



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Handbuch der Physik zur Selbstbelehrung für jedermann

Spiller, Philipp

Berlin, 1865

Zweiter Abschnitt. Gleichgewicht tropfbarer Körper.

[urn:nbn:de:hbz:466:1-75469](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-75469)

Zweiter Abschnitt.

Gleichgewicht tropfbarer Körper.

Das Niveau.

Nur dann, wenn eine tropfbare Flüssigkeit der Einwirkung einer jeden äußeren Kraft entzogen und selbst in Ruhe gedacht wird, kann sie sich vollkommen kugelförmig gestalten. Dies würde der Fall sein, wenn sie frei im Weltraume schwebte, ganz allein und in Ruhe wäre. Ist aber die Flüssigkeit in der Nähe eines anderen Weltkörpers oder ist sie selbst ein Bestandtheil eines Weltkörpers, so muß seine Anziehung ihre Form um so mehr ändern, je größer die anziehende Kraft ist.

Die Gesammtanziehung der Erde ist auf eine große Wassermenge größer, als auf eine kleine und daher ist letztere eher im Stande zufolge der Massenanziehung ihrer Molekel die Kugelgestalt anzunehmen und Tropfen zu bilden. Die Leichtigkeit der Tropfenbildung hängt bei verschiedenen Flüssigkeiten von dem Verhältnisse ihrer Kohäsion zur Schwere ab: das Quecksilber bildet leichter Kugeln, als das Wasser, weil bei jenem die Kohäsion verhältnißmäßig größer ist, als bei diesem.

Größere Mengen von Flüssigkeiten kann man für sich in einer bestimmten Gestalt nicht frei halten, weil die Schwere den Zusammenhang, welchen die Kohäsion erstrebt, verhindert. Man muß sie also umschließen durch Gefäße aus festen Körpern, zu welchen sie keine chemische Verwandtschaft haben und sie nehmen deren Gestalt an. Erstarren also Flüssigkeiten in festen Körpern und kann man sie dann von ihnen ablösen, so haben sie die Form des inneren Raumes, wie es die Metallgußarbeiten u. a. beweisen.

Tropfbare Flüssigkeiten lassen sich aber auch in den Gefäßen nicht anhäufen, wie etwa Sand; denn die obersten Theilchen üben wegen ihres Gewichtes einen Druck auf die darunter befindlichen aus, diese entweichen wegen der geringeren Kohäsion mit den übrigen und des Widerstandes, welchen die darunter befindlichen ausüben, nach der Seite, wo sie den geringsten Widerstand finden, nämlich nur den der Luft; sie schieben wie auf einer schiefen Ebene herab, bis sie endlich oben eine mit dem Horizonte parallele oder eine horizontale Ebene, das Niveau, bilden, welche lothrecht auf der Richtung der nach dem Erdmittelpunkte gerichteten Schwere ist.

Streng genommen ist dies allerdings nicht ganz der Fall, denn in engeren Gefäßen wirken der Schwere die Adhäsion und Kapillarität entgegen und auf den Meeren ist das Wasser stets in einem Bestreben das durch die Anziehungskraft der Sonne und des Mondes gestörte

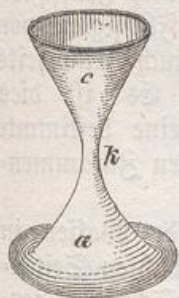
Gleichgewicht durch die irdische Schwere wieder herzustellen, abgesehen von den Bewegungen durch die Luft und Drehung der Erde.

Wird Wasser in einem Gefäße in der Luft gehalten, so bildet es sich selbst das Niveau; wollte man aber Wasser innerhalb des Quecksilbers in einem Gefäße erhalten, so müßte die Oeffnung nach unten gerichtet sein und das Quecksilber-Niveau bestimmt das des Wassers.

An dem Niveau einer Flüssigkeit ist die Anziehung der Molekel untereinander größer, als im Inneren; denn dort werden die der obersten Schichten fast nur nach unten gezogen, hier aber ist die Anziehung nach allen Richtungen eine ziemlich gleiche, zumal die Molekularanziehung nur auf kleine Entfernungen sich wirksam zeigt. Daher kommt es denn, wie wir früher schon gesehen haben, daß kleine schwere Körper auf dem Niveau schwimmen, im Innern aber untersinken, als wenn dort die Flüssigkeit eine inniger zusammenhängende Haut bildete.

Bringt man in dasselbe Gefäß (nicht in eine sehr enge Röhre) tropfbare Flüssigkeiten, welche bei demselben Rauminhalte ein verschiedenes Gewicht und keine chemische Verwandtschaft haben, wie z. B. Quecksilber, Weinsteinöl, Alkohol, Steinöl; so lagert jede leichtere sich über die zunächst schwerere und die Gränzflächen sind so gebildet, als ob eine andere Flüssigkeit nicht darüber wäre. Man hat eine Röhre mit vier solchen Flüssigkeiten sonderbarer Weise eine Elementarwelt genannt.

Diese Erscheinung hat man zu der bekannten Täuschung, Wasser in Wein zu verwandeln benutzt. Eine dazu geeignete Vorrichtung, das Passavin, würde folgende sein: Man fertigt (Fig. 58) einen Becher an, dessen Fuß a hohl und undurchsichtig ist und mittelst eines engeren Kanals k mit dem oberen Becherglase in Verbindung steht. Gießt man nun in den Fuß a Spiritus oder Burgurderwein und dann, indem der Becher ruhig gehalten wird, langsam (am besten vom Rande aus) in den oberen Theil Wasser, so bildet sich in k eine Doppelströmung, indem das Wasser hinabgeht, der Wein herauf kommt und in kurzer Zeit hat man in c Wein statt des Wassers, welches sich in a befindet. Es ist ange-



(Fig. 58.) messen, die Räume a und c gleich zu machen.

Das Wasser der ins Meer mündenden Flüsse strömt weite Strecken hin über dem wegen seines Salzgehaltes schwererem Meerwasser hin und letzteres dringt sogar unterhalb des Flußwassers landeinwärts.

Es ist häufig wichtig, daß Instrumente genau horizontal gestellt werden, wie z. B. in der Astronomie, beim Feldmessen, beim Bauen, beim sehr genauen Abwägen. Die dazu dienenden Vorrichtungen heißen Libellen.

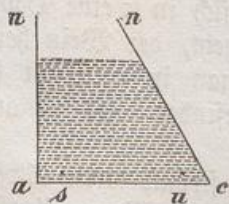
Die Dosenlibelle besteht aus einem kleinen kreisförmigen Messinggefäße, dessen Boden und absperrende Glascheibe genau eben geschliffen

und parallel sind; in dem Gefäße befindet sich Spiritus und eine kleine Luftblase. Letztere wird genau in der Mitte der kreisförmigen Glasscheibe stehen, wenn das Instrument auf einer horizontalen Basis ruht; ist die Basis auch nur äußerst wenig schief, so tritt die Luftblase zur Seite oder gar bis an den höher gelegenen Rand und man kann, um die horizontale Lage zu erhalten, entweder die Fläche auf der niederen Seite erhöhen oder auf der höheren niedriger machen. Damit das Einstellen der Luftblase recht genau geschehen kann, ist der Mittelpunkt der Scheibe und ein kleiner Kreis um ihn angegeben.

Die Zylinderlibelle besteht aus einem einige Zoll langen Glaszylinder, welcher zum Schutze in Messing eingefast ist und nur auf der oberen Seite einen Schlitz hat, durch welchen man das Glas sieht. Der Zylinder ist auf einer gut eben geschliffenen Metallschiene so befestigt, daß seine Axe mit dieser Ebene parallel ist; das Innere enthält auch Spiritus und eine Luftblase, welche sich länglich gestaltet. Damit letztere gut eingestellt werden kann, ist nicht nur die Mitte des Zylinders angegeben, sondern es sind auch zu beiden Seiten in gleichen Entfernungen noch Theilstriche angebracht. Man muß das Instrument auf der horizontal zu stellenden Ebene ringsum drehen, um ihrer richtigen Lage nach allen Seiten sicher zu sein.

Gleichgewicht im Innern.

Der Zustand des Gleichgewichtes im Innern einer Flüssigkeit hängt davon ab, daß jedes noch so kleine Theilchen der Flüssigkeit von allen Seiten ringsum gleich stark gedrückt wird und auch seinerseits gleich stark wieder drückt oder den Druck fortpflanzt. Es ist dies durchaus anders, als bei festen Körpern, die für sich eine bestimmte Form haben und deren Theile im Innern einen bestimmten Zusammenhang besitzen.



(Fig. 59.)

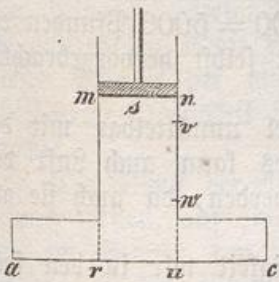
Denken wir uns das ruhende Wasser in einem Gefäße (Fig. 59) mit lothrechten Seitenwänden in lauter äußerst zarte Schichten zerlegt und vom Niveau aus lauter lothrechte Linien, deren jede von jeder Wasserschicht je einen Wasserpunkt enthält; so ist es klar, daß die oberste Schicht wegen ihres Gewichtes auf die zweite drückt, daß diese, wenn sie nicht seitwärts entweicht, nicht nur mit ihrem eigenen Gewichte auf die dritte drückt, sondern auch das Gewicht der ersten auf diese überträgt, so daß die dritte Schicht mit der Summe der Gewichte der beiden ersten gedrückt wird. So geht dieses fort bis auf den horizontal gedachten Boden des Gefäßes, welcher mit der Summe der Gewichte aller Schichten über ihm bis zum Niveau gedrückt wird.

Was aber findet statt, wenn diese Schichten nicht gleiche Ausdehnungen haben und die Seitenwände nicht lothrecht auf dem Boden stehen? Liegt ein Wasserpunkt *s* in dem Gefäße nach (Fig. 59) z. B. in der sechsten Schicht und zunächst lothrecht unter dem Niveau, so hat er das Gewicht aller fünf über ihm liegenden Punkte unmittelbar zu tragen. Da nun dieser Punkt absolut leicht beweglich ist oder da jede kleinste Kraft hinreicht, ihn zu bewegen; so muß er den empfangenen Druck auf die ihn unmittelbar umgebenden Wasserpunkte fortpflanzen und namentlich auf die in derselben horizontalen Schicht liegenden ebenso stark drücken, als er selbst gedrückt wurde. Die an ihn in der Schicht unmittelbar gränzenden Wasserpunkte befinden sich aber in derselben Lage wie er selbst und pflanzen daher den erlittenen Seitendruck wieder fort, selbst bis zu solchen Theilen, welche nicht mehr lothrecht unter dem Niveau liegen, so daß z. B. *u* so stark gedrückt wird, als lägen auch fünf Wasserpunkte über ihm, wie über *s*.

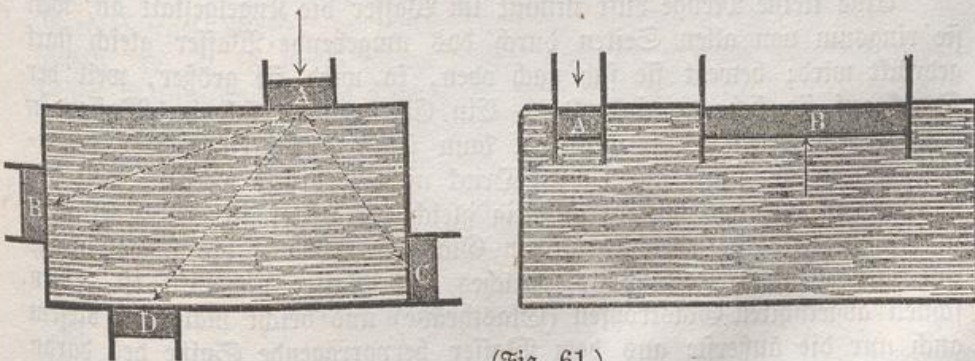
In diesen Betrachtungen liegt das Gesetz: der Druck, welchen jedes ruhende Flüssigkeitstheilchen erleidet und ausübt, ist ein allseitiger und seine Stärke richtet sich nur nach der Tiefe unter dem Niveau, es mag lothrecht unter ihm liegen oder nicht.

Denken wir uns die in einem Gefäße *mnc* (Fig. 60) enthaltene Flüssigkeit auch oben durch einen Stempel *s* abgesperrt und durch diesen Stempel auf die oberste Schicht *mn* einen Druck ausgeübt, so ist es für jedes im Innern vorhandene Flüssigkeitstheilchen ebenso, als wäre über *mn* eine dem Drucke des Stempels entsprechend drückende Wasserfäule vorhanden.

Die Figuren 61 1, 2 sind zur Versinnlichung der allseitigen Fortpflanzung des Druckes in einem



(Fig. 60.)



(Fig. 61.)

überall abgesperrten Gefäße geeignet. Drückt z. B. ein Stempel *A* von 1 Quadratfuß Querschnitt auf die Flüssigkeit mit einer Kraft von z. B.

50 Pfunden und sind an den Seitenwänden in verschiedenen Höhen bei B und C, so wie am Boden bei D Stellen von derselben Größe; so wird der an sich schon vorhandene hydrostatische Druck auf jede dieser Stellen um 50 Pfunde vermehrt. Ist aber, wie in der zweiten Figur, eine Stelle B vorhanden, deren Fläche 25 Quadratfuß beträgt, so ist bei demselben Drucke auf A der auf B 25.50 d. i. 1250 Pfunde, also ein verhältnißmäßig recht bedeutender.

Ist die Flüssigkeit vollkommen abgesperrt, so kann der Druck auf sie auch an irgend einer anderen Stelle bei v oder w (Fig. 60) ausgeübt werden und es gilt als weiteres Gesetz:

der auf eine abgesperrte Flüssigkeit irgendwo von außen mittelbar oder unmittelbar ausgeübte Druck pflanzt sich ungeschwächt im Innern nach allen Richtungen fort.

Sofort ergibt sich aus dem Gesetze der ungeschwächten Fortpflanzung des Druckes, daß der auf eine kleine Stelle ausgeübte Druck auf einer großen, anderen Stelle einen sovielmal größeren Gesamtdruck hervorbringt, wievielmals diese Stelle größer ist, als die gedrückte.

Hätte der Stempel eine Fläche von 1 Quadrat Zoll, die Fläche ac eine Ausdehnung von 100 Quadrat Zoll, so würde ein Druck von 50 Pfunden auf mn einen Gesamtdruck von $50 \cdot 100 = 5000$ Pfunden erzeugen, abgesehen von dem durch die Flüssigkeit selbst hervorgebrachten Drucke.

Es ist nicht nothwendig, daß der Stempel unmittelbar mit der tropfbaren Flüssigkeit in Berührung kommt, es kann auch Luft dazwischen sein und auf sie der Druck ausgeübt werden, da auch sie als Flüssigkeit ihn fortpflanzt.

Auf diesen Gesetzen, deren praktische Wichtigkeit wir in den späteren Betrachtungen erkennen werden, beruhen u. a. folgende Erscheinungen:

Eine kleine Menge Luft nimmt im Wasser die Kugelgestalt an, weil sie ringsum von allen Seiten durch das umgebende Wasser gleich stark gedrückt wird; bewegt sie sich nach oben, so wird sie größer, weil der Druck auf sie sich vermindert. — Ein Ei, welches sich im Wasser in einer zugebundenen Blase befindet, kann selbst durch einen sehr bedeutenden, auf die Blase ausgeübten Druck nicht zerdrückt werden, weil der Wasserdruck auf das Ei ein allseitig gleich vertheilter ist. — Hält man in ein Medizinglas oder irgend ein Glas von etwa 2 bis 3 Zoll Höhe und mindestens 1 Zoll Weite, welches mit Wasser angefüllt ist, einen schnell abgekühlten Glastropfen (Glasthräne) und bricht man von diesem auch nur die äußerste aus dem Wasser hervorragende Spitze des daran befindlichen Glasfadens ab; so wird das Fläschchen zersprengt, weil die Erschütterung vom zerberstenden Tropfen aus rasch bis an dasselbe

sich fortpflanzt. Wäre nur Luft im Glase, so würde es ganz bleiben. — Man kann Fische unter schwachem Eise todtschlagen, wenn man über ihnen auf das Eis einen kräftigen Schlag, etwa mit einer Art ausübt. Dies ist das sogenannte Fischpressen. — Der kartesianische Taucher bestätigt die Fortpflanzung des auf die verschließende Gummiplatte ausgeübten Druckes durch die Luft auf den Wasserspiegel und durch das Wasser bis auf die Mündung des kleinen Röhrchens am hohlen Glaskörper, so daß dadurch Wasser in denselben gepreßt und die Luft in ihm zusammengedrückt wird, wodurch sein Gewicht bei gleichbleibendem Volumen zunimmt und er im Wasser so weit sinkt, bis der Gegendruck des Wassers sein Gewicht aufhebt. Läßt man mit dem Drucke auf die Gummiplatte nach, so dehnt sich die zusammengepreßte Luft im Taucher aus und drückt das Wasser heraus, der Körper wird leichter und er steigt. Wir erkennen also an diesem in mehrfacher Beziehung belehrenden Spielzeuge sehr deutlich, wie der Druck der Flüssigkeit mit wachsender Tiefe unter dem Niveau wächst, obwohl die Dichtigkeit derselben bei so geringen Entfernungen unter ihm als dieselbe angesehen werden darf.

Bei diesen Betrachtungen ist es also besonders wichtig, daß die tropfbaren Flüssigkeiten bei einem selbst sehr bedeutenden auf sie ausgeübten Drucke ihr Volumen nur um sehr wenig vermindern, so daß sie ganz besonders geeignet sind, die Fortpflanzung der Wirkung einer auf sie ausgeübten Kraft zu vermitteln. Ich kann mir wohl vorstellen, wie dieses Prinzip der ungeschwächten Fortpflanzung des Druckes auf eine abgesperrte Flüssigkeit selbst zum Telegraphiren anwendbar zu machen sein möchte.

Der Druck der Atmosphäre, welcher, wie wir später genauer werden kennen lernen, auf einen Quadratfuß gegen $14\frac{1}{2}$ Pfund beträgt, ist doch nur im Stande, den Raum des Wassers um 0,000047 zu vermindern; so daß er bei einem Drucke von 100 Atmosphären um 0,0047 vermindert würde, da der Grad der Raumverminderung in gradem Verhältnisse mit der zusammendrückenden Kraft steht. Wenn wir uns unter dem Meerespiegel Wasser in einer Tiefe von etwas mehr als 3000 Fuß denken, so ist es durch diesen bedeutenden Druck doch nur um 0,005 seines Volumens an der Oberfläche zusammengedrückt.

Wir können bei der weiteren Betrachtung des von einer Flüssigkeit auf die sie umfassenden Gefäßwände ausgeübten Druckes füglich den lothrechten Druck von dem Seitendrucke unterscheiden und jenen sowohl nach unten, als nach oben gerichtet betrachten.

Der lothrechte Druck nach unten.

Wenn ein Gefäß (Fig. 62) mit dem Boden horizontal steht und lothrechte Seitenwände hat (1), so muß jede kleine Stelle des Bodens das ganze Gewicht der unmittelbar lothrecht über ihr liegenden dünnen Flüssig-



(Fig. 62)

heits säule tragen. Die Summe der gedrückten Stellen gibt die ganze Bodenfläche, die Summe der Säulen die ganze Flüssigkeit. Für diesen Fall also hat der Boden das Gewicht der ganzen über ihm befindlichen Flüssigkeit zu tragen.

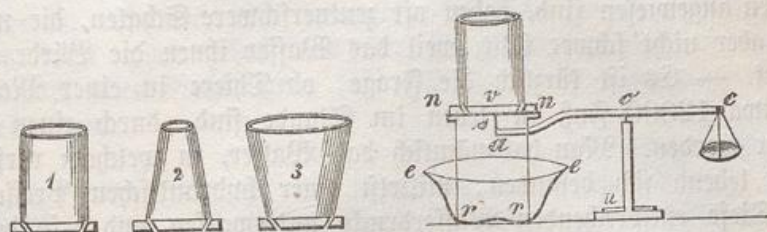
Wäre die Bodenfläche größer, als die Oeffnung des Gefäßes (2), wie wenn es sich nach oben kegelförmig verengte; so würden Stellen des Bodens zwar nicht lothrecht unter dem Niveau liegen, sie würden aber ebenso stark gedrückt werden, als wenn es der Fall wäre, weil die unmittelbar über ihnen liegenden Theile der Flüssigkeit von den seitwärts an sie gränzenden und in derselben horizontalen Schicht liegenden ebenso stark gedrückt werden, als die lothrecht unter dem Niveau befindlichen, also üben sie ihrerseits diesen Druck nach allen Richtungen, also auch nach unten wieder aus. Da dieses von allen Stellen des Bodens gilt, so findet es auch auf dem ganzen Boden statt und er wird ebenso stark gedrückt, als wären die Seitenwände, wie im ersten Falle lothrecht über ihm, obwohl bei derselben Niveauentfernung jetzt weniger Flüssigkeit im Gefäße ist.

Wäre die Bodenfläche des Gefäßes kleiner, als seine Oeffnung (3), so daß mehr Flüssigkeit in ihm enthalten ist, als wenn die Seitenwände lothrecht auf dem Boden ständen; so wird dieser in jenem Falle doch nicht mehr gedrückt, als in diesem, weil der die lothrechte Säule umgebende Mantel *mm* der Flüssigkeit nur dazu dient, diese Säule, wie im ersten Falle die Gefäßwände, von der Seite zu stützen.

Aus diesen Betrachtungen ergibt sich also als hydrostatisches Gesetz:

Der durch eine Flüssigkeit in einem Gefäße ausgeübte Bodendruck ist gleich dem Gewichte einer Säule dieser Flüssigkeit, welche den Boden zur Grundfläche und seine lothrechte Entfernung vom Spiegel zur Höhe hat.

Es scheint paradox oder gegen die augenblickliche Ansicht zu sein, daß man mit verschiedenen Mengen einer Flüssigkeit denselben Druck oder mit einer gewissen Menge einer Flüssigkeit bald einen größeren, bald einen kleineren Druck hervorbringen kann, jenachdem das Gefäß nach unten oder nach oben sich erweitert und deshalb heißt auch das genannte Gesetz, das hydrostatische Paradoxon. Eine sehr anschauliche Bestätigung des Gesetzes erhält man auf folgende Weise.



(Fig. 63.)

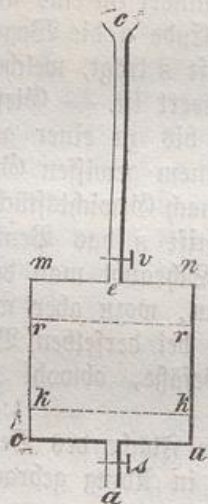
Man hat drei gleich hohe Gefäße (Fig. 63.) von den oben angegebenen Formen; der gleich weite Boden wird geschlossen durch ein Kegelvventil *v*, welches genau in die das Gefäß umschließende Messinghülse einpaßt und sich nach oben zu öffnen läßt; die Hülse mit dem Gefäße läßt sich auf einen Ständer *nrrn* schrauben, welcher sich über einem Becken *ee* befindet. Daneben befindet sich auf dem Ständer *ou* eine um *o* drehbare Gleichwage, von welcher der eine Arm am Ende *e* die Wageschale, der andere bei *a* einen nach oben gerichteten Stift *s* trägt, welcher das Ventil unten nur berührt, wenn die Wage unbeschwert ist. — Gießt man nun in das erste aufgeschraubte Gefäß Wasser bis zu einer gewissen Höhe, so drückt es auf das Bodenventil mit einem gewissen Gewichte. Legt man dann auf die Wageschale nach und nach Gewichtsstücke, so wird endlich bei einer gewissen Belastung der Stift *s* das Ventil empordrücken und das Wasser in's Becken fließen. — Schraubt man das zweite Gefäß auf und gießt Wasser so hoch wie vorhin, wozu aber weniger erforderlich ist, so wird doch das Ventil genau bei derselben Belastung aufwärts gedrückt und auch beim dritten Gefäße, obwohl zu diesem Gefäße mehr Wasser erforderlich ist.

Will man den Druck des Wassers auf die obere Fläche des Ventils allein haben, so muß das Gewicht des Ventils in Abzug gebracht werden.

Der Druck des Wassers in größeren Tiefen des Meeres ist ein sehr bedeutender. So fand z. B. Cambell, daß leere Flaschen in einer Tiefe von 1200 Fuß entweder zerdrückt oder, wenn sie kugelförmig und hermetisch geschlossen waren, mit Wasser angefüllt wurden. In dieser Tiefe beträgt aber auch der Wasserdruck, selbst wenn wir das Gewicht eines Kubikfußes Meerwasser nur zu 66 Pfunden annehmen, auf einen Quadratfuß $1200 \cdot 66 = 79200$ Pfunde. — Es ist vorgekommen, daß das Holz, welches verwundete Wallfische mit in die Tiefe des Meeres genommen hatten, durch den Druck des Wassers so verdichtet war, daß es nicht mehr schwamm. — Wenn Fahrzeuge einige Zeit in größerer Tiefe unter Wasser gelegen haben, so sind sie nicht mehr recht brauchbar. — Wenn man beim Baden bis auf den Boden untertauchen will, so gelingt es um so schwieriger, je tiefer das Wasser ist, weil das Wasser mit wachsender Tiefe einen um so stärkeren Gegendruck nach oben aus-

übt. — Diejenigen Schalthiere, welche in größeren Tiefen des Meeres zu leben angewiesen sind, haben oft zentnerschwere Schalen, die zu tragen ihnen aber nicht schwer fällt, weil das Wasser ihnen die Bürde sehr erleichtert. — Es ist kürzlich die Frage, ob Thiere in einer Meerestiefe von etwa 12000 Fuß zu leben im Stande sind, durch einen Versuch erörtert worden. Man hat nämlich das Wasser, in welchem verschiedene Thiere lebend sich befanden, mittelst einer hydraulischen Presse einem jener Tiefe entsprechenden Wasserdrucke unterworfen und gefunden, daß die Thiere sofort starben, indem sie gewissermaßen zerdrückt wurden. Der daraus gezogene Schluß, daß dort Thiere nicht leben können, ist, wie ich glaube, falsch, weil die Thiere zwar nicht einen in so kurzer Zeit vorgenommenen Wechsel des Druckes, aber einen nur langsam wachsenden vertragen können, indem dann eine Ausgleichung des von innen wirkenden Gegendruckes stattfindet.

Das obige Prinzip ist namentlich dazu benutzt worden, um aus Pflanzentheilen die heilkräftigen Stoffe auszuziehen oder Extrakte zu machen. Dazu dient die Real'sche Presse (Fig. 64).



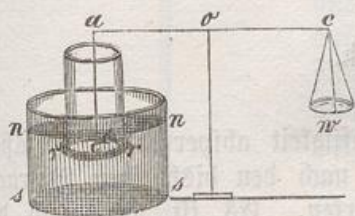
(Fig. 64.)

Es ist *mnuo* ein Zylinder von Glas, Porzellan oder Metall, am Boden *ou* ist ein Abzugsrohr *a*, welches durch einen Hahn *s* verschließbar ist, an dem abzuschraubenden Deckel *mn* befindet sich eine etwa 8 Fuß lange und nur etwa $\frac{1}{2}$ Zoll weite Röhre *ec*, welche oben sich trichterförmig endigt und unten einen Hahn *v* besitzt. Innerhalb des Zylinders sind noch zwei siebartig durchbrochene Scheiben angebracht, die eine *kk* in der Nähe des Bodens, die andere *rr* darüber, so daß sie in verschiedenen Entfernungen von ihr gelegt werden kann. Das Ganze bringt man auf einem Gestelle an. Zwischen die beiden Scheiben kommt der Körper, aus welchem der Extrakt gemacht werden soll und durch den Trichter *c* wird die dazu nöthige Flüssigkeit, welche im Stande ist, sich mit dem auszuziehenden Stoffe zu verbinden, aufgegossen. Der Hahn *v* dient dazu, den Zufluß, der Hahn *s* den Abfluß nach dem Bedürfnisse zu bewirken oder zu hemmen. Aromatische Flüssigkeiten wird man von *a* aus sogleich in abgeschlossenen Gefäßen ansammeln.

Der lothrechte Druck nach oben.

Ist das Wasser einer horizontalen inneren Schicht in Ruhe, so ist dies eine Folge von zwei einander entgegengesetzt wirkenden Kräften: das über ihr befindliche Wasser drückt sie mit einem von ihrer Größe

und dem lothrechten Abstände vom Niveau abhängigen Gewichte herab, das unter ihr befindliche mit demselben Gewichte hinauf. Dieser Druck aufwärts folgt zwar schon aus der Fortpflanzung des empfangenen Druckes nach allen Richtungen, läßt sich aber auch durch einen Versuch leicht bestätigen.



(Fig. 65.)

Bei einer Gleichwage (Fig. 65) hängt an der einen Seite a mittelst eines Fadens eine mattgeschliffene Glasplatte rr mit einem Hälchen e zum Befestigen des Fadens, an der anderen Seite c die Waageschale w, welche so beschwert ist, daß das Gleichgewicht hergestellt ist. Außerdem hat man einen offenen Glaszylinder, dessen unterer

Rand gut abgeschliffen sein muß und noch ein Gefäß ss mit Wasser. — Hält man den Glaszylinder lose auf die Glasplatte und taucht diese Seite in's Wasser, so wird es nicht eindringen, weil die Platte durch dasselbe aufwärts gedrückt wird und zwar um so mehr, je tiefer das Eintauchen stattfindet. Man kann demnach von der Waageschale nach und nach Gewichte abnehmen, um das Gleichgewicht mit der Platte herzustellen. Hätte man aber keine Gewichte von w abgenommen, sondern in den Zylinder, während er eingesenkt ist, so viel Wasser gegossen, daß es in ihm so hoch steht, als außerhalb im Gefäße, so wäre durch den hierdurch von obenher auf die Platte erzeugten Druck, der von unten her aufgehoben und das Gleichgewicht wieder hergestellt.

Es läßt sich hierdurch bestätigen, daß der Druck einer Flüssigkeit nach oben für gleich dicke horizontale Schichten derselben abnimmt, wie die ganzen Zahlen in ihrer natürlichen Reihenfolge.

Hat man eine offene Röhre an dem einen Ende mit einer thierischen Blase verbunden, senkt man dieses Ende in's Wasser und verlegt man die Blase durch einen Nadelstich; so springt durch die Oeffnung ein um so höherer Wasserstrahl, je tiefer die Röhre eingetaucht ist.

Bekommt ein Schiff einen Leck, so strömt das Wasser mit um so größerer Gewalt in's Schiff, je tiefer unter dem Wasserspiegel die Beschädigung stattgefunden hat.

Wegen des starken Wasserdruckes müssen daher die Böden der Schiffe sehr stark konstruirt sein; ebenso die Schleußenböden und die tief liegenden Röhren von Wasserleitungen.

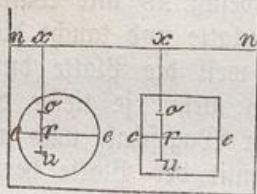
Der kartesianische Taucher kann nur dann tiefer sinken, wenn sein Gewicht zunimmt, weil in größerer Tiefe der Druck nach obenhin wächst.

Wenn Taucher auch nur in mäßig tiefen Stellen des Meeres, z. B. in einem Hafen, Arbeiten verrichten sollen, so werden sie mit einer an die Arme und Beine wasserdicht anschließenden Guttaperchabekleidung versehen, haben an den Stiefeln dicke Bleisohlen und be-

kommen einen über Kopf, Nacken und Brust reichenden Metallpanzer. Der Gegendruck des Wassers macht es möglich, daß sie ungeachtet dieser Last gegen 2 Stunden hintereinander arbeiten können, wobei ihnen natürlich fortwährend frische Luft zugepumpt wird.

Der Seitendruck.

Daß die Seitenwände eines eine Flüssigkeit absperrenden Gefäßes ebenfalls einen Druck erleiden müssen, ist nach den bisherigen Betrachtungen einem Zweifel nicht mehr unterworfen. Es ist nur noch die Größe dieses Druckes zu bestimmen.

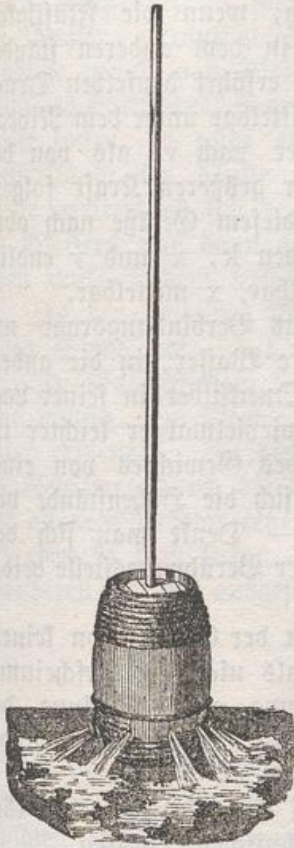


(Fig. 66.)

Denken wir uns in einem Gefäße mit lothrechten Seitenwänden (Fig. 66) zunächst einen Kreis oder ein Quadrat, von welchem zwei Seiten horizontal liegen mögen, in diesen Figuren die sie halbirende Linie ce und zu beiden Seiten derselben Paare von Punkten, wie o und u , welche in gleichen Entfernungen von der ce sich befinden; so wird der Punkt o weniger, der Punkt n aber mehr als r gedrückt, weil o von dem Niveau nn nur um ox , n aber um nx entfernt ist. Da dieses Mehr und Weniger aber gleich ist, so ist der Druck auf o und u zusammen so groß, als der doppelte Druck auf r oder es würde derselbe Gesamtdruck auf die drei Punkte o , r und u stattfinden, wenn die Fläche, in welcher sie liegen, sich um die ce gedreht hätte, bis sie horizontal liegt, also o , r , und u vom Niveau dieselbe Entfernung haben. Diese Betrachtung gilt von jedem denkbaren Paare von Punkten, welche eine solche Lage haben, also von den ganzen Ebenen. Für anders gestaltete Figuren müssen wir durch ihren Schwerpunkt horizontal gehende Linie denken, um diese Betrachtungen anzuwenden. Es wird demnach das hydrostatische Gesetz gelten:

Der Druck einer Flüssigkeit auf irgend eine Stelle einer Seitenwand ist gleich dem Gewichte einer Säule dieser Flüssigkeit, welche die gedrückte Stelle zur Grundfläche und zur Höhe den Abstand ihres Schwerpunktes vom Niveau hat.

Dieses Gesetz bezieht sich auch auf den Boden eines Gefäßes, welcher nicht eine horizontale Lage hat.

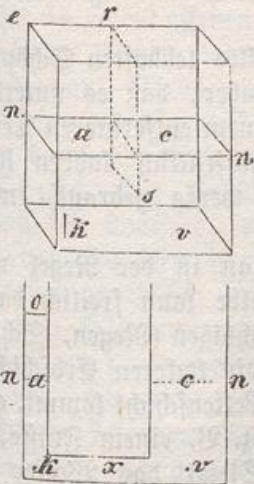


(Fig. 67.)

Es ist nothwendig, daß man die Schleußenthore bei Kanälen namentlich für einen hohen Wasserstand, sehr fest baue, weil sie einen bedeutenden Druck zu ertragen haben. Nehmen wir jeden der beiden Flügel nur 8 Fuß breit und 16 Fuß hoch an, so beträgt der Druck auf das ganze Thor 16.8.66 Pfund = 8448 Pfunde. Auch bei der Anlage von Dämmen muß dies berücksichtigt werden. Sind dieselben den Wellen sehr ausgesetzt, so müssen sie, wie an den Meeren, gegen das Wasser hin sehr flach geneigt sein, damit die Wellen unter möglichst kleinen Winkeln den Damm oder die Dünen treffen und nur eine geringe zerstörende Wirkung haben. — Löcher in den Dämmen, selbst wenn sie nur von Maulwürfen und Mäusen herrühren, müssen beseitigt werden, weil das Wasser, wenn es in dieselben eindringt, den Erdboden hebt. — Ebenso ist es mit den Schleußenböden, die man also dicht machen und sehr gut versichern muß.

Wenn man durch die Decke einer ganz festen mit Wasser gefüllten Tonne (Fig. 67) wasserdicht eine hohe Röhre gehen läßt, so wird beim allmählichen Anfüllen dieser Röhre die Tonne durch das Wasser endlich gesprengt.

Kommunizirende Gefäße.



(Fig. 68.)

Spiller, Physik.

Hat man ein Gefäß eu (Fig. 68) zum Theil mit Wasser gefüllt und schiebt man eine an die entgegengesetzten Wände sich gut anschließende Platte rs in das Gefäß und das Wasser, aber nicht ganz bis auf den Boden; so entstehen dadurch zwei Abtheilungen ak und cv, welche unterhalb mit einander noch in Verbindung oder Kommunikation stehen und man hat kommunizirende Gefäße, welches auch Röhren von gleicher oder ungleicher Weite sein können, wie es die Nebenzeichnung andeutet.

Unter allen Umständen steht bei kommunizirenden Gefäßen, wenn Ruhe eingetreten ist, eine bestimmte Flüssigkeit in gleicher Höhe oder die beiden Niveau's liegen in derselben horizontalen Ebene.

Das Gleichgewicht ist nämlich unmöglich, wenn die Flüssigkeit in dem einen Gefäße höher, z. B. bei o , als in dem anderen stände; denn ein Theilchen x in dem Verbindungskanale erfährt denselben Druck, als wenn es wie k oder v in gleicher Tiefe unmittelbar unter dem Niveau läge, es wird also von der Säule ok stärker nach v , als von der Säule cv nach k gedrückt und muß somit der größeren Kraft folgen, nach v hin sich bewegen und die Flüssigkeit in diesem Gefäße nach oben drücken, bis die in demselben Horizonte liegenden k , x und v endlich einen gleichen Druck erleiden, k und v unmittelbar, x mittelbar.

Wäre bei zwei kommunizirenden Röhren das Verbindungsrohr mit Quecksilber erfüllt, gösse man in die eine Röhre Wasser, in die andere absoluten Alkohol; so müßte letzterer, wenn das Quecksilber in seiner Lage bleiben sollte, sovielmal höher über ihm stehen, wievielmal er leichter ist, als Wasser. Da reiner Alkohol nur etwa $\frac{1}{5}$ des Gewichtes von einer eben so großen Wassermenge besitzt, so müßten sich die Höhenstände von Wasser und Alkohol wie 4 zu 5 verhalten. — Denkt man sich das Quecksilber fort, so sind diese Höhenstände von der Berührungsstelle beider Flüssigkeiten an zu rechnen.

In allen diesen Betrachtungen ist die Form der Gefäße von keinem Einflusse und ihre Weite so lange auch nicht, als nicht die Erscheinung der Haarröhrchen eintritt, welche eine Erhöhung oder Senkung der darin befindlichen Flüssigkeiten erzeugt, jenachdem Adhäsion stattfindet oder nicht.

Diese Gesetze finden wir sowohl in vielen Erscheinungen des täglichen Lebens, als auch bei Vorrichtungen zu technischen Zwecken.

In den Gießkannen und den ähnlich gestalteten Theekannen steht die Flüssigkeit im Abgußkanale ebenso hoch als im Hauptgefäße, was zu berücksichtigen ist, wenn man ein dergleichen Geräth anfertigen und es gebrauchen will, ohne überzugießen.

Wenn das Wasser in Brunnen ungeachtet alles lebhaften Schöpfens immer dieselbe Höhe behält, so rührt das nur daher, daß es unterhalb in guter Verbindung mit einem Wasserbehälter (einem entfernteren Teiche, Flusse u. s. w.) steht, dessen Stand sich nicht wesentlich ändern kann, wenn auch von ihm etwas und verhältnißmäßig wenig gebraucht wird. Solche Brunnen nennt man Standbrunnen.

In Niederungen mit losem Boden darf man in der Regel nicht tief graben, um auf Wasser zu kommen. Dasselbe kann freilich davon herrühren, daß das aus den atmosphärischen Niederschlägen (Regen, Schnee, Nebel, Thau, Reif) sich ergebende Wasser durch die lockeren Erdschichten sickert, bis es auf eine undurchlassende Lehm- oder Lettenschicht kommt, aber es kann auch mit einem benachbarten Gewässer, z. B. einem Flusse, in mehr oder minder guter Verbindung stehen. Steigt das Wasser im Flusse, so steigt es auch an jenem Orte, bei lockerem Boden schnell, bei festerem langsam; in letzterem Falle kann es sogar noch steigen, während

es im Flusse bereits fällt, weil es noch von den höheren Stellen des mit Wasser getränkten Erdreiches herabkommt. In den Kellern der Gebäude nennt man Wasser, für dessen Erscheinen die angegebene Veranlassung stattfindet, Grundwasser. Ist der Erdboden bis zum nächsten Flusse locker, so nützt alles Auspumpen des Wassers bei noch höherem Wasserstande im Flusse gar nicht; beim Abnehmen der Wasserhöhe im Flusse verliert es sich dann im Keller von selbst, so daß das Auspumpen des Wassers nur dann angemessen und nothwendig ist, wenn der Erdboden zwischen dem Keller und Flusse das Wasser nicht gut durchläßt.

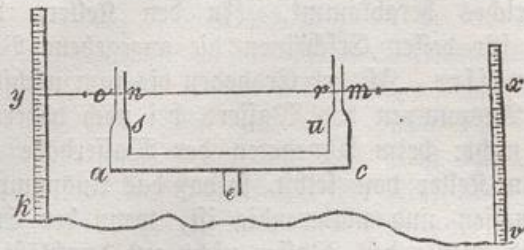
In den einfachen Studirlampen hat das Del im Brennzylinder denselben Stand, wie im Delgefäße.

In Gasanstalten, Brennereien, chemischen Laboratorien u. s. w. will man häufig den Stand der Flüssigkeit in einem undurchsichtigen Behälter ermitteln. Zu diesem Zwecke läßt man von dem untersten Theile des Behälters durch die Wand eine Röhre gehen, auf die man lothrecht eine offene Glasröhre setzt. In dieser äußeren Glasröhre wird die Flüssigkeit eben so hoch stehen, wie innerhalb, wenn sie hier nicht etwa einem besonderen Drucke ausgesetzt sind. Dies sind die Standmesser.

Das Nivelliren.

Will man Straßen, Eisenbahnen, Kanäle, Einrichtungen zum Drainiren, zur Veriefelung von Wiesen und Feldern, offene Gerinne, in Städten Wasserleitungen u. A. anlegen; so kommt es darauf an, zu wissen, ob ein gewisser Punkt mit einem zweiten, oft sehr weit entfernten in demselben Horizonte liegt oder nicht, und wenn nicht, ob der zweite höher und tiefer sich befindet und um wie viel. Man wird z. B. Wasser in einem offenen Gerinne von dem Punkte a bis zu dem Punkte b nicht leiten können, wenn b mit a in demselben Horizont oder höher liegt. Für die auf Straßen und Eisenbahnen zu verwendenden Kräfte darf der Weg nicht allzusteil in die Höhe gehn; worüber bestimmte, auf Gesetzen beruhende Erfahrungen vorliegen. In geschlossenen Röhren läßt Wasser sich über Anhöhen leiten, wenn sie niedriger liegen als das Niveau des Wassers, von welchem die Röhren ausgehen; für die Anlage von Kanälen ist es wichtig, in voraus die Menge der nöthigen Schleußen zu wissen und so sehen wir, daß die Beantwortung der Frage nach dem Höhenunterschiede oder der relativen Höhe zweier Punkte von der größten praktischen Wichtigkeit ist.

Für alle diese Zwecke ist die Kanalwage geeignet und da das Verfahren bei ihrer Anwendung das Nivelliren heißt, so wird sie auch Nivellirwage genannt. Auf eine Blechröhre a c (Fig. 69), deren Enden rechtwinklig umgebogen sind, kittet man zwei Glaszylinder n s und r u, welche etwa die Weite von Lampenzylindern haben oder selbst solche



(Fig. 69)

sein können; und versieht die Mitte der Blechröhre mit einer Kapsel *e*, um sie dadurch auf ein Gestell mit drei Füßen zu stellen. Ist nun in diese kommunizirenden Röhren so viel Wasser gegossen, daß es bei ungefähr horizontaler Lage von *a c* in den Gläsern bis etwa an die Mitte

reicht; so ist es leicht bei ruhigem Wasserstande horizontaler Linien abzustechen, zu untersuchen, um wie viel ein Punkt höher oder tiefer liegt, als ein zweiter (welche Neigung oder welches Gefälle vorhanden ist) und auch auf gewisse Entfernungen ein gewisses Gefälle oder eine gewisse Steigung herzubringen.

Hat man das Instrument vor sich und sieht man von *o* aus grade über das Niveau *n* so, daß auch das andere Niveau *r* in der Seh- und Visirlinie liegt; so sieht man in einer horizontalen Linie und trifft man mit dieser Linie auf einen Punkt *x* eines in *v* lothrecht aufgestellten Maßstabes, einer sog. Nivellirlatte, so liegt auch *x* in dieser horizontalen Linie. Stellt man sich, indem das Instrument stehen bleibt, mit dem Auge nach *m* und sieht über die Niveaus *r* und *n* nach dem Punkte *y* des jetzt in *k* aufgestellten Maßstabes, so liegt auch *y* mit *x*, also auch mit *x* in derselben horizontalen Linie.

Um recht genau horizontal zu sehen, ist bei sehr guten Instrumenten ein Fernrohr mit Fadenkreuz oder es sind wenigstens Dioptern oder Schwimmer mit gleich hoch überragenden Plättchen angebracht. An den Nivellirlatten sind durch eine Schnur verschiebbare Tafeln mit schwarz-weißen Abtheilungen zum sicheren Einstellen durch ein dem Gehilfen gegebenes Signal vorhanden. Beobachtet man mit Libellen und den Fernröhren, so ist die Tafel nicht nothwendig, und man liest selbst auf dem Maßstabe ab.

Stünde bei *x* auf dem Maßstabe die Zahl 8 Fuß, bei *y* die Zahl 6 Fuß, so liegt der Fußpunkt *v* um 2 Fuß tiefer, als der Fußpunkt *k*. Wollte man also von *k* aus eine horizontale Linie haben, so müßte man nach *v* hin um 2 Fuß erhöhen; wollte man aber von *v* aus die horizontale Richtung haben, so müßte man bei *k* 2 Fuß abtragen, wie es namentlich bei der Anlage von Eisenbahnen sehr häufig vorkommt.

Hätte man die Absicht in einem offenen Gerinne das Wasser von *k* bis *v* zu leiten, so würde dies unmittelbar ausführbar sein, wenn zwischen *k* und *v* Erhöhungen nicht mehr vorhanden wären; wären dergleichen da, so müßte man sie abtragen.

Betrüge die horizontale Entfernung von *k* nach *v* 30 Ruthen, so

wäre also das Gefälle auf 30 Ruthen 2 Zoll. Man pflegt die Größe des Gefälles durch einen Bruch auszudrücken, dessen Nenner die horizontale Entfernung der beiden Endpunkte und dessen Zähler der Abstand der durch sie gelegten horizontalen Ebenen ist, nachdem man beide in derselben Maßsorte ausgedrückt hat. In diesem Beispiele wäre es also $\frac{2}{30 \cdot 12 \cdot 12} = \frac{2}{4320}$ oder $\frac{1}{2160}$. Meistens nimmt man jedoch ein für allemal 100 Ruthen als horizontale Entfernung. Die Steigung ist natürlich immer gleich dem Gefälle.

Es ist natürlich, daß man bei großen Entfernungen der Punkte x und y und sehr unebener Gegend dazwischen das Instrument wiederholt wird aufstellen müssen. Bei der Wahl von Eisenbahnlinien ist ein Nivellement erforderlich, um die Höhenunterschiede der ausgezeichnet hoch und tief liegenden Punkte zu bestimmen.

Wollte man Wasser in Röhren über Unebenheiten leiten, so müßte vor Allem ermittelt werden, ob der höchste Punkt noch tiefer liegt, als das Niveau des Behälters, von welchem die Röhren mit Wasser versorgt werden. Ist es nicht der Fall, so muß der Plan aufgegeben oder die Leitung tiefer angelegt werden.

Berieselung.

Pflanzen können weder beim Mangel noch beim Ueberflusse von Wasser gedeihen, sondern nur, wenn der Erdboden mäßig feucht erhalten wird. Bewässerung und Entwässerung sind also für die Landeskultur von unendlicher Wichtigkeit.

Haben Aecker und Wiesen einen die Feuchtigkeit sehr leicht durchlassenden Untergrund, so trocknen sie bei Regenmangel bald aus und die Vegetation stirbt ab. In diesem Falle muß man eine Berieselung anzubringen suchen, d. h. man leitet aus höher gelegenen Wasserbehältern in offenen, zuerst weiteren und von ihnen in engeren Verzweigungen auslaufenden Gerinnen mit geringem Gefälle das Wasser an die gewünschten Stellen. Diese Gerinne müssen an den höher gelegenen Borten des Ackers oder der Wiese liegen und sich von da aus in schrägen Nesten abwärts verbreiten, damit die Bewässerung von den höheren Punkten aus sich gleichmäßig entwickle. Ein zu starker Zufluß muß zeitweise durch Absperrung gehemmt werden. Da, wo ein natürlicher Wasservorrath an den höheren Punkten nicht ist, oder durch offene Gerinne hingebracht werden kann, sollte man, wenn irgend möglich, durch Windmühlenspumpen, welche sehr einfach gebaut sind, das Wasser heraufschaffen. Der Ertrag lohnt auf's reichlichste die Anlagekosten.

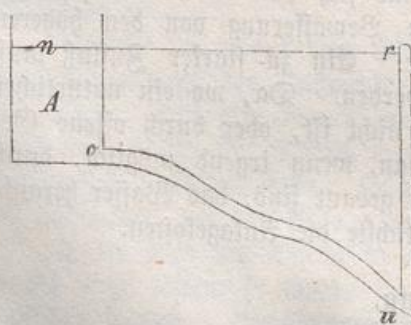
Drainirung.

Die Entwässerung könnte zwar auch durch offene Abzugsgräben geschehen, wenn nur das nöthige Gefälle vorhanden ist, aber durch tief

einschneidende Gräben verliert man nicht nur an nutzbarer Oberfläche, sondern erschwert sich auch die Bewirthschaftung. Ist ein das Wasser nicht durchlassender Untergrund (Lehm, Letten) vorhanden, so sammelt sich über ihm sowohl das durchsickernde Regenwasser, als auch das aus höher gelegenen Orten, selbst aus größeren Behältern herabkommende Gewässer und man hat fortwährend im Untergrunde Wasser, Grundwasser, welches durch die Kapillaranziehung nach oben dringt und den Erdboden fortwährend übermäßig naß erhält, so daß nicht nur die Bäume eingehen, wenn sie mit den Wurzeln etwas tiefer kommen, sondern auch andere Pflanzen gar nicht oder nur kümmerlich wachsen. Liegt in einem solchen Falle unter der das Wasser tragenden Schicht, eine mächtigere Sandschicht, so kann man erstere an einer Menge von Stellen durchbohren, und das Wasser fließt nach der letzteren ab. Dieses Verfahren ist aber theils nicht nachhaltig, theils unsicher und daher wendet man das Drainiren an. Man legt nämlich in einer Tiefe von mindestens 4 Fuß parallele Reihen von Röhren aus gebranntem Thone mit einem sehr mäßigen Gefälle, und läßt diese Stränge in weitere Sammelröhren (Sammelrain) münden, die es weiter fortführen. — Auf diese Weise kann das Grundwasser höchstens nur bis zu den Drainröhren emporsteigen und der Erdboden darüber wird von der übermäßigen Nässe befreit und auch frei erhalten, ohne daß er durch das abfließende Wasser ausgetrocknet werden könnte.

Wasserleitungen.

In den Wasserleitungen zum häuslichen Gebrauche kommt natürlich ebenfalls das Princip der kommunizirenden Röhren in Anwendung. Sind die Höhen in den Häusern bestimmt, bis zu welchen das Wasser gelangen soll, so muß man entweder natürliche Wasserbehälter auffuchen, deren Niveau mindestens diese Höhe hat, oder man muß das Wasser durch kräftige Maschinen, namentlich Dampfmaschinen, bis zu dieser Höhe heben oder drücken, und dann durch geschlossene Röhren weiter leiten.



(Fig. 70.)

Von der Sohle des Borrathsbeckens A (Fig. 70) aus können die Ableitungsröhren o u in beliebiger Richtung ab- und aufwärts gehen, wenn nur die höchsten Punkte noch unter dem Niveau n r des Beckens liegen, bis sie endlich in den Gebäuden aufwärts geleitet werden und in den verschiedenen Stockwerken die mit Hähnen abzusperrenden Seitenröhren a, b, c, d haben. Der Seitendruck in der Steigröhre B nimmt natürlich von unten

nach oben ab und daher strömt das Wasser aus den unteren Röhren mit einer größeren Geschwindigkeit, als aus den oberen. Es ist natürlich, daß die in dem Wasser enthaltene Luft bei der Erwärmung des Wassers in Gebäuden in den Röhren emporsteigt, sich in deren höchsten Stellen ansammelt und beim Oeffnen eines Hahnes zuerst und oft gleichzeitig mit dem Wasser herausströmt.

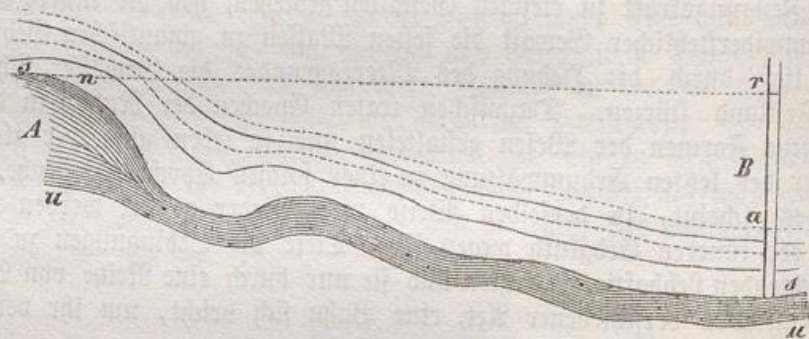
Artesische Brunnen.

Unser Erdkörper hat seit der Zeit, als er sich in seinem flüssigen Zustande kugelförmig gestalten konnte, bis jetzt nachweislich drei großartige Zerstörungs- und Erneuerungsperioden durchzumachen gehabt. Nachdem die Erdrinde sich schon so bedeutend abgekühlt und das Flüssige von dem Festen sich gesondert hatte, daß organische Wesen mit urmächtiger Zeugungskraft zu riesigen Gestalten gediehen, hob die innere Gluth mit unwiderstehlicher Gewalt die festen Massen zu gigantischen Gebirgen und ließ durch die Hebung des Meeresgrundes die Gewässer sich auf das Festland stürzen. Dazwischen traten Epochen der Ruhe, in denen sich neue Formen der Wesen gestalteten und so leben auch wir als die Kinder der letzten Erdumwälzung in einer solchen Epoche der Ruhe, die, wie es scheint, in derselben Weise nicht wieder gestört werden wird, weil der inneren Erdgluth wegen ihrer Tiefe die Bedingungen zu einer vernichtenden Lebhaftigkeit fehlen und sie nur durch eine Reihe von Essen, den Vulkanen verschiedener Art, eine Bahn sich bricht, um ihr verhältnißmäßig kümmerliches Dasein zu verkünden.

Durch jede der wiederholten Ueberfluthungen der Erdrinde haben sich Schichten von den grade im Wasser aufgelösten oder mit ihm fortgeführten Massen gebildet, die ohne eine neue Erhebung ohne Ausnahme horizontal gelagert sein würden, wie wir es an den jüngsten Schichtungen in der That erkennen; die aber, insofern sie älteren Epochen und den aus inneren Erhebungen entstandenen Gebirgsbildungen angehören, gegen den Horizont eine geneigte Lage haben müssen. Es darf uns nicht in Verwunderung setzen, daß der Granit, diese Urgebirgsmasse, also eigentlich die unterste, auf den Gipfeln der Gebirge sich vorfindet, daß ferner die Schichtungen rings um einen Berg aufsteigen und sich wie ein Mantel um ihn gelagert haben und daß endlich diese Schichten durchbrochen und zerklüftet sein müssen, wodurch die sogenannten Gänge, in denen sich oft die herrlichsten Krystalle durch Sublimation gebildet haben, entstanden sind; denn sowie die horizontalen Schichten von unten gehoben und genöthigt wurden, einen größeren Flächenraum um den auf derselben Grundfläche gebildeten Berg einzunehmen, so mußten sie zerklüften.

Die verschiedenen Schichten sind nun entweder so lose, wie der kultivirte Boden, der Sand, loses Steingeroll oder selbst Sandstein, daß

sie das Wasser durchlassen, oder sie sind so fest, wie Lehm, Letten, Felsen verschiedener Art, daß sie das Wasser zurückhalten. Wenn nun in den Gebirgen, wo die wässerigen Niederschläge aus der Atmosphäre sich besonders häufig bilden, das Wasser durch die losen Schichten und inneren Spalten tiefer dringt; so sammelt es sich theils in offenen Becken, theils in unterirdischen Höhlen oft in bedeutenden Massen an. Diese offenen oder bedeckten Gebirgsseen haben bisweilen keine unterirdischen Abflüsse, bisweilen aber stehen sie mit tiefer liegenden durchlassenden und von den Gebirgen aus weit in's Land sich verbreitenden Schichten in Verbindung, werden aber oberhalb von undurchlassenden bedeckt. Im letzten Falle reichen diese Bedeckungen häufig zwar auf große Strecken, hören aber endlich auf und an solchen Stellen brechen dann mächtige Quellflüsse hervor oder es entstehen große Seen, wie in den nordamerikanischen Freistaaten.



(Fig. 71.)

Wenn nun (Fig. 71) A ein solcher unterirdischer und hochgelegener Wasserbehälter ist, von seiner Sohle an eine wasserhaltige Schicht zwischen zwei undurchlassenden uu und ss abwärts geht, wobei letztere noch von einer ganzen Menge verschiedener Schichten bedeckt sein kann und man bohrt von der Erdoberfläche bei a an durch die oberen Schichten bis man durch die letzte ss über dem Wasser gekommen ist; so dringt es aus dem Bohrloche mit um so größerer Heftigkeit, je höher das Niveau des A liegt. Bringt man bei a Anfahrrohre an, so läßt sich die Höhe des Niveaus n von A bestimmen, weil es in dieser Röhre bis zu derselben Höhe r steigt.

Mündet die Röhre bei a oder überhaupt unterhalb r, so springt ein Wasserstrahl aufwärts und man hat einen natürlichen Springbrunnen, wie z. B. der zu Grenelle bei Paris, welcher einen 50 Fuß hohen Wasserstrahl gibt.

Beim Anlegen dieser Brunnen verfährt man anfänglich wie bei gewöhnlichen Brunnen. Man gräbt nämlich ein rundes Loch aus, setzt in dasselbe einen Kranz von doppelten Bohlen, mauert auf diesen bis über die Erdoberfläche so weit man bequem reichen kann, dann schafft

man den Erdboden oder den Sand ringsum unter dem Kranze nach und nach fort, wodurch er mit seinem Mauerwerke sinkt, so daß man wieder aufmauern kann. Dieses Verfahren wiederholt man so lange, als das Mauerwerk beim Herabsinken durch die Reibung an den Wänden der Oeffnung noch nicht leidet oder hört auch damit schon früher auf. Dann wird von der Mitte der Sohle mittelst eines Erdbohrers ein Loch gebohrt und, wenn der Boden lose ist, sogleich eine Gußeisenröhre hineingetrieben; ist der Boden fest, so kann man tiefer bohren und das Eintreiben des Rohres später vornehmen. Das Rohr darf aber nicht durch Rammern hinabgeschlagen werden, weil es leicht springen würde, sondern man muß kräftig wirkende Schrauben anwenden, wobei selbst noch große Vorsicht angewendet werden muß. Wesentlich ist, daß das Loch absolut lothrecht gebohrt werde, weil jede Abweichung die spätere Arbeit bei größerer Tiefe unmöglich macht. Sind die Tiefen, bis zu welchen man ein Rohr eingetrieben hat und somit auch die Reibung sehr bedeutend, so kann man in das erste weite Rohr ein zweites engeres schieben, und in diesem weiter bohren. Kommt man auf Gestein, so muß dies mit excentrischen Stahlbohrern durchbrochen werden, damit für die Röhre eine hinreichend weite Oeffnung gewonnen werde.

Ist man endlich auf den Springquell gekommen, so stürzt das Wasser aus dem Bohrloche bisweilen mit solcher Heftigkeit hervor, daß die Arbeiter kaum Zeit haben sich aus dem Brunnenschachte vor dem Ertrinken zu retten.

Der ungeheure Wasserdruck auf die Wände des Bohrloches macht es auch nothwendig, daß dasselbe ausgefüttert werde, weil sonst selbst der festere Kettenboden abgespült würde, wodurch man, wie z. B. an dem Reformaten-Fort der Festung Posen, fortwährend sehr getrübbtes Wasser erhielt, oder Gefahr lief, daß das Bohrloch bis zum Einsturz des seine Mündung umgebenden Erdbodens ausgespült wurde, was meines Wissens bereits schon einmal vorgekommen ist, so daß eine Mühle, welche durch das Bohrwasser getrieben wurde, verschwand und an ihrer Stelle ein ungeheurer tiefes Wasserloch entstand. — In Posen hat man einem solchen Unglücke dadurch vorgebeugt, daß man auf die Sohle des ausgemauerten Brunnens eine Menge Steingruß und scharfen Kiesel sand gethan hat, wodurch nächst der Wassermasse im gemauerten Brunnen die Kraft des aufsteigenden Wassers gebrochen und es zugleich geklärt wurde.

Außerhalb dieses Festungswerkes in einer Entfernung von etwa 400 Schritten ist später ein artesischer Brunnen mit eingetriebenem Rohre angelegt worden, welcher vollkommen klares Wasser gibt. Aber in dem benachbarten Rochus-Fort hat man bereits seit dem Jahre 1839 fortwährend hellbraunes Wasser, weil es durch Braunkohlenlager geht, deren mehre sogar auch durchbohrt worden sind. Man kann bei diesem Brunnen das Rohr nicht tiefer bis zu der wohl auch dort vorhandenen

weißen Quelle treiben, weil es bei dem Eintreiben durch eine Schraube mit einer Wirkung von etwa 80,000 Pfunden einen schiefen Sprung in einer Tiefe von mehr als 200' bekommen und man den oberen Theil schon etwas über diese Stelle schräge fortgetrieben hat. Hier steigt das Wasser in den Anfahröhren über der Hoffsole zu 32 Fuß Höhe.

Die artesischen Brunnen haben den großen Vorzug einer zu keiner Jahreszeit versagenden bedeutenden Wassermenge, so daß dadurch verschiedene Maschinen in Zuckersiedereien, Brennereien, Brauereien, Färbereien, Eisenwerken betrieben werden können, z. B. im Dorfe Hemmerde treiben mehre Bohrbrunnen 2 Mühlen, deren jede in 1 Sekunde 3 Kubikfuß Wasser verbraucht; bei Königsborn unweit Anna werden die Salinenwerke größtentheils durch Bohrwasser betrieben.

Von unendlichem Nutzen sind die von den Franzosen in den Provinzen Algier und Konstantine angelegten äußerst ergiebigen Brunnen für die Landeskultur. — Die früher fast ganz wasserlose und unfruchtbare Gegend zwischen den Kreidhügeln von Louth in England und der Meeresküste ist jetzt durch viele mehre Fuß hoch gehende Brunnen bewässert.

Einen anderen Nutzen gewähren artesische Brunnen, wenn man auf Wasser kommt, welches über Salzlager gegangen ist und sich mit Salz ziemlich gesättigt hat. So ist man z. B. bei Preussisch Minden in einer Tiefe von 2219,5 Fuß auf eine Salzsoole gekommen, die sogar 1994 Fuß unter dem Meeresspiegel liegt.

Vor vier Jahren haben die Nordamerikaner dergleichen Bohrungen angewendet, um das Petroleum, womit jetzt ganz Europa versorgt wird, in größeren Massen zu gewinnen.

Zu Warmbrunn am Riesengebirge hat man mit außerordentlicher Mühe ein Bohrloch durch Felsen getrieben, um eine ergiebigere Schwefelquelle zum Gebrauche für die Bäder zu erhalten und hat seinen Zweck vollständig erreicht.

Weil die Temperatur des Wassers mit wachsender Tiefe zunimmt (bei 90—100 Fuß um 1 °C.), so ist es auch schon zum Beheizen gebraucht worden, wie z. B. in einer Papierfabrik bei Heilbronn. Das Wasser des Brunnens von Grenelle, welches aus einer Tiefe von 1784' kommt und 50 Fuß über die Oberfläche steigt, hat eine Temperatur von 24 °R. Die ganze Vorstadt St. Germain wird täglich mit 100000 Kubikfuß Wasser versorgt.

Die Bedingungen für das Auffinden artesischer Quellen sind in der Nähe von Gebirgen eher vorhanden, wie z. B. im nördlichen Italien in der Nähe der Appenninen und der Alpen, als in sehr großer Entfernung von ihnen. Trifft man, ohne eine Quelle erhalten zu haben, auf Urgebirgsarten, auf Granite, Dioriten und andere vulkanische Gebilde, wie Lava; so muß man die Arbeit unbedingt aufgeben. Die Unterlage der Quellen müssen Urgebirgsmassen, feste jüngere Felsarten

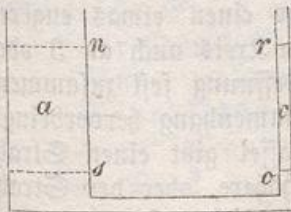
oder wasserdichte Erdarten, wie eisenschüssiger Mergel und Thon sein. Je häufiger die aufgelagerten Schichten mit Thon und Mergel wechseln, desto wahrscheinlicher ist der Erfolg. In großen Entfernungen von den Gebirgen wird man in der Regel viel tiefer bohren müssen, als in deren Nähe, weil dort sich das Erdreich mit feinen Schichten gesenkt hat, während die Gebirge durch Erhebung von Innen sich bildeten.

Diese Brunnen werden zwar allgemein nach der ehemaligen französischen Grafschaft Artois artesische genannt, sie sollten aber eigentlich chinesische heißen, weil dieses unermülich fleißige Volk sie weit früher schon angelegt hat, freilich unendlich viel mühsamer mit ihren Seilbohrern, als wir mit den Stangenbohren.

In der Gegend von Kia-ting-su unter 101,5 Grad östlicher Länge von Paris und 29,5 Grad nördlicher Breite sind auf einer Strecke von etwa 10 französischen Meilen Länge und 5 Meilen Breite über 2000 solcher Brunnen, welche man auch Feuerbrunnen nennt; weil aus ihnen eine Menge Schwefelwasserstoff aufsteigt, welches zum Heizen der Pfannen mit dem Salzwasser benutzt wird. — Man senkt durch die 3 bis 4 Fuß hohe Erdschicht eine hölzerne Röhre von 5 bis 6 Zoll Durchmesser, legt obenauf eine Steinplatte mit entsprechender Oeffnung, läßt hinein einen Eisenbohrer von 300 bis 400 Pfund Gewicht, welcher kronenartig krenelirt und oben ausgehöhlt ist, vermittelst einer Hebelvorrichtung immer etwa aus einer Höhe von 2 Fuß fallen, indem man in das Loch von Zeit zu Zeit Wasser gießt, um die zermalnte Masse in einen Brei zu verwandeln und sie dann mit dem Bohrer herauszuziehen. Das Seil aus Rohr ist zwar nur fingerdick, aber so haltbar, als unsere Darmseiten.

Es ist erklärlich, daß eine solche Arbeit wenigstens 3 Jahre in Anspruch nimmt, wenn auch ununterbrochen gearbeitet wird, denn im günstigsten Falle bringt man in 24 Stunden 2 Fuß zustande und wenn der Ring des Bohrers abbricht, so bedarf es einer Arbeit von 5 bis 6 Monaten, um den alten Bohrer mittelst neuer Widderköpfe zu zermalmen.

Der hydrodynamische Springbrunnen.



(Fig. 72.)

Denkt man sich von zwei kommunizirenden Gefäßen a und c (Fig. 72), in welchen eine Flüssigkeit, z. B. Wasser, in gleichem Niveau n und r steht, das eine bei o plötzlich abgekürzt; so wird das Wasser der Schicht o von der Wassersäule ns, welche in dem anderen Gefäße über dem Niveau von o liegt, mit einer solchen Kraft aufwärts gedrückt, daß es, wäre die Röhre vorhanden, in ihr bis zum Niveau im anderen Gefäße steigen würde; nun aber die Röhre nicht vorhanden ist, wenigstens das Bestreben in einem frei aufsteigenden Strahle zeigt. Wenn auch das

Niveau in dem Gefäße in gleicher Höhe erhalten wird, so kann der Springstrahl doch nicht seine Höhe erreichen, denn das Wasser findet einen Widerstand bei seiner Bewegung 1) an den Gefäß- und Röhrenwänden und zwar einen um so größeren, je enger und je länger sie sind, 2) an den Wänden der Ausflußöffnung, 3) an der Luft und 4) reißt die bereits abwärts gehenden Wassertheile die noch im Aufsteigen begriffenen zum Theil mit herab.

Je mehr diese Widerstände vermindert werden, desto höher hinauf geht der Strahl. Dieses wird geschehen, 1) wenn sowohl der Wasserbehälter, als auch das Zuflußrohr bis zur Springöffnung eine hinreichende Weite hat, wobei das Zuleitungsrohr desto weiter sein muß, je länger es ist; 2) wenn viele und starke Krümmungen in diesem Rohre möglichst vermieden werden; 3) wenn man die Reibung an der Ausflußmündung möglichst vermeidet, sie also in einer nur dünnen Metallwand anbringt, was allerdings mehr oder minder den Uebelstand mit sich bringt, daß das Wasser sich eher zertheilt, als daß es einen glatten Strahl hervorbringt; 4) wenn man den Strahl im Verhältnisse zu der Zuflußmenge des Wassers nicht zu dick werden läßt; 5) wenn man ihn einwenig von der lothrechten Lage ableitet.

Da sich das Wasser an allen Kanten theilen der Ausflußöffnung stößt, so verengt sich bei einer kreisrunden Oeffnung in einer Platte der Strahl kegelförmig. Bringt man ein dieser Verengung entsprechendes kegelförmiges Ausflußrohr an, so erreicht man eine größere Höhe, als durch ein zylindrisches und erhält einen glatten Wasserstrahl. Die Geschwindigkeit des mittelsten Wasserkernes wird durch das von den Wänden des Rohres zurückgeworfene Wasser vermehrt, indem die bewegten Wassertheilchen einander unter einem spitzen Winkel treffen und nach derselben Gegend sich bewegen.

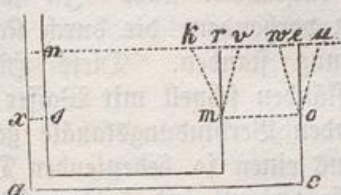
Um bei einem gewissen Durchmesser des Strahles die Wassermenge zu vermindern, kann man den Strahl hohl machen, indem man entweder in die Deckplatte des Ausflußrohres einen mehr oder minder breiten kreisförmigen Spalt einschneidet, wobei der undurchbrochene innere Kreis an 3 oder 4 Stellen mit dem äußeren im Zusammenhange bleiben muß, oder man steckt in ein zylindrisches Ausflußrohr einen etwas engeren massiven Keil mit der Spitze nach unten, dessen Kreis auch an 3 oder 4 Stellen mit dem Rande der kreisförmigen Oeffnung fest zusammenhängt, wenn man nicht etwa unten einen Zusammenhang hervorbringt.

Die Fontaine an der Wilhelmshöhe bei Kassel gibt einen Strahl von 80 bis 90 Fuß Höhe. Es gibt wohl noch höhere, aber der Strahl derselben ist nicht immer bloß durch den hydrostatischen Druck erzeugt.

Daß die Ausflußmündungen mancherlei Gestalt haben können, um verschiedene Figuren herzustellen, versteht sich von selbst. — Es lassen sich noch mancherlei angenehme Abwechslungen und Spielereien anbringen; man kann z. B. durch viele kleine Oeffnungen ein Farbenbündel von

feinen Strahlen erzeugen, mehre dergleichen neben einander von verschiedener Richtung anlegen; das Wasser glockenförmig sich gestalten lassen, indem es durch einen kreisförmigen, nach unten gerichteten Spalt ausläuft; bei kleinen einfachen Strahlen kann man um die Mündung des Rohres einen etwas breiteren Drahtkorb anbringen, so daß eine hohle Metallkugel, welche man hineinwirft, von dem Strahle getragen und oft längere Zeit schwebend erhalten wird, bis sie wieder in den Korb fällt, nach seiner tiefsten Stelle in der Mitte rollt und aufsneue durch den Strahl sich tragen läßt. Von den eine Drehung hervorbringenden Reaktionserscheinungen werden wir später im Zusammenhange sprechen.

Das hydrodynamische Gesetz.



(Fig. 73.)

Ist in zwei kommunizirenden Gefäßen na und ro (Fig. 73) eine Flüssigkeit in Ruhe oder befinden sich die beiden Niveaus in derselben Horizontalebene, so wird jede innerhalb befindliche horizontale Schicht, wie z. B. mo von zwei Kräften im Gleichgewichte erhalten: von der Flüssigkeitssäule $moer$ über mo wird ein Druck nach unten ausgeübt und von der Flüssigkeit unter mo ein eben so großer Druck nach oben, gleichgiltig, ob sich das Gefäß nach unten verengt oder erweitert, gleichgiltig, ob das in Verbindung stehende Gefäß weiter oder enger ist, denn der aufwärts gerichtete Druck jedes Theilchens unter mo richtet sich nur nach der Höhe der Säule ns , welche in dem anderen Gefäße über ihrem Niveau liegt. Die ganze Flüssigkeit zwischen xao dient nur dazu, sich selbst im Gleichgewichte zu erhalten und den Druck der Säule ns fortzupflanzen.

Wird also statt der Schicht mo ein Verschuß durch einen festen Körper angebracht, und somit die Säule ro außer Wirksamkeit gesetzt; so hat dieser Verschuß nur noch einen Druck nach oben zu ertragen. Dieser einseitige Druck wird unter allen Umständen durch das hydrodynamische Gesetz angegeben, welches sagt:

der Druck ist gleich dem Gewichte einer Flüssigkeitssäule, welche die den Verschuß berührende Schicht zur Grundfläche und ihre lothrechte Entfernung vom Niveau im anderen Gefäße zur Höhe hat.

Der Druck auf die Schicht mo sowohl nach unten als auch nach oben kann durch verschiedene Mengen von Flüssigkeiten bewirkt werden. Statt eines Gefäßes von gleicher Weite mit mo kann ein nach oben sich erweiterndes $kmou$ oder ein sich verengendes $vmou$ aufgesetzt werden, wobei der Druck auf mo sich nicht ändert, wenn nur der Höhenstand des Niveaus in allen Fällen derselbe ist.

Der Druck nach oben wird also nicht geändert, wie auch die Form und Größe des Gefäßes so beschaffen sein mag, wenn nur auch die Höhe des Niveaus in ihm sich nicht ändert. Man kann demnach mit wenigem Wasser in einer engen langen Röhre auf einen Deckel, welcher ein kurzes und weites damit kommunizirendes Gefäß verschließt, einen sehr großen Gesamtdruck ausüben. Dies ist das hydrodynamische Paradoxon.

Verhielten sich die Durchmesser zweier Röhren wie 1 zu 10, also ihre Querschnitte wie 1 zu 100, so würde ein Druck von 50 Pfunden auf sx einen von $100 \cdot 50 = 5000$ auf m_0 geben was ein unstreitig sehr bedeutender Erfolg mit geringen Mitteln ist.

Es ist daher nicht selten vorgekommen, daß plötzlich statt fruchtbaren Erdbodens tiefe Seen und Teiche entstanden sind. In solchen Fällen waren unter dem Erdboden Höhlen vorhanden, die durch Kanäle mit höher gelegenen Orten in Verbindung standen. Diese Höhlen füllten sich nach und nach oder unter Umständen schnell mit Wasser und wenn nun auch noch die nach oben gehenden Verbindungskanäle gefüllt wurden, so übte das Wasser von diesen aus einen so bedeutenden Druck auf die untere Seite der Erdkruste, daß sie zerborst und in dem Wasser versank.

Der anatomische Heber.

Wenn man ein kurzes Metallgefäß, woran sich, mit ihm kommunizirend, eine enge und lange Metallröhre anschließt, mit Wasser füllt, es mit einer thierischen Blase verbindet und dann in die enge Röhre Wasser nachgießt; so wird die Blase durch den Druck nach oben in allen Stellen gleichmäßig ausgedehnt und man kann dann leicht erkennen, wie ihre Fasern untereinander zusammenhängen; man kann sie gewissermaßen anatomiren und deshalb heißt auch diese Vorrichtung der anatomische Heber.

Ist die thierische Blase über den kurzen Schenkel des anatomischen Hebers so gebunden, daß die ursprünglich äußere Seite nach innen liegt, so schwitzt zufolge des Druckes das Wasser in kleinen Tropfen durch, während dieses bei Umkehrung der Blase nicht stattfindet. Der Harn kann also aus dem Körper durch zarte Kanäle wohl in die Urinblase treten, nicht aber durch dieselben wieder heraus.

Sticht man in die kugelförmig aufgetriebene Blase kleine Oeffnungen, so spritzt das Wasser in feinen Strahlen aufwärts.

Die hydrodynamische Wage.

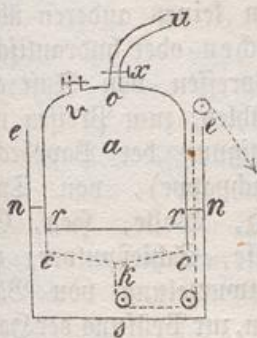
Beschwert man die mit einer Blase verbundene Mündung des weiteren Gefäßes mit Gewichten, so wird jede Wasserfäule von einer

bestimmten Höhe in dem längeren Schenkel über der des kürzeren im Stande sein auf einer bestimmten Fläche auch ein bestimmtes Gewicht zu heben. Ist das Verhältniß der Durchmesser der Röhre und des Gefäßes gleich 1 zu 10, so trägt die Blase das Hundertsache von dem Gewichte des Wassers, welches in der Röhre von dem Niveau der Blase an bis ans Niveau des engeren Schenkels enthalten ist.

Hydrodynamische Gebläse.

Man benutzt auch den Druck des Wassers, um abgesperrte Luft so zu verdichten, daß sie durch Röhren strömt und entweder zur Unterhaltung eines lebhafteren Verbrennens dient, wie bei den hydrodynamischen Gebläsen oder daß sie selbst brennt, wie bei den Gasometern der Leuchtgasanstalten, so wie der physikalischen und chemischen Laboratorien.

Ein hydrodynamisches Gebläse würde wesentlich in Folgendem bestehen (Fig. 74): esse ist ein Behälter mit Wasser, auf dasselbe ist ein unten offenes und oben bei *o* mit einer Ausströmungsröhre versehenes zylinder- oder kastenförmiges Gefäß *coe* aus Metall oder Holz umgestürzt, während die Röhre *ou* abgesperrt ist. Das Gewicht des Gefäßes *coe* drückt die in ihm enthaltene und unten durch das Wasser abgesperrte Luft in *a* zusammen und zwar um so mehr, je schwerer es ist und je mehr es belastet ist. Der Wasserstand *rr* im Gefäße wird niedriger sein, als der außerhalb, welchen wir uns bei *nn* denken wollen, weil ihn die Expansivkraft der zusammengedrückten Luft herabdrückt.



(Fig. 74.)

Die Kraft aber, mit welcher die Luft in *a* zusammengedrückt wird, ist gleich der Summe des Gewichtes des Gefäßes und einer Wassersäule, welche seine Oeffnung *ce* zur Grundfläche und den Unterschied der Höhe der beiden Wasserstände außerhalb und innerhalb zur Höhe hat.

Wird die Röhre *ou* durch den Hahn *x* geöffnet, so strömt aus ihr ein Luftstrahl bis der Raum *a* mit Wasser erfüllt ist, wenn das Gefäß *coe* aus Metall besteht. Da das Luftgefäß beim Ausströmen der Luft sinkt, so mußte das Rohr *ou* in einen beweglichen Schlauch übergehen. Man kann daher statt dessen das Ausströmungrohr durch den Boden des Wasserbehälters so hoch hinauf in das Luftgefäß gehen lassen, daß selbst beim höchsten Wasserstande in dasselbe Wasser nicht eindringt.

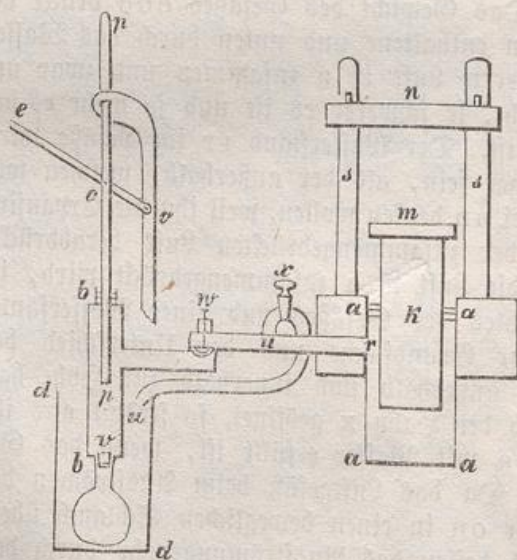
Will man einen fortwährenden Luftstrahl haben, so muß man zwei oder mehrere solche Vorrichtungen anbringen, es so einrichten, daß die Luftgefäße abwechselnd in verschiedenen Zeiten ihren Zweck erfüllen und

daß die Ausströmungsröhren in einen gemeinschaftlichen Behälter münden, von wo dann die zusammengedrückte Luft durch ein einziges Rohr abgeleitet wird.

Statt das Gefäß zu belasten, namentlich wenn es von Holz ist, kann es auch durch unten angebrachte Ketten *ek* mittelst einiger Leitrollen herabgezogen werden. Hat es seinen Dienst verrichtet, so muß es wieder aufwärts gezogen werden, indem man gleichzeitig von oben durch eine hinreichend weite Oeffnung *v* Luft hineinläßt und letztere wieder absperrt, wenn das Gefäß aufsneue blasen soll.

Hydrodynamische Presse.

Endlich benutzt man das hydrodynamische Paradoxon und das Prinzip der ungeschwächten Fortpflanzung eines auf eine abgesperrte Flüssigkeit ausgeübten Druckes noch zur Konstruktion zwar ziemlich einfacher, aber außerordentlich wirksamer Maschinen, die, wenn es auf Befreiung eines Widerstandes für kurze Wege ankommt, von keinen anderen übertroffen werden. Es sind dies die hydrodynamischen oder hydraulischen Pressen. Man wendet sie u. a. an zum Auspressen von Saft aus Pflanzen, z. B. in Rübenzuckerfabriken, in Oelmühlen, zum Pressen und Glätten von Papier (in Druckereien, zur Anfertigung der Pappdeckel,



(Fig. 75.)

zum Heben und Schieben von großen Lasten u. s. w. 10 Pfunde Druckkraft, welche auf 1 Quadratzoll des eine Flüssigkeit absperrenden Gefäßes ausgeübt werden, bringen auf einen irgendwie gelegenen Flächenantheil dieses Gefäßes von 20 Quadratzollen einen Gesamtdruck von $20 \cdot 10 = 200$ Pfunden hervor; aber diese 10 Pfunde Druckkraft, wirksam auf eine Fläche von 10 Quadratz-

Dachpappe), von Tuch, Filz, Wolle, Heu, Gemüse, Schießpulver, zur Entwurzelung von Bäumen, zur Prüfung der Haltbarkeit von Ketten (für Anker, Brücken u. a.) zum Biegen von kalten Eisenplatten zu Schiffspanzern, zum Heben und Schieben von großen Lasten u. s. w.

10 Pfunde Druckkraft, welche auf 1 Quadratzoll des eine Flüssigkeit absperrenden Gefäßes ausgeübt werden, bringen auf einen irgendwie gelegenen Flächenantheil dieses Gefäßes von 20 Quadratz-

zollen (auf jeden Quadratzoll also 1 Pfund), bringen auf dieselbe Fläche von 20 Quadratzollen einen Gesamtdruck von nur $1 \cdot 20 = 20$ Pfunden hervor. Wir können also die Regel aufstellen:

Für einen bestimmten, durch eine von außen wirkende Kraft ausgeübten Druck nimmt der fortgepflanzte Druck in demselben Verhältnisse ab, in welchem die drückende Fläche zunimmt.

Man wird also mit einer bestimmten Kraft durch Fortpflanzung des von ihr ausgeübten Druckes mittelst einer Flüssigkeit einen um so größeren Erfolg erzielen, je kleiner die Fläche ist, auf welche die Kraft wirkt, und je größer die Fläche ist, auf welche der Druck fortgepflanzt wird.

Fig. 75 soll eine Vorstellung von dem Wesen der Brahma'schen Maschine geben, ohne daß sie alle besonderen Einzelheiten wiedergibt. bb ist der Druckzylinder, welcher am Boden ein nach oben sich öffnendes Regelventil v hat und unten ein Sieb s trägt, damit nur klares Wasser aus dem Behälter dd, in welchem er steht, in ihn gelange; pp ist der wasserdicht oben durchgehende Druckkolben, welcher bei c durch die um o drehbare Stange eo auf- und abwärts bewegt werden kann. Von dem Druckzylinder geht ein Rohr rr nach dem Preßzylinder aaaa, durch dessen Decke wasserdicht der Preßkolben k mit seiner oben außerhalb befindlichen Preßplatte m geht. Der Preßzylinder ist durch starke Säulen ss mit der an ihnen befestigten Gegenplatte n verbunden. Das Verbindungsrohr rr enthält bei w ein sich nach oben öffnendes Regelventil und läßt sich durch ein bei x abschließbares Seitenrohr uu mit dem Behälter dd in Verbindung setzen.

Vor dem Gebrauche schraubt man die wasserdichte Niederung des Druckzylinders ab, füllt alle Räume mit ausgekochtem, also luftfreiem Wasser an, schraubt den Zylinder wieder zu und preßt durch einen Druck bei e den Druckkolben herab. Da das Ventil schon wegen seines Gewichtes die untere Oeffnung geschlossen hat, so öffnet das gedrückte Wasser das Ventil w, dringt in den Preßzylinder und treibt den Preßkolben aufwärts.

Wird der Druckkolben nicht mehr bewegt, so schließt sich das Ventil w wegen seines Gewichtes und wird, wenn man dann den Kolben aufwärts zieht, durch das Wasser vom Preßzylinder aus, sogar herabgedrückt, während v durch das Wasser im Behälter aufgestoßen wird, so daß der Druckzylinder mit neuem Wasser gespeist wird.

So kann durch wiederholtes Ziehen und Drücken des Druckkolbens die Preßplatte m immer höher und näher an die Gegenplatte n getrieben und ein zwischen ihnen befindlicher Körper mehr und mehr zusammengepreßt werden. Die Bewegung des m geht sovielmal langsamer als die des n, wie vielmal der Querschnitt des ersteren größer, als der des letzteren ist.

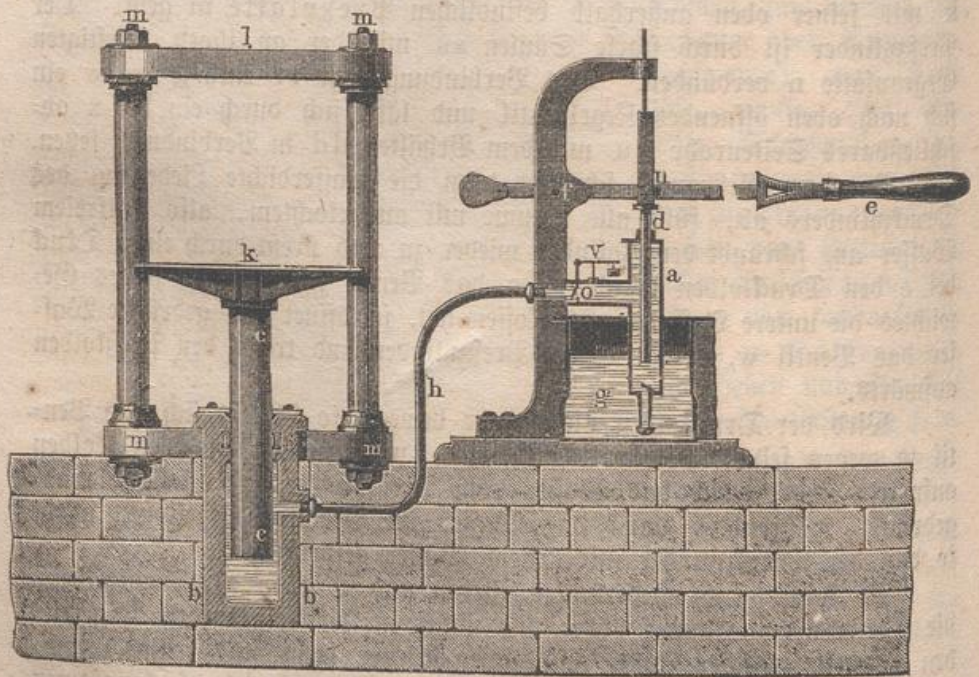
Die Berechnung des theoretischen Erfolges hat keine Schwierig-

keiten. Wäre eo gleich 3 Zoll, eo gleich 30 Zollen, also eo der zehnte Theil von eo , so würde eine Kraft von 1 Pfunde bei e einer von 10 Pfunden bei c oder eine von 50 Pfunden bei e einer von 500 Pfunden bei c das Gleichgewicht halten. Drückt man also mit einer Kraft von 50 Pfunden bei e abwärts, so geht der Druckkolben mit 500 Pfunden abwärts.

Sind ferner die Durchmesser der beiden Kolben 2 Zolle und 40 Zolle oder 1 Zoll und 20 Zolle, so verhalten sich ihre Querschnitte wie 1 zu 400 oder der Querschnitt des Preßkolbens ist das 400fache von dem des Druckkolbens und eine von diesem ausgeübte Kraft wird durch jenen das 400fache werden; also ist die Wirkung des Preßkolbens $50 \cdot 10 \cdot 400$ oder 200000 Pfunde = 2000 Zentnern.

Daß die Preßplatte m nicht mit dieser vollen Kraft von 2000 Zentnern aufwärts gehen kann, ist natürlich, weil verschiedene Reibungswiderstände, nämlich bei o , bei c und an den beiden Stopfbüchsen und das Gewicht des Preßkolbens mit seiner Platte zu überwinden sind; der Rest aber ist immerhin noch sehr bedeutend.

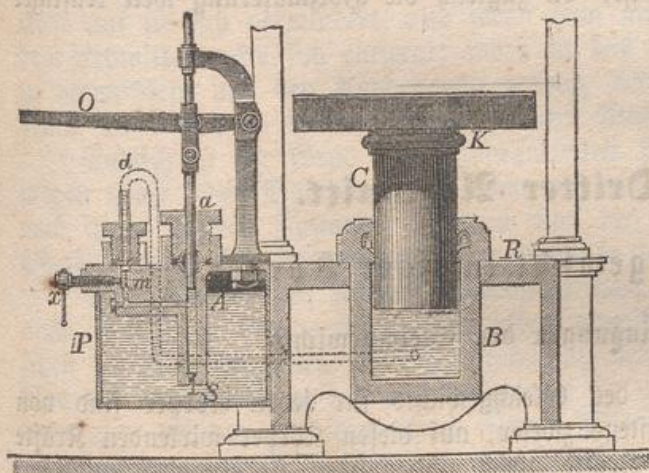
Wenn das Verhältniß des Nutzeffektes zum theoretischen wie 32 zu 34 angenommen wird, was man im Allgemeinen annehmen kann, so ist in diesem Beispiele immer noch ein Erfolg von fast 149000 Pfunden.



(Fig. 76. [1])

Die Einrichtungen im Einzelnen sind für die verschiedenen Zwecke verschieden. In Fig. 76 [1] ist a der in einem Wasserbehälter g stehende

Druckzylinder, mit einem Saugventile am Boden; d ist der durch eine Stopfbüchse gehende Druckkolben, welcher bei u durch den Hebel ef bewegt werden kann; in dem Presszylinder bb befindet sich der Presskolben cc, welcher oben die Pressplatte k trägt, die gegen eine andere l in dem festen Rahmen mm sich bewegen läßt. Der Druckzylinder ist durch ein Seitenrohr mit einem nach außen sich öffnenden Ventile o und dann durch das starke Verbindungsrohr h mit dem Presszylinder verbunden. Geht der Druckkolben abwärts, so wird das Ventil o geöffnet; hört man auf zu drücken, oder geht er aufwärts, so wird es durch den von k aus wirkenden Widerstand geschlossen; das Saugventil macht die entgegengesetzte Bewegung. v ist das Sicherheitsventil.



(Fig. 76. [2])

zuerst horizontal nach links, dann aufwärts geht, dort bei m ein nach oben sich öffnendes Ventil hat, und sich dann bei d abwärts krümmt, um in den Zylinder B geleitet zu werden.

Zieht man den Presskolben in die Höhe, so tritt Wasser aus P durch das Ventil S nach A; drückt man ihn hinab, so wird das Wasser durch das Ventil m nach oben und in den Zylinder B gepreßt. Durch Wiederholung des Vorganges wird B mit Wasser versorgt, und endlich der Kolben C emporgetrieben.

Für die Arbeiten des 12700 Meter oder 40175 rhl. Fuß langen Tunnels, welchen man zur Eisenbahn-Verbindung von Piemont mit Frankreich durch den Mont Cenis bricht, wird auch eine hydraulische Presse verwendet, um durch sie Luft für Arbeit der Steinbohrer und zur Ventilation des Tunnels zusammen zu pressen.

Die kolossalen Röhren der Menai-Röhrenbrücke in England zwischen der Insel Anglesea und dem Festlande, von denen jede der mittleren 31360 Zentner wog, wurden auch durch hydraulische Pressen über 200 Fuß hoch gehoben.

In Figur 76 [2] steht der Druckzylinder A mit seinem Bodenventile S in dem Wasserbehälter P; a ist der massive Druckkolben, welcher durch den Hebel O bewegt wird; B ist der starkwandige Presszylinder mit dem Presskolben C, welcher die Pressplatte K trägt. Der Druckzylinder A hat einen Abflußkanal, welcher

Um das größte aller vorhandenen Schiffe, den früheren Leviathan, jetzigen Great Eastern, vom Stapel zu lassen, wirkte man auf den Quadratfuß mit 20000 Zentnern, wobei Metallzylinder eines Apparates von mehr als 7 Zoll Dicke zersprengt und die stärksten Doppelbalken wie Zündhölzer zerbrochen wurden.

In England wendete man u. a. eine hydrodynamische Presse an, welche mit einem Drucke sogar von 40000 Zentnern auf den Quadratfuß wirkte, um die stärksten Eisenplatten im kalten Zustande zu den Schiffspanzern zu krümmen.

Durch die hydraulische Presse lassen sich Holzarten im Stamme mit den verschiedenartigsten Farben durch und durch versehen, was für Fourniere sehr wichtig ist, da zugleich die Holzmaserung weit kräftiger hervortritt.

Dritter Abschnitt.

Gleichgewicht luftiger Körper.

Bedingungen des Gleichgewichts.

Die Bedingungen des Gleichgewichts für jeden Körper sind von dem Verhältnisse wenigstens zweier, auf diesen Körper wirkenden Kräfte abhängig. Sind diese Kräfte gleich und wirken sie einander entgegengesetzt, so ist Gleichgewicht vorhanden.

Wir wissen, wie bei einem festen Körper eine Kraft, welche in einem Punkte seiner Schwerlinie angreift, der Gravitationskraft zur Erde das Gleichgewicht hielt, oder wie zwei Kräfte, welche beide auch die Anziehungskräfte der Erde sein konnten, den festen Körper im Gleichgewichte hielten, wenn er um einen bestimmten Punkt drehbar war, und die Kräfte eine Drehung nach entgegengesetzten Richtungen hervorbringen wollten. Wir wissen auch wie bei tropfbaren Körpern die Schwere nur durch die Kohäsionskraft der sie als Gefäße umschließenden festen Körper im Gleichgewicht zu halten war, wozu eigentlich auch das die Meere umschließende Festland zu rechnen ist.

Anders aber verhält es sich mit den luftigen Körpern, welche als gewichtig zwar auch den Gesetzen der Schwere unterworfen sind, aber noch eine ihnen eigenthümliche Eigenschaft, die Spannkraft oder Expansivkraft, und einen damit in Verbindung stehenden, sehr hohen Grad von Elastizität besitzen.

Alle luftigen Körper haben nämlich das Bestreben, einen größeren Raum einzunehmen, wenn sie daran durch einen äußeren Druck nicht