fr. Barbiez del. [illegible] sc.

Ludite, Naïades, librantes pondera aquarum:
Nunc est tuta quies, et Amor nunc dormit et aequor.

Grundlehren der Hydrostatik

oder

desjenigen Theiles

der Mechanik

welcher

vom Gleichgewichte des Wassers, der Luft, und überhaupt aller flüssigen Materien, wie auch von den auf diesem Gleichgewichte gegründeten Maschinen handelt.

von

Abel Bürja,

Prediger, Professor der Mathematik, und Mitglied der Königlichen Akademie der Wissenschaften in Berlin.

Berlin und Libau,
bei Lagarde und Friedrich.
1790.

Vorrede.

Daß die ganze Mechanik aus vier Haupttheilen bestehe, Statik, Hydrostatik, Dynamik und Hydrodynamik, ist schon in der Vorrede zu den Grundlehren der Statik erinnert worden. Von diesen vieren enthält gegenwärtiges Werkchen den zweiten allein, nämlich die Hydrostatik, oder die Lehre vom Gleichgewichte flüssiger Materien, wohin hauptsächlich Wasser und Luft gehören. Diese Lehre ist eine von den reizendsten und angenehmsten in der Mathematik und Physik. Man empfindet ein besonderes Vergnügen, wenn man die Gesetze untersuchet und betrachtet, wornach Wasser, Luft, und die darin schwimmenden oder schwebenden Körper, entweder sich bewegen oder in Gleichgewicht bleiben. Feste Körper, womit sich die Statik beschäftiget, kommen uns als schwerfällige und todte, Gegenstände vor, die man mit Gewalt aus ihrem Zustande der Trägheit reißen muß; hingegen haben flüssige Materien, wenigstens dem Scheine nach, mehr Thätigkeit und Leben: sie sind fast beständig in Bewegung, oder werden doch durch die geringste Kraft beweget. Daher kömmt es auch, daß die Theorie von dem Gleichgewichte und der Bewegung solcher Materien, eine der ältesten ist, womit sich die Gelehrten beschäftiget haben.

Schon beim Aristoteles trifft man einige Betrachtungen über diese Gegenstände an. In seinem zweiten Buche vom Himmel, im vierten Kapitel, beweiset er, daß die Oberfläche des Wassers nicht anders in Gleichgewicht sein kann, als wenn sie eine Kugelfläche bildet; aus der Ursache, daß alle Wassertheilchen gleich stark nach dem Mittelpunkte der Erde hinzielen, und daß, wenn ein Stück von der flüssigen Kugel abgeschnitten würde, die nächsten Theilchen den Abschnitt sogleich anfüllen müßten, um dem Mittelpunkte näher zu kommen. Noch jetzt ist dieser Beweis einer der besten, die man vom waagerechten Stande, und von der Kugelgestalt des Wassers, wenn es in Gleichgewicht ist, geben kann. Weniger glücklich ist Aristoteles, wenn er versuchet, die Eigenschaften der schwimmenden Körper zu erklären. Im 23sten Abschnitte seiner Aufgaben wirft er sich die Frage auf: warum die Schiffe im Hafen tiefer einsinken und schwerer beladen zu sein scheinen, als auf dem Meere? Die wahre Ursache ist, daß das Wasser im Hafen weniger salzig, und folglich weniger spezifisch-schwer ist, als in der offenen See, weswegen die pouſſée oder der Auftrieb geringer sein muß. Aristoteles aber bildete sich ein, es müßte ein kleineres Wasser, wie im Hafen, weniger Kraft haben, um das Schiff zu heben, als die größere Masse des Seewassers. Diese Erklärung konnte zu des Aristoteles Zeiten befriedigend genug scheinen; hingegen ist sie den neueren Erfahrungen gänzlich zuwider, indem es ausgemacht ist, daß ein schwimmender Körper in einem kleineren Gefäße weder mehr noch minder einsinket, als in einem größeren, wenn beide mit Flüssigkeiten von gleicher spezifischer Schwere angefüllet sind.

Hundert Jahre später als Aristoteles erschien Archimedes, der sich sehr mit mechanischen Wissenschaften beschäftigte. Nachdem er zwei Bücher über das Gleichgewicht überhaupt geschrieben hatte, verfertigte er noch zwei andere über das Gleichgewicht schwimmender Körper. Die griechische Urschrift dieses Werkes ist gänzlich verloren, und es ist nur aus einer alten lateinischen Uebersetzung bekannt, die vom Kommandinus verbessert wurde. Es fehlet gänzlich in Sturms deutscher Uebersetzung des Archimedes; man findet es aber in einer Sammlung der Werke des Archimedes, des Pergischen Apollonius und des Theodosius, welche von Barrow, Newtons Lehrer, im Jahre 1675 zu London herausgegeben wurde.

Archimedes fängt das erste Buch von schwimmenden Körpern mit dieser Hypothese an: **daß in einer flüssigen Materie die weniger gedrückten Theile von den mehr gedrückten weggetrieben und verdränget werden, und daß jedes Theilchen durch das Gewicht der über dasselbe befindlichen flüssigen Säule gedrücket wird.** Hieraus schließt er, daß das Wasser eine Kugelfläche bildet, und was geschehen muß, wenn ein ins Wasser gelegter Körper spezifisch eben so schwer, oder leichter oder schwerer ist. Wie er die Beweise führet, wäre hier zu weitläuftig zu erörtern. Hernach nimmt Archimedes diese zweite Hypothese an: **daß der Auftrieb des Wassers in einer Linie wirket, welche lothrecht ist, und durch den Schwerpunkt des festen Körpers gehet.** Diesen

zweiten

zweiten Grundsatz wendet Archimedes am Ende des ersten und im ganzen zweiten Buche auf schwimmende Körper an, und beweiset, wie tief sie einsinken müssen, und ob sie stehen oder umfallen werden. Die Körper, welche er betrachtet, sind Abschnitte entweder von Kugeln, oder von solchen Körpern, die durch die Umwendung eines Kegelschnittes um seine Axe entstehen.

Seit des Archimedes Zeiten bis zum Stevin, im Anfange des 17ten Jahrhunderts, ist in der Hydrostatik nichts neues entdecket worden. Stevin hat am ersten bewiesen, daß der horizontale Boden eines Gefäßes immer gleich stark gedrücket wird, wenn die Höhe des Wassers unverändert bleibet, es mag übrigens das Gefäß oberwärts so eng oder so breit gemachet werden, als man will; auch daß jeder Theil der inneren Wand eines Gefäßes einen Druck leidet, der so viel beträgt, als das Gewicht einer Wassersäule, deren ebne Grundfläche so groß ist, als der gedrückte Theil, und deren Höhe so viel beträgt, als die Entfernung von der Oberfläche des Wassers bis zum Schwerpunkte des gedrückten Theiles. Die Beweise des Stevin kann man ins Kurze gefaßt nachlesen in des Herrn de la Grange Méchanique analytique, Seite 125 und 126.

Man siehet hieraus, daß die vornehmsten Lehrsätze der Hydrostatik, in Betreff des Wassers und der unelastischen Flüssigkeiten, wie auch der festen Körper, die darin getauchet sind, oder darauf schwimmen, von den Zeiten des Aristoteles bis zu den Zeiten des Stevin entdecket worden. Seit der Zeit haben sich verschiedene Gelehrte bemühet, diese Lehrsätze zu erweitern, auf mehrere Fälle anzuwenden, oder gründlich zu beweisen; solches haben gethan Galilei, Descartes, Pascal, Huyghens, Newton, Bouguer, Clairaut, Maclaurin, d'Alambert, Leonh. Euler, Herr Kästner, Herr de la Grange, und andere.

Was die Maschinen betrifft, deren Wirkungen auf denselbigen Grundsätzen beruhen, so sind sie meisten ebenfalls sehr alt. Man kann es daraus schließen, daß die Wasserpumpe mit zwei Stiefeln, wie man sie jetzt zum Feuerlöschen gebrauchet, schon vom Ktesibius, ohngefähr hundert Jahre nach Archimedes, erfunden worden, und seitdem sowohl von den Griechen als von den Römern beim Wasserbau häufig gebrauchet worden. Auch die allmählige Vervollkommnung der Schiffahrt giebt zu erken-

erkennen, daß man die Lehre von schwimmenden Körpern wohl anzuwenden wußte.

Nicht so alt ist die Theorie der elastischen Flüssigkeiten und der Luft insbesondere. Zwar hatte Hero, zu den Zeiten des Ktesibius, eine Art von Springbrunnen zur Belustigung erfunden, wobei die Schnellkraft der Luft die vornehmste bewegende Kraft war; hingegen waren seine und seiner Zeitgenossen Kenntnisse in diesem Fache mehr praktisch als theoretisch. Obgleich die Alten schon etwas von der Schwere der Luft gewußt hatten, so hatten sie sich bloß mit diesem allgemeinen Gedanken begnüget, daß die Luft schwer sei, ohne ihn weiter zu bestimmen, und Folgerungen daraus zu ziehen. Galilei war der erste, der diesen Gedanken etwas mehr entwickelte, und sein Schüler Torricelli machte den bekannten Versuch, woraus unsere Barometer entstanden sind. Perier machte die ersten Versuche über den Fall des Quecksilbers auf Bergen. Mariotte erfand das Gesetz, daß die Dichtigkeiten der Luft sich beinahe verhalten wie die Gewichte, von denen sie gepresset wird, worauf die Regeln gegründet sind, nach welchen die Barometerhöhe in jeder Entfernung von der Erde bestimmet wird. Zur Zeit des Mariotte erfand Otto von Guericke die Luftpumpe, wodurch man in den Stand gesetzt wurde, das Flüssige, worin wir leben, genauer zu untersuchen. Endlich sind im Jahre 1783 von den Brüdern Montgolfier und dem Professor Charles die Luftbälle erfunden worden, welche zu manchen nützlichen Betrachtungen und Berechnungen über Körper, die in einer elastischen Flüssigkeit schweben, Anlaß gegeben haben. Ich zeige nur diejenigen Erfindungen an, die in der mechanischen Theorie der Luft Epoche machen, und bemerke dabei überhaupt, daß die nämlichen großen Männer, die ich kurz vorher als Beförderer der Hydrostatik, in Betrachtung des Wassers, genannt habe, nebst verschiedenen anderen, auch zugleich diejenigen flüssigen Materien betrachtet haben, welche mit der Eigenschaft der Elastizität begabet sind.

Gegenwärtiges Büchlein enthält nun im Kurzen die vornehmsten Lehren der ganzen Hydrostatik, sowohl in Betrachtung der unelastischen als auch der elastischen flüssigen Materien, und der festen Körper, die sich in beiden aufhalten können, nebst den nützlichsten Anwendungen solcher Lehren. Diese ganze Wissenschaft zerfällt eigentlich in vier Haupttheile, nämlich

1) Die

1) Die Lehre vom Gleichgewichte einer unelastischen Flüssigkeit in sich selbst, das heißt, vom Gleichgewichte ihrer eigenen Grundtheilchen.

2) Die Lehre vom Gleichgewichte einer unelastischen Flüssigkeit, entweder mit anderen dergleichen flüssigen Materien, oder mit festen Körpern, die sich in ihr aufhalten.

3) Die Lehre vom Gleichgewichte einer elastischen Flüssigkeit in sich selbst, oder vom Gleichgewichte ihrer Grundtheilchen mit einander.

4) Die Lehre vom Gleichgewichte einer elastischen flüssigen Materie, entweder mit anderen flüssigen Dingen, oder mit festen Körpern, die in ihr schweben.

Hätte ich aber diese natürliche Eintheilung beibehalten wollen, so würden die Hauptstücke meines Werkes theils übermäßig lang, theils auch sehr kurz geworden sein. Ich habe demnach das Werk in neun Hauptstücke eingetheilet.

Das erste Hauptstück enthält in der That nichts anders, als den ersten der kurz vorher angezeigten Haupttheile der Hydrostatik. Hier werden demnach die ersten Gründe zu dieser Wissenschaft geleget, und es wird gelehret, warum das Wasser oder eine ähnliche Flüssigkeit, wenn sie ruhig ist, allemal

eine

eine horizontale oder eigentlich eine kugelrunde Oberfläche hat; warum sie in kommunizirenden Röhren oder Gefäßen sich allenthalben bis zur nämlichen Höhe erhebet; welchen Druck der horizontale Boden eines damit angefüllten Gefäßes leidet; welchen Druck überhaupt jeder unendlich kleine oder endliche Theil eines solchen Gefäßes leidet; und wie solche Drücke, theils in lothrechter, theils auch in waagerechter Richtung einander aufheben, so daß jemand, der das Gefäß trägt, weiter nichts empfindet, als die Schwere desselben und der flüssigen Masse. Da die Beweisart bei diesen Lehren sehr verschieden ist, so war ich anfänglich in einer nicht geringen Verlegenheit, um die bequemste Methode zu finden. Endlich entschloß ich mich, mit dem horizontalen Stande des Wassers den Anfang zu machen, und alles übrige daraus herzuleiten. Diese Methode ist vielleicht nicht die künstlichste, noch die allerstrengste; sie schien mir aber für den Anfänger die faßlichste und anschaulichste zu sein; und im Grunde lassen sich doch die physischen Eigenschaften der Dinge nie mit vollkommnerer Strenge beweisen, man mag das Ding, von welchem Ende man will, angreifen; es läuft doch zuletzt alles auf eine oder die andere Erfahrung

hinaus.

hinaus. Nicht wenig war ich vergnügt, da ich, nach gethaner Arbeit, des Herrn **Kästner** kurze Hydrostatik im zweiten Theile seiner Anfangsgründe aller mathematischen Wissenschaften aufschlug, und fand, daß dieser berühmte Mann denselbigen Weg gegangen war, und daß meine Beweise oft mit den seinigen völlig einerlei waren.

Da am Ende des ersten Hauptstückes bewiesen war, daß flüssige Dinge, wenn sie in Gefäßen enthalten sind, vermittelst ihrer Schwere eben so wirken als feste, so folgte daraus, daß beiderlei Materien fast auf einerlei Art in die Höhe gezogen oder getrieben werden können. Solche Maschinen, die bei flüssigen Sachen gebrauchet werden, um sie zu heben, sind im zweiten Hauptstücke beschrieben, welches demnach als eine praktische Anwendung des ersten betrachtet werden kann. Hier findet man verschiedene Einrichtungen der in der Erde gegrabenen offenen Brunnen; des Herrn **Vera** sonderbare Seilmaschine, wo ein bloßes Seil das Wasser mit sich hinauf nimmt; verschiedene Arten der Kränze oder Chapelets; verschiedene Einrichtungen der Archimedischen Wasserschraube; Wasserräder; eine Art eines großen Löffels, wodurch Wasser geschöpfet wird; einige Pumpen, welche

ohne

ohne die Eigenschaften der Luft erkläret werden können; die doppelte Pumpe des Kresibius oder die gewöhnliche große Feuerspritze; einige aus Wasserrädern, Pumpen, archimedischen Schrauben, und Kranzwerken zusammengesetzte Maschinen; einen kurzen Begriff von der Marlyschen Maschine, und der Londonschen Feuer- oder Dampfmaschine; eine Schraube, die durch den Rauch gedrehet wird, und eine Pumpe beweget; endlich etwas von künstlichen Springbrunnen. Alles dieses zusammengenommen ist mehr als man in den gewöhnlichen Lehrbüchern antrifft; jedoch bei weitem nicht alles, was sich von dergleichen Maschinen sagen läßt. Sowohl die Zeichnungen als auch die Erläuterungen sind meistens nur bestimmt, dem Anfänger einen Begriff von der bloßen Möglichkeit jeder Maschine zu geben. Nicht allemal habe ich die vortheilhafteste Einrichtung gewählet, sondern am öftesten die einfachste und begreiflichste. Ganz unerheblich wären also die Einwendungen, die man mir in dieser Rücksicht machen könnte. Nicht Künstler und Maschinisten will ich belehren, sondern angehende Mathematiker, die einen Begriff von allerlei Maschinen haben müssen, um nöthigenfalls ihre Rechnungen darauf anwenden zu können. Diese

Erklä-

Erklärung scheinet mir nöthig zu sein: denn, wo holet man nicht Kritiken und Einwendungen gegen ein neues Buch her?

Das dritte Hauptstück enthält den zweiten der oben angeführten Hauptheile der Hydrostatik, und handelt vom Gleichgewichte zweier verschiedenen unelastischen Flüssigkeiten in verbundenen Röhren; von dem Drucke, den jeder Theil der Oberfläche eines festen Körpers leidet, wenn er sich in einer solchen Flüssigkeit befindet; von dem Auftriebe oder der poussée des Wassers gegen einen festen Körper; von dem, was erfolgen muß, wenn der feste Körper, er sei homogen oder heterogen, mit dem Wasser einerlei oder ungleiche spezifische Schwere hat; von schwimmenden Körpern und ihrer Standhaftigkeit oder Stabilität; und endlich von der Vermischung verschiedener flüssigen Materien. In diesem Hauptstücke habe ich mir durch einen, wie ich glaube, neuen Lehrsatz, die Beweise sehr erleichtert; nämlich ich beweise im dritten Paragraph, daß jeder Theil der Oberfläche eines festen Körpers, der sich im Wasser befindet, eben so stark von außen nach innen gedrücket wird, als er von innen nach außen gedrücket sein würde, wenn das Flüssige

)( )(fest

fest und das Feste flüssig würde, vorausgesetzet, daß vom festen Körper bis zur Oberfläche des gewesenen Flüssigen eine dünne flüssige Röhre übrig bliebe. Ich erinnere mich nicht, diesen fruchtbaren Lehrsatz irgendwo gelesen oder gehöret zu haben, und halte ihn deswegen für neu.

Das vierte Hauptstück enthält praktische Anwendungen des Vorhergehenden. Erstlich kommen verschiedene Mittel, um die spezifiischen Schweren theils flüssiger theils fester Materien zu vergleichen; als da sind, die kommunizirenden Röhren, der schwimmende Zylinder, die schwimmende Flasche mit aufgelegten Gewichten, die hydrostatische Waage, die gemeine Waage nebst zylindrischen Gefäßen. Ferner wird gezeiget, wie sich die Vermischung zweier Materien in einem festen Körper finden läßt, und wie man die verschiedenen Fragen in Betreff der Eintauchung, Beladung und Größe der schwimmenden Körper beantworten kann. Ganz zuletzt folget eine kurze Erklärung der Schiffbrücken und Pontons, nebst der Methode, wie man versunkene Körper, vermittelst zweier verbundener Fahrzeuge, aus dem Grunde heben kann.

Da die Eigenschaften der elastischen Flüssigkeiten größtentheils durch die nämlichen Beweise, wie bei den unelastischen erläutert werden; so war nur ein einziges Hauptstück nöthig, um den dritten und vierten der vier Haupttheile der Hydrostatik vorzutragen, und dieses geschiehet im fünften Hauptstücke. Hier lernet also der Anfänger erstlich diejenigen Eigenschaften kennen, welche beiderlei Flüssigkeiten gemeinschaftlich besitzen, nämlich den waagerechten Stand in einem Gefäße und in verbundenen Röhren, und den Druck auf die Wände des Gefäßes. Hernach wird gezeiget, was die elastischen Flüssigkeiten Eigenthümliches haben, hauptsächlich die ungleiche Dichtigkeit der oberen und unteren Schichten, und die Veränderung des Druckes auf den Boden, wenn man annimmt, das Elastische werde unelastisch, und umgekehrt. Zuletzt folget das Gleichgewicht einer elastischen flüssigen Materie mit andern elastischen oder unelastischen Flüssigkeiten, wie auch mit festen Körpern, die sich in ihr aufhalten. In den Anmerkungen werden verschiedene Lehrsätze auf die Luft angewandt.

Im sechsten Hauptstücke kömmt das Praktische der vorhergehenden Lehren. Hier siehet man, wie der Druck der Luft das Wasser in einem Gefäße zurückhalten kann, welches oben verschlossen ist, und unten eine oder mehrere kleine Oefnungen hat; wie der nämliche Druck bei der gemeinen Handspritze, bei dem Heber, bei der Saugepumpe, und bei der Torricellischen Röhre wirket. Und da der Druck der Luft zum Theil von ihrer Dichtigkeit, spezifischen Schwere, Wärme, Feuchtigkeit und Bewegung abhängt, so werden diejenigen Instrumente kürzlich beschrieben, wodurch gedachte Eigenschaften erkannt und bestimmet werden, nämlich die Luftpumpe, das Manometer, das Thermometer, das Hygrometer, und das Anemometer. Da die meisten dieser Instrumente mehr zur Physik als zur Mathematik gehören, so habe ich mich hierbei sehr kurz gefasset.

Nur das Barometer gehöret ganz eigentlich zur mathematischen Theorie der Luft; es kann aber ohne Zuziehung des Thermometers fast nicht gebrauchet werden. Beide Instrumente sind auch jetzt so allgemein eingeführet, daß man sie fast in allen Häusern antrifft; sogar findet man sie noch hier und dort nach ihren alten Einrichtungen. Ich hielt es daher für rathsam, der umständlichen

Beschrei-

Beschreibung dieser Instrumente ein besonderes Hauptstück zu widmen, und dieses ist das siebente, welches demnach eine Nachricht von den bekanntesten alten und neuen Thermometern und Barometern enthält.

