, welche sich

uns bei der gewöhnlichen Temperatur im flüssigen Zustande zeigen, ist eine ziemlich beschränkte. Die bekanntesten Flüssigkeiten sind Wasser, Weingeist, Oel, Aether, Quecksilber. Die meisten anderen Flüssigkeiten, wie z. B. Bier, Wein, Brantwein, Essig u. s. w. sind Mischungen des Wassers mit anderen Flüssigkeiten oder festen Körpern, welche im Wasser aufgelöst sind.

Wir werden es in diesem Abschnitte nur mit den mechanischen Eigenschaften der Flüssigkeiten, welche durch die Schwere und die leichte Verschiebbarkeit der Theile bedingt werden, zu thun haben und dieselben vorzüglich an der verbreitetsten aller Flüssigkeiten, dem Wasser, studiren.

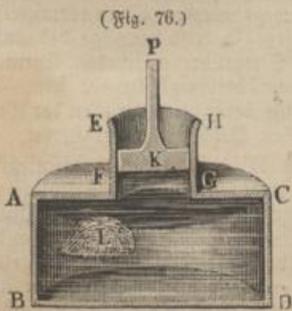
Mehrere der im vorhergehenden Abschnitte zunächst für feste Körper entwickelten Gesetze, z. B. über die Zusammensetzung und Zerlegung der Kräfte, über den Schwerpunkt, den Fall und die Wurfbewegung, gelten auch für flüssige Körper, so lange nämlich nicht durch die leichte Verschiebbarkeit der Theile eine Verschiedenheit hervorgerufen wird.

**§. 46. Oberfläche des Flüssigen in einem offenen Gefäße.**

Wegen der Schwere und leichten Verschiebbarkeit der Theile können wir eine Flüssigkeit nicht für sich allein, getrennt von andern Körpern, (wenigstens nicht in größerer Masse,) erhalten, sondern müssen dieselbe in Gefäße mit festen Wänden einschließen. Indem die Flüssigkeit den Raum des Gefäßes ausfüllt, nimmt sie natürlich die demselben eigenthümliche Gestalt an. In einem oben offenen Gefäße ist die Oberfläche des Flüssigen eine wagerechte Ebene, also senkrecht auf der Richtung der Schwere. Dieser Satz, dessen Wichtigkeit überall die Erfahrung bestätigt, folgt mit immerer Nothwendigkeit aus der Schwere und leichten Verschiebbarkeit der Theile des Flüssigen, indem bei einer geneigten Oberfläche, welche mit der Richtung der Schwere einen schiefen Winkel bildete, die obersten Theile über die darunter liegenden, wie über eine schiefe Ebene, herabgleiten würden. — Eine Abweichung von der wagerechten Oberfläche des Flüssigen findet jedoch, wie wir schon früher (§. 14) gesehen haben, am Rande des Gefäßes statt, indem z. B. Wasser in einem Glase am Rande höher, Quecksilber aber niedriger als in der Mitte steht. — In sehr großen Behältern, wie z. B. in der Ostsee, ist die Oberfläche des Wassers ein Theil der gekrümmten Oberfläche der Erde.

**§. 47. Verbreitung eines einseitig auf eine Flüssigkeit ausgeübten Druckes nach allen Seiten hin.**

Eine Folge der leichten Verschiebbarkeit der Theile des Flüssigen ist die Eigenschaft, daß ein einseitig auf eine Flüssigkeit ausgeübter Druck sich nach allen Seiten hin gleichmäßig verbreitet. Um

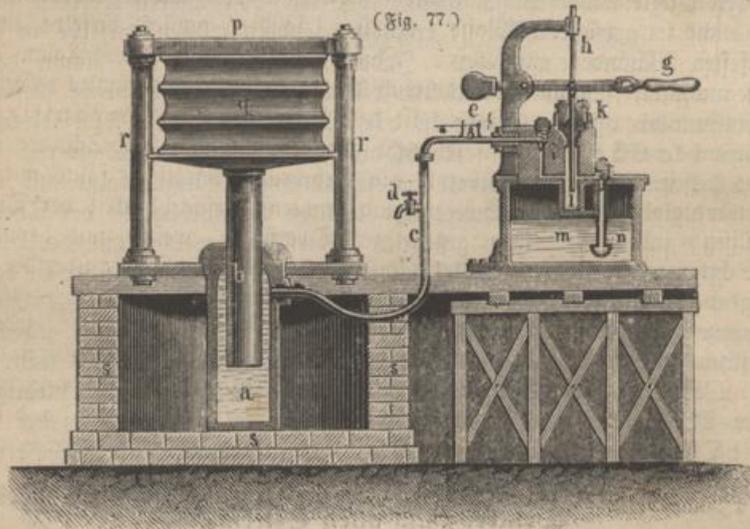


uns den Sinn dieses Satzes zu verdeutlichen, denken wir uns ein zylinderförmiges Gefäß ABCD (Fig. 76), welches mit Wasser angefüllt ist und in einen zylinderförmigen Hals EFGH ausläuft. Wird vermittelst eines beweglichen, aber dicht anschließenden Kolbens K auf das Wasser ein Druck P ausgeübt, welchen wir als groß genug annehmen wollen, daß wir gegen denselben das eigene Gewicht des Flüssigen als unbedeutend außer Acht lassen können, so erleidet auch jede mit der Grund-

fläche des Kolbens K gleich große Stelle in dem Boden oder in einer Seitenwand des Gefäßes einen P gleichen Druck, und eine größere oder kleinere Stelle erleidet einen nach Verhältniß ihrer Größe größeren oder kleineren Druck. Wenn daher eine der Grundfläche des Kolbens gleiche Stelle in dem Boden oder in einer Seitenwand beweglich wäre, so würde man, um das Hervordringen des Wassers zu verhindern, von außen einen P gleichen Gegendruck anbringen müssen.

Einen eben solchen Druck, wie die Wände des Gefäßes, erleiden auch die Theile des Flüssigen selbst oder ein in die Flüssigkeit eingetauchter Körper L. Dieser erfährt von der ihn umgebenden Flüssigkeit an jeder Stelle seiner Oberfläche einen der verhältnismäßigen Größe derselben entsprechenden Druck, so daß sich der eingetauchte Körper durch einen auf den Kolben ausgeübten, hinreichend starken Druck zerdrücken läßt, obgleich dieser Druck von K nach L nur durch die Flüssigkeit fortgepflanzt wird.

Der eben ausgeführte Satz findet eine sehr nützliche Anwendung in der hydraulischen Presse (Fig. 77). Diese besteht im Wesentlichen aus zwei mit Wasser gefüllten und durch eine Röhre c verbundenen Cylindern, einem weiteren a und einem



engeren l. In dem weiteren befindet sich die bewegliche Kolbenstange b, in dem engeren kann vermittelt des Hebelarmes g die Kolbenstange h, welche durch die Stopfbüchse k luft- und wasserdicht hinuntergeht, auf- und niederbewegt werden. Wird vermittelt des Hebelarmes g die Kolbenstange h in die Höhe gezogen, so tritt vermöge des äußeren Luftdruckes Wasser aus dem Behälter m durch die Steigröhre n in den Cylinder l. An dem unteren Ende von dieser ist zur Abhaltung von Unreinigkeiten ein feines Sieb, am oberen Ende aber ein Ventil angebracht, welches sich beim Niederdrücken der Kolbenstange h schließt und den Rücktritt des Wassers in den Behälter m verhindert.

Das zusammengepreßte Wasser öffnet daher das bei i in der Communicationsröhre c befindliche Ventil und treibt den in dem Cylinder a befindlichen Kolben b in die Höhe, wodurch die über demselben befindliche Last q gegen die eiserne Platte p gepreßt wird. Diese ist durch Schrauben mit den eisernen Säulen rr, welche auf dem Mauerwerke ss ruhen, fest verbunden. Wird die Kolbenstange h in die Höhe gezogen, so schließt sich das Ventil i, aus dem Wasserbehälter m tritt aufs neue Wasser in den Cylinder l, welches beim Niedergange der Kolbenstange durch die Röhre c nach dem

größeren Cylinder a hingetrieben wird u. s. w. Soll der auf den Kolben b ausgeübte Druck nachlassen, so wird durch die Oeffnung des Hahnes d dem zusammengepreßten Wasser ein Abfluß dargeboten. Außerdem ist an der Röhre c noch das Sicherheitsventil e angebracht, welches sich bei einem der Haltbarkeit der einzelnen Theile Gefahr drohenden Drucke öffnet.

Vermittelt der hydraulischen Presse läßt sich bei Anwendung einer mäßigen Kraft ein sehr großer Druck ausüben. So vielmal nämlich der Querschnitt des kleineren Kolbens in dem des größeren enthalten ist, so vielmal übertrifft die Kraft, mit welcher dieser in die Höhe getrieben wird, den auf jenen ausgeübten Druck. Es habe z. B. der kleinere Kolben einen Durchmesser von  $\frac{1}{4}$ ", der größere von 12"; dann verhalten sich ihre Grundflächen wie  $\frac{1}{16} : 144 = 1 : 2304$ . Wenn nun der Druck auf den kleineren Kolben vermittelt eines Hebels, dessen Arme sich wie 1 : 20 verhalten, ausgeübt wird und am längeren Hebelarme ein Arbeiter mit einer Kraft von 50  $\mathcal{A}$  niederdrückt, so gibt dies auf den kleineren Kolben selbst einen Druck von 1000  $\mathcal{A}$ , und der größere Kolben wird folglich mit einer Kraft von 2,304,000  $\mathcal{A}$  in die Höhe getrieben. Nehmen wir an, daß  $\frac{1}{4}$  der Wirkung durch die Reibung der Kolben an den Wänden der Cylinder verloren geht, so bleibt dennoch der ungeheure Effect von 1,728,000  $\mathcal{A}$  übrig. Mit einer so großen Kraft wird also ein zwischen dem größeren Kolben und einer festen Wand befindlicher Körper zusammengepreßt werden. — Man benützt die hydraulische Presse häufig in Fabriken zum Pressen von Tuch und Papier, ferner zum Probiren von Anterfetten, Drahtseilen, Stäben zu Kettenbrücken, zur Untersuchung der rückwirkenden Festigkeit u. dgl. m.

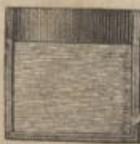
**§. 48. Compression der Flüssigkeiten.**

Wenn ein flüssiger Körper einen sehr starken Druck erleidet, so vermindert sich sein Volumen; bei nachlassendem Drucke aber dehnt sich derselbe wieder aus und nimmt, wenn der Druck ganz aufhört, seinen früheren Raum wieder ein. Diese Compression ist jedoch bei allen Flüssigkeiten sehr gering und beträgt z. B. beim Wasser bei einem Drucke von 100 Atmosphären, d. h. bei dem Drucke einer Wassersäule von ohngefähr 3200 Pariser Fuß Höhe, noch nicht ganz  $\frac{1}{200}$  des ursprünglichen Volumens. Wenn man also im Meere in immer größere Tiefen hinabsteigt, so wird die Dichtigkeit des Meerwassers zunehmen, aber selbst in der großen Tiefe von 3000 Fuß die Dichte des Wassers an der Oberfläche noch nicht um  $\frac{1}{200}$  übertreffen, vorausgesetzt nämlich, daß die Temperatur und die Bestandtheile des Meerwassers in der Tiefe dieselben sind, wie an der Oberfläche.

**§. 49. Druck des Wassers auf den Boden der Gefäße.**

Das Wasser, welches sich in einem Gefäße befindet, übt sowohl auf den Boden als auch auf die Seitenwände einen Druck aus. In einem cylinderförmigen Gefäße mit senkrechten Wänden (Fig. 78) ist dieser Druck offenbar dem Gewichte des in dem Gefäße enthaltenen Wassers gleich, also gleich dem Gewichte einer Wassersäule, welche den Boden des Gefäßes zur Grundlage und die Höhe des Wasserspiegels über dem Boden zur Höhe hat. Diese Regel für die Bestimmung des Bodendrucks gilt aber auch für Gefäße, deren Wände sich nach oben erweitern oder verengern, und es ist folglich in dem Fig. 79 verzeichneten Gefäße der Druck auf den Boden kleiner, in dem Fig. 80 dargestellten Gefäße aber größer als das Gewicht der in

(Fig. 78.)



(Fig. 79.)



(Fig. 80.)



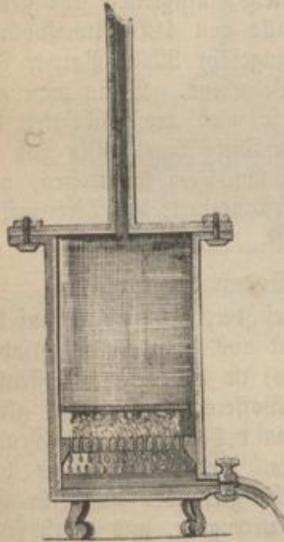
dem Gefäße enthaltenen Wassermasse. — Das erstere begreift man leicht, da in dem Gefäße (Fig. 79) auch die schiefen Wände einen Theil des Wassers tragen. Für das in Fig. 80 gezeichnete Gefäß aber ergibt sich die Richtigkeit der aufgestellten Behauptung durch folgende Ueberlegung:

Es sei ab irgend ein senkrecht unter dem Wasserspiegel liegender Theil des Bodens; dann erleidet derselbe offenbar den Druck der ganzen Wassersäule abed, welche ab zur Grundfläche und den Abstand des Wasserspiegels vom Boden zur Höhe hat. Diesen nämlichen Druck erleidet auch die unterste auf ab ruhende Wasserschicht, welche wir uns so dünn denken wollen, daß wir ihr eigenes Gewicht vernachlässigen können. Da aber im Wasser, wie wir in §. 47 gesehen haben, jeder einseitig ausgeübte Druck sich nach allen Seiten hin fortpflanzt, so muß auch die ganze auf dem Boden befindliche unterste Wasserschicht und also auch der Boden selbst an jeder mit ab gleichen Stelle einen eben so großen Druck, wie ab selbst erleiden. Demnach erleidet der ganze Boden einen Druck, welcher gleich ist dem Gewichte einer Wassersäule, welche den Boden zur Grundfläche und die Höhe des Wasserspiegels über dem Boden zur Höhe hat.

Wenn nun hiernach der Druck auf den Boden größer ist, als das Gewicht der in dem Gefäße (Fig. 80) enthaltenen Wassermasse, so übt doch das Gefäß selbst, wenn es mit dem Boden auf irgend eine Unterlage gestellt wird, keinen größeren Druck aus, als dem Gewichte des in demselben enthaltenen

Wassers entspricht, indem dieses auch aufwärts auf die schiefen Seitenwände einen Druck ausübt, welcher dem Drucke auf dem Boden entgegenwirkt.

(Fig. 81.)



Eine nützliche Anwendung des Druckes auf den Boden und seiner Verbreitung nach allen Seiten hin ist Rea's Auflösungs-*presse* (Fig. 81). Diese besteht aus einem cylinderförmigen Gefäße mit starken Wänden, in welchem sich die auszupressende Substanz zwischen zwei Platten befindet, von denen die untere siebartig durchlöchert ist. Nachdem der Cylinder mit dem Auflösungsmittel, Wasser, Spiritus u. dgl., gefüllt ist, wird auf denselben ein dicht anschließender Deckel aufgeschraubt, welcher in der Mitte mit einer senkrechten, langen, aber engen (in der Figur abgekürzt gezeichneten) Röhre versehen ist. Wird diese nun mit Wasser gefüllt, so läßt sich auf das Auflösungsmittel und die auszupressende Substanz mit einer geringen Menge Wasser ein starker Druck ausüben und so ein kräftiger Extrakt erhalten. Ein großer Vortheil dieser Vorrichtung besteht darin, daß sich das Auflösungsmittel kalt anwenden läßt, indem viele Substanzen durch die Hitze Veränderungen, z. B. in der Farbe, im Geschmack u. dgl. erleiden.

§. 50. Druck des Wassers auf die Seitenwände der Gefäße.

So wie auf den Boden, so übt das Wasser auch auf die Wände der Gefäße, in denen es sich befindet, einen Druck aus; dieser Druck ist aber nicht für alle Stellen einer Seitenwand derselbe, sondern nimmt mit der Tiefe zu. Er ist nämlich für jede Stelle einer Seitenwand gleich dem Gewichte einer Wassersäule, welche diese Stelle zur

Grundfläche und die Höhe des Wasserspiegels über dem Schwerpunkte der gedrückten Stelle zur Höhe hat.

Da die gegenüberstehenden Seitenwände einen gleichen Druck erleiden, so hebt dieser Druck sich gegenseitig auf. Macht man aber in eine Wand eine Oeffnung, so daß das Wasser ausfließen kann, so erleidet die gegenüberstehende Wand einen größeren Druck, als die Wand, in welcher sich die Oeffnung befindet. Kann man die Oeffnung willkürlich öffnen und schließen, und hängt

(Fig. 82.)



man das Gefäß bei verschlossener Oeffnung senkrecht an einem Faden auf, so wird es, wenn man die Oeffnung öffnet, so daß das Wasser ausfließen kann, jetzt nicht mehr senkrecht hängen, sondern nach der Seite hin abweichen, welche dem ausfließenden Wasserstrahle gegenüberliegt. Auf dieser rückwirkenden Kraft des ausfließenden Wassers beruht das Segner'sche Wasserrad<sup>\*)</sup>. Dieses besteht nämlich aus einem hohlen, um seine Aze drehbaren Gefäße, welches unten mit seitwärts gebogenen Ausflüßröhren versehen ist (Fig. 82). Wird in das Gefäß von oben her Wasser geleitet, welches durch die Röhren ausfließt, so dreht sich dasselbe in der entgegengesetzten Richtung um seine Aze.

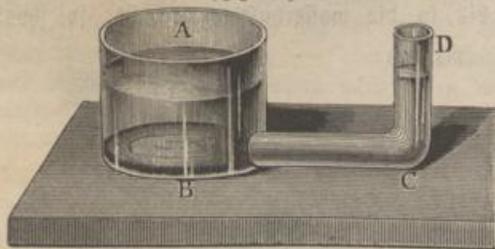
Auf demselben Principe beruhen auch die horizontalen Wasserräder, welche man Turbinen nennt, auf deren nähere Beschreibung wir jedoch hier nicht eingehen können.

### §. 51. Communicirende Röhren.

Zwei Gefäße, welche einen solchen Zusammenhang haben, daß das Wasser frei aus dem einen in das andere treten kann, heißen communicirende Röhren. Von diesen gilt das Gesetz:

In communicirenden Röhren steht das Wasser in beiden Schenkeln gleich hoch.

(Fig. 83.)



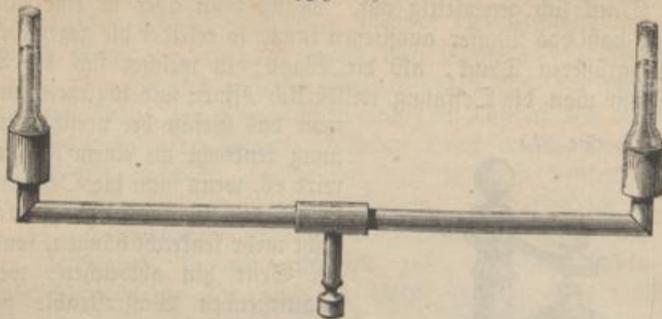
engen Schenkel, eine gleiche Höhe haben.

Wenn das Wasser in dem engeren Schenkel CD (Fig. 83) höher, als in dem weiteren AB stände, so würde das Wasser in der verbindenden Röhre von C her einen stärkeren Druck, als von B her erleiden. Das Gleichgewicht kann folglich nur bestehen, wenn beide Wasserspiegel, im weiten und im

<sup>\*)</sup> Segner machte dasselbe zuerst 1750 bekannt.

Auf diesem Satze beruht die Canalwage, welche beim Nivelliren gebraucht wird und aus einer blechernen, mit Wasser gefüllten Röhre (Fig. 84)

(Fig. 84.)



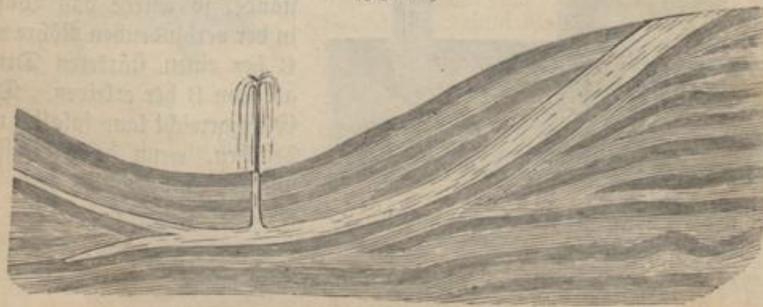
besteht, die an ihren Enden zwei senkrecht in die Höhe gehende gläserne Cylinder trägt. Die Oberflächen des Wassers in den beiden Glascylindern liegen allemal in einer wagerechten Linie.

Der Satz von den communicirenden Röhren findet ferner wichtige Anwendung bei Wasserleitungen. Es folgt nämlich aus demselben, daß sich das Wasser durch Röhren zu jeder Stelle hinleiten läßt, welche nicht höher liegt, als die Quelle, von welcher das Wasser ausfließt.

Eben so erklärt es sich hieraus, daß das Wasser in Teichen, auf überschwemmten Wiesen, in Brunnen u. dgl., welche sich in der Nähe von Flüssen befinden, gleichzeitig mit diesen steigt und fällt, indem das poröse Erdreich nicht allen Zusammenhang aufhebt, sondern die Poren desselben gleichsam verbindende Canäle herstellen.

Es gehört ferner hierher das Emporsteigen des Wassers in Bohrlöchern, welche man in die Erde treibt. Das durch poröse Gesteine oder Felsenspalten in die Tiefe eindringende Regenwasser sammelt sich hier theils in großen Becken, theils fließt es in unterirdischen Canälen fort, theils füllt es die Zwischenräume poröser oder zerklüfteter Gesteine aus. Verdankt dieses Wasser nun seinen Ursprung höher gelegenen Stellen, und befindet es sich zwischen zwei dichten Erd- oder Felschichten, wie z. B. Lehm, Thon, Mergel u. dgl., welche sowohl sein weiteres Eindringen in die Tiefe als sein Emporsteigen hindern, und man treibt im Thale ein Bohrloch durch die überdeckende wasserdichte Schicht bis in die wasserhaltige Schicht, so steigt

(Fig. 85.)



das Wasser in dem Bohrloche und unter günstigen Umständen selbst bis über die Mündung desselben empor. — Man nennt diese gebohrten Brunnen, da sie zuerst in der Grafschaft Artois in häufige Anwendung gekommen sind, gewöhnlich artesische.

Quellen verdanken überhaupt ihre Entstehung dem durch das lockere Erdreich oder durch zerklüftetes Gestein allmählich hindurch sickern den Regenwasser; sie finden sich daher am häufigsten an den Abhängen der Berge; nirgends auf der Erde wird eine Quelle auf dem höchsten Gipfel eines Gebirges angetroffen; überall, wo Quellen sich finden, sind den hydrostatischen Gesetzen gemäß in deren Nähe höher emporragende Bergrücken oder Kluppen vorhanden, von denen aus — durch das von diesen aufgenommene Regenwasser — die Quellen gespeist werden. — Wenn bei anhaltend trockener Witterung der Wasserspiegel in einem unterirdischen Behälter bis unter die Mündung der Quellen hinabgeht, welche aus demselben ihren Zufluß erhalten, so hören dieselben auf zu fließen, und wenn diese Mündungen eine ungleiche Höhe haben, so werden die höher gelegenen früher trocken und beginnen nach vorangegangener nasser Witterung später wieder zu fließen, als die tiefer gelegenen. — In allen bewohnten und bewohnbaren Erdstrichen findet zu keiner Zeit eine so anhaltende Dürre statt, daß alle Quellen versiegeten.

Wenn sich in den beiden Schenkeln communicirender Röhren Flüssigkeiten von verschiedenem specifischen Gewichte, z. B. Wasser und Quecksilber, befinden, so müssen sich, wie leicht zu sehen, die Höhen dieser Flüssigkeiten in den beiden Schenkeln umgekehrt wie die specifischen Gewichte verhalten. *IX*

*X* §. 52. Gewichtsverlust fester Körper im Wasser. *(Ver. Gans) IV*

Jeder Körper verliert im Wasser so viel an Gewicht, als die Wassermasse wiegt, welche er aus der Stelle treibt. Die Wichtigkeit dieses wichtigen Satzes, welcher zuerst von Archimedes (250 v. Chr.) aufgefunden worden ist und daher auch das archimedische Princip genannt wird, geht leicht daraus hervor, daß ohne das Vorhandensein des eingetauchten Körpers der von demselben eingenommene Raum mit Wasser ausgefüllt sein würde, welches von den umgebenden Wassertheilen getragen wird. So viel also, als diese Wassermasse wiegt, so viel muß der Druck, welchen das umgebende Wasser in lotrechter Richtung von unten her ausübt, den von oben her ausgeübten Druck übertreffen.

Nun können drei Fälle stattfinden; entweder der eingetauchte Körper ist schwerer als das verdrängte Wasser; dann sinkt er zu Boden; — oder der Körper ist eben so schwer als ein gleiches Volumen Wasser; dann ruht er an jeder Stelle im Wasser; — oder der eingetauchte Körper ist leichter, als das verdrängte Wasser; dann wird er in die Höhe getrieben mit einer Kraft, welche gleich ist dem Unterschiede zwischen seinem eigenen Gewichte und dem des durch ihn verdrängten Wassers. Der Körper kann also nicht im Wasser, wohl aber auf demselben ruhen, wenn ein Theil ins Wasser taucht, der andere darüber hervorragt. Man sagt dann: der Körper schwimmt im Wasser.

Damit ein Körper auf dem Wasser schwimmen könne, ist nicht unbedingt erforderlich, daß er specifisch leichter ist, als Wasser; auch specifisch schwerere Körper können zum Schwimmen gebracht werden, wenn man sie aushöhlt oder mit specifisch leichtern Körpern verbindet. Damit aber ein schwimmender Körper sich im Gleichgewichte befinde, sind zwei Bedingungen unerläßlich:

1) das Gewicht des durch den eingetauchten Theil verdrängten Wassers muß gleich sein dem ganzen Gewichte des Körpers, und 2) der Schwerpunkt des Körpers und der Schwerpunkt der verdrängten Wassermasse müssen in lotrechter Linie liegen.

Die Stabilität des schwimmenden Körpers ist im allgemeinen um so größer, je tiefer sein Schwerpunkt unter den Standpunkt des Wassers fällt, welches er aus der Stelle treibt. Dies ist der Grund, warum die Schiffer den unteren Schiffsraum mit möglichst schweren Körpern, Ballast, ausfüllen. Indem hierdurch der Schwerpunkt des Schiffes erniedrigt wird, gewinnt dasselbe an Stabilität.

Bei den Fischen trägt die Schwimmblase, welche mehrentheils unter dem Rückgrat liegt, dazu bei, den oberen Theil des Fisches leichter als den unteren zu machen und die Stabilität desselben beim Schwimmen zu vermehren. — Außerdem gewährt dieselbe den Fischen den großen Nutzen, indem sie durch den Druck der Rippen die in der Schwimmblase enthaltene Luft zusammenpressen, welche sich bei nachlassendem Drucke wieder ausdehnt, ihr Volumen willkürlich vergrößern und verkleinern und so im Wasser auf- und niedersteigen zu können.

(Fig. 86.)



Auf ähnlichem Principe beruht der cartesianische Taucher (Fig. 86). Dieser besteht aus einer kleinen gläsernen, inwendig hohlen Figur, welche in einem oben mit Blase zugebundenen und mit Wasser gefüllten Glase schwimmt. An dem unteren Ende der Figur ist eine kleine seitwärts gebogene Röhre angebracht, durch welche das Wasser in das Innere der Figur eintreten würde, wenn nicht die im Innern enthaltene Luft diesem widerstände. Wird nun aber auf die elastische Blase, welche über das Glas gebunden ist, von außen ein Druck ausgeübt, welcher sich durch das Wasser fortpflanzt, so tritt dieses in das Innere der Figur ein, indem die darin enthaltene Luft zusammengedrückt wird, und die hierdurch schwerer gewordene Figur sinkt zu Boden; sie steigt aber wieder in die Höhe, wenn der äußere Druck auf die Blase nachläßt, indem nun die in der Figur enthaltene Luft das Wasser wieder austreibt und so die Figur erleichtert wird, (wobei sich die Figur nach dem Principe des Segnerschen Wasserrades im Kreise dreht).

Man unterscheidet natürliches und künstliches Schwimmen. Das oben Gesagte gilt zunächst nur vom natürlichen Schwimmen.

Beim künstlichen Schwimmen wird ein Körper durch gegen das Wasser ausgeübte Stöße über der Oberfläche desselben erhalten. — Obgleich der Körper der meisten Menschen ein wenig specifisch leichter als gewöhnliches Wasser ist, so können sie sich doch nur durch künstliches Schwimmen vor der Ertrinken sichern, da hierzu erforderlich ist, daß der Mund oder doch wenigstens die Nase, also bei der Lage auf dem Bauche, auch ein großer Theil des Kopfes sich außerhalb des Wassers befindet, wonach denn bald einleuchtet, warum man bequemer auf dem Rücken als auf dem Bauche schwimmt. Uebrigens ist auch bei demselben Menschen das specifische Gewicht veränderlich und natürlich nach starkem Einathmen, wobei sich der Brustkasten erweitert, geringer als nach starkem Ausathmen. — Durch ein sehr geringes specifisches Gewicht zeichnete sich der Neapolitaner Paolo Moecia aus, welcher nur bis an die Mitte der Brust im Meerwasser einsank und im Jahre 1767 bei Neapel verschiedene Kunststücke machte.

*Handwritten notes:*  
 +  
 1 - 1  
 100 10

§. 33. Bestimmung des specifischen Gewichtes fester und flüssiger Körper.

Das archimedische Princip, daß jeder Körper im Wasser so viel an Gewicht verliert, als ein gleiches Volumen Wasser wiegt, liefert ein treffliches Mittel, das specifische Gewicht fester Körper zu finden. Man wiegt nämlich den Körper zunächst auf gewöhnliche Weise in der Luft und

hierauf, indem man ihn an einem feinen Faden aufhängt, im Wasser. Der Gewichtsverlust, den er im Wasser erleidet, in das absolute Gewicht des Körpers dividirt, gibt sein specifisches Gewicht. — Wiegt z. B. ein Stück Kalkspath in der Luft 250 Gramm, im Wasser 158 Gramm, so ist sein Gewichtsverlust im Wasser, (also das Gewicht einer Wassermasse, welche mit dem Körper gleiches Volumen hat,) =  $250 - 158 = 92$  Gramm, folglich sein specifisches Gewicht  $\frac{250}{92} = 2,717$ .

Um das specifische Gewicht eines Körpers zu bestimmen, welcher leichter ist, als Wasser, verbindet man ihn mit einem specifisch schwereren Körper, z. B. einem Stücke Blei, nachdem man vorher das absolute Gewicht, so wie auch den Gewichtsverlust dieses Körpers im Wasser bestimmt hat.

Wenn ein Körper, wie z. B. Steinsalz, im Wasser löslich ist, so bestimmt man seinen Gewichtsverlust in einer Flüssigkeit von bekanntem specifischem Gewichte, in welcher sich derselbe nicht auflöst, z. B. im Alkohol. So vielmal nun Alkohol leichter ist, als Wasser, so vielmal würde auch der Gewichtsverlust des Steinsalzes im Wasser größer sein, als im Alkohol.

Um das specifische Gewicht einer Flüssigkeit, z. B. des Alkohols, (reinen Spiritus), zu finden, bedient man sich am bequemsten eines Fläschchens mit wohl eingeschlifsenem, gläsernem Propfen. Bestimmt man nun zunächst das Gewicht des leeren Fläschchens und dann dasselbe Gewicht, nachdem man das Fläschchen einmal mit Wasser, das anderemal mit Spiritus gefüllt hat, und bringt beidemal das Gewicht des Fläschchens in Abrechnung, so hat man die Gewichte gleicher Volumina Wasser und Spiritus und erhält das specifische Gewicht des Spiritus, indem man das erstere Gewicht in letzteres dividirt.

Gewöhnlich wendet man ein Fläschchen an, welches genau hundert Gramm destillirten Wassers faßt, wodurch man der Arbeit des Dividirens überhoben wird. Wiegt der das Fläschchen füllende Spiritus z. B. 79,1 Gramm, so ist das specifische Gewicht desselben =  $79,1 : 100 = 0,791$ . X



Bei der Bestimmung des specifischen Gewichtes fester Körper wendet man gewöhnlich eine Wage (Fig. 87) an, deren eine Wagschale höher aufgehängt ist, als die andere und unten einen Haken hat, an welchem der zu untersuchende Körper aufgehängt wird. Man nennt eine solche Wage eine hydrostatische.

Bei sehr genauen Bestimmungen hat man auch auf den Gewichtsverlust des Fadens im Wasser, ja selbst auf den Gewichtsverlust, den der zu prüfende Körper in der Luft erleidet, und auf die Temperatur des Wassers Rücksicht zu nehmen, indem das Wasser und der feste Körper sich nicht gleichmäßig mit der Wärme ausdehnen. Gewöhnlich nimmt man reines destillirtes Wasser zwischen  $15^{\circ} - 20^{\circ}$  C.

Man kann sich auch der hydrostatischen Wage zur Bestimmung

des specifischen Gewichtes einer Flüssigkeit bedienen, indem man den Gewichtsverlust sucht, welchen irgend ein fester Körper in derselben und im Wasser erleidet, und ersten Gewichtsverlust durch letzteren dividirt.

Da genaue und empfindliche Wagen kostbar sind, so hat man zur Bestimmung des specifischen Gewichtes besondere Instrumente erfunden, welche eine große Genauigkeit gewähren und billig herzustellen sind. Man nennt dieselben *Aräometer*\*) (Fig. 88 u. 89). — Ein solches besteht aus einem hohlen Cylinder von Messing oder

(Fig. 88.)



(Fig. 89.)



Glas, welcher im Wasser mit Stabilität schwimmt und oben in einen dünnen Hals ausläuft, der ein kleines Schüsselchen trägt. Endlich ist, wenn das *Aräometer* zur Bestimmung des specifischen Gewichtes fester Körper dienen soll, unten an demselben ein kleines Eimerchen angebracht, in welches man die Körper beim Abwägen unter Wasser legt (Fig. 88). Um nun zunächst vermittelst des *Aräometers* das absolute Gewicht eines festen Körpers zu finden, taucht man das Instrument in destillirtes Wasser und legt auf das Schüsselchen so viel Gewichte, bis das Instrument bis an ein an dem Halse angebrachtes Zeichen, die Marke, einsinkt, nimmt dann die Gewichte ab, legt den Körper ins Schüsselchen und so viel Gewichte zu, bis das Instrument abermals bis an die Marke einsinkt. Die Gewichte, welche man jetzt weniger zugelegt hat, geben das absolute Gewicht des Körpers an. Hierauf legt man den Körper aus dem Schüsselchen in den unten angehängten Eimer. Da der Körper im Wasser an Gewicht verliert, so muß man jetzt aufs neue Gewichte zulegen, damit das *Aräometer* bis an die Marke einsinkt. Die nun zugelegten Gewichte geben den Gewichtsverlust des Körpers

im Wasser an, und wenn man mit diesem in das absolute Gewicht dividirt, so erhält man das gesuchte specifische Gewicht.

Um vermittelst eines *Aräometers* (Fig. 89) das specifische Gewicht einer Flüssigkeit zu bestimmen, hat man zunächst ein für allemal das absolute Gewicht des Instrumentes zu bestimmen, und zuzusehen, wie viel Gewichte man auflegen muß, damit

(Fig. 90.)



das *Aräometer* in destillirtem Wasser bis an die Marke einsinkt. Diese Gewichte, zu dem Gewichte des Instrumentes addirt, geben das Gewicht einer dem *Aräometer* bis zur Marke gleichen Wassermasse. Taucht man nun das Instrument in die zu untersuchende Flüssigkeit, z. B. Spiritus, und legt wieder so viel Gewichte auf, bis das *Aräometer* bis an die Marke einsinkt, so geben diese Gewichte, zu dem Gewichte des Instrumentes addirt, das Gewicht eines eben so großen Volumens Spiritus an. Da man hiernach die Gewichte gleicher Volumina Wasser und Spiritus kennt, so braucht man dieselben nur durch einander zu dividiren, um das specifische Gewicht des Spiritus zu erhalten.

Da der richtige Gebrauch der *Aräometer* mit Gewichten Zeit und Uebung erfordert, so bedient man sich im Praktischen, wenn keine große Genauigkeit verlangt wird, zur Ermittlung des specifischen Gewichtes der Flüssigkeiten der sogenannten *Senkswagen* oder *Aräometer* mit *Scalen* (Fig. 90). Ein solches besteht aus einer gläsernen Röhre, welche sich unten etwas erweitert und in eine Kugel endet, die etwas Quecksilber enthält, damit das Instrument in aufrechter Lage schwimmt. Der Gebrauch eines solchen *Aräometers* beruht auf dem Satze, daß ein fester Körper in einer Flüssigkeit, in welcher er schwimmt, um so tiefer einsinkt, je geringer das specifische Gewicht der Flüssigkeit ist. — Häufig will man nicht sowohl das specifische Gewicht einer Flüssigkeit, sondern das Mischungsverhältniß ihrer Bestandtheile wissen, z. B. beim Branntwein, aus wie vielen Procenten Alkohol und Wasser derselbe besteht. Um eine diesem Zwecke entsprechende *Scale* zu construiren, taucht man das Instrument zunächst in destillirtes Wasser von bestimmter Temperatur (etwa 15° C.) und bezeichnet die Stelle, bis zu welcher es einsinkt, mit 0; hierauf taucht man das Instrument in eine Mischung aus 90 Theilen Wasser und 10 Theilen Spiritus, in eine Mischung aus 80 Theilen Wasser und 20 Theilen Spiritus u. s. w. und bezeichnet die Stellen, bis zu welchen das Instrument einsinkt, mit 10, 20 u. s. w. Die Zwischen-

\*) Von *ἀραιός* leicht, weil man gewöhnlich bei der Bestimmung des specifischen Gewichtes nur kleine Massen anwendet.

räume aber theilt man in 10 gleiche Theile. Es ist einleuchtend, daß ein solches Instrument (Alkoholometer, Branntweinwaage) nur für diese besondere Flüssigkeit zu brauchen ist. — In ähnlicher Art werden Salzspindeln für Mischungen aus reinem Wasser und Kochsalz, ferner Milchwagen, um zu untersuchen, ob die Milch durch Wasser verdünnt worden, verfertigt. //

Von den oben beschriebenen Procent-Aräometern verschieden ist das Aräometer von Beaumé, dessen Scale man, obschon sie höchst willkürlich und ohne allen wissenschaftlichen Werth ist, noch häufig angeführt findet. Beaumé tauchte nämlich sein Aräometer in reines Wasser und in eine Auflösung von 1 Theil Kochsalz in 9 Theilen Wasser und bemerkte die Stellen, bis zu welchen das Instrument in beiden Fällen einsank. Den Zwischenraum theilte er in 10 gleiche Theile und trug dann eben solche Theile nach oben und nach unten auf. Für Flüssigkeiten, welche leichter als Wasser sind, bezeichnete er den Punkt des Wassers mit 10, für schwerere mit Null und zählte für erstere die Grade nach oben, für letztere dagegen nach unten.

Wenn man zwei Flüssigkeiten, deren specifische Gewichte man kennt, nach einem bestimmten Verhältnisse mischt, so läßt sich hieraus nicht ohne weiteres das specifische Gewicht der Mischung berechnen. Vermischt man z. B. gleiche Volumina Spiritus und Wasser mit einander, so ist das specifische Gewicht der Mischung keineswegs dem arithmetischen Mittel der specifischen Gewichte beider Gemengtheile gleich, sondern nicht unbedeutend größer, indem bei der Vermischung zugleich eine Zusammenziehung stattfindet. So geben z. B. 50 Quart Spiritus mit 50 Quart Wasser vermischt nicht 100, sondern nur 96 Quart Branntwein. Man kann dies leicht durch einen Versuch bestätigen, wenn man eine etwa 30 Zoll lange Röhre erst zur Hälfte mit Wasser füllt und hierauf vorsichtig Spiritus nachgießt, welcher sich über dem Wasser lagert und die obere Hälfte der Röhre füllt. Schließt man dann die Röhre mit einem Kork und schüttelt die Flüssigkeiten durcheinander, so findet eine merkliche Zusammenziehung statt.

**Tafel der specifischen Gewichte einiger festen und flüssigen Körper.**

Platin gemünzt . . . . .	22,10	Kalkstein . . . . .	2,70
„ gegossen . . . . .	20,85	Schiefer . . . . .	2,70
„ zu Draht gezogen . . . . .	19,26	Biegel, gebrannte . . . . .	1,4 bis 2,21
Gold gehämmert . . . . .	19,36	Bouteillenglas / . . . . .	2,64
„ gegossen . . . . .	19,26	Spiegelglas . . . . .	2,45
Quecksilber . . . . .	13,60	Flintglas, englisches . . . . .	3,44
Blei . . . . .	11,38	Eis . . . . .	0,92
Silber gegossen . . . . .	10,41	Buchsbaumholz . . . . .	1,33
„ gehämmert . . . . .	10,62	Ebenholz . . . . .	1,23
Kupfer gehämmert . . . . .	9,00	Eichenkernholz . . . . .	1,17
„ zu Draht gezogen . . . . .	8,88	Lindenholz . . . . .	0,60
Messing . . . . .	8,40	Pappelholz . . . . .	0,38
Stahl . . . . .	7,80	Korkholz . . . . .	0,24
Eisen geschmiedet . . . . .	7,79	Schwefelsäure, concentrirte . . . . .	1,85
„ gegossen . . . . .	7,25	Salpetersäure . . . . .	1,50
Zinn gegossen . . . . .	7,29	Salzsäure . . . . .	1,20
Zink gehämmert . . . . .	7,86	Milch . . . . .	1,03
„ gegossen . . . . .	7,21	Meerwasser . . . . .	1,03
Barvt . . . . .	4,44	Leinöl . . . . .	0,94
Diamant . . . . .	3,50	Oliven-, Rüb-, Mohnöl . . . . .	0,92
Marmor . . . . .	2,84	Terpentinöl . . . . .	0,87
Quarz (ohngefähr) . . . . .	2,70	Alkohol . . . . .	0,79
Feldspat . . . . .	2,70	Schwefeläther . . . . .	0,73

**\*§. 54. Ausfluß des Wassers aus Oeffnungen.**

Wenn das Wasser aus einer engen Oeffnung im Boden eines Gefäßes ausfließt, so ist die Geschwindigkeit desselben um so größer, je tiefer die Oeffnung unter dem Wasserpiegel liegt. Diese Geschwindigkeit ist nahe derjenigen gleich, welche ein Körper beim freien Falle erlangt, wenn er durch eine Höhe gefallen ist, welche der Tiefe der Oeffnung unter dem Wasserpiegel gleich ist. Sie nimmt ab, so wie das Wasser im Gefäße sinkt.

Befindet sich in der Seitenwand eines Gefäßes eine Oeffnung, so hat der ausfließende Strahl die Gestalt der krummen Linie, welche ein mit der Geschwindigkeit des ausströmenden Wassers wagrecht geworfener Körper beschreibt, also nahe die Gestalt einer Parabel.

Strömt das Wasser durch eine enge Oeffnung aus einer aufwärts gebogenen Röhre, welche mit einem Wasserbehälter verbunden ist, wie dies bei den Springbrunnen der Fall ist, so müßte es zufolge des obigen Gesetzes über die Ausflußgeschwindigkeit bis zur ohngefähren Höhe des Wasserspiegels emporspritzen. Hinter dieser Höhe bleibt es jedoch deshalb zurück, weil seine Geschwindigkeit durch die Reibung an den Wänden der Röhre, durch den Widerstand der Luft, auch durch den Druck der zurückfallenden Wassertheile vermindert wird. Wegen dieses letzten Umstandes ist es vortheilhafter, wenn der aufsteigende Wasserstrahl ein wenig von der senkrechten Richtung abweicht.

Nach den von Weisbach (1861) angestellten Untersuchungen ist die Höhe, bis zu welcher sich ein aus einer engen Oeffnung emporspringender Strahl erhebt, wenn dieselbe 10 Fuß nicht übersteigt, von der Druckhöhe nur wenig verschieden.

In dem Springbrunnen bei Cassel, welcher sein Wasser durch eine Röhrenleitung von dem nahe bei der Wilhelmshöhe liegenden Berge erhält, erreicht das Wasser eine Höhe von 80 bis 90 Fuß.

Wenn wir die Geschwindigkeit des aus einer Oeffnung ausfließenden Wassers mit  $c$ , die Höhe des Wasserspiegels über der Oeffnung mit  $h$  und den Fallraum für die erste Secunde mit  $g$  bezeichnen, so ist nach dem oben angeführten Gesetze und §. 38 Anm. nahe

$$c = \sqrt{2gh^*}.$$

Bei verschiedenen Druckhöhen verhalten sich also die Ausflußgeschwindigkeiten wie die Quadratwurzeln aus diesen Höhen.

Die Menge des ausfließenden Wassers hängt natürlich nicht bloß von der Geschwindigkeit des ausströmenden Wassers, sondern auch von der Größe der Oeffnung ab. Weil aber der ausfließende Wasserstrahl nahe unter dem Boden keine cylinderförmige Gestalt hat, sondern sich etwas zusammenzieht, so muß man bei der Berechnung des aus einer Oeffnung an der Seite einer ausfließenden Wassers statt der Oeffnung den Querschnitt des zusammengezogenen Wasserstrahles da, wo er am kleinsten ist, setzen. — Diese Zusammenziehung ist bei einem dicken Boden geringer als bei einem dünnen, was von der Adhäsion an den Wänden der Oeffnung herrührt. Aus gleichem Grunde kann durch den Ansaß kurzer Röhren, welche von der ausströmenden Flüssigkeit benetzt werden, die Zusammenziehung des austretenden Wasserstrahles vermindert und daher die Menge des ausfließenden Wassers vermehrt werden. Bei längeren Röhren findet wieder wegen der vermehrten Reibung eine Verminderung des Effectes statt. /

### \*§. 33. Fortbewegung des Wassers in Röhren und Canälen.

In diesen erleidet das fließende Wasser vorzüglich durch die Reibung an den Wänden eine fortwährende Verminderung seiner Geschwindigkeit. Aus gleichem Grunde ist die Geschwindigkeit des fließenden Wassers in einem Strome gewöhnlich in der Mitte größer, als nahe am Ufer. Aber auch in der Mitte des Stromes ist die Geschwindigkeit des Wassers niemals so groß, als die in §. 38, Anm. angeführte Regel vorschreibt, nach welcher sie der Geschwindigkeit eines frei fallenden Körpers gleich sein müßte, welcher durch eine gleiche Höhe gefallen ist; und wenn sie auch mit dem Gefälle wächst, so bleibt sie doch immer bedeutend hinter der aus dieser Regel hervorgehenden

\*) Es kann hier nicht der Ort sein, zu zeigen, daß nach einer richtigen und gründlichen Theorie dieser Ausdruck nicht für den genauen, sondern nur für einen Näherungswert von  $c$  gelten kann. Vergleiche auch Gehler's phys. Wörterbuch. B. 5. S. 562.

Größe zurück. Besonders stark wird die Geschwindigkeit des fließenden Wassers vermindert, wenn die Röhre oder der Canal (Strom) Krümmungen macht. Die Wissenschaft ist noch nicht dahin gelangt, einfache und allgemein gültige Regeln aufzustellen, nach denen sich die Geschwindigkeit des in Röhren, Canälen oder Strömen fließenden Wassers aus dem stattfindenden Gefälle unter Berücksichtigung aller Nebenumstände berechnen ließe.

**\*§. 56. Stoß des Wassers gegen feste Körper.**

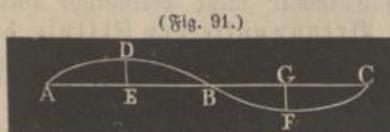
Trifft eine bewegte Wassermasse auf eine feste Wand, so übt sie gegen dieselbe einen Druck aus. Dieser ist z. B. bei einer in einen größeren Strom senkrecht auf die Richtung desselben eingetauchten Platte nahe gleich dem Gewichte einer Wassersäule, welche die getroffene Fläche zur Grundfläche und die der Geschwindigkeit des Wassers entsprechende Fallhöhe, (die Höhe, durch welche ein Körper fallen muß, um eine mit dem Wasser gleiche Geschwindigkeit zu erlangen), zur Höhe hat. Diese Regel gilt auch, wenn die Platte von einem freien Wasserstrahle getroffen wird, dessen Querschnitt sie nicht übertrifft. Wenn aber die gestoßene Fläche viel größer ist, so breitet sich der Wasserstrahl aus und übt nun beinahe die doppelte Wirkung aus.

Diese Sätze kommen bei den sogenannten unterschlächtigen Wasserrädern in Anwendung, welche durch den Stoß, den ein Wasserstrom gegen die unteren Schaufeln ausübt, bewegt werden. Ist das Rad einmal in Bewegung, so entspricht die Kraft des Stoßes, welchen das bewegte Wasser gegen die Nadschaufeln ausübt, nicht mehr der vollen Geschwindigkeit des Wassers, sondern nur noch dem Unterschiede zwischen dieser Geschwindigkeit und der Geschwindigkeit der Nadschaufeln.

Bei den oberschlächtigen Rädern wirkt vorzüglich das Gewicht des von oben in die Rasten einstürzenden Wassers als bewegende Kraft. Sie sind natürlich nur bei einem bedeutenden Gefälle anzuwenden, haben aber dann vor den unterschlächtigen den Vorzug.

**§. 57. Wellen.**

Die Wellen zeigen sich an der Oberfläche des Wassers als abwechselnde Erhöhungen und Vertiefungen. Man unterscheidet den Wellenberg ADB



(Fig. 91) und das Wellenthal BFC; jener liegt über, dieses unter der horizontalen Ebene des ruhenden Wasserpiegels. Die Höhe der ganzen Welle ist gleich der Summe aus der Höhe DE des Wellenberges und

der Höhe FC des Wellenthales. Eben so ist die Breite AC der ganzen Welle die Summe aus der Breite AB des Wellenberges und der Breite BC des Wellenthales.

Wellen können auf sehr mannigfaltige Weise im Wasser erregt werden, z. B. durch den Wind, durch den Stoß eines ins Wasser fallenden festen Körpers u. dgl. m. Wirft man einen Stein ins Wasser, so entsteht zunächst eine Vertiefung, um diese ein erhöhter Ball, um diesen wieder eine kreisförmige Vertiefung u. s. w. Indem die Welle so über die Oberfläche des Wassers fortschreitet, haben jedoch die Wassertheilchen selbst keine fort-

schreitende, sondern nur eine schwingende Bewegung \*). Es finden nur abwechselnde Hebungen und Senkungen der Oberfläche des Wassers statt, wie man deutlich sehen kann, wenn leichte Körper auf der Oberfläche schwimmen, indem diese durch die Welle nur abwechselnd gehoben werden und wieder herabsinken, ohne in horizontaler Linie fortbewegt zu werden.

Der zuerst erregten Welle folgen noch einige in ganz gleicher Weise fortschreitende, aber schwächere Wellen, indem die einmal in Bewegung gesetzten Wassertheile nicht bloß in die Lage des Gleichgewichts zurückkehren, sondern wie ein aufgehobenes Pendel diese überschreiten und erst nach einigen Schwingungen wieder zur Ruhe kommen.

Ueber die wellenförmige Bewegung beschränken wir uns, folgende Hauptgesetze anzuführen, welche besonders in der Lehre vom Schalle und vom Lichte wichtige Anwendungen finden:

1) Die durch einen Stoß auf der Oberfläche des Wassers erzeugte Welle erweitert sich beständig und bleibt dabei kreisförmig, wenn sie auf kein Hinderniß trifft. Je mehr die Welle sich ausdehnt, um so mehr nimmt ihre Höhe ab, bis dieselbe endlich ganz verschwindet.

2) Werden auf der Oberfläche des Wassers zu gleicher Zeit zwei Wellen erregt, so durchkreuzen sie sich, ohne daß die eine die Fortbewegung der andern stört. Da, wo zwei Wellenberge oder zwei Wellenthäler zusammentreffen, findet eine Vermehrung der Höhen statt; wo aber ein Wellenberg mit einem Wellenthale zusammentrifft, wird diese Höhe vermindert.

3) Trifft eine Welle auf eine feste Wand in senkrechter Richtung, so wird sie senkrecht zurückgeworfen; es entsteht nämlich jetzt eine in entgegengesetzter Richtung fortschreitende Welle. Trifft die Welle schief auf die feste Wand, so wird sie unter dem nämlichen Winkel zurückgeworfen, unter welchem sie auffiel, (so lange sie nämlich ihre vollkommen kreisförmige Gestalt beibehält, was gewöhnlich nur in der Nähe der reflectirenden Wand stattfindet, indem in größerer Entfernung Unregelmäßigkeiten eintreten u.).

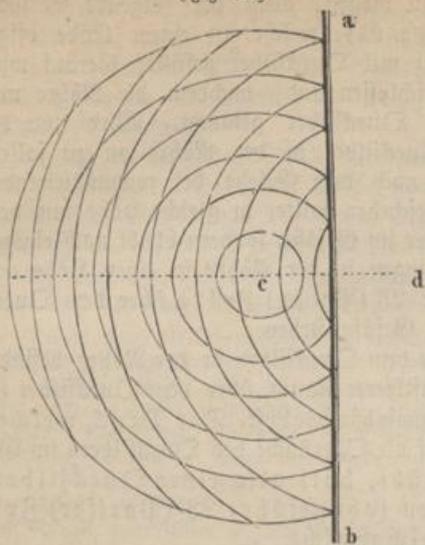
4) Endlich führen wir noch folgenden, von den Gebrüder Weber angestellten und für die Lehre vom Schalle und vom Lichte wichtigen Versuch an: Wenn man in einem elliptischen Gefäße in dem einen Brennpunkte eine Welle erregt, so entsteht durch Zurückwerfung derselben von den Wänden des Gefäßes eine zweite sich immer mehr verengende Welle, welche ihren Mittelpunkt in dem andern Brennpunkte der Ellipse hat.

Wenn eine Welle im Wasser senkrecht auf eine reflectirende Wand ab (Fig. 92) trifft, so wird sie, wie schon oben bemerkt, auch senkrecht zurückgeworfen; die Kreisbogen der reflectirten Welle haben zum Mittelpunkte einen Punkt *d*, welcher eben so weit hinter der reflectirenden Wand, als der Mittelpunkt *c* der ankommenden Welle vor derselben liegt.

Je stärker der eine Welle erregende Stoß war, um so größer ist auch die Höhe und Breite der erzeugten Welle, und um so größer ist auch die Geschwindigkeit, mit welcher sich dieselbe über die Oberfläche des Wassers fortbewegt. Je mehr aber die Welle sich ausbreitet, um so mehr vermindert sich ihre Höhe und Breite und zugleich ihre Fortpflanzungsgeschwindigkeit, wie man leicht zeigen kann, wenn man in die Wellen, welche durch den Fall eines Steines ins Wasser erzeugt worden sind, einen eben solchen Stein aus gleicher Höhe fallen läßt.

\*) Nach den Untersuchungen der Gebrüder Weber in Göttingen stimmen die Bahnen, welche die Wassertheilchen hierbei durchlaufen, an der Oberfläche mehr oder weniger mit einem Kreise, in größerer Tiefe mit einer Ellipse überein.

(Fig. 92.)



Dagegen ist bei den Schallwellen in der Luft und den Lichtwellen im Aether, welche auf der Elasticität des Fortpflanzungsmittels beruhen, während bei den Wellen im Wasser die Schwere der Wassertheilchen als bewegende Kraft wirkt, die Geschwindigkeit lediglich durch die Elasticität der Luft oder des Aethers bedingt und daher für alle Arten von Schwingungen die nämliche.

Bei den Wellen im Wasser ist auch die Tiefe desselben nicht ohne Einfluß auf die Geschwindigkeit der Wellen; sie vermindert sich, wenn die Tiefe abnimmt. Im Meere drängen sich daher da, wo über Felsen oder Sandbänken die Tiefe sich plötzlich vermindert, die voranschreitenden Wellen mit den nachfolgenden zusammen, was zur Entstehung der sogenannten Brandungen beiträgt.

Die Wellen des Meeres werden vorzüglich durch den Wind erregt. Ihre Höhe übersteigt in geschlossenen Meeren, wie in der Ostsee und im mittelländischen Meere, selten 8 Fuß, in der offenen See

mag sie bei heftigen Stürmen wohl 20 bis 30 Fuß erreichen. Wo indeß zwei Wellen sich durchkreuzen, oder wo die Wellen an steile Felsenwände anprallen und sich über einander thürmen, indem die folgenden die in ihrem Laufe aufgehaltenen vorangehenden ereilen, desgleichen wenn die Wellen zwischen die engen Ufer der Strommündungen zusammengepreßt werden, erreichen sie viel beträchtlichere Höhen. Von dem Eoystone-Felsen an der englischen Küste erzählt Smeaton, daß das Wasser zuweilen 100 Fuß höher als der Leuchthurm, also 200 Fuß hoch emporgeschleudert werde. /

#### Vierter Abschnitt.

#### Von den mechanischen Erscheinungen der luftförmigen Körper.

##### §. 58. Von den luftförmigen Körpern im allgemeinen.

Unter allen luftförmigen Körpern ist die atmosphärische Luft bei weitem die verbreitetste und bekannteste. Da wir es hier nur mit den mechanischen Eigenschaften der luftförmigen Körper zu thun haben und diese für alle dieselben sind, so werden wir uns bei den folgenden Untersuchungen auf die Betrachtung der atmosphärischen Luft beschränken.

Die luftförmigen Körper haben mit den flüssigen die Schwere und die leichte Verschiebbarkeit ihrer Theile gemeinschaftlich; sie unterscheiden sich aber von denselben dadurch, daß sie sich leicht in einen engeren Raum zusammendrücken lassen und bei nachlassendem Drucke sich wieder ausdehnen, während die flüssigen sich nur sehr schwer zusammendrücken lassen. Wird die Luft zusammengedrückt, so wächst ihre Elasticität in gleichem Verhältnisse mit der Dichtigkeit. Dieses Gesetz, welches wir hier vorläufig anführen und erst später näher begründen werden, wird das Mariottesche genannt.

##### §. 59. Der Torricellische Versuch.

Da die Luft schwer ist, so muß sie eben so, wie wir dies früher von Flüssigkeiten gezeigt haben, auf die in derselben befindlichen Körper einen