Im achten werden einige Rechnungen gelehret, die sich auf den Gebrauch des Thermometers und Barometers beziehen. Also erfährt hier der Lernende, wie die Barometer=Höhen vermittelst des Thermometers verbessert, und auf einerlei Temperatur zurückgeführet werden können; wie aus den verschiedenen Entfernungen von der Erdfläche, die verschiedenen Dichtigkeiten der Luft in diesen Entfernungen berechnet werden können, und umgekehrt, wie aus der Barometerhöhe an einem gegebenen Orte die Höhe des Ortes gefunden wird. Bei diesen Rechnungen habe ich mich der Differenzial=Rechnung bedienet, weil mir kein kürzerer Weg bekannt ist; wer davon nichts verstehet, wird die Resultate unterdessen auf Treue und Glauben annehmen müssen. Hier kömmt also das leidige ∂ wiederum vor, womit ich die Differenziale anstatt des gewöhnlichen lateinischen *d* bezeichne, weswegen mir schon manche schriftliche und mündliche

Einwendungen gemacht worden. So bereit ich sonst bin, Belehrung anzunehmen, so bleibe ich doch noch immer bei meiner Meinung, daß bloße Operazionen nicht mit der nämlichen Art Zeichen, wie die Größen selbst angezeiget werden müssen. Aggregate, Reste, Produkte, Quozienten, Wurzeln, werden nicht durch die Anfangsbuchstaben *a*, *r*, *p*, *q*, *w*, sondern durch die willkührliche Zeichen $+$, $-$, $\times$, $:$, $\surd$ angedeutet, warum soll nun ein Differenzial mit dem Anfangsbuchstaben *d* bezeichnet werden? Meine eigentliche Absicht war anfänglich, das *d* etwas zu verziehen, eben so wie man das *r* (radix) verzogen hat, um das Wurzelzeichen ($\surd$) daraus zu machen, oder über den geraden Hauptstrich des gedruckten *d* einen Querstrich zu machen; da aber keine solche Charaktere in den Buchdruckereien anzutreffen sind, so nahm ich das Schwabacher d, um doch einigermaaßen ein bloßes Operazionszeichen von den Zeichen der Größen selbst zu unterscheiden. Vielleicht war es auch nur aus Mangel an vorhandenen Charakteren, daß Leibnitz das kursive *d* gebrauchte. Einige bedienen sich in gedruckten Schriften zum Unterschiede des geraden und gemeinen d anstatt des kursiven *d*, welcher Unterschied aber nicht merklich genug ist, und bei Handschriften ganz wegfällt. Die Engländer setzen Punkte über die veränderlichen Größen, wo wir ein oder mehrere *d* vorzusetzen pflegen. Zu gleicher Zeit, da ich anfing mein ∂ zu gebrauchen, bediente sich, ohne daß ich es noch wußte, Herr Chompre' in seiner französischen Uebersetzung der Trigonometrie des Herrn Cagnoli eines Zeichens, das ohngefähr so aussiehet, wie dasjenige, womit man in deutschen Rechenbüchern die Pfennige anzudeuten pfleget. So verschiedene Bezeichnungs-Arten scheinen zu beweisen, daß man die gewöhnliche etwas unbequem gefunden hat; und unter allen kann die meinige auch wohl mit durchgehen. Ich bitte den Leser um Verzeihung, daß ich ihn mit solcher Kleinigkeit unterhalten muß; aber da mir Einwendungen gemacht worden, so ist es meine Schuldigkeit, mich zu erklären; denn jede höfliche Frage ist ja eine Antwort werth. Ich komme auf den Inhalt dieses Werkes zurück.

Von Luftbällen wird zwar jetzt nicht mehr so viel gesprochen, als da die Erfindung noch ganz neu war; indessen verdienen sie gewiß die Aufmerksamkeit des Mathematikers. Der große Euler selbst beschäftigte sich in seinen letzten Lebensstunden mit ihrer Berechnung. Was die Anfänger betrifft, so finden sie bei diesen Maschinen die beste Gelegenheit, die Theorie derjenigen Körper, die in einer elastischen Flüssigkeit schweben, anzuwenden. Deswegen habe ich die Luftbälle im neunten Hauptstücke besonders abgehandelt, ihre Geschichte kürzlich vorgetragen, ihre Zubereitung angezeiget, den Zuschnitt ihrer Hülle gewiesen, und die Rechnungen erläutert, wodurch man die Höhe ihres Aufsteigens, und was sonst damit verknüpfet ist, bestimmen kann. Zuletzt werden mit wenigen Worten einige gemachte Vorschläge erwähnt, um solchen Ball in der Luft nach Willkühr zu lenken.

Jetzt hat der Leser einen Begriff von allem, was ich geleistet habe, oder was ich wenigstens habe leisten wollen; und ich überlasse ihm gänzlich das freie Urtheil über meine Arbeit, welches ich ohnedem nicht hindern könnte, wenn ich auch wollte. Anfängern wird es vielleicht lieb sein, ein Werk über die Hydrostatik zu finden, welches nicht zu weitläuftig, aber doch etwas umständlicher und ausgedehnter ist, als das kurze Kapitel, welches gemeiniglich in mathematischen Lehrbüchern von

dieser

dieser Wissenschaft handelt. Gern hätte ich dieses Werk, wie sonst mein Gebrauch ist, von allen vorhergehenden gänzlich unabhängig gemacht; ich fand aber, daß die hier vorgetragenen Lehren sehr oft auf diejenigen zurückführen, welche in der Statik enthalten sind, so daß ich nicht umhin konnte, die Stellen anzuführen. Wo also in den angeführten Stellen Statik, oder Stat. oder St. stehet, da wird der Leser auf meinen Grundlehren der Statik zurückgewiesen. Wer sich beide Werke zugleich anschaffet, kann sie allenfalls in einem Bande vereinigen, da sie dem Inhalte nach in so genauer Verbindung stehen.

Nun bleibet mir noch übrig, die Schriften anzuzeigen, die ich bei Verfertigung dieses Buches dann und wann, einige mehr andere weniger, zu Rathe gezogen habe. Eine solche Anzeige ist für mich eine Pflicht der Dankbarkeit gegen die theils noch lebenden Verfasser. Zugleich ist es eine Gelegenheit, den Anfänger mit einigen guten Büchern bekannt zu machen. Ich beobachte übrigens hierbei keine Rang- oder Zeitordnung, sondern führe die Bücher so an, wie ich sie in meiner Büchersammlung wieder vorfinde.

Méchanique analitique, par Mr. de la Grange. A Paris, 1788. 4.

Recueil d'ouvrages curieux de Mathématique & de Méchanique, ou Deſcription du Cabinet de Monſieur Grollier de Serivières. A Lyon, 1733. 4.

Traité de Météorologie, par le Père Cotte. A Paris, 1774. 4.

Tentamina experimentorum naturalium, &c. a Petro van Muſſchenbroek. Viennae, Pragae, & Tergeſti, 1756. 4.

Philoſophiae naturalis principia Mathematica, auctore Iſaaco Newtono. Pragae, 1780. 4. 2 Tomi.

Cours de Mathématiques à l'uſage du Corps Royal d'Artillerie, par Mr Bézout. A Paris, 1772, 4 Tomes, grand 8.

Archimedis opera, Apollonii Pergaei Conicorum libri IV, Theodoſii Sphærica, per Iſ. Barrow. Londini, 1675, 4.

Deſcrip-

Description & usage des Baromètres, Thermomètres, & autres instruments météorologiques, par Mr. Goubert. A Dijon, 1785. 8.

Recréations Mathématiques & Physiques par Ozanam, nouvelle Edition totalement refondue &c. A Paris, 1778. gr. 8. 4 vol.

Geschichte der Aerostatik (von Kramp). Strasburg, 1784. 2 Bände, gr. 8.

Encyclopédie, ou Dictionaire raisonné des Sciences, des Arts & des Métiers, publié par Messieurs Diderot & d'Alambert. A Lausanne & à Berne, 1781. 36 Tomes de texte en gr. 8. & 3 tomes de planches, in 4.

Cours de Mathématiques par Mr. Chrétien Wolf, traduit en François. A Paris, 1747. 3 vol. gr. 8.

Sammlung nützlicher Maschinen und Instrumente, von Henning in Nürnberg. Folio, ohne Jahrzahl.

P.

P. Gasparis Schotti Curſus Mathematicus. Bambergae, 1677. Fol.

Recherches ſur les Modificationes de l'Atmoſphère, par J. A. de Luc. A Genève, 1772. 4. 2 vol.

Traité de l'équilibre & du mouvement des fluides, par Mr. d'Alambert. A Paris, 1744. 4.

Leçons élémentaires de Méchanique, par M. l'Abbé Jantet. A Dole, 1785. 8.

Phyſices elementa Mathematica, &c. ſive Introductio ad Philoſophiam Newtonianam, auctore s'Graveſande. igduni Batavorum, 1725. 4. 2 Tomi.

Elementa Matheſeos univerſae, auctore Wolfio. Halae Magdeburgicæ, 1730. 5 Tomi, in 4.

Collegium experimentale ſive curioſum, auctore Sturmio. Jorimbergae, 1701. 4.

Deſcrip-

Deſcription des expériences de la Machine aëroſtatique, par Mr. Faujas de St. Fond. A Paris, 1774. 8.

Beiträge zum Gebrauche der Mathematik, durch J. H. Lambert. Berlin, 1765. 3 Theile. 8.

Traité élémentaire d'Hydrodynamique, par Mr. l'Abbé Boſſut. A Paris, 1775. 2 vol. 8.

Deſcription d'une Machine propre à élever l'eau par la rotation d'une corde verticale. Par Mr. le Chevalier Marſilio Landriani. Genève 1782. 8.

Cours de Mathématiques, par M. Ozanam. A Paris, 1697. 8. 4 vol.

Leçons de phyſique expérimentale, par Mr. l'Abbé Nollet. A Paris, 1767. 8. 6 vol.

L'Art des expériences, par M. l'Abbé Nollet. A Paris, 1770. 8. 3 vol.

Anfangsgründe der angewandten Mathematik, von Herrn Kästner. Göttingen, 1765. 8.

Des

Des Herrn Mariotte Grundlehren der Hydrostatik und Hydraulik; übersetzt und erläutert von Meinig. Leipzig, 1723. 8.

L'Art de naviguer dans l'air, par C. G. Kratzenstein. A Copenhaven & Leipzig, 1784. 8.

Dieses sind ohngefähr alle die Bücher, welche ich, bei gegenwärtiger Arbeit, Gelegenheit gefunden habe, aufzuschlagen, und zum Theil zu gebrauchen. Ich habe es für bequemer gehalten, sie hier alle zugleich herzusetzen, als wenn ich sie im Werke selbst jedesmal angeführet hätte, wodurch ich den Vortrag öfters hätte unterbrechen müssen.

Erklärung des Titelkupfers.

An einem schönen und stillen Abend vertreiben sich drei Wassernymphen die Zeit am Ufer des Meeres, mit Versuchen über die Schwere und das Gleichgewicht ihres Elements. Ihr Herz ist eben so ruhig als die See: denn Amor und der Wassergott sind beide in Schlaf versunken. Dieses sagen auch die lateinischen Verse: Spielet, ihr Najaden, die ihr die Schweren der Wässer erforschet: sicher ist jetzt eure Ruh; jetzt schläft der Gott der Liebe und das Meer. Najaden, nicht Nereiden habe ich gewählet, weil diese mit ihren Fischschwänzen so häßlich aussehen. Die jungen Leute, welche Lateinisch verstehen, muß ich erinnern, daß Naïades vier Sylben hat, von welchen die beiden mittleren kurz sind, daß man lesen muß ponder'aquarum, daß die ersten Sylben in quies und Amor kurz sind, und folglich auch kurz ausgesprochen werden müssen.

Inhalt.

Erstes Hauptstück.

Zweites Hauptstück.

Drittes Hauptstück.

Viertes Hauptstück.

Fünftes Hauptstück.

Sech-

Sechstes Hauptstück.

Siebentes Hauptstück.

Achtes Hauptstück.

Neuntes Hauptstück.

(Eine vollständigere und systematische Erörterung des Inhalts findet der Leser in der Vorrede.)

Erstes Hauptstück.

Vom Gleichgewichte des Wassers oder einer ähnlichen flüssigen Materie in einem Gefäße.

§. 1.

Eine flüssige Materie ist eine solche, deren Grundtheilchen keinen merklichen Zusammenhang haben, auch keine merkliche Reibung gegen einander ausüben; so daß sie sich sehr leicht aus ihrer gegenseitigen Lage verrücken lassen.

Dieses bemerket man unter anderen am Wasser, dessen Theilchen sich in der That sehr leicht aus ihrer Ordnung verrücken lassen, als zum Beispiel, wenn das Gefäß, worin es enthalten ist, angestoßen wird, wenn ein Stein hineingeworfen wird, wenn der Wind darauf wehet, u. s. f.

Ganz anders ist die Beschaffenheit der festen Körper. Ein Stück Holz kann zwar auch durch einen Stoß, durch einen heftigen Wind, u. s. w bewegt werden; aber dieses ist keine innere Bewegung, keine Verrückung in der gegenseitigen Lage und Ordnung der Theile. Das ganze Stück Holz verändert zwar seine Lage in Betrachtung der umliegenden Gegenstände; aber jedes Holztheilchen bleibet in Betrachtung der übrigen an seiner Stelle.

Körnichte Massen, wie z. E. Sand oder Mehl, können nicht unter die flüssigen Materien gezählet werden, sondern sie bestehen aus sehr vielen festen Körperchen, deren unebene und höckerichte Flächen stark gegen einander reiben, und dadurch verursachen, daß die ganze Masse nicht so leicht in eine innere Bewegung gebracht werden kann.

§. 2.

Die flüssigen Materien unterscheiden sich durch ihre größere oder kleinere Dichtigkeit, das heißt dadurch, daß ihre Theilchen näher an einander oder weiter von einander stehen. Im ersten Falle sind weniger, im anderen mehr Poren oder leere Räumchen vorhanden. Man saget, eine flüssige Materie sei homogen oder von einförmiger Dichtigkeit, wenn, in gleichen Theilen des Raumes, den die ganze Masse einnimmt, allemal gleich viel materielle Theilchen enthalten sind. Im entgegengesetzten Falle, wo nämlich in gleichen Theilen des Raumes nicht gleich viel Materie vorhanden ist, saget man, das Flüssige sei heterogen, oder von ungleicher Dichtigkeit.

§. 3.

Flüssige Materien sowohl als feste Körper haben in der Nachbarschaft der Erde eine Schwere, die sich durch Gewichte bestimmen läßt. Jedoch ist diese Schwere nur etwas zufälliges, und rühret bloß von einer unbekannten Kraft her, die alle Materie, die sich in der Nachbarschaft der Erde befindet, senkrecht gegen ihre Oberfläche treibet, oder ziehet. Es läßt sich also sehr wohl eine flüssige Materie ohne alle Schwere gedenken. Deswegen wird oft in physikalischen und mathematischen Schriften von flüssigen Dingen geredet, die entweder schwer oder ohne Schwere sind, das heißt, die man sich mit oder ohne die Kraft denken muß, von welcher sie zur Erde hingetrieben oder gezogen werden.

§. 4.

Bei schweren Materien richtet sich das Gewicht derselben nach der Dichtigkeit, so daß sie bei gleicher Größe mehr oder weniger wiegen, je nachdem sie dichter oder undichter sind. Eine flüssige Materie von einförmiger Dichtigkeit muß demnach auch von einförmiger Schwere sein. Zum Exempel, man erkennet, daß jedes Wasser von einförmiger Dichtigkeit ist, weil jeder Kubikfuß oder Kubikzoll desselben gleich viel wieget.

§. 5.

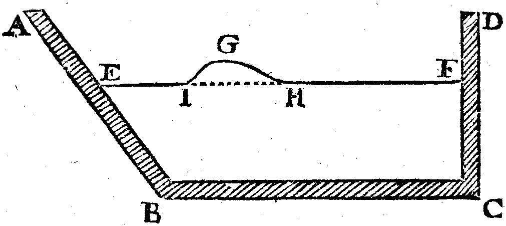
Flüssige Materien sind noch durch den größeren oder kleineren Grad ihrer Federkraft oder Elastizität unterschieden. Diese bestehet darin, daß das Flüssige sich in einen engeren Raum zusammen drücken läßt, sich aber, wenn es frei gelassen wird, wiederum ausdehnt, und den vorigen Raum einnimmt. Diese Eigenschaft bemerket man hauptsächlich an der Luft. Denn wenn eine Blase voll Luft ist, so kann man sie in einen sehr engen Raum zusammen pressen; hingegen bestrebt sie sich immer, sich wieder auszudehnen, und thut es auch wirklich, sobald der Druck aufhöret. Bei vielen flüssigen Dingen bemerket man fast gar keine Federkraft. Beim Wasser, z. E. ist sie so geringe, daß man lange Zeit in Zweifel gewesen ist, ob auch nur die geringste Elastizität darin vorhanden sei. Solche Materien, die keine merkliche Federkraft haben, werden, der Kürze halben, unelastisch; diejenigen aber, bei welchen diese Kraft merklich ist, werden elastisch genannt.

§. 6.

Das Wasser ist also unelastisch; es ist auch jedes Wasser von einförmiger Dichtigkeit, wenn nicht besondere Umstände verursachen, daß es an einigen Stellen dichter sei als an anderen, z. E. wenn es hier mehr dort weniger satzig ist, welcher Fall aber hier nicht betrachtet wird. Was wir also im gegenwärtigen Hauptstücke vom Wasser sagen werden, kann gleichfalls von allen übrigen flüssigen Dingen gelten, welche unelastisch und homogen sind.

§. 7.

Wenn ein Gefäß, welches entweder oberwärts offen, oder auch verschlossen, aber nicht ganz angefüllet ist, Wasser enthält, so kann dieses nicht anders in Gleichgewicht, und ruhig sein, als wenn seine obere Fläche horizontal stehet.

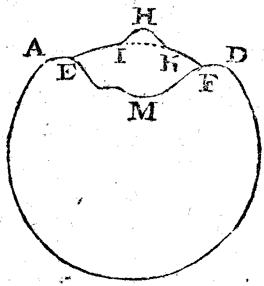


Er sei ABCD ein Gefäß von beliebiger Gestalt, worin Wasser enthalten ist. EF sei die horizontale Fläche, bis zu welcher das Wasser reichet. Gesetzet, ein Theil IGH desselben stehe höher, und bilde eine Welle, so kann diese Masse IGH nicht in dieser Lage bleiben, sondern die auf den Abhängen GH und GI sich befindenden Theilchen werden, wie auf einer schiefen Ebne, herunter gleiten, und sich nach und nach in die Vertiefungen HF und IE begeben, bis daß keine Erhöhung noch Vertiefung mehr Statt findet, sondern alle oberen Theilchen in einer und derselben horizontalen Ebne liegen; da dann kein Theilchen mehr über die andern weggleiten kann, eben so wenig, als Kügelchen oder andere Körper, die auf einem horizontalen Tische

Tische liegen; alsdann höret folglich die innere Bewegung auf, und alle Theilchen bleiben in Gleichgewicht.

Anmerkung I. Das erwähnte Gleiten der Theilchen wäre schon allein hinlänglich, um eine horizontale Oberfläche zu bilden; diese Bildung wird aber noch durch andere Ursachen beschleuniget. Nämlich die niedrigeren Theilchen des Hügels IGH werden von den oberen nicht nur niederwärts gedrücket, sondern auch seitwärts aus einander gepresset, und da sie in den noch leeren Vertiefungen keinen Widerstand finden, so begeben sie sich auch aus dieser Ursache dahin. Ferner, der Druck, welchen der Hügel IGH durch seine Schwere ausübet, wirket auf die unterhalb desselben liegenden Theilchen, und da diese nicht sinken können, ohne das umgebende Flüssige etwas in die Höhe zu treiben, so ist dieses eine dritte Ursache, wodurch die Vertiefung um desto geschwinder auch von unten angefüllet wird. Alle diese Ursachen der Bewegung fallen weg, sobald die Oberfläche horizontal ist, folglich muß dann die Bewegung aufhören, und ein Gleichgewicht aller Theilchen entstehen. Im Beweise haben wir nur die erste Ursache angeführet, weil sie am leichtesten zu begreifen ist, nicht leicht zu Einwendungen Anlaß geben kann, und, wenn sie auch nur allein wirkete, schon für sich, obgleich etwas langsamer, die horizontale Lage der oberen Fläche hervorbringen würde.

Anmerkung II. Ist das Gefäß sehr groß, wie zum Exempel das Bett eines Sees oder Meeres, so kann die Oberfläche nicht mehr als eine Ebne betrachtet werden, sondern sie ist ein Theil einer Kugelfläche. Es sei AD die Erdkugel, AEMFD eine Vertiefung, worin ein See lieget, so kann das Wasser nicht anders in Gleichgewicht sein, als wenn



die Oberfläche EIKF einen Theil einer konzentrischen Kugelfläche bildet. Denn gesetzt, es erhebe sich die Welle IHK höher als gedachte Kugelfläche, so sind die Theilchen auf den Abhängen HK und HI weiter vom Mittelpunkte entfernt, als die übrigen in KF und IE; die ersteren müssen also ebenfalls wie auf schiefen Ebnen gleiten, um einen niedrigern, oder dem Mittelpunkte näher gelegenen Ort einzunehmen. Hierzu kommen noch die selbigen Neben-Ursachen, die schon in der vorigen Anmerkung angeführet worden. Uebrigens gilt dieses nur, in sofern die Erde als eine wirkliche Kugel betrachtet werden kann; und da sie von einer solchen Gestalt wenig abweichet, so muß die gegenwärtige Anmerkung sich auch wenig von der Wahrheit entfernen. Ist die Vertiefung AEMFD von einer geringen Breite, so ist die Oberfläche EIKF von einer Ebne nicht mehr zu unterscheiden, und dieses ist der Fall bei Gefäßen, die von Menschen-Händen gemacht werden.

Anmerkung III. Alle Meere auf dem Erdboden, die mit einander Gemeinschaft haben, und die das große Weltmeer und dessen Zweige ausmachen, bilden zusammenhängende Theile einer Kugelfläche; denn stünde eines höher oder vom Mittelpunkte weiter ab als das andere,

so

so müßte aus der angeführten Ursache das Wasser aus dem höheren ins tiefere fließen. Dieses ist auch der Grund, warum die Flüsse sich ins Meer ergießen: denn da der Quell eines Flusses allemal höher oder vom Mittelpunkte entfernter lieget als die Mündung, und überhaupt das ganze Bett abschüssig ist, und ein Stück einer Spiral-Linie bildet, die sich dem Mittelpunkte der Erde nähert, bis daß sie die Meeresfläche erreichet hat; so muß das Wasser nothwendig längs dieser Linie, wie auf einer etwas gekrümmten schiefen Ebne, herunter gleiten.

Anmerkung IV. Sollte jemand gegen den Hauptbeweis oder die Neben-Beweise noch etwas einzuwenden haben, so begnüge er sich, den vorgetragenen Satz bloß als eine allgemeine Erfahrungs-Wahrheit anzunehmen; denn in allen physiko-mathematischen Wissenschaften muß man doch zuletzt, man mag sich auch wenden wohin man will, etwas zum Grunde legen, was auf der Erfahrung beruhet. Da wir die Welt nicht gemacht haben; so können wir nicht anders als durch Erfahrung wissen, nach welchen Regeln sie eingerichtet ist. Ein anderes ist es mit der Rechenkunst und Geometrie. In diesen Wissenschaften bestimmen wir selbst die Bestandtheile, woraus wir gewisse Zahlen und Figuren zusammensetzen, und können folglich ihre Eigenschaften daraus herleiten; und wenn wir dann die verwickeltesten Lehrsätze zergliedern, so finden wir, so zu reden, im Sacke, was wir hineingelegt haben: was aber die Natur in den ihrigen geleget hat, können wir nur entweder errathen, oder aus der Erfahrung erkennen.

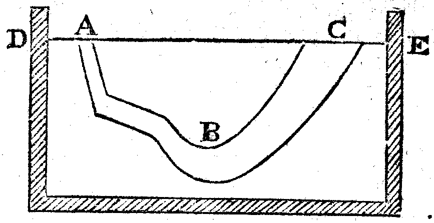
Anmerkung V. Zum Besten der Anfänger müssen wir anzeigen, aus welcher Ursache wir unseren Lehrsatz nur vom Wasser behaupten, das heißt, von einer nicht nur flüssigen, sondern auch schweren und homogenen Materie. Wäre die flüssige Materie nicht schwer, so würde sich kein Theil derselben bestreben, sich dem Mittelpunkte der Erde zu nähern. Wie man die Theilchen derselben stellen würde, so würden sie stehen bleiben, entweder mit einer horizontalen Oberfläche, oder mit Wellen und Hügeln. Wäre die schwere Materie nicht durchaus von einerlei Dichtigkeit, so würde der dichtere und folglich schwerere Theil derselben auf den Boden sinken, hingegen der dünnere und leichtere Theil würde oberwärts eine horizontale Ebne bilden. Alsdann aber würde unser Lehrsatz schon den Fall in sich begreifen, wo verschiedene Flüssigkeiten mit einander vermischet sind, welcher Fall nicht hierher gehöret.

Anmerkung VI. Noch muß man bemerken, daß, bevor eine flüssige Materie, die in Bewegung gewesen ist, in Ruhe und Gleichgewicht kömmt, einige Schwingungen vorhergehen, weil die bewegten Theilchen allemal, vermöge der erhaltenen Bewegung, das Ziel überschreiten. Diese Schwingungen werden aber, wegen des Widerstandes der Luft, wegen der Reibung des Flüssigen an den Wänden des Gefäßes, und auch vermuthlich wegen der kleinen Reibung der Theilchen des Flüssigen an einander, immer kleiner und kleiner, bis daß die Ruhe erfolget. Es ist hier der nämliche Fall, wie bei einem jeden schwingenden Körper, z. E. bei einer gewöhnlichen Waage.

§. 8.

Auch in jeder gebogenen Röhre kann das Wasser nicht anders in Gleichgewicht sein, als wenn beide Oberflächen desselben, in beiden Zweigen der Röhre, in einer und derselbigen horizontalen Ebene liegen, es mögen übrigens die Theile der Röhre von gleicher oder ungleicher Weite sein.

Ihr



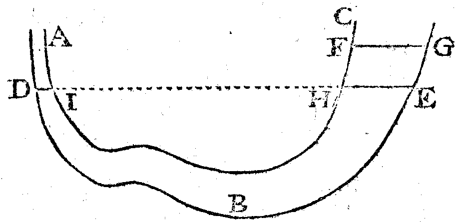
Ihr sehet hier ein Gefäß vorgestellet, welches bis in DE mit Wasser, oder einer ähnlichen flüssigen Materie angefüllet ist. Stellet euch in derselben den Kanal ABC vor, so ist das darin enthaltene Flüssige in Gleichgewicht, und das angränzende Flüssige hat weiter keine Wirkung, als daß es den eingebildeten Kanal umgiebt, und ihm zur Wand dienet.

Wenn man also, anstatt der Wand, die aus den unbewegten flüssigen Theilen bestehet, eine andere von fester Materie annimmt, z. E. eine metallene Röhre, so muß der Erfolg der nämliche sein, und es muß das Flüssige in derselben in Gleichgewicht bleiben, sobald es in beiden Enden der Röhre gleich hoch, oder in einer horizontalen Ebne stehet. Zu mehrerer Deutlichkeit kann man sich einbilden, alles im Gefäße enthaltene Flüssige gefriere, ausgenommen der Kanal ABC; so muß aus den angeführten Gründen das Flüssige, welches in diesem Kanal ist, unbewegt bleiben; und es noch bleiben, wenn man die Eiswand mit einer anderen von Holz oder Metall vertauschet.

Es ist also klar genug, daß das Flüssige in jeder beliebigen Röhre ABC unbeweget bleibet, sobald man annimmt, daß beide Oberflächen in einer horizontalen Ebne DE liegen. Man darf sich nur einbilden, daß das in der Röhre enthaltene Flüssige erstlich ein Theil einer größeren Masse gewesen ist, deren Oberfläche horizontal war,

 daß

daß alles übrige eingefroren ist, und daß anstatt des Eises eine andere Wand angebracht worden.

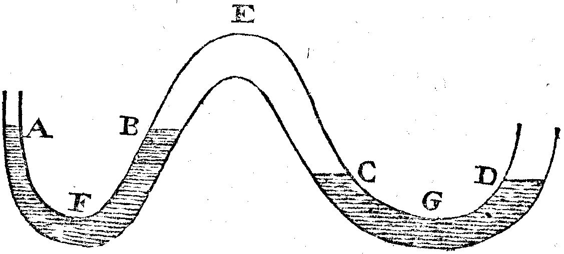


Da nun das Flüssige DBE horizontal stehet, so stelle man sich vor, es werde auf der Ebne HE mit einmal noch die flüssige Masse FGEH geleget, die bis in FG reichet, so kann das vorige Gleichgewicht unmöglich bleiben: denn da die Masse FGHE schwer ist, so drücket sie die Fläche HE niederwärts, und setzet vermittelst derselben alles im Raume DBE enthaltene Flüssige in Bewegung, so daß alle Theilchen von der Mündung C sich längs dem Kanal nach der Mündung A hinbewegen. Folglich steiget auch die Fläche DI so lange, bis beide Oberflächen wiederum horizontal sind, welches nach einigen Schwingungen geschiehet; da dann die Ruhe erfolget. Also siehet man, daß es unmöglich ist, das Flüssige in Gleichgewicht zu haben, so lange beide Oberflächen desselben in der Röhre nicht in einer horizontalen Ebne liegen.

Anmerkung I. Es ist jedoch ein Fall, wo das Gesetz vom horizontalen Stande des Wassers eine Ausnahme zu leiden scheinet. Wenn der eine Zweig der Röhre einen sehr kleinen Durchmesser hat, und die innere Oeffnung nicht mehr beträgt, als ohngefähr die Dicke einer Nadel oder etwas darüber, so erhebet sich das Wasser in diesem engen Zweige der Röhre höher als in dem anderen, der einen größeren Durchmesser hat. Dieses erklären die heutigen Naturlehrer durch die anziehende Kraft

Kraft des Glases, welche Kraft im Stande ist, eine sehr dünne Wassersäule in die Höhe zu heben. Aeltere Gelehrten erklärten es durch den Druck der Luft: sie meinten, in einem sehr engen Raume würden die Lufttheilchen verhindert, ihre völlige Wirkung auszuüben, und könnten nicht so stark als sonst auf die Wasserfläche drücken, die sich also, wegen des stärkeren Druckes am anderen Ende, heben müßte.

Anmerkung II. Bei dem gewöhnlichen Falle, wo die Röhre nicht zu eng ist, verstehet es sich, daß der Kanal so beschaffen sein muß, daß er sich nicht, vermöge seiner Krümmungen, höher erhebe, als das Wasser, oder überhaupt das Flüssige an beiden Enden stehet.

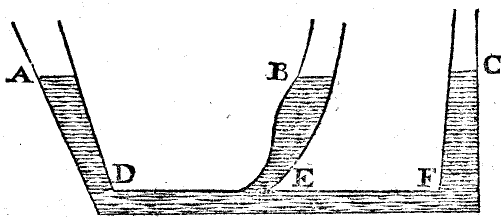


Zum Exempel, wäre er so beschaffen, wie die hier beigefügte Figur zeiget, so könnte zwar das Wasser AFB und auch das Wasser CGD, jedes für sich horizontal stehen; aber es könnten beide Wässer sich sehr wohl bis zu verschiedenen Höhen erheben, weil sie keine Gemeinschaft mit einander haben. Es sind hier eigentlich zwei Röhren AE und ED zu betrachten, und von jeder derselben insbesondere gilt der Lehrsatz, in sofern man den Druck der Luft aus der Acht läßt, welche theils in BEC verschlossen ist, theils aber bei A und D von außen auf das Wasser drücket.

Denn

Denn, wenn man immer mehr und mehr Wasser bei A und D eingießt, so wird es zwar bei B und C steigen, aber weniger als bei A und D, weil die in BEC verschlossene Luft einen merklichen Widerstand leistet. Machet man aber bei E eine Oefnung in der Röhre, so hat die Luft einen freien Ausgang, und die Wasser-Massen AB und CD setzen sich, jede für sich, wieder in Gleichgewicht.

Anmerkung III. Was von einer einzigen gebogenen Röhre gesaget worden, gilt ebenfalls von mehreren, die unterwärts mit einander verbunden sind, so daß das Wasser von der einen zur anderen einen freien Durchgang habe.



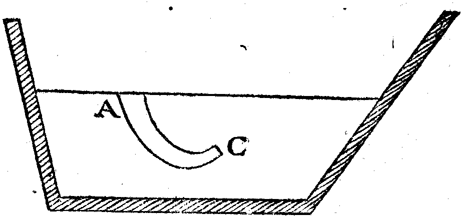
Zum Exempel, in den Röhren AD, BE, CF wird das Wasser gleich hoch stehen, so daß A, B und C in einer horizontalen Ebne sind, sobald diese Röhren durch andere DE, EF, mit einander Gemeinschaft haben. Der Beweis ist immer der nämliche. Man nimmt an, daß alles Wasser in AD, DE, EB, EF, FC zu einer größeren Masse gehöret habe, deren Oberfläche horizontal war, und daß nur dieses flüssig geblieben sei, unterdessen daß alles übrige eingefroren ist.

Anmerkung IV. Wenn die Röhren sehr breit sind, so können die Oberflächen des Wassers nicht mehr für horizontale Ebnen gehalten werden, sondern sie gehören

zu

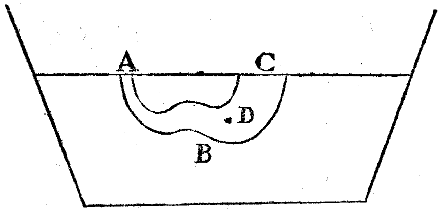
zu einer und derselben Kugelfläche. Denn, wenn wir immer bei der nämlichen Vorstellungs-Art verbleiben, so müssen wir gestehen, daß das Wasser in dem größeren Gefäße, bevor die Röhren abgesondert waren, oberwärts eine Kugelfläche bildete. Folglich müssen die Theilchen, die von dieser Oberfläche in den Röhren übrig bleiben, Stücke von Kugelflächen sein.

Anmerkung V. Gegen unseren Beweis möchte man vielleicht folgende Einwendung machen.



Wenn ich mir in einem Wasser die Röhre AC vorstelle, deren Ende A bis zur Oberfläche des Wassers reichet, das andere C aber weiter unten ist, so ist der Theil AC des Wassers in Gleichgewicht, so lange alles flüssig ist. Folglich müßte er auch für sich allein in Gleichgewicht bleiben, woraus folgen würde, daß auch dann das Gleichgewicht statt finden kann, wenn das Wasser in der Röhre sich bis zu verschiedenen Höhen erhebet. Hierauf antworte ich: daß das Ende C der Röhre, durch den Gegendruck des übrigen Wassers, als verschlossen betrachtet werden muß. Soll also das in AC enthaltene Wasser, auch wenn das übrige abgesondert ist, in Gleichgewicht bleiben, so muß ebenfalls das Ende C verschlossen sein, und dann ist kein Zweifel, daß das Gleichgewicht statt finden wird; denn der Widerstand des Bodens oder Deckels C vertritt die Stelle des Druckes desjenigen Wassers, was sonst noch über C stehen müßte.

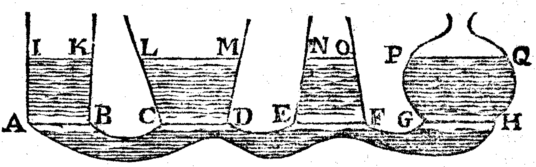
Anmerkung VI. Noch eine Frage könnte ein Anfänger machen. Wenn alles Wasser einfröre, ausgenommen ein Theil desselben, der eine Röhre bildet, so haben wir gesaget, es müsse dieser Theil unverrücket in seiner Lage bleiben. Kann man wohl daraus schließen, daß auch im umgekehrten Falle, wenn nämlich die eingebildete Röhre allein fest würde, das übrige aber flüssig bliebe, das fest gewordene Stück sich an seinem Orte in Gleichgewicht halten müßte? Ich antworte: Es ist zwischen beiden Fällen in der That einiger Unterschied.



Wenn der Kanal ABC allein flüssig bleibet, und das übrige Wasser fest wird; so ist kein Zweifel, daß das Wasser ABC in seiner Lage bleibet, weil es vollkommen im selbigen Zustande ist wie vorher, es auch die fest gewordenen Wände so wenig aus ihrer Stelle verrücken kann, als es vorher die eingebildeten flüssigen Wände verrücken konnte. Hingegen, wenn der Kanal ABC fest wird, und das übrige Wasser flüssig bleibet, so haben jetzt die Theilchen des festen Körpers ABC eine Verbindung mit einander, und bekommen einen gemeinsamen Schwerpunkt D. Auch sind die flüssigen Wände beweglich. Jedoch, wenn der fest gewordene Körper ABC die nämliche Dichtigkeit und Schwere behält, die er im Zustande der Flüssigkeit hatte, wenn er dabei auch homogen, oder durchaus von gleichförmiger Dichtigkeit bleibet, so wird alles in Gleichgewicht bleiben. So ohngefähr bleibet ein Stück Eis beinahe unverrückt am am nämlichen Orte eines Sees, wo es in seinem flüssigen Zustande war. Hingegen sollte der Körper ABC beim Festwerden zugleich dichter werden, so müßte er im Wasser sinken, sollte er undichter werden, so müßte er sich erheben. Sollte er ungleichförmig dicht werden, so müßte er sich im Wasser umwenden. Dieses alles wird in der Folge mehr erläutert werden, wenn es Zeit sein wird, von dem Gleichgewichte zwischen festen Körpern und flüssigen Materien zu handeln.

§. 9.

Wenn ein Gefäß einen horizontalen Boden hat, so leidet dieser Boden einen gewissen Druck abseiten des im Gefäße enthaltenen Wassers. Und dieser Druck beträgt allemal so viel, als die Schwere eines Zylinders oder Prisma vom nämlichen Wasser, der die nämliche Grundfläche hat wie das Gefäß, und die nämliche Höhe, wie das Wasser im Gefäße; es mag übrigens das Gefäß wirklich diese Gestalt haben, oder in verschiedenen Höhen von ungleicher Weite sein.



Gesetzt die Gefäße IB, LD, NF, PH haben alle gleiche Grundflächen, so daß AB = CD = EF = GH, (indem diese Linien hier Ebnen vorstellen), sie haben aber übrigens so verschiedene Gestalten als man will. Man stelle alle diese Gefäße auf einer horizontalen Ebne, und gieße in jedes so viel Wasser als nöthig ist, um daß es in allen gleich hoch

hoch stehe, nämlich bis in IK, LM, NO, PQ, so daß diese obere Flächen sich auch in einer horizontalen Ebne befinden, so ist klar, daß jeder Boden einen gewissen Druck vom Wasser leidet, indem er eine gewisse Stärke haben muß, um nicht zu brechen. Nun verbinde man die Gefäße unterwärts durch eine gemeinschaftliche Röhre, wie in der Figur zu sehen ist, fülle aber vorher diese Röhre mit Wasser. Man vernichte die Böden in Gedanken, so ist wiederum klar, daß der nämliche Druck, welchen jeder Boden vorher litt, jetzt auf die Wasserschichten AB, CD, EF, GH wirket. Ferner, da die Oberflächen IK, LM, NO, PQ alle in einer Horizontalfläche sind, so wird alles Wasser in den Gefäßen und in der Verbindungsröhre in Gleichgewicht bleiben. Folglich ist der Druck bei AB, CD, EF, GH gleich groß. Denn wäre er z. E. bei CD größer, so müßte das Wasser bei CD sinken, und bei AB, EF, GH steigen, welches mit dem Gleichgewichte nicht bestehen kann. Da nun der Druck auf die Wasserschichten AB, CD, EF, GH eben so stark ist, als vorher auf die Böden, und da er auf die Wasserschichten gleich ist, so war er auf die Böden gleich.

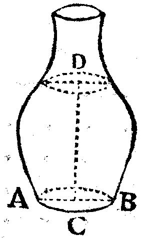
Der Druck auf den Boden AB ist sichtbarlich nichts anders als das Gewicht der zylindrischen oder prismatischen Wassersäule ABKI. Denn obgleich die oberen Theilchen des Wassers die unteren nicht nur von oben herunter drücken, sondern auch seitwärts aus einander treiben, wie schon angemerket worden (§. 7. Anm. I.), so wird doch der Seitendruck durch den Widerstand der Wände des Gefäßes gänzlich vernichtet, und es bleibet nur der Druck von oben nach unten, welcher die natürliche Wirkung der Schwere ist.

Da nun die Böden CD, EF, GH eben solchen Druck leiden, wie der ihnen gleiche Boden AB, so leidet jeder Boden einen Druck, der so viel beträgt, als die Schwere einer

einer solchen Wassersäule wie IB, wodurch demnach unser Lehrsatz bewiesen ist.

Zusatz. Um den Druck zu bestimmen, welchen der horizontale Boden eines Gefäßes leidet, worin Wasser ist, braucht man nur den Flächen-Inhalt des Bodens zu berechnen, ihn mit der Wasserhöhe im Gefäße multipliziren, und noch mit der spezifischen Schwere des Wassers multipliziren, das heißt, mit dem Gewichte eines Kubikfußes, Kubikzolles, u. s. f. je nachdem man bei Ausmessung des Bodens und der Höhe entweder Fuße oder Zolle, u. s. f. gebrauchet hat.

Z. E. Gesetzt, der Boden sei ein Zirkel, dessen Durchmesser AB = 1 Fuß 5 Zoll, Rheinländisch Maaß. Die



Höhe CD des Wassers im Gefäße sei 2 Fuß 1 Zoll 3 Linien, und das Flüssige sei Regenwasser, wovon der Rheinländische Kubikfuß ohngefähr $65\frac{9}{10}$ Berliner Pfund wieget.

Da die Höhe CD Linien enthält, so berechne man alles in Linien.

1 Fuß 5 Zoll = 17 Zoll = 204 Linien.
2 Fuß 1 Zoll 3 Linien = 303 Linien.

Nun verhält sich das Quadrat des Durchmessers zur Kreisfläche beinahe wie 10000 zu 7854, folglich

$$10000 : 7854 :: (204)^2 : \text{Zirkel}.$$

Also

$$\text{log. Zirk.} = 2\mathfrak{L}(204) + \mathfrak{L}(7854) - \mathfrak{L}(10000)$$

Da nun die Zirkelfläche mit der Höhe $CD = 303$ Linien multipliziret werden muß, so ist der Logarithmus des verlangten Produkts in Kubiklinien

$$2\mathfrak{L}(204) + \mathfrak{L}(7854) + \mathfrak{L}(303) - \mathfrak{L}(10000)$$

Da ein Kubikfuß Regenwasser $65\frac{9}{10}$ Pfund wieget, so wieget 1 Kubiklinie $\frac{65\frac{9}{10}}{(1728)^2}$ oder $\frac{65,9}{(1728)^2}$, und mit diesem Gewichte muß die Anzahl der Kubiklinien multipliziret werden, oder der Logarithmus des letztern Bruches muß zu den vorigen Logarithmen addiret werden, folglich bekömmt man für den Logarithmus des Druckes

$$\begin{array}{llrll}
 & 2\,\mathfrak{L} & 204 & \ldots & 4,6192604 \\
+ & \mathfrak{L} & 303 & \ldots & 2,4814426 \\
+ & \mathfrak{L} & 7854 & \ldots & 3,8950909 \\
+ & \mathfrak{L} & 65,9 & \ldots & 1,8188854 \\
+ & \mathfrak{RL} & (1728)^2 & \ldots & 3,5249126 \\
+ & \mathfrak{RL} & 10000 & \ldots & 6,0000000 \\
\hline
 & & & & 2,3395919
\end{array}$$

Die zum gefundenen Logarithmus gehörige Zahl ist $218\frac{57}{100}$. Also leidet der Boden einen Druck, der so stark ist, als wenn er mit $218\frac{57}{100}$ Pfund oder 218 Pfund 18 Loth und 1 Quentchen beladen wäre.

Anmerkung I. Den berechneten Druck leidet der Boden allemal wirklich. Hingegen, wenn das Gefäß auf

einer

einer horizontalen Ebne ruhet, worauf der Boden platt anlieget, so wird der Druck des Wassers durch den Widerstand der Ebne unwirksam gemachet, und der Boden würde nicht brechen, wenn er auch sehr schwach wäre. Ein anderes ist es, wenn der Boden durch nichts gestützet wird, zum Exempel, wenn er mit einem unterwärts hervorragenden Rande umgeben ist, oder wenn das Gefäß an seinen oberen Theilen aufgehänget ist, jedoch so, daß der Boden horizontal sei. In diesem Falle wirket der Druck mit voller Kraft auf den Boden, und zerbricht ihn, wenn er zu schwach ist.

Anmerkung II. Den Druck, wovon die Rede ist, muß man mit dem Gewichte des Wassers, welches im Gefäße ist, nicht verwechseln. Im berechneten Falle betrug der Druck auf dem Boden 218 Pfund. So viel würde das Wasser in der That wiegen, wenn, mit Beibehaltung der nämlichen Grundfläche und Wasserhöhe, das Gefäß einen geraden Zylinder vorstellete. Ist es aber oben weiter oder enger als unten, so beträgt das Gewicht des Wassers mehr oder weniger als der Druck auf den Boden. Wer das Gefäß sammt dem Wasser tragen will, hat bloß das Gewicht des Wassers und des Gefäßes zu tragen; wer aber dem Gefäße einen Boden geben will, muß sich nach dem Drucke richten, und bei jeder Gestalt der Gefäße gleich große Böden gleich stark machen, wenn die lothrechten Höhen bis an den obersten Rand, oder überhaupt bis an den Ort, wohin das Wasser reichen soll, gleich sind, so weit oder enge auch die Gefäße oberwärts sein mögen.

Anmerkung III. Die Gleichheit der Böden erfordert nicht, daß sie einerlei Gestalt haben. Ein ovaler oder viereckigter Boden kann an Flächen-Inhalte eben so groß sein, als ein runder, und auf diese Gleichheit der

Flächen wird hier gesehen, nicht aber auf die Aehnlichkeit derselben.

Anmerkung IV. Es scheint befremdend zu sein, daß der Boden mehr oder weniger gedrücket sein kann, als durch das Gewicht des im Gefäße vorhandenen Wassers. Jedoch giebt es andre ähnliche Fälle. Gesetzt, eine stark gespannte Stahlfeder sei in einer verschlossenen Büchse so gestellet, daß sie sich gegen den Boden und den Deckel stämme, so kann sie sowohl den Boden als den Deckel mit einer Kraft drücken, die ihr Gewicht weit übertrift, und sogar die Büchse zersprengen. Dieser Druck aber vermehret nicht im geringsten das Gewicht des Ganzen, und wer die Büchse trägt, hat weder mehr noch weniger zu tragen, es mag die Feder stark gespannet sein, oder wenig, oder gar nicht. Dieses kann begreiflich machen, wie der Druck am Boden vom Gewichte der Wassermasse einigermaaßen unabhängig ist.

Anmerkung V. Der oben angeführte Beweis scheinet beim ersten Anblicke auch auf ungleiche Böden anwendbar zu sein, so daß man in Versuchung geräth, zu folgern, daß der Druck sich bloß nach der Höhe des Wassers im Gefäße, nicht aber nach der Größe der Böden richtet. Dieses wäre aber ein Trugschluß, und der Erfahrung gänzlich zuwider. Wenn die Böden AB, CD, EF, GH ungleich sind, so stelle man sich vor, sie seien alle in gleiche Theile getheilet, z. E. in Quadratfuße, in eben so viel Theile theile man auch in Gedanken die Gefäße durch aufwärts gehende Zwischenwände. Ferner nehme man unter jedem Boden noch eine kleine Röhre an, die ebenfalls einen Quadratfuß Weite habe, und eine kleine Strecke in dem Verbindungskanal hinunter gehe. Alsdann wird sich der geführte Beweis auf jeden Quadratfuß der Böden erstreckrn, und es wird

wird sich ergeben, daß der Druck sich verhält wie die Größe des ganzen Bodens.

§. 10.

Will man den Druck, welchen der horizontale Boden eines Gefäßes leidet, im allgemeinen durch einen algebraischen Ausdruck angeben, so sei b der Flächen-Inhalt des Bodens, h die Höhe des Flüssigen im Gefäße, und s die spezifische Schwere des Flüssigen, endlich d der zu bestimmende Druck; dann ist

$$d = bhs$$

Hier stellet b eine gewisse Anzahl von Einheiten des Quadratmaaßes vor, z. E. Quadratfuß, h eine gewisse Anzahl von Einheiten des Längenmaaßes, deren jede die Seite des gedachten Quadratmaaßes ist, s eine gewisse Anzahl von Einheiten des Gewichts, z. E. Pfunde, so viel nämlich als ein Würfel wieget, dessen Ausmessungen dem gedachten Längenmaaße gleich sind. Endlich stellet d eben solche Einheiten des Gewichtes vor. Dieses alles wird um desto einleuchtender sein, wenn man sich des gegebenen Beispieles im Zusatze des vorigen Paragraphs erinnert.

Zusatz I. Wenn man sich erinnert, daß ein Produkt von veränderlichen Größen im zusammengesetzten Verhältnisse der Faktoren stehet, so kann man aus der Gleichung $d = bhs$ verschiedene Verhältnisse herleiten.

z. E. Die Drücke auf verschiedene horizontale Böden sind im zusammengesetzten Verhältnisse der Böden selbst, der Höhen bis wo die flüssigen Materien in den Gefäßen stehen, und der spezifischen Schweren oder der Dichtigkeiten dieser Materien (§. 4).

Sind die spezifischen Schweren gleich, so verhalten sich die Drücke nur noch zusammengesetzt wie die Böden und Höhen.

Sind die spezifische Schweren und die Höhen gleich, so verhalten sich die Drücke bloß wie die Böden (§. 9. Anmerk. V).

Und so kann man in der Untersuchung dieser Verhältnisse weiter gehen.

Zusatz II. Aus $d = bhs$ folget

$$b = \frac{d}{hs}$$

$$h = \frac{d}{bs}$$

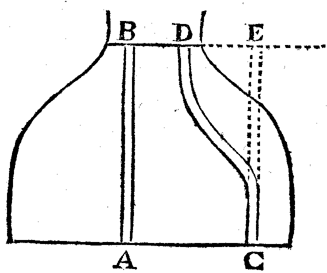
$$s = \frac{d}{bh}$$

und wenn man sich erinnert, daß die Werthe eines Bruches, dessen Nenner und Zähler veränderlich sind, sich verhalten, gerade wie die Zähler und umgekehrt wie die Nenner, so lassen sich wiederum aus den drei letzten Gleichungen verschiedene Verhältnisse herleiten. Z. E. wenn man die dem Gewichte nach geschätzten Drücke weiß, welche die Böden verschiedener Gefäße leiden, wie auch die Höhen und spezifischen Schweren der Flüssigkeiten, so kann man das Verhältniß der Böden selbst finden. Denn da $b = \frac{d}{hs}$, so verhalten sich die Böden gerade wie die bekannten Drücke, umgekehrt aber wie die Höhen und spezifischen Schweren. Sind die spezifischen Schweren gleich, so verhalten sich die Böden nur noch gerade wie die Drücke und

und umgekehrt wie die Höhen. Und was dergleichen Verhältnisse mehr sind.

§. 11.

Jedes beliebige Theilchen der inneren Wand eines Gefäßes, worin Wasser oder eine ähnliche flüssige Materie in Gleichgewicht stehet, leidet einen senkrechten Druck von innen nach außen, der so viel beträgt, als das Gewicht einer dünnen Säule des Flüssigen, deren Grundfläche dem gedrückten Theilchen gleich ist, und deren Höhe der Entfernung vom gedrückten Theilchen bis zur horizontalen Oberfläche des Flüssigen gleich ist.

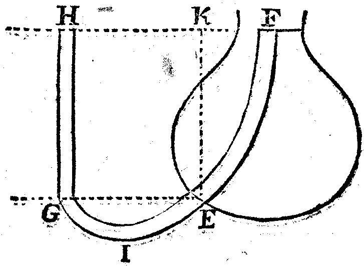


Es sei A ein Theilchen des horizontalen Bodens, so stellen wir uns vor, es gefriere alles übrige Flüssige, und es bleibe nur die Röhre AB, die in lothrechter Richtung bis zur obersten Fläche des Flüssigen gehet; und, um mehrerer Bequemlichkeit willen, gedenken wir uns diese Röhre von einförmiger Weite von unten bis oben. Wir haben schon bei den vorigen Beweisen gesehen, daß die Absonderung der Röhre AB durch das Gefrieren des übrigen Flüssigen, sonst keine Veränderung verursachet. Folglich wird die kleine Fläche A noch so gedrücket, als da alles flüssig war. Nun bildet die Röhre AB ein Gefäß mit

 einem

einem horizontalen Boden, und da dieses Gefäß vertikal stehet, und eine zylindrische oder prismatische Gestalt hat, so beträgt der Druck auf den kleinen Boden A weder mehr noch minder, als das Gewicht der flüssigen Säule AB.

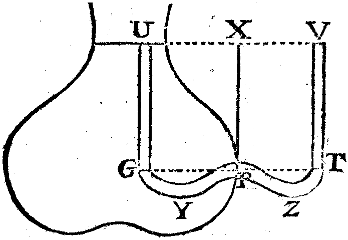
Nimmt man ein anderes Theilchen C (vor. Fig.) des horizontalen Bodens, von wo keine vertikale Röhre, sondern nur eine krumme CD bis zur obersten Fläche des Wassers geführet werden kann, so ist doch der Druck auf den kleinen Boden C eben so stark, als wenn wirklich eine vertikale Röhre CE hinauf ginge, indem schon bewiesen worden, daß die gleichen Böden solcher Gefäße wie CD und CE oder CD und AB, wenn das Flüssige in beiden Gefäßen gleich hoch stehet, auch gleich stark gedrücket werden.



Es werde das Theilchen E so gewählet, daß es von der horizontalen Lage abweiche, so führe ich in Gedanken eine Röhre EF, welche bei E auf die Wand des Gefäßes senkrecht ist, und durchaus die nämliche Weite hat, wie bei E. Ferner stelle ich mir wiederum vor, diese Röhre allein bleibe flüssig. Ich verlängere sie in Gedanken in EIGH, und biege sie aufwärts, so daß das Ende H eben so hoch stehe als die obere Fläche des Flüssigen im Gefäße. Uebrigens hat die Verlängerung EIGH allenthalben die nämliche Weite, wie die kleine Fläche E. Nun sei HGIE ebenfalls mit dem Flüssigen angefüllet, zugleich sei das Gefäß

fäß bei E durchgebohret, so bleibet alles Flüssige FEIGH in Gleichgewicht, und da wir annehmen, daß die Stellen E und G gleich hoch sind, und die Linie EG horizontal ist, so ist auch EIG von selbst in Gleichgewicht. Folglich muß FE in E eben so stark drücken als HG in G. Nun aber ist der Druck in G dem Gewichte der Säule GH gleich, folglich auch der Druck in E. Dieser Druck bei E geschiehet von innen nach außen in einer Richtung, die gegen die kleine Fläche E senkrecht ist, weil die Röhre dort diese Richtung hat. Also beträgt der senkrechte Druck auf E so viel als das Gewicht der Säule GH, deren Grundfläche bei G so groß ist als die kleine Fläche E, und deren Höhe der Entfernung EK von E bis zur (nöthigen Falls verlängerten) oberen Fläche des Flüssigen gleich ist.

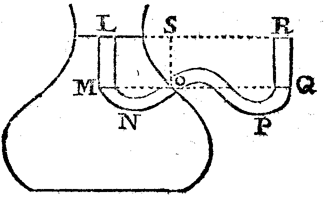
Gegen den Umstand, daß der Druck in E senkrecht gegen die Wand des Gefäßes geschiehet, ließe sich einwenden, daß wir den Kanal EF willkürlich so gebogen haben, daß er bei E gegen gedachte Fläche oder Wand senkrecht sei. Es ist aber ohnedem schon klar, daß der Druck der Wassertheilchen gegen die Theilchen der inneren Wand nicht anders als senkrecht sein kann: denn, wäre er nicht senkrecht, so ließe er sich nach den Regeln der Mechanik in zwei andere zerlegen, wovon der eine auf die gedrückte Fläche senkrecht, der andere aber mit derselben gleichlaufend wäre. Dieser parallele Druck aber würde auf die nächsten Wassertheile wirken, und solche in Bewegung setzen; welches aber bei dem Wasser nicht geschiehet, wenn es in einem Gefäße in Gleichgewicht ist. Folglich ist dieser parallele Druck nicht vorhanden, oder vielmehr wird er durch den Gegendruck der nächsten Wassertheilchen vernichtet, eben so als wenn das Theilchen, welches wir betrachten, allerseits durch eine auf die Wand des Gefäßes senkrecht stehende Röhre begränzet wäre. Folglich bleibet nur der senkrechte Druck allein, und dieser wirket so, als wenn die Röhre EF wirklich vorhanden wäre. Diese Erläuterung ist auch auf die folgenden Fälle anwendbar.



Es sei das Theilchen P in vertikaler Lage. Man führe inwendig im Gefäße die Röhre UGYP, und auswendig PZTV, so daß die ganze Röhre UGYPZTV durchaus von gleicher Weite sei, und daß die Stellen G, P und T sich in einer horizontalen Ebne befinden. Wäre die ganze Röhre UGYPZTV mit dem Flüssigen angefüllet, so würde dieses in Gleichgewicht sein. Nun aber wissen wir, daß zwei gleiche flüssige Säulen UG und TV einander das Gleichgewicht halten, folglich muß der Druck der Säule UG sich durch den unteren Theil GYPZT der Röhre bis in T unverändert fortpflanzen, um daß er bei T dem gleichen Drucke der Säule UT widerstehen könne. Folglich ist bei P der Druck eben so stark, als bei G, und wenn die Röhre bei P verschlossen, und der Theil PZTV weggenommen wird, so leidet die kleine Fläche P einen Druck, welcher dem Gewichte der Säule UG gleich ist, das heißt, dem Gewichte einer flüssigen Säule, deren Grundfläche der kleinen Fläche P gleich ist, und deren Entfernung der Entfernung PX des gedrückten Theilchens von der (nöthigen Falls verlängerten) oberen Fläche des Flüssigen gleich ist.

Eben so ohngefähr wird die Stärke des Druckes auf die kleine Fläche O bestimmet, welche mit dem Horizont inwen-

inwendig einen spitzigen und auswendig einen stumpfen Winkel machet. Bei der eingebildeten Röhre LMNOPQR halten die Wassersäulen LM und QR einander in



Gleichgewicht. Der Druck der Säule LM wird also durch den Theil MNOPQ der Röhre bis in Q fortgepflanzet. Folglich ist der Druck bei O eben so stark als bei M, das heißt, er ist dem Gewichte der Säule ML gleich, oder dem Gewichte einer Säule, die eine eben so große Grundfläche hat, als das Theilchen O, und deren Höhe der Entfernung OS gleich ist.

Zusatz. Es sei f ein kleiner Theil der inneren Fläche des Gefäßes, so daß f zum Exempel ein Bruch sei, dessen Einheit ein Quadratfuß ist. Es sei h die Höhe des Flüssigen über die kleine Fläche, so daß h ebenfalls in Fußen gerechnet sei. Es sei p die spezifische Schwere des Flüssigen, als hier die Schwere eines Kubikfußes desselben. Es sei d der senkrechte Druck, den das Theilchen der Fläche leidet, so ist, vermöge des eben jetzt bewiesenen Lehrsatzes,

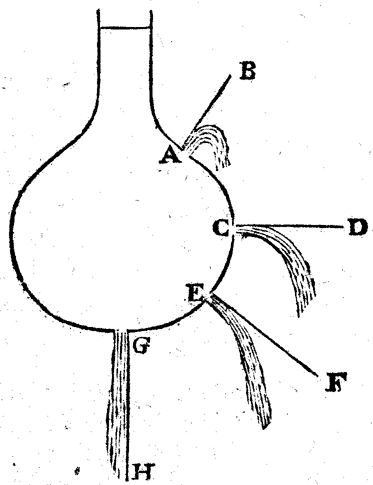
$$d = fhp$$

das heißt, der Druck, welchen ein beliebiges Theilchen der inwendigen Wand des Gefäßes leidet, wird gefunden, wenn man die Größe dieses Theilchens mit dessen Entfernung von der Oberfläche des Flüssigen, und das Produkt mit der spezifischen Schwere des Flüssigen multipliziret.

Anmer-

Anmerkung I. Die Ursache, warum wir bei diesem Lehrsatze nur von kleinen Theilen der inneren Fläche des Gefäßes reden, wird bald einleuchten, wenn man betrachtet, daß bei größeren Theilen die Entfernung oder Höhe h nicht in allen Punkten der Fläche einerlei ist, sobald nämlich die gedachte Fläche nicht horizontal ist. Nur bei einer sehr kleinen Fläche kann die Entfernung h aus jedem beliebigen Punkte derselben, ohne merklichen Irrthum, gemessen werden. Wird das Theilchen der Fläche unendlich klein angenommen, so ist es eigentlich nur ein Punkt, und es ist bei der Ausmessung der Höhe, Entfernung oder Tiefe h kein Irrthum zu befürchten. Was bei großen Theilen der inneren Fläche zu beobachten ist, werden wir bald zeigen.

Anmerkung II. Die Wirklichkeit des Druckes, wovon die Rede ist, beweiset die Erfahrung. Denn, wenn



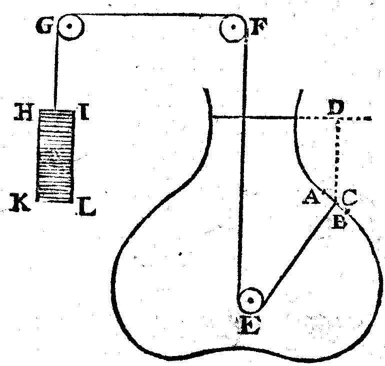
man an verschiedenen Stellen des Gefäßes kleine Oeffnungen machet, so spritzet das Wasser aus allen heraus, und

und dieses nach solchen Linien, deren anfängliche Richtungen AB, CD, EF, GH gegen die Fläche des Gefäßes senkrecht sind.

Auch lehret die Erfahrung, daß, wenn man diese Oefnungen verstopfen will, die Propfen desto fester eingeschlagen werden müssen, je niedriger die Oefnungen sind; welches nicht anders sein kann: denn da $d = fhp$, so wird der Druck d desto stärker, je größer die Tiefe oder Höhe h ist.

Anmerkung III. Hieraus folget, daß es nicht nöthig ist, die oberen Theile eines Gefäßes oder einer Röhre so stark zu machen, als die unteren, weil jene einen geringern Druck leiden.

Anmerkung IV. Es fällt Anfängern manchmal schwer, die Vergleichung des Druckes auf die Wände des Gefäßes mit einem Gewichte zu begreifen. Diesen zu gefallen, will ich die Sache noch auf folgende Art vorstellen.



Gesetzt das Theilchen AB des Gefäßes werde durch einen Schnitt rund herum vom übrigen Gefäße abgelö-

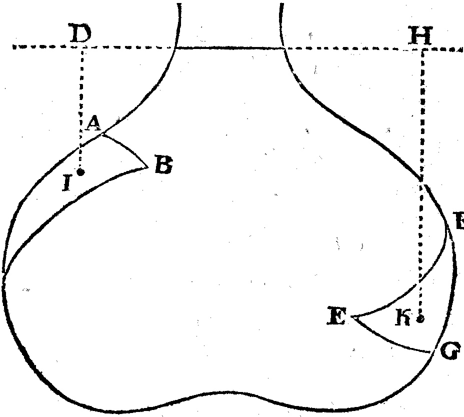
set,

set, so wird das Wasser dieses Stück durch seinen Druck hinaus werfen. Und dieser Druck beträgt so viel, als das Gewicht einer Wassersäule, die AB zur Grundfläche und CD zur Höhe hat. Nun aber binde man am abgesonderten Stücke einen Faden, führe ihn über die Rollen E, F, G, und hänge daran eine in dünnem Glase enthaltene Wassersäule HL, deren Grundflächen HI und KL der Fläche AB gleich sind, und deren Höhe IL der Höhe CD gleich ist, so wird diese Wassersäule HL hinlänglich sein, um das Stück AB zurückzuhalten, und dem Drucke, welchen AB leidet, zu widerstehen. Anstatt der Wassersäule HL kann man auch jeden anderen Körper anhängen, der eben so viel Gewicht hat. Man merke, daß der Theil CE des Fadens auf AB senkrecht sein muß.

§. 12.

Jeder beliebige Theil (er sei groß oder klein) der inneren Wand eines Gefäßes, worin Wasser oder eine ähnliche flüssige Materie in Gleichgewicht stehet, leidet eine Summe von Drücken, von innen nach außen, die so viel betragen, als das Gewicht einer Säule des Flüssigen, deren Grundfläche dem gedachten Theile gleich ist, und deren Höhe der Entfernung vom Schwerpunkte des gedrückten Theiles bis zur horizontalen Oberfläche des Flüssigen gleich ist.

(Siehe folgende Figur.)



Es sei EFG oder ABC ein Theil der inneren Wand des Gefäßes, es sei K oder I dessen Schwerpunkt, und KH oder ID die Entfernung desselben von der (nöthigen Falls verlängerten) horizontalen Oberfläche des Wassers.

Man nehme an, die Fläche EFG oder ABC bestehe aus lauter unendlich kleinen Flächen f, f', f'', f''', f^{v}, u. s. f. die nach der nämlichen Ordnung um h, h', h'', h''', h^{v}, u. s. f. von der Oberfläche DH entfernet sind. Es sei p die spezifische Schwere des Flüssigen, so leidet die Fläche EFG oder ABC eine Summe von Drücken, die durch folgenden Ausdruck vorgestellet wird (§. 11. Zus.)

$$fhp + f'h'p + f''h''p + f'''h'''p + f^{v}h^{v}p + \&c.$$

oder $(fh + f'h' + f''h'' + f'''h''' + f^{v}h^{v} + \&c.)\,p$

Betrachtet man die Theilchen f, f', f'', f''', f^{v}, u. s. f. als kleine Gewichte, so sind fh, $f'h'$ $f''h''$, $f'''h'''$, $f^{v}h^{v}$, u. s. f. die Momente derselben in Betrachtung der

Ebne

Ebne DH. Und die Summe aller dieser Momente ist dem Momente der ganzen Fläche EFG oder ABC gleich, wenn nämlich auch diese als ein Gewicht betrachtet wird. Das Moment dieser Fläche ist aber EFG $\times$ KH oder ABC $\times$ ID. Setzet man diesen Werth anstatt $fh + f'h' + f''h'' +$ &c. so wird der ganze Druck, den die Fläche EFG in allen ihren Elementen leidet,

$$EFG \times KH \times p$$

und eben so wird der ganze Druck, den die Fläche ABC in allen ihren Elementen leidet,

$$ABC \times ID \times p.$$

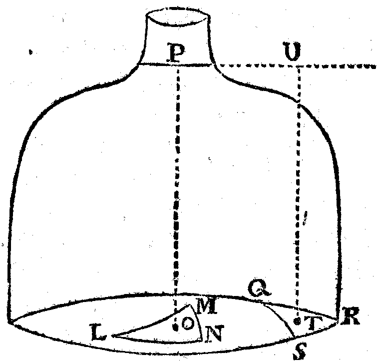
Nun stelle man sich eine prismatische Säule vor, deren Grundfläche gerade sei, und so groß als EFG, es mag nun diese EFG eben oder krumm sein, und deren Höhe so groß sei als KH, so ist der geometrische Inhalt der Säule EFG $\times$ KH, und deren Schwere ist EFG $\times$ KH $\times p$, also genau so viel als die Summe der Drücke, welche die Fläche EFG leidet. Eben so wird bewiesen, daß ABC $\times$ ID $\times p$ zugleich den Druck vorstellet, den alle Elemente der Fläche ABC leiden, und auch das Gewicht einer Wassersäule, deren Grundfläche der ABC und deren Höhe der ID gleich ist.

Zusatz I. Wenn die Fläche EFG oder ABC eben ist, so liegt ihr Schwerpunkt in ihr, und sie ist zugleich die Grundfläche des eingebildeten Prisma, der auf ihr senkrecht stehet (nicht lothrecht in der Lage KH oder ID). Ist aber die Fläche krumm, so fällt der Schwerpunkt meistens außerhalb derselben, gegen das Innere des Gefäßes, und sie kann nicht unmittelbar zur Grundfläche des gedachten Prisma dienen, sondern es muß diese Grundfläche gerade, und nur der gegebenen am Flächen-Inhalte gleich sein.

Zusatz II. Wenn die gedrückte Fläche gerade ist, so entstehet aus der Summe aller Drücke, die sie in ihren Elementen leidet, ein einziger zusammengesetzter Druck, der eben so groß ist, als diese Summe; und in diesem Falle kann man geradezu sagen, die Fläche leide einen Druck, der so viel beträgt, als das Gewicht einer Wassersäule, u. s. f. Hingegen, wenn die gedrückte Fläche krumm ist, so sind die Elementar-Drücke nicht unter einander parallel; und wenn man sie in eine einzige Kraft zusammensetzet, so ist diese Kraft nicht so groß als die Summe aller einzelnen Drücke. Also kann man hier nicht sagen, die Fläche leidet einen Druck, der so viel beträgt, als eine Wassersäule, u. s. f. sondern nur sie leidet Drücke, deren Summe so groß ist, u. s. f. Dieses ist also zu verstehen: wenn man das Stück EFG (vorige Figur) rund herum von der übrigen Wand des Gefäßes abschneidet, und wenn dieses Stück EFG eben ist, so wird es in der That auswärts getrieben, mit einer Kraft, die so viel beträgt, als $EFG \times KH \times p$, und solche Kraft ist nöthig, um das Stück zurückzuhalten. Ist aber EFG eine krumme Fläche, so beträgt zwar die Summe der Drücke auf alle unendlich kleinen Theile auch $EFG \times KH \times p$. Hingegen da jeder einzelne Druck auf ein Theilchen der Fläche perpendikulär ist, so geschehen die einzelnen Drücke in verschiedenen Richtungen; und es ist, zufolge der mechanischen Grundsäze, die aus allen entstehende Gewalt auf die feste Fläche EFG kleiner, als wenn die Drücke alle parallel wären.

Um dieses noch deutlicher zu machen, wollen wir anstatt des Theiles EFG, welcher so groß sein kann, als man will, die ganze innere Wand des Gefäßes betrachten. Diese leidet eine Summe von Drücken in allerlei Richtungen, welche Summe so viel beträgt, als die innere vom Wasser berührte Fläche, mit der Tiefe des Schwerpunkts derselbigen Fläche unter der Oberfläche des Wassers, und noch mit der spezifischen Schwere des Wassers multipliziret. Hingegen heben sich diese Drücke dermaßen auf, daß die ganze innere Wand allen widerstehet, und in keine Bewegung geräth, wenn nur das Gefäß unterwärts gestützet ist.

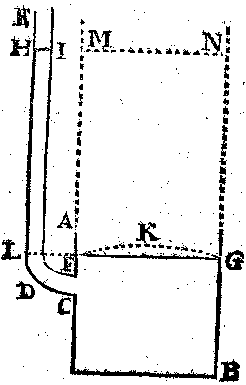
Zusatz III. Wenn der gegebene Theil der inwendigen Fläche des Gefäßes auf dem horizontalen Boden genommen wird, wie LMN oder QRS, so liegt der Schwerpunkt O oder T in der Horizontal-Fläche des



Bodens selbst, und OP oder TU ist die Entfernung vom Boden bis zur Oberfläche des Wassers. Da die eingebildete Säule auf LMN oder SQR senkrecht stehen muß, so ist OP oder TU ihre Axe. Folglich leidet jeder Theil des Bodens einen Druck, der dem Gewichte einer Wassersäule gleich ist, die den gedrückten Theil zur Grundfläche, und die Wasserhöhe OP oder TU zur Höhe hat. Da nun dieses wahr ist, so groß oder klein der Theil des Bodens angenommen wird, so gilt es auch vom ganzen Boden, der folglich so stark gedrücket wird, als wenn auf ihm eine lothrechte Wassersäule ruhete, die bis zur oberen horizontalen Fläche gienge; welches uns wiederum auf einen

einen unserer vorhergehenden Lehrsätze zurück führet. (Siehe §. 9).

Zusatz IV. Wenn das Gefäß so beschaffen ist, daß man in der inneren Wand einen horizontalen Theil nehmen kann, der niederwärts gewandt ist, so leidet dieser Theil einen Druck von unten nach oben, der eben so groß ist, als er von oben nach unten sein würde, wenn der gegebene Theil der untere horizontale Boden des Gefäßes wäre. Hierauf beruhet ein in der Naturlehre bekannter Versuch. Man nimmt ein Gefäß AB, und



machet daran einen Deckel FG von Leder oder dergleichen. Am nämlichen Gefäße befestiget man eine Röhre CDE, die sich viel höher als das Gefäß erhebet. Bevor man den Deckel fest machet, füllet man das Gefäß bis an denselben mit Wasser, so daß es den Raum FB, und in der Röhre noch den Raum CL einnehme. Wenn nun der Deckel FG fest gemacht ist, so gießt man in die Röhre noch mehr Wasser, z. E. bis in HI, so wird sich der Deckel FG allmählig heben und eine Krümmung FKG bekommen. Denn er leidet einen Druck von unten nach oben, der so

 viel

viel beträgt, als die Schwere einer Wassersäule, welche FG zur Grundfläche und LH zur Höhe hat. Die Schwere einer solchen Wassersäule ist leicht zu berechnen, also auch der Druck.

Wenn auch der Deckel FG von Holz ist, so muß er doch zuletzt nachgeben, wenn nur die Röhre DE hoch genug ist, und genug Wasser in dieselbe gegossen wird. Leget man aber auf den hölzernen Deckel ein Gewicht, das eben so viel beträgt, als $FG \times LH \times p$, wo p die spezifische Schwere des Flüssigen vorstellet, so kann er nicht nachgeben.

Aus allem diesen erhellet, daß der Deckel FG eben so stark gedrücket wird, als wenn FG der Boden eines Gefäßes FMNG wäre, das $FM = LH$ zur Höhe hätte.

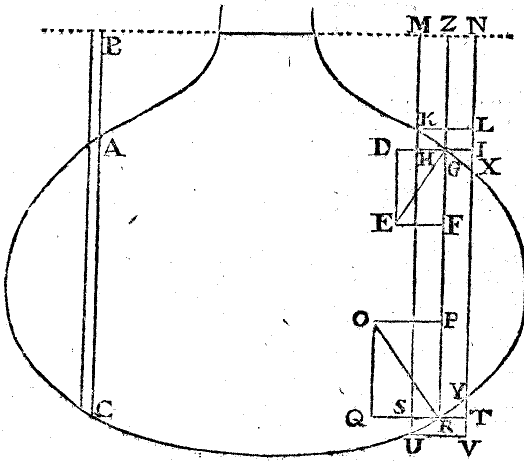
Anmerkung. Dieses läßt sich auch leicht auf folgende Art begreifen. Würde der Boden FG weggenommen, das Gefäß erhöhet, und Wasser bis in MN gegossen, so müßte ja die dünne Wasserschicht nächst unter FG die ganze Masse FN tragen; diese Schicht muß also einen Druck von unten nach oben ausüben, der eben so stark ist, als der Druck der Masse FN von oben nach unten. Wird nun anstatt der Masse FN ein Boden in FG befestiget, so übet diese nächste untere Schicht gegen den Boden denjenigen Druck aus, den sie vorher gegen die Masse FN ausübete.

§. 13.

Der Druck, welchen das Gefäß abseiten des Flüssigen, von oben nach unten leidet, beträgt weder mehr noch minder, als das Gewicht des Flüssigen.

Es sei KX eine in der inwendigen Fläche des Gefäßes gezogene Linie, jedoch mit einer unendlich kleinen Breite.

Diese



Diese Linie sei so gezogen, daß sie auch entstehen könnte, wenn man das Gefäß in dieser Gegend vermittelst einer Ebne schnitte, die gegen diese Stelle der inneren Wand und zugleich gegen den Horizont senkrecht wäre. Ferner, wenn die Linie KX nur kurz ist, so können wir sie allemal als gerade betrachten. Dieses vorausgesetzet, so ist ihre Mitte G auch zugleich ihr Schwerpunkt. Es stelle EG den senkrechten Druck vor, welchen die flüssige Materie auf KX oder zusammen auf den Schwerpunkt G ausübet. Um die Diagonal-Linie EG herum beschreibe man das Parallelogramm DF mit vertikalen und horizontalen Seiten; so stellet DG den horizontalen, FG aber den vertikalen Druck vor; nämlich DG stellet die Kraft vor, womit die Linie KX seitwärts getrieben wird, und wovon hier die Rede nicht ist; und FG die Kraft, womit die Linie KX aufwärts gestoßen wird. Also verhält sich der ganze Druck zum Vertikalen, wie EG zu FG. Es sind aber die Seiten des Dreiecks EGF auf den Seiten des Dreiecks KXL senkrecht; also verhält sich auch KX zu KL, wie der ganze

Druck zum Vertikalen. Der ganze Druck ist aber $KX \times GZ \times p$, wenn p die spezifische Schwere des Flüssigen vorstellet. Also ist

$$KX \text{ zu } KL :: (KX \times GZ \times p) \text{ zum vertik. Drucke.}$$

Daher ist der vertikale Druck

$$KL \times GZ \times p = IH \times GZ \times p$$

Nun ist $IH \times GZ \times p$ die Schwere der Säule MHIN. Der vertikale Druck ist demnach dem Gewichte einer solchen Säule gleich, nur hier in einer der Schwere entgegengesetzten Richtung, nämlich von unten nach oben.

Man verlängere in Gedanken die vertikale Fläche MNIH, bis sie bei YU an den Boden des Gefäßes stößt. Es sei OR der ganze Druck gegen YU: man mache wie vorher ein Parallelogramm, so stellet QR den horizontalen Druck vor, und PR den vertikalen, welcher hier niederwärts gehet. Ferner ist

$$YU : UV :: OR :: PR$$

oder $YU : UV ::$ (ganzer Druck) : (vertik. Druck).

Der ganze Druck ist $YU \times ZR \times p$

Also ist $YU : UV :: (YU \times ZR \times p) :$ (vert. Druck)

Daher ist der vertikale Druck $= UV \times ZR \times p = ST \times ZR \times p =$ dem Gewichte der Wassersäule MSTN.

Nun ist ferner $MHIN = MKXN$ und $MSTN = MUYN$. Er beträgt demnach der Druck bei KX von unten nach oben so viel, als das Gewicht des Trapezen MKXN, und der Druck von oben nach unten bei UY so viel, als das Gewicht des Trapezen MUYN. Ziehet man den kleineren Druck von dem größeren ab, so bleibet ein Druck von

oben

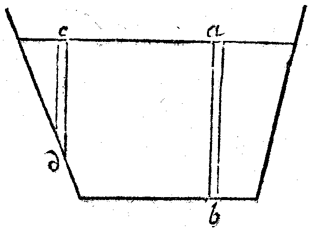
oben nach unten, der so viel beträgt, als das Gewicht des Trapezen KXYUK.

Es sei demnach überhaupt AC eine vertikale unendlich dünne und unendlich wenig breite Wassersäule, so verlängere man sie in Gedanken in AB bis zur Verlängerung der Wasserfläche. Nun wird, vermöge des geführten Beweises, das Gefäß bei A hinauf gedrücket, wie von einer Kraft AB, und bei C hinunter gedrücket, wie mit einer Kraft BC; also, vermöge der Enden der Säule AC, wird das Gefäß hinunter gedrücket wie mit einer Kraft $BC - AB = AC$.

Das nämliche gilt von allen Wassersäulchen, woraus das im Gefäße enthaltene Wasser bestehet. Jedes verursachet einen Druck von oben nach unten, der seinem Gewichte gleich ist. Folglich wird das Gefäß vom darin enthaltenen Wasser niedergedrücket, mit einer Kraft, die seinem Gewichte gleich ist.

Zusatz. Dieses machet nun erst recht begreiflich, wie der Druck, welchen der Boden eines Gefäßes leidet, von der Schwere des im Gefäße enthaltenen Wassers sehr verschieden sein kann; und man erkennet zugleich daraus, daß, wenn man ein Gefäß trägt, worin eine flüssige Materie enthalten ist, man in der That weiter nichts zu tragen hat, als das Gewicht des Flüssigen nebst dem Gewichte des Gefäßes, obgleich der Druck, den der Boden leidet, oft weit mehr ausmachet.

Anmerkung. Der Beweis wurde für den schwersten Fall eingerichtet, wo nämlich die dünne Wassersäule oben und unten an das Gefäß stößt. Weit leichter ist er, wenn diese Säule oben bis zur Oberfläche des Wassers gehet.

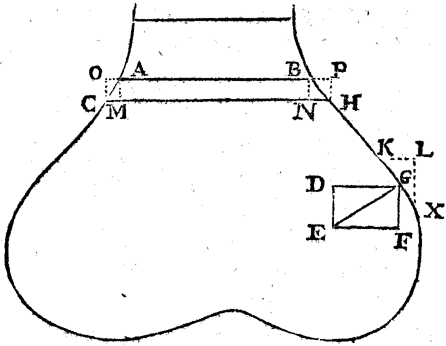


Ist sie so, wie hier *ab*, beschaffen, so leidet das Gefäß von der Säule *ab* bloß einen Druck niederwärts, der ihrem Gewichte gleich ist, und keiner Zertheilung fähig ist. Stehet das Säulchen wie *cd*, so wird der Druck bei *d* in einem horizontalen und in einem vertikalen zerleget, und es wird wie vorher bewiesen, daß der vertikale Druck so viel beträgt, als das Gewicht der Säule *cd* selbst, wovon hier kein Druck in entgegengesetzter Richtung abzuziehen ist.

§. 14.

Obgleich die Wände des Gefäßes auch vom Flüssigen seitwärts gedrücket werden, so kann doch daraus keine horizontale Bewegung entstehen, sondern in dieser Richtung wird das Gefäß durch das Flüssige selbst in Gleichgewicht gehalten.

Es stelle EG den ganzen senkrechten Druck des Flüssigen gegen einen Theil KX der inneren Wand vor, welchen Theil wir klein genug annehmen, um daß er für gerade gelten könne; so zertheilet sich dieser Druck EG in einem vertikalen FG und einem horizontalen DG. Nun sind DGE und KXL ähnliche Dreiecke, indem KL horizontal, LX aber vertikal gezogen sind, mithin die Seiten des Dreiecks KXL auf den Seiten des Dreiecks EGD senkrecht stehen.

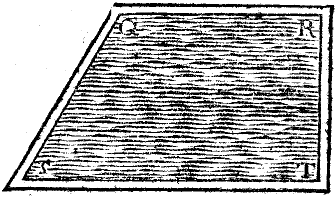


stehen. Es verhält sich demnach auch der ganze Druck zum horizontalen Theile desselben, wie KX zu LX.

Nun bilde man sich ein, es bestehe das Flüssige aus lauter horizontalen Schichten, wie ABHC; so stellen AC und BH die ganzen Drücke vor, welche die Theilchen AC und BH des Gefäßes leiden. Denn wie die Flächen sich verhalten, so verhalten sich auch die senkrechten Drücke in derselbigen Tiefe, weil nämlich alle Punkte der Flächen in gleichen Tiefen gleich stark gedrücket werden. Folglich, vermöge des kurz vorher Gesagten, stellen HP und OC oder BN und AM die horizontalen Drücke vor, hingegen BP und AO oder NH und MC stellen die vertikalen Drücke vor, die uns hier nichts angehen. Genug, man siehet, daß die horizontalen Drücke allemal durch die Dicke BN oder AM der Schichten vorgestellet werden, und folglich am Rande derselbigen Schicht alle gleich sind.

Nimmt man die Schicht unendlich dünn an, so bildet der Rand derselben ein Vieleck oder eine geschlossene und in sich selbst zurückkehrende krumme Linie. Der Umfang der Schicht stößt am Gefäße, und berühret einen horizontalen Durchschnitt desselben, der das nämliche Vieleck oder die nämliche krumme Linie bildet. Dieses horizontale

Vieleck, oder diese krumme Linie, welche man sich an der inneren Wand des Gefäßes rund herum gezeichnet vorstellen muß, wird in allen ihren Punkten senkrecht vom Flüssigen gedrücket; und nimmt man nur den horizontalen Theil des Druckes, so haben wir kurz vorher gesehen, daß er an allen Stellen oder in allen Punkten des Vielecks oder der krummen Linie gleich ist. Nun muß bewiesen werden, daß bei diesen Umständen ein solches Vieleck oder eine solche krumme Linie in Gleichgewicht bleiben muß.



Es sei QRTS ein horizontaler Durchschnitt eines Gefäßes samt der unendlich dünnen darin enthaltenen Wasserschicht, so ist klar, daß, so vielmal ST die RT übertrift, so vielmal mehr Wassertheilchen liegen auch an der Linie ST als an der Linie RT; und da alle in horizontaler Richtung gleich stark drücken, so kann man sagen, daß, so vielmal ST größer ist als RT, so vielmal werde auch ST mehr gedrücket als RT; oder überhaupt, die horizontalen Drücke auf die Seiten des Vielecks QRTS verhalten sich wie die Seiten selbst.

Ferner geschiehet jeder Druck in einer Richtung, deren Linie in der Ebne des Vielecks ist, weil nämlich der Durchschnitt QRTS horizontal ist, und auch hier vom horizontalen Drucke die Rede ist.

Weiter ist der horizontale Druck jedes Wassertheilchens auf die Seite des Vielecks, wogegen es drücket,

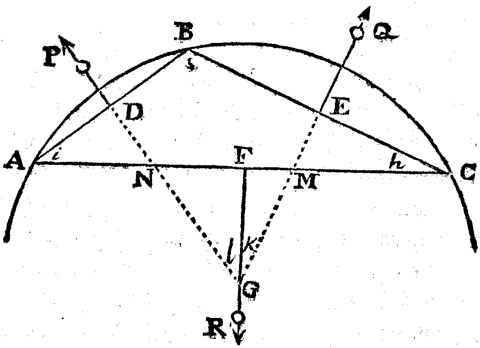
senk-

senkrecht. Denn wäre dieses nicht, so würde sich der Druck zertheilen in einen senkrechten und in einen andern, der mit der Seite des Vielecks parallel wäre; und dieser Druck würde auf die nächsten Wassertheilchen wirken, so daß diese in horizontaler Richtung beweget würden, und also das Wasser nicht, der Voraussetzung gemäß, in Gleichgewicht wäre.

Noch ist zu merken, daß alle einzelne horizontale Drücke auf eine Seite des Vielecks, zusammen genommen als eine einzige Kraft betrachtet werden können, welche senkrecht auf die Mitte der Seite wirket. Denn gesetzt, eine Seite des Umfanges lösete sich von dem übrigen Vieleck ab, und müßte gegen den Druck des Wassers von außen gestützet werden, so ist klar, daß die stützende Kraft auf die Mitte der Seite wirken müßte, weil die drückenden Kräfte auf der ganzen Seite gleichförmig vertheilet sind, auf der einen Hälfte so viel als auf der anderen; so wie ein Hebel, an dem gleiche Gewichte in gleichen Entfernungen hängen, in der Mitte gestützet werden muß. Ferner muß die stützende Kraft den drückenden Kräften gerade entgegen wirken, und da hier nur bloß von den horizontalen Drücken die Rede ist, und diese alle auf die Seite des Vielecks senkrecht sind, so muß auch die stützende Kraft in horizontaler und senkrechter Richtung wirken; so wie am gemeldeten Waagebalken die Kraft, die ihn stützet, in derselbigen Fläche wirken muß, in welcher die Gewichte wirken, und in einer gerade entgegengesetzten Richtung. Da also die Kraft, welche eine Seite des Vielecks von außen stützen muß, um solche gegen den inneren horizontalen Druck in Gleichgewicht zu halten, in einer Linie wirket, die auf die Mitte dieser Seite senkrecht, und in der verlängerten Fläche des Vielecks ist, so läßt sich daraus schließen, daß die gedachte Seite von innen solche Drücke leidet, die eben so wirken, als wenn eine einzige Kraft vorhanden wäre, welche die Seite des Vielecks von innen nach außen drükkete,

kete, deren Richtung in der Fläche des Vielecks, und auf die Mitte der Seite senkrecht wäre. Denn wider eine solche Kraft würde man die nämliche stützende Kraft gebrauchen; sie thut also die nämliche Wirkung, als alle kleinen Drücke zusammen genommen, und kann an deren Stelle gesetzet werden.

Alles Vorhergehende zusammengenommen giebt uns deutlich zu erkennen, daß, wenn man sich vorstellet, daß ein vieleckichtes Gefäß samt dem darin enthaltenen Flüssigen aus lauter dünnen horizontalen Scheiben bestehe, alsdann jede Wasserschicht auf das umgebende Vieleck so wirke, als wenn auf die Seiten des Vielecks gewisse Kräfte von innen nach außen wirketen, die den Seiten selbst proporzional wären, und deren Richtungen auf die Mitten der Seiten senkrecht wären. Nun bleibt uns nur noch übrig, zu beweisen, daß in diesem Falle das ganze Vieleck unbewegt und in Gleichgewicht bleiben muß.



Es stellet ABCA den Umfang eines Dreiecks vor, welcher aus drei steifen Linien bestehet. Die Kräfte P, Q und R sind wie die Seiten AB, BC, AC proporzioniret, wirken entweder alle drei von innen nach außen, oder alle drei

drei von außen nach innen, und gehen, ihren Richtungen nach, senkrecht durch die Mitten der Seiten.

Stellet man sich eine Kreislinie vor, die durch A, B und C gehet, so müssen die drei Linien, welche die Sehnen AB, BC und AC halbiren, alle drei durch den Mittelpunkt des Kreises gehen.

Nun ist angenommen

$$P : Q : R :: AB : BC : AC$$

oder $$P : Q : R :: \mathfrak{S}\,h : \mathfrak{S}\,i, \mathfrak{S}\,s$$

weil nämlich die Seiten des Dreiecks sich verhalten wie die Sinusse der Gegenwinkel, welche hier durch $\mathfrak{S}$ angedeutet werden.

Nun ist $\angle h = \angle k$. Denn die Dreiecke MEC, MGF sind ähnlich, weil jedes einen rechten Winkel hat, und die Scheitelwinkel bei M gleich sind. Also ist auch $\mathfrak{S}\,h = \mathfrak{S}\,k$.

Aus ähnlichen Gründen ist $\angle i = \angle l$, nämlich wegen der ähnlichen Dreiecke NDA und NFG.

Ferner, da der Winkel s mit h und i 180^g machet, so ist $\mathfrak{S}\,s = \mathfrak{S}\,(h+i) = \mathfrak{S}\,(k+l)$.

Werden diese Werthe in die Proporzion gesetzet, so hat man

$$P : Q : R :: \mathfrak{S}\,k : \mathfrak{S}\,l : \mathfrak{S}(k+l)$$

das heißt
$$P : Q :: \mathfrak{S}\,k : \mathfrak{S}\,l$$
$$P : R :: \mathfrak{S}\,k : \mathfrak{S}\,(k+l)$$
$$Q : R :: \mathfrak{S}\,l : \mathfrak{S}\,(k+l)$$

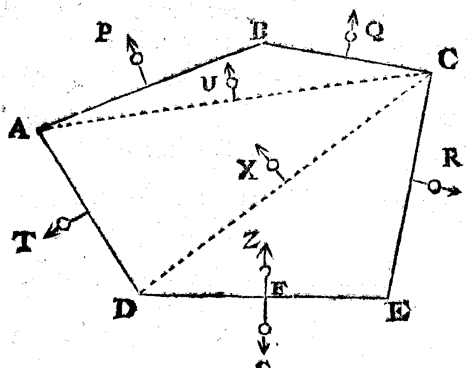
woraus man siehet, daß jede zwei der Kräfte P, Q und R sich umgekehrt verhalten, wie die Winkel, die sie mit der Richtung der dritten machen. Und da überdem die drei Richtungen in einen Punkt G zusammen laufen, so folget

aus

aus den Regeln der Statik, daß die drei Kräfte einander das Gleichgewicht halten, und folglich das Dreieck ABC in Gleichgewicht bleibet. (Statik. Hauptst. III. §. 15.)

Und da die eine Kraft R den beiden P und Q das Gleichgewicht hält, so wirken die beiden so wie die eine, nur in entgegengesetzter Richtung. Wenn also P und Q allein wirkten, so würde die aus ihnen zusammengesetzte Kraft = R sein. Da aber P und Q durch AB und BC vorgestellet werden, so wird die aus ihnen zusammengesetzte Kraft durch AC vorgestellet.

Anstatt eines bloßen Dreiecks laßt uns jetzt ein beliebiges Vieleck annehmen, zum Exempel das irreguläre



Fünfeck ABCED, dessen Seiten von den Kräften P, Q, R, S, T alle von innen nach außen oder von außen nach innen gezogen oder gedrücket werden. Dabei wird vorausgesetzet, daß die Kräfte sich wie die Seiten selbst verhalten, und auf die Mitten derselben senkrecht wirken, wie auch, daß die Richtungen der Kräfte in der Ebne des Vielecks sind.

Man

Man theile es in lauter Dreiecke, und urtheile also. Im Dreieck ABC wirken die Kräfte P und Q, wie eine einzige U, deren Größe durch AC vorgestellet wird, und deren Richtung auf die Mitte der AC senkrecht ist.

Im Dreieck ACD wirken die Kräfte U und T wie eine einzige X, die durch DC vorgestellet wird, und deren Richtung auf die Mitte der DC senkrecht ist.

Im Dreieck DCE wirken die Kräfte X und R wie eine einzige Z, die durch DE vorgestellet wird, und deren Richtung auf DE senkrecht ist; und diese Kraft Z begreift die zusammengesetzte Wirkung aller Kräfte P; Q, T, R auf den Punkt F in sich, welche Kräfte sich, wegen ihrer schiefen Richtungen, zum Theil einander aufheben. Diese übrige Kraft Z aber wird zulezt auch durch die Kraft S aufgehoben, die ihr gleich und gerade entgegengesetzet ist, indem sie auch durch DE vorgestellet wird und auf die Mitte F der DE senkrecht wirket. Also bleibet alles in Gleichgewicht.

Dieser Beweis kann auf Vielecke, von so viel Seiten als man will, ausgedehnet werden. Er gilt also noch, wenn unendlich viel Seiten vorhanden sind, das heißt, bei einer geschlossenen krummen Linie. Folglich, wenn bei einer geschlossenen krummen Linie, die dabei steif ist, alle Punkte derselben von innen nach außen, oder von außen nach innen, einen gleichen Druck leiden, so bleibet die Figur in Gleichgewicht.

Da nun jeder horizontale Schnitt eines Gefäßes entweder ein Vieleck oder eine geschlossene krumme Linie vorstellet, und da alle Punkte dieses Vielecks oder dieser krummen Linie vom enthaltenen Flüssigen von innen nach außen senkrecht und gleich stark gedrücket werden, was nämlich den horizontalen Druck betrift, so bleibet jedes solches Vieleck oder jede solche krumme Linie, der horizontalen Richtung nach, in Gleichgewicht. Folglich, was die horizontale Bewegung betrift, so kann das in einem Gefäße enthaltene

Flüssige

Flüssige keine verursachen, sondern das Gefäß bleibt in dieser Richtung in Gleichgewicht.

Anmerkung. Der Leser wird vielleicht den geführten Beweis sehr lang finden und sich wundern, daß man sich so viel Mühe giebt, um Dinge zu beweisen, woran gar kein Zweifel ist, als hier, daß das enthaltene Wasser, wenn es ruhig ist, keine horizontale Bewegung des Gefäßes verursachet, so daß das Gefäß nicht von selbst anfängt, rechts oder links zu gehen; und im vorigen Artikel, daß das Gefäß samt dem Wasser genau so viel wieget, als das Gewicht beider zusammen genommen beträgt.

Man bedenke aber, daß vorher bewiesen war, daß der senkrechte Druck auf jeden Theil des Gefäßes meistens viel mehr beträgt, als das Gewicht des lothrecht darüber stehenden Wassers, und daß folglich der Druck auf die ganze innere Wand des Gefäßes auch weit mehr beträgt als das Gewicht des enthaltenen Wassers. Es war also natürlich, daß man untersuchete, wo dann dieser Druck bleibet und was daraus wird, indem man seine Wirkung gar nicht merket. Jetzt also sehen wir deutlich ein, daß, wenn man alle Drücke der Wassertheilchen auf die innere Wand in vertikale und horizontale Drücke zerleget, die vertikalen sich zum Theil aufheben, und nur einen Druck übrig lassen, der dem Gewichte des Wassers gleich ist; und daß die horizontalen Drücke einander völlig aufheben. Zugleich bestätiget dieses die Richtigkeit der vom Drucke der Wassertheilchen gegebenen Regeln, indem man siehet, daß die daraus hergeleiteten Folgerungen mit der Erfahrung übereinstimmen.

Zweites

Zweites Hauptstück.

Von verschiedenen Maschinen, wodurch Wasser und ähnliche Flüssigkeiten gehoben werden können.

§. 1.

Da flüssige Materien, wenn sie in Gefäßen eingeschlossen sind, eben so wie feste Körper niederwärts drücken, so ist man darauf bedacht gewesen, wie man sie, ihrer Neigung zuwider, zum Steigen zwingen könnte, wenn die menschlichen Bedürfnisse solches erfordern. Wir werden zwar in diesem Hauptstücke meistens nur vom Wasser sprechen; es verstehet sich aber, daß die nämlichen Mittel auch nöthigen Falls bei anderen ähnlichen Flüssigkeiten gebrauchet werden können.

Anmerkung. Genaue Rechnungen lassen sich hier selten anbringen, sondern sie müssen für die Hydrodynamik ersparet werden, ohne welche die Bedingungen des Gleichgewichts bei Wasser-Maschinen nur sehr unvollständig sein können.

§. 2.

Das einfachste Mittel, um Wasser aus der Tiefe in die Höhe zu bringen, bestehet darin, daß man es mit einem Gefäße schöpfet, und dann das Gefäß mit Händen aufhebet. So pfleget man mit einem Eimer Wasser aus einem Flusse zu schöpfen.

In diesem Falle gewinnet die Macht keinen Vortheil, sondern die angewandte Kraft muß dem Gewichte des Wassers und des Gefäßes gleich sein. Die unbequeme Stellung, die man bei dieser Handlung annehmen muß, machet, daß ein Mensch dabei nur einen Theil der Stärke anwenden kann, die er in anderen Fällen ausübet.

§. 3.

Stehet das Wasser an einem tiefen Orte, wie z. E. in einem Brunnen, so wird das Gefäß vermittelst eines Seiles oder einer Stange hinunter gelassen, und wieder herauf gezogen.

Auch hierbei gewinnet die Macht nichts; sie hat nicht nur das Wasser und das Gefäß zu heben, sondern noch dazu das Seil oder die Stange.

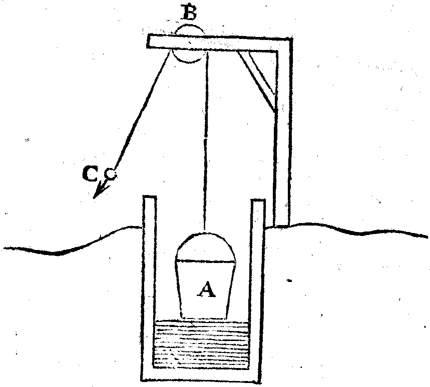
Anmerkung. Um zu machen, daß das Gefäß sich desto leichter anfülle, kann man am Boden ein Ventil anbringen, da sich dann das Gefäß von unten anfüllet.

Ein Ventil aber ist eine Klappe oder eine Art von Thür, die sich, wie jede andere Thür, nur allein von außen nach innen oder von innen nach außen öfnen läßt. Im gegenwärtigen Falle muß das Ventil so eingerichtet sein, daß es sich von außen nach innen, nicht aber von innen nach außen öfne. Beim Sinken des Gefäßes wird das Ventil vom Wasser selbst geöfnet, welches in das Gefäß hineindringet. Beim Aufziehen aber fällt das Ventil durch seine eigene Schwere und durch den Druck des Wassers im Gefäße wieder zu, und hält das geschöpfte Wasser zurück, daß es nicht auslaufe.

§. 4.

Will man der Macht eine bequemere Lage und ihrer Wirkung eine bessere Richtung geben, so läßt man das Seil,

Seil, an dessen Stelle auch eine Kette gebrauchet werden kann, über eine Rolle gehen.



Z. E. Wenn das Seil ABC bei B über eine Rolle geleget ist, so wird ein Mensch bequemer in der Richtung BC ziehen, als in der Richtung AB geschehen würde.

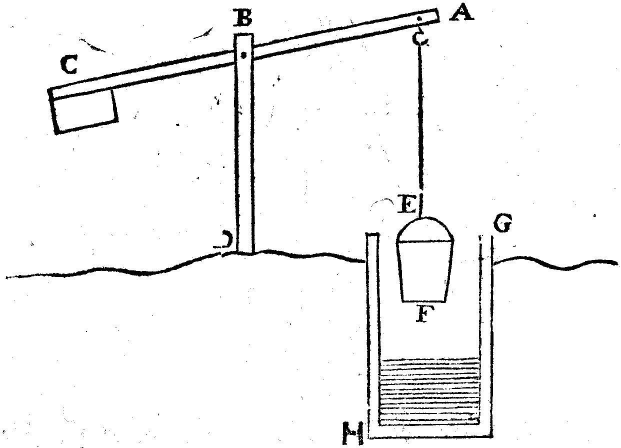
Wenn das Gefäß schon hoch genug heraufgezogen ist, so faßt es derselbige Mensch, der das Ende C des Strickes hält, oder ein anderer, und ziehet es seitwärts aus dem Brunnen heraus.

Bei dieser Einrichtung gewinnet man weiter nichts, als eine bequemere Richtung; indem bekannt ist, daß eine feste Rolle sonst keinen Vortheil verschaffet. (Statik, Hauptst. VI. §. 3.)

§. 5.

Auf einem Pfahle DB (folg F.) bringe man einen Hebel AC an, an dessen Ende A eine Stange AE mit einem Eimer F hänget. Man fülle anfänglich den Eimer F mit Wasser, und beschwere den Hebel bei C mit Eisen, Blei oder

Holz, bis daß dieses Ende C etwas Uebergewicht bekömmt, und den vollen Eimer hebet. Ist dieses geschehen, so



kann der Hebel jedesmal gebrauchet werden, um Wasser aus dem Brunnen GH zu schöpfen. Denn es wird, wenn der Eimer leer ist, das Ende C niederwärts und A aufwärts stehen. Nun faßt ein am Rande des Brunnens stehender Mensch die Stange AE, und ziehet sie herunter, bis daß der Eimer angefüllet ist, alsdann läßt er ihn von selbst steigen, indem er blos die Stange leitet und in ihrer Richtung erhält. Wenn der Eimer hoch genug gestiegen ist, so ziehet er ihn seitwärts zu sich, und gießt das geschöpfte Wasser in ein anderes Gefäß, indem derselbige Eimer F immer an der Stange AE hängen bleibet. Dieser Eimer kann, wie bei §. 3, mit einem Ventil versehen sein.

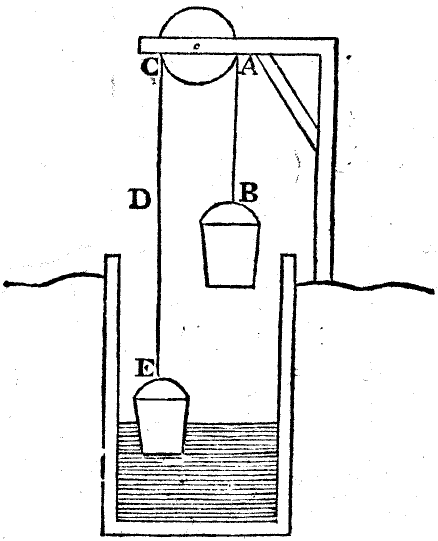
Bei diesem Gebrauche des Hebels gewinnet man nichts an Kraft. Denn, ob gleich der Eimer von selbst steiget, wenn er voll ist, so hat man desto mehr Mühe, um ihn,

wenn

wenn er noch leer ist, herunter zu ziehen. Jedoch ist das Herunterziehen, was die Richtung anbelanget, bequemer als das Heraufziehen.

§. 6.

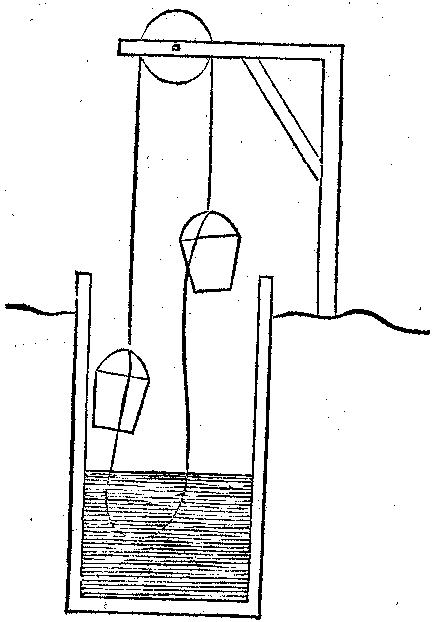
Wenn oft nach einander geschöpfet werden soll, so befestige man zwei Eimer an beiden Enden eines Seiles oder einer Kette, die über eine Rolle geleget ist, so gehet allemal ein Eimer leer hinunter, unterdessen daß der andere vermittelst des Seiles voll herauf gezogen wird: und da



ein Eimer dem anderen das Gleichgewicht hält, so gewinnet man dabei, daß man nur das Wasser nebst einem Theile des Seiles zu heben hat. Ich sage einen Theil; denn AB ist mit CD in Gleichgewicht, also hebet man nur den Theil DE, und dieser verschwindet, wenn AB und CE gleich geworden sind, hernach wird AB länger, und überwieget CE, welches zum Vortheil der Macht gereichet.

§. 7.

Nehmet ein Seil ohne Ende, das heißt, was in sich selbst zurückläuft, und hänget es über eine Rolle, so wird es sich selbst in Gleichgewicht halten. Hänget daran zwei gleich schwere Eimer, so daß der eine unten sei wenn der andere oben ist, so halten auch beide Eimer einander das



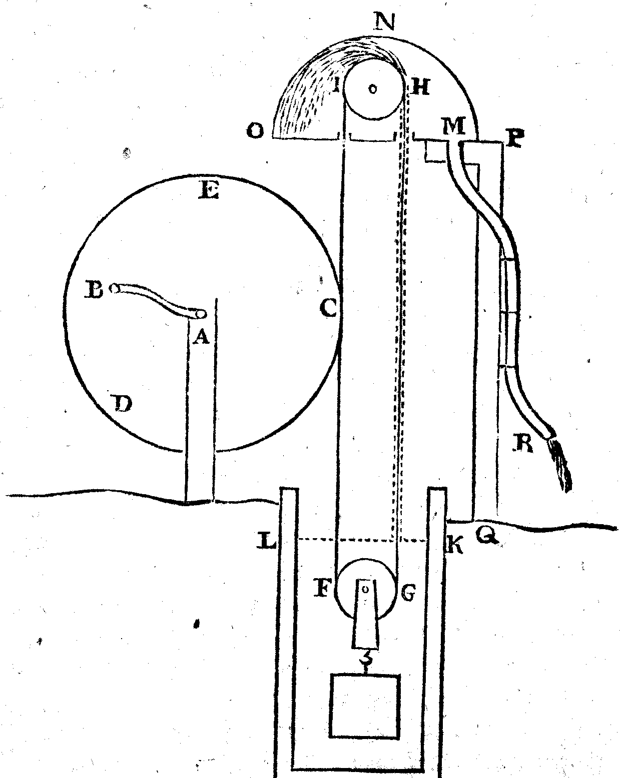
Gleichgewicht. Wird nun der eine Eimer herunter gelassen, so füllet er sich, und wird er wieder herauf gezogen, so hat man weiter nichts zu überwinden, als die Schwere des Wassers, und die Reibung der Maschinen, welche nicht sehr beträchtlich sein kann.

Diese

Diese Erfindung rühret von Herrn Loriot her. Noch besser wäre es vielleicht, wenn das Seil bei jedem Eimer unterbrochen, und nur oben am Henkel und unten am Boden befestiget wäre.

§. 8.

Die Erfahrung lehret, daß, wenn ein Seil mit großer Geschwindigkeit durch Wasser gezogen wird, es eine ziemliche Menge Wassers mit sich nehme, womit es überzogen



ist, welches vermuthlich von zwei Ursachen herrühret. Erstlich ist das Seil auswendig uneben und haarig, so daß das Wasser, welches sich zwischen diesen Unebenheiten gesetzet hat, bei einer geschwinden Bewegung nicht Zeit hat, sich abzulösen. Zweitens ziehet sich etwas Wasser ins Seil hinein, welches das umliegende anziehet, und dasselbe fest hält. Denn Wasser ist nicht so vollkommen flüssig, daß die Theile gar keine gegenseitige Wirkung hätten. Auf diesen Gründen beruhet die Einrichtung der folgenden Maschine.

Vermittelst der Kurbel AB (vor. F.) wird das Rad CDE geschwinde gedrehet, welches an seinem Rande eine Rinne hat wie bei Rollen. Dieses Rad wird von einem Seile umfasset, welches sich in C kreuzet, so daß ein Theil nach I hinauf und der andere nach F hinunter gehet. Bei I und F gehen beide Theile über die Rollen IH und FG, und vereinigen sich dann in HG, so daß das ganze Seil ohne Ende ist. An der Rolle FG hänget ein starkes Gewicht, um das Seil stramm anzuziehen, so daß das Gewicht dennoch etwas steigen könne, wenn das Seil sich wegen der Nässe verkürzet. Diese Rolle FG ist unter der Fläche KL des Wassers. Die obere Rolle IH gehet auf einer Axe, die an den Wänden des Gefäßes MNO befestiget ist, welches einen flachen Boden MO und in demselben zwei Löcher hat, die etwas weit sind, und einwärts erhöhete Rände haben, so daß das Seil samt dem umgebenden Wasser ungehindert durchgehe, das Wasser aber durch die Löcher nicht wieder zurück fließen könne. Das Gefäß wird durch ein Gerüst MPQ gestützet. In M hat es am Boden noch eine Oefnung, woraus das Wasser fließen kann, da es dann, vermittelst einer Röhre oder eines Schlundes von M bis R fließet, wo man es in ein Gefäß auffangen kann.

Wird nun das Rad in der Richtung CDE gedrehet, so steiget mit dem Seile eine Wassersäule von G bis H.

Weil

Weil sich hier das Seil kurz umbieget, und das Wasser eine Bewegung in der Richtung GH erhalten hat, so bestrebet es sich, seinen Weg in dieser Richtung fortzusetzen, sondert sich vom Seile ab, sprizet an den Deckel MNO des Gefäßes, läuft von dort auf den Boden MO ab, und fließet in die Röhre MR.

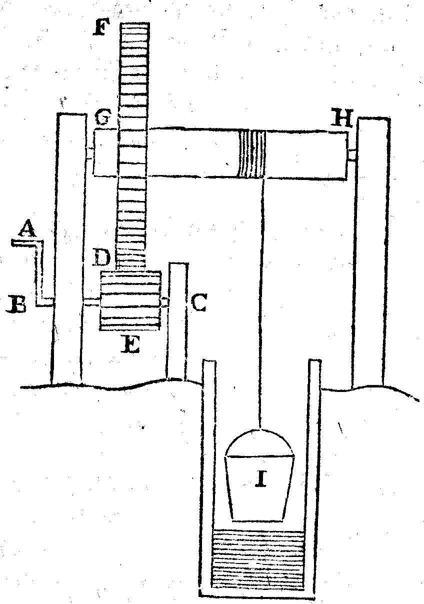
Diese Erfindung rühret ursprünglich von Herrn Vera her, und ist von Herrn Ritter Marsilio Landriani verbessert worden. Ich habe sie nur der Hauptsache nach beschrieben, und einige Nebendinge weggelassen. Die Erfinder behaupten, daß diese Maschine eine große Menge Wassers giebt, welches auch wegen der ununterbrochenen und schnellen Bewegung zu begreifen ist.

Würde das Seil bloß bei C nieder gezogen, so hätte man sonst keine Resistenz zu überwinden, als die Schwere der Wassersäule und die Reibungen. Es muß aber die Kraft so vielmal vergrößert werden, als der Halbmesser des Rades die Länge der Kurbel, gerade von A bis B gerechnet, übertrift (Statik. Hauptst. VI. §. 10).

§. 9.

Die Kurbel AB drehet eine Stange BC mit einem Getriebe DE. Dieses drehet ein Rad DF mit dessen Welle GH, um welche sich ein Seil windet, an dessen Ende der Eimer I hänget, welcher allmälig steiget.

(Siehe folgende Figur.)

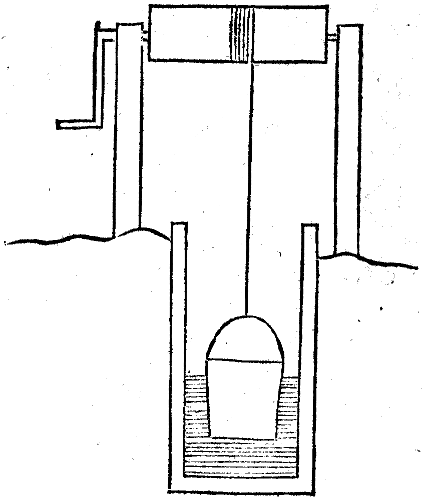


Diese Maschine kann gebrauchet werden, wenn der Eimer I samt dem Wasser sehr schwer ist.

Um die Wirkung zu erkennen, multiplizire man die Länge der Kurbel AB mit den Halbmesser des Rades FD. Man multiplizire auch den Halbmesser des Getriebes DE mit den Halbmesser der Welle GH. Das erste Produkt dividire man durch das zweite, so zeiget der Quozient, wie vielmal die nöthige Kraft kleiner ist, als die Resistenz. Dividiret man die Schwere der Last I durch die gefundene Zahl, so hat man die bei A anzubringende Kraft. (Statik. Hauptst. VI. §. 13.)

§. 10.

Braucht man nicht so viel Verstärkung der Macht, so bewege man bloß die Welle vermittelst einer Kurbel, da

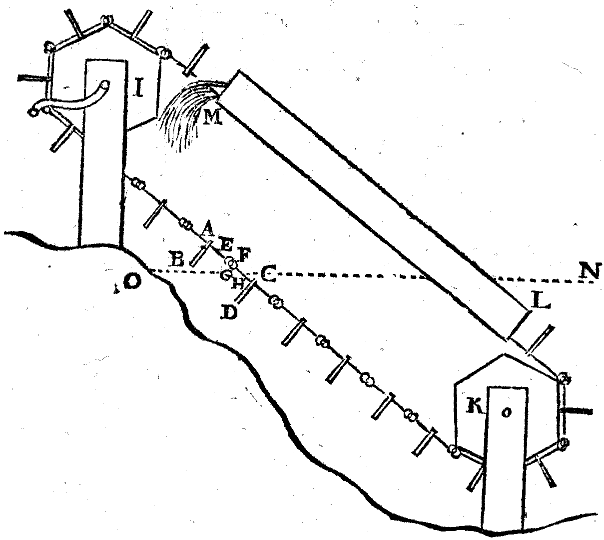


da dann die Resistenz so vielmal vermindert wird, als die Länge der Kurbel den Halbmesser der Welle übertrift. (Statik. Hauptst. VI. §. 10).

§. 11.

Man verfertige einen Kranz von länglicht viereckigten Brettern oder Schaufeln, deren kleinere Enden hier durch AB und CD vorgestellet werden. (folg. Fig.) Diese müssen in gleichen Entfernungen von einander verbunden werden. An jedem Brette ist ein eiserner Stab, wie EF und HG befestiget, der sich in einen Ring endiget, und zwei solche Ringe sind allemal in einander gefüget, wie bei einer Kette. Der Kranz gehet über zwei Walzen I und K, wovon die obere I mit hervorragenden Stäben versehen, oder in Gestalt eines vielseitigen Prisma gebildet ist. Diese obere Walze I kann vermittelst langer, an deren Enden durchgesteckter Stäbe gedrehet werden, oder auch nur

durch



durch eine bloße Kurbel. LM ist ein schief liegender Trog, der aus drei Brettern bestehet, nämlich einem Boden und zwei Seitenwänden, und der genau so viel Weite hat, daß die Schaufeln des Kranzes ohne starke Reibung in die Quere durch kommen können. Der untere Theil der Maschine stehet unter der Wasserfläche NO.

Wird nun die Walze I gedrehet, so drehet sich der ganze Kranz um beide Walzen herum. Die steigenden Schaufeln führen Wasser längs dem Troge hinauf, und dieses Wasser fällt durch sein eigen Gewicht bei M heraus, wo man es in einer Rinne auffangen, und von dort weiter führen kann.

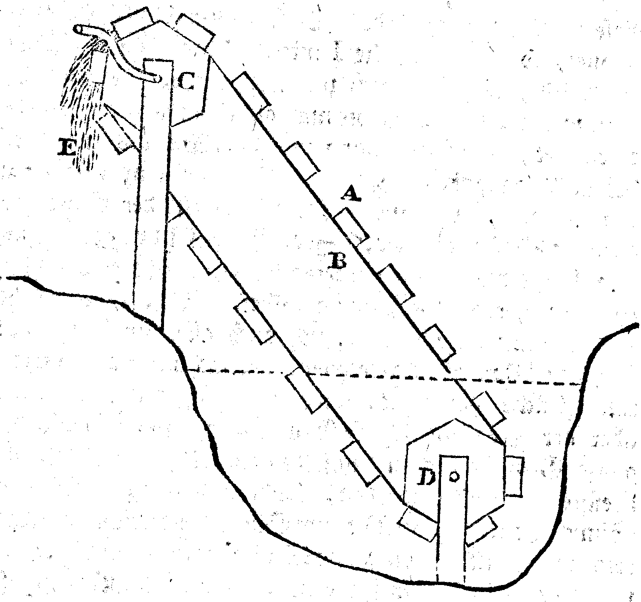
Die Berechnung der Kraft und Resistenz bei dieser Maschine ist manchen Schwierigkeiten unterworfen, woran theils die starke Reibung Schuld ist, theils auch der Widerstand des Wassers gegen die unteren Schaufeln, wenn diese

diese in Bewegung sind. Diese beiden Umstände abgerechnet, so ist die Walze I weiter nichts als eine Winde, bei welcher die Kraft sich zur Resistenz verhält, wie der Halbmesser der Walze, die man als einen wahren Zylinder betrachtet, zur Entfernung von der Axe bis zur Kraft (Statik. Hauptst. VI. §. 10). Die Resistenz bestehet in dem Wasser, was im Troge vermittelst der Schaufeln aufwärts geführet wird. Jede Schaufel bringet mit sich eine Wassermasse, die ein irreguläres, entweder dreieckigtes oder viereckigtes Prisma bildet. Also ist es leicht, das Gewicht derselben, folglich auch alles im Troge enthaltenen Wassers zu berechnen. Was unter der horizontalen Fläche NO stehet, wird nicht mit gerechnet. Weil aber der Trog eine schiefe Ebne bildet, so muß nicht das ganze Gewicht des in demselben enthaltenen Wassers als Resistenz betrachtet werden, sondern man saget: Wie der Sinus-Totus sich verhält zum Sinus des Neigungs-Winkels, so verhält sich die ganze Wasserlast zu einem Gewichte, welches die in diesem Falle zu überwindende Resistenz ist. (Statik. Hauptst. VI. §. 19.)

§. 12.

Anstatt des vorher beschriebenen Kranzes von Schaufeln kann man auch einen Kranz von Eimern gebrauchen. Nämlich es werden verschiedene Eimer oder Gefäße wie AB, (folg. F.) die oben offen, unten aber verschlossen sind, an zwei parallelen und in sich selbst zurück gehenden Ketten befestiget, von welchen aber hier nur eine abgebildet ist, da man sich die andere hinter denselben vorstellen kann. Die Gefäße werden so angebracht, daß sie sich alle auswärts befinden. Man kann hier, wie im vorigen Falle, vieleckigte, z. E. sechseckigte Prismen, wie C und D, gebrauchen. Wenn das obere Prisma gedrehet wird, so steiget die Hälfte der Eimer mit Wasser angefüllet, und sie ergießen es, sobald sie sich, wie bei E umkehren müssen.

Was



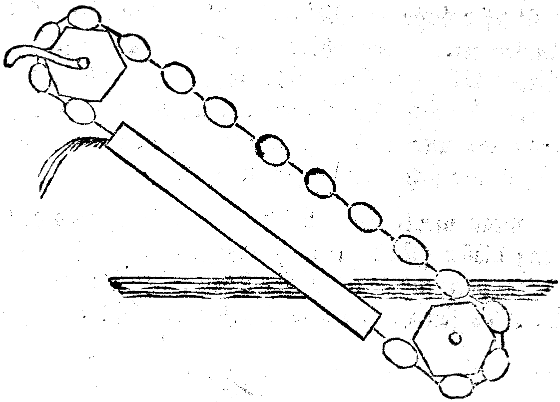
Was die Berechnung dieser Maschine betrift, so geschiehet sie ohngefähr wie bei der vorhergehenden, weil auch diese als eine Winde betrachtet werden kann.

§. 13.

Noch ein anderer Kranz bestehet aus lauter ledernen oder anderen Kugeln, die durch eine runde Röhre gehen, und bei der Bewegung der Maschine das Wasser mit sich hinauf bringen, bis es aus dem obersten Ende der Röhre heraus läuft.

(Siehe folgende Figur.)

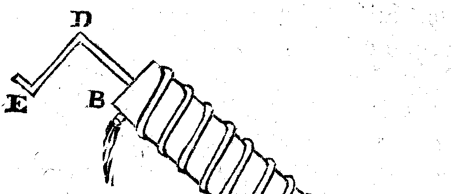
Die



Die Berechnung geschiehet auch hier ohngefähr wie bei den beiden vorhergehenden Maschinen.

§. 14.

Die Archimedische Wasserschraube bestehet in einem Zylinder AB, der sich auf zwei Zapfen C und D herum

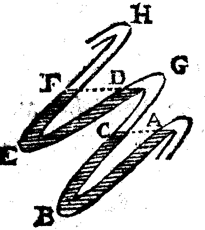


drehet, und um welchen eine bleierne Röhre in Gestalt einer Schraube herum gewickelt ist. Diese Maschine wird

in

in schiefer Lage gestellet, so daß der untere Theil unter Wasser sei. Der obere Zapfen wird vermittelst einer Kurbel DE gedrehet. Bei jeder Umwendung fängt die untere Oefnung der Röhre etwas Wasser auf, welches, wenn die Maschine schief genug gestellet ist, allmählig steigen und sich bei B ergießen muß.

Man merke, daß bei dem Gebrauche und der Bewegung dieser Maschine nicht die ganze Röhre voll Wassers ist, sondern nur ein gewisser Theil jedes Schraubenganges. Denn es seien ABG und GEH zwei Schraubengänge, so



ist klar, daß nur in den Theilen ABC und DEF Wasser sein kann, nicht aber in CGD noch in FH. Denn würde zum Exempel bei H Wasser von oben zugegossen, so würde das Wasser sich bei F und folglich auch bei D erhöhen, und also von D nach C fließen. Alsdann würde auch das Wasser ABC sowohl bei C als auch bei A höher werden und bei A heraus fließen. Je größer die Neigung oder Schiefe der Schraubengänge in Betrachtung der Horizontalfläche ist, desto mehr können sie Wasser enthalten. Je mehr also die Maschine selbst von der vertikalen Lage abweichet, desto mehr fasset sie Wasser. Ferner, bei der nämlichen Neigung fasset sie um desto mehr Wasser, je enger die Schraubengänge an einander sind, weil sie alsdann um desto mehr gegen den Horizont geneiget sind, und nicht so steil aufwärts gehen. Die Menge der Schraubengänge kann nur dienen, um die Maschine zu verlängern, denn sie ergießt doch nur

bei

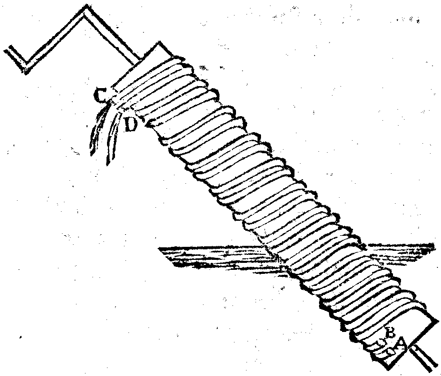
bei jeder Umwendung eine gewisse Menge Wassers aus der obersten Oefnung.

Will man die Kraft berechnen, welche zur Umwendung einer solchen Maschine nöthig ist, so stelle man sie vor dem Gebrauche in die Lage, die sie im Wasser bekommen soll, und gieße Wasser von oben hinein, so viel sie desselben behalten kann. Man richte die Maschine senkrecht auf, und lasse das Wasser in ein Gefäß laufen. Man wäge dieses Wasser, so hat man die absolute Resistenz. Diese multiplizire man mit dem Sinus des Neigungs-Winkels der Schraube gegen den Horizont, indem man den Halbmesser = 1 annimmt; so bekömmt man die relative Resistenz. Da die Schraube vermittelst einer Kurbel gedrehet wird, so berechne man den Umkreis des Zirkels, welchen sie zu beschreiben hat. Man messe auch die Höhe der Schrauben-Stufen, das ist, die Entfernung der Schraubengänge, indem man diese Entfernung nach einer Linie schätzet, welche mit der Axe des Zylinders parallel ist. Nun mache man folgende Regel-Detri, um die Größe der Kraft zu bekommen: Wie sich der von der Kraft zu beschreibende Umkreis zur Stufenhöhe verhält, so verhält sich die gefundene relative Resistenz zur Kraft. (Statik. Hauptst. VI. §. 29.)

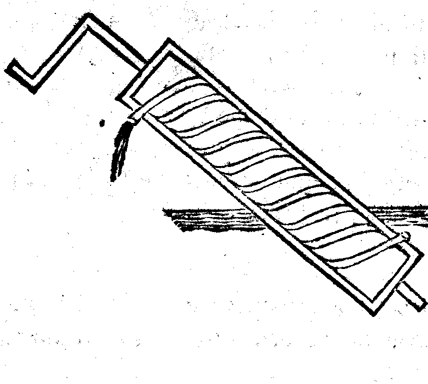
Eigentlich müßte beim Abwägen des Wassers derjenige Theil der Röhre, welcher unter Wasser stehen soll, nicht mitgerechnet werden. Hingegen schadet es nicht, ihn mitzurechnen, weil die daraus entstehende Vergrößerung der Kraft zur Hebung des Gleichgewichts und Ueberwindung der Reibung dienen kann, wozu sie aber noch nicht hinlänglich sein wird.

§. 15.

Anstatt einer gewundenen Röhre bei der Archimedischen Schraube können auch zwei oder mehrere parallel laufende angebracht werden, da dann beide Röhren zugleich bei A und B Wasser schöpfen, und auch zugleich dasselbe bei C und D ausgießen werden.

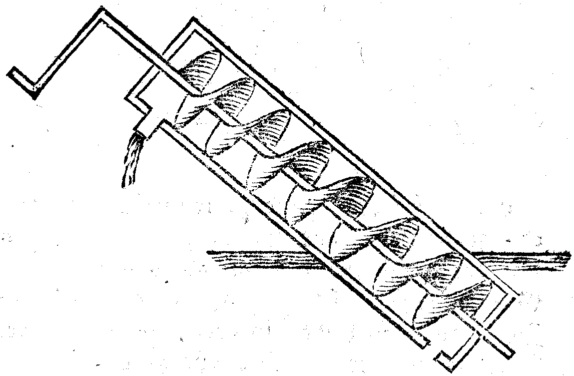


Ferner kann der Kanal, anstatt um den Zylinder umgewunden zu werden, in demselben ausgegraben, und dann alles mit Brettern bedecket werden, die mit der Axe des Zylinders parallel sind.



Noch

Noch anders.

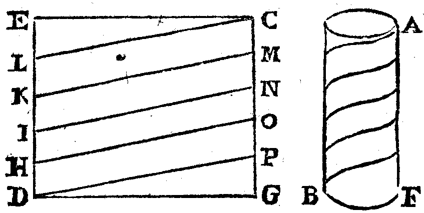


Man nehme einen nicht gar zu dicken zylindrischen Stab, zeichne die Schraubengänge auf seiner Oberfläche, und mache längs denselben mit Brettchen, die auf der Oberfläche des Zylinders senkrecht stehen, eine Art von Windeltreppe. Wenn dieses geschehen ist, so bedecke man alles mit einer Bretter-Wand, wie kurz vorher gesaget worden.

Auf welche Art aber auch die Wasserschraube verfertiget werden mag, so bleibet die Berechnung der Kraft doch immer die nämliche, wie beim vorigen Paragraph.

Anmerkung. Vielleicht wird sich mancher Leser nicht sogleich erinnern, wie eine Schraube auf einem Zylinder gezeichnet werden kann.

(Siehe folgende Figur.)

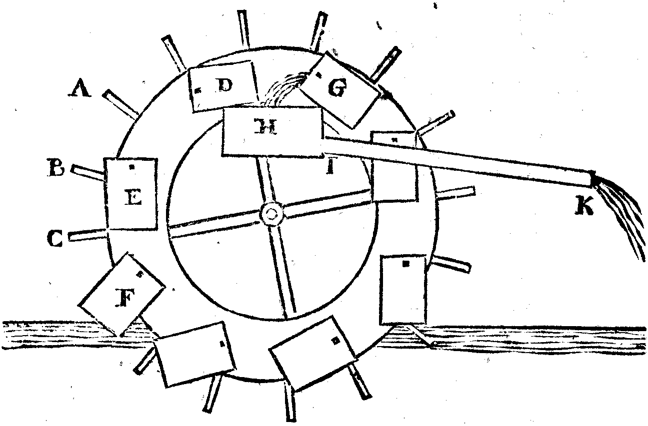


Es sei AB der Zylinder, so mache man von Papier oder steifer Leinewand ein Rechteck CD, dessen Höhe DE der Höhe AF des Zylinders gleich sei, dessen Grundlinie GD aber so groß sei, als der Umfang des Zylinders, das heißt, so groß, als der Umkreis des Zirkels, welcher die Grundfläche des Zylinders ist. Die Höhe DE theile man in so viel gleiche Theile als Schraubengänge sein sollen, vermittelst der Punkte H, I, K, L. Das nämliche thue man auf der anderen Seite vermittelst der Punkte P, O, N, M. Nun ziehe man die schräge Linien CL, MK, NI, OH, PD. Man wickele das Rechteck um den Zylinder, und klebe es darauf an, so geben diese schrägen Linien die Schraubengänge, die man jetzt mit einem Messer oder auf eine andere Art auf dem hölzernen Zylinder sichtbar machen kann.

§. 16.

Man verfertige ein großes Rad, und befestige auswendig am Umfange viele Schaufeln, das heißt, solche Brettchen, die auf dem Umfange des Rades fest und senkrecht stehen, wie A, B, C. Seitwärts bringe man verschiedene Eimer oder dergleichen Gefäße an, wie D, E, F, deren jedes an einem Zapfen hänget, um welchen es sich drehen kann. Das Rad selbst wird, vermittelst seiner Welle und vermittelst der Zapfen an den Enden derselben, auf zwei Pfählen ge-

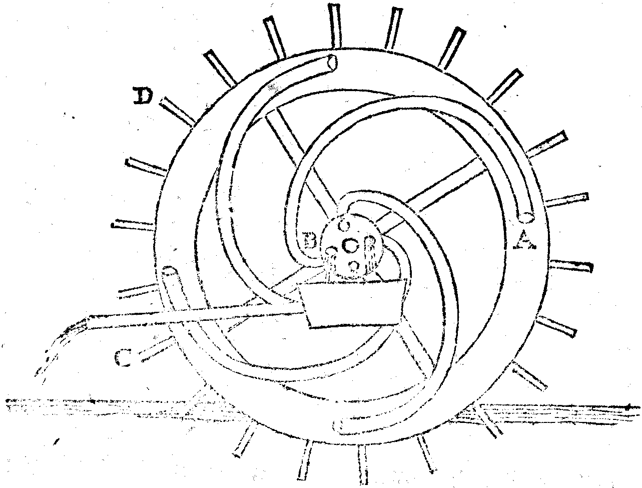
hän-



hänget, so daß der untere Theil unter Wasser sei. Es wird aber angenommen, daß das Wasser fließend sei. Nun treibet das fließende Wasser die Schaufeln, drehet das Rad herum, und machet, daß die Eimer sich anfüllen. Ist ein gefüllter Eimer, wie G, bis oben gekommen, so stößt er an den Rand eines Gefäßes H, welches an diesem Orte angebracht ist, und nicht aus der Stelle weichen kann. Der Eimer wird also gezwungen, sich umzukippen, und sein Wasser in das Gefäß zu ergießen; und so gehet es mit den übrigen Eimern. Aus dem Gefäße H kann man das Wasser durch eine Röhre HK hinleiten wo man will.

§. 17.

Wenn das Wasser nur langsam fließt, und nicht viel Kraft gegen die Schaufeln ausüben kann, so gebrauchet man anstatt der Eimer metallene Röhren wie AB (folg. Fig.), deren jede in Gestalt einer Spiral-Linie vom Rande des Rades bis gegen die Welle gehet. Diese Röhren endigen sich alle in einer Art von Trommel, welche die Welle



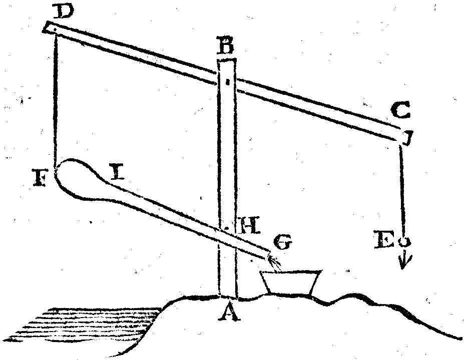
umgiebt, und welche an einem ihrer Enden neben der Welle verschiedene Löcher hat, die in einem Kreise neben dem Rande der Trommel angebracht sind.

Treibet nun der Fluß das Rad in der Richtung CD, so füllen sich diese Röhren nach und nach, und ergießen ihr Wasser in die Trommel, aus welcher es durch die Löcher in ein darunter stehendes Gefäß fließt, von wo es weiter abgeleitet werden kann.

Da hier das Wasser in den Röhren sich näher bei der Axe aufhält, als wenn man Eimer gebrauchet, so ist das Moment in Betreff der Axe kleiner, folglich ist weniger Gewalt erforderlich, um das Rad zu drehen.

§. 18.

Man errichte neben dem Wasser, (welches nicht tief stehen muß, einen Pfahl AB, mit einem Hebel CD, der sich



sich bei B auf seinem Ruhepunkte drehet. Am Ende C binde man eine Kette oder ein Seil CE, um den Hebel zu regieren. Am anderen Ende D befestige man ebenfalls eine Kette oder ein Seil DF. Dieses trägt einen großen Löffel FG, der sich bei H am Pfahle AB um einen Zapfen drehen kann. Der Stiel GI dieses Löffels ist hohl, und unter dem Ende G stehet ein Gefäß. Wird nun das Seil CE los gelassen, so sinket das Ende D des Hebels samt dem Kopfe IF des Löffels, und dieser füllet sich mit Wasser. Wird das Seil CE nun wiederum angezogen, so hebet sich der Löffel, und ergießt sein Wasser durch den Stiel in das Gefäß, von wo man es hinführen kann, wo man will.

§. 19.

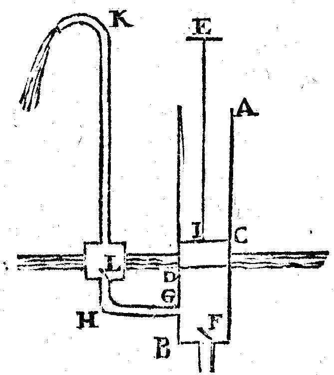
Eine **Pumpe** ist eine Maschine, die aus einem hohlen Zylinder bestehet, in welchen das Wasser von unten vermöge eines Ventils (§. 3.) eingelassen, und dann vermöge eines Stempels in die Höhe gebracht wird. Ein **Stempel** aber oder ein **Kolben** ist ein zylindrischer Pfropf, der genau in die Oefnung der Pumpe passet, jedoch so, daß er sich darin auf und nieder bewegen lasse, welches vermittelst eines Stockes geschiehet, der am Stempel befestiget

 ist,

ist, und lang genug ist, um aus der Pumpe hervorzuragen. Die Pumpen werden eingetheilet in **Druckpumpen** (pompe foulante) **Hebepumpen** (pompe expulsive) und **Saugepumpen** (pompe aspirante). Die leztere Art gehöret nicht hier her, sondern wird in der Folge beschrieben werden, weil die Luft dabei am meisten wirket. Die beiden ersten Arten wollen wir aber jezt beschreiben.

§. 20.

Es sei AB der große Zylinder, oder vielmehr die Seele oder innere Höhlung desselben, und CD der Stempel, der vermittelst des Stockes IE auf und nieder beweget werden kann. Der Zylinder AB hat unten eine kleine Oefnung, durch welche das Wasser, welches auswendig höher stehet als diese Oefnung, von selbst eindringet.



Die Oefnung ist mit einem Ventil F versehen, welches sich von unten nach oben, nicht aber von oben nach unten öfnen läßt.

Das Ventil kann auf verschiedene Art eingerichtet werden. Man kann es ganz platt und zirkelrund machen, und

und diese Scheibe mit Leder bekleiden. Man kann es auch wie einen Kegel machen, dessen Grundfläche etwas grösser ist, als das Loch, und dessen Spitze unterwärts gekehret ist; oder wie eine halbe Kugel, deren Ründung ebenfalls unterwärts gekehret ist. In allen Fällen aber muß dessen Rand, vermittelst eines Stückes Leder oder eines Scharniers mit dem angränzendem Holze verbunden sein.

Wird nun die Pumpe ins Wasser gestellet, so daß das Ventil F niedriger sei als die Oberfläche des Wassers, so dringet dieses von unten hinein, hebet das Ventil, und füllet einen Theil der Höhlung DF, bis es darin eben so hoch stehet als auswendig. Da nun das Wasser nicht mehr steiget, so fällt das Ventil durch seine eigene Schwere, und verschließet die Oefnung.

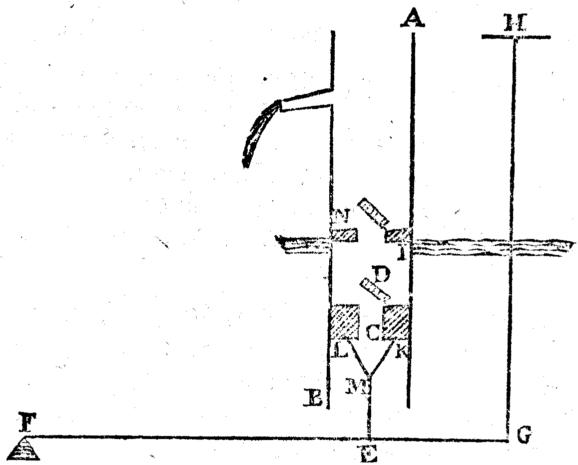
Jetzt wird der Stempel niederwärts gedrücket, und da das Wasser keinen anderen Ausgang findet, so steiget es in die Röhre GHK und ergießt sich bei K. In dieser Röhre ist bei L ein zweites Ventil angebracht, um das Zurückfallen des Wassers KL zu verhüten.

Wird der Stempel gehoben, so kömmt wiederum Wasser durch die Oefnung bei F; und es wird, wie vorher, durch das Niederdrücken des Stempels durch die Röhre GHK hinaus getrieben. Auf diese Art fährt man fort, den Stempel so lange, als man für nöthig hält, auf und nieder zu bewegen. Eine so eingerichtete Pumpe wird eine **Druckpumpe** genannt, weil das Wasser durch den Druck des Stempels aufwärts getrieben wird.

Bei dieser Pumpe muß die auf den Stempel wirkende Kraft groß genug sein, um einen Druck zu überwältigen, der so viel beträgt, als das Gewicht einer Wassersäule, die die untere Fläche des Stempels zur Grundfläche haben würde, und deren Höhe derjenigen gleich wäre, bis zu welcher das Wasser hinaufgetrieben wird. (I. H. §. 12.)

§. 21.

Eine Hebepumpe nenne ich diejenige, worin das Wasser vermittelst des Stempels von unten hinauf gehoben wird.



Es werde ein hohler Zylinder AB vermittelst der Scheidewand IN in zwei Theile getheilet, von welchen BI im Wasser stehen soll. In diesem unteren Theile BI ist der Stempel C. Dieser sowohl als die Scheidewand sind durchgebohret, und bei D und N mit Ventilen versehen, die sich von unten nach oben öfnen lassen. Am Stempel C sind unterwärts zwei oder drei eiserne Stäbe wie KM, LM befestiget, in M vereiniget, und mit dem Stabe EM verbunden, welcher samt dem Stempel C vermittelst des Hebels FEG beweget wird, der bei F stark befestiget ist, und woran auch sowohl der Stab EM als der Stock GH durch starke Zapfen bei E und G befestiget sind. Jedoch muß sich der Hebel um den Punkt F drehen können, und auch

auch die Zapfen bei E und G müssen los genug sein, um die Bewegung nicht zu hindern.

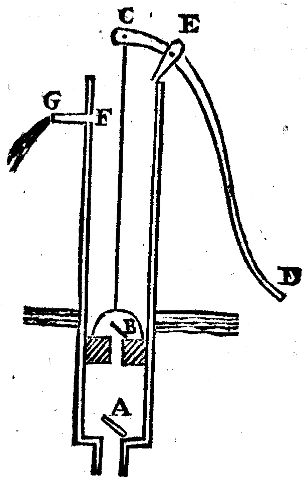
Wird nun der Stock GH herunter gedrücket, so gehet der Stempel C herunter, das Wasser dringet durch das Ventil D, und erhebet sich über den Stempel C. Das Ventil D fällt jetzt zu. Nun ziehet man den Stock GH aufwärts, so hebet sich der Stempel C, und treibet das Wasser durch das Ventil bei N in den oberen Theil der Pumpe. Wenn der Stempel wieder herunter gestoßen wird, so verschließt sich das Ventil N durch sein eigenes Gewicht und das Gewicht des darauf liegenden Wassers. Das Ventil D öfnet sich durch die Gewalt des unteren Wassers, welches sich über den Stempel erheben muß, um mit dem auswendigen Wasser in Gleichgewicht zu sein. Wenn der Stempel wieder gehoben wird, so muß auch dieses eingedrungene Wasser sich in den oberen Theil des Zylinders begeben. Und so wird fortgefahren, bis das Wasser eine dünne Röhre erreichet hat, wo es heraus läuft.

§. 22.

Eine andere und bequemere Hebepumpe läßt sich folgender Weise verfertigen.

Der Boden und der Stempel sind beide durchgebohret, und mit Ventilen A und B (folg. F.) versehen, die sich aufwärts öfnen. Es muß die Pumpe so weit im Wasser stehen, daß der Stempel nicht höher kommen könne, als das auswendige Wasser. Der Stock, der den Stempel trägt, muß auf eben die Art wie bei voriger Pumpe (§. 21) eingerichtet und angebracht sein, nur daß er aufwärts gehet. Er wird durch einen Hebel CED beweget, der in E seinen Ruhepunkt hat. Das Wasser dringet von selbst durch die Ventile A und B, die hernach durch ihr Gewicht zufallen. Wird nun der Stempel gehoben, so hebet er das

über



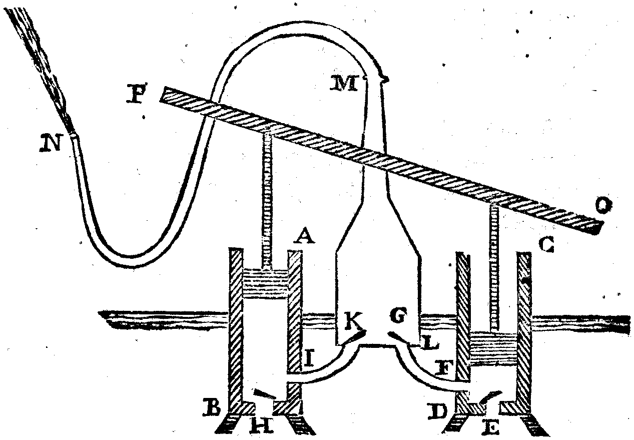
über ihn stehende Wasser, und es kömmt neues Wasser durch das Ventil A. Wird der Stempel jetzt herunter gelassen, so schließt sich das Ventil A, das Ventil B aber öfnet sich, und es kömmt noch mehr Wasser oberhalb desselben. Durch die wiederholte Bewegung des Stempels steiget das Wasser immer mehr und mehr über denselben, bis daß es sich durch die Röhre FG ergießt.

Bei dieser und der vorhergehenden Pumpe hat der Hebel eine Last zu tragen, die aus der Stange, dem Stempel, und dem vom Stempel getragenen Wasser bestehet; und die Kraft muß groß genug sein, um eine solche Last zu überwiegen.

§. 23.

Die bisher beschriebenen Maschinen können als einfache betrachtet werden. Aus denselben pfleget man verschiedene

schiedene andere zusammenzusetzen. Zum Exempel, aus zwei Druckpumpen werden die großen Feuerspritzen zusammen gesetzet.



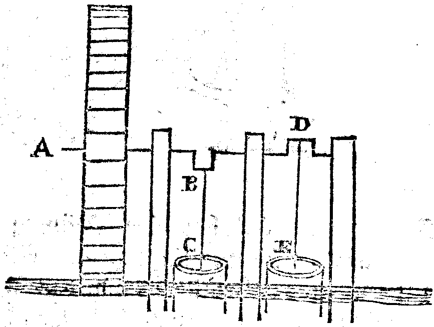
Die Druckpumpe AB hat eine Oefnung in H mit einem Ventil, um das Wasser einzulassen. Sie hat auch eine Röhre IK mit einem Ventile K, um das Wasser auszulassen. Eben so hat die Pumpe CD einen Eingang E und einen Ausgang FG für das Wasser. Werden nun beide Stempel wechselsweise auf und nieder gedrücket, unterdessen daß die Maschine zum Theil im Wasser stehet, so treiben beide Pumpen eine Menge Wassers in das Gefäß LM, und von dort weiter, vermittelst einer am Halse M angebrachten Röhre, oder eines ledernen Schlundes MN. Diese Maschine wird in einem Kasten gestellet, worin man beständig Wasser gießet. Die Stöcke an den Stempeln ragen aus dem Kasten hervor, und werden vermittelst eines Hebels OP durch Menschen-Hände beweget, so daß der eine sinke wenn der andere steiget.

Die

Die Last, welche jeder Stempel zu überwinden hat, ist gleich dem Gewichte einer Wassersäule, welche die untere Fläche des Stempels zur Grundfläche hat, und die man sich so hoch vorstellen muß, als die größte Höhe des Schlundes über die horizontale Fläche, die durch den Stempel gehet. (§. 20.)

§. 24.

Um zwei Pumpen zugleich in Bewegung zu bringen, kann man sich auch des folgenden Mittels bedienen, vorausgesetzet, daß man Wasser aus einem Strome bekommen wolle.



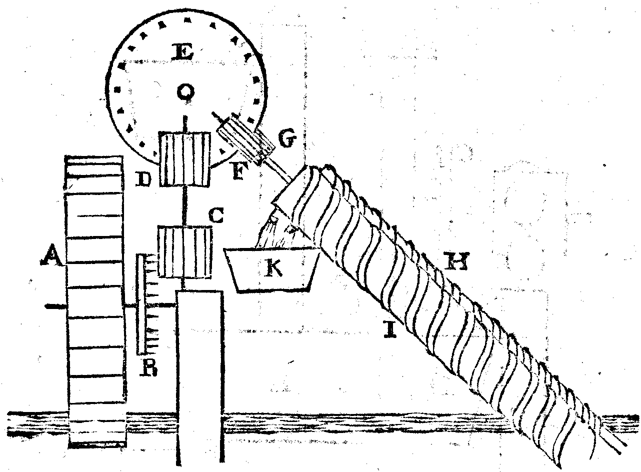
Man gebrauchet ein Wasserrad A, so wie oben (§. 16 und 17) beschrieben worden, dessen Schaufeln zum Theil unter Wasser sind, so daß das Rad durch den Strom in Bewegung gebracht wird. Die Axe des Rades gehet durch zwei oder drei feste Pfeiler, und ist zwischen ihnen so gebogen, wie es in der Figur vorgestellet wird. Man siehet, daß vermittelst dieser Einrichtung die Stöcke BC und DE wechselsweise auf und nieder gehen, wie auch zugleich die beiden Stempel. Sind nun beide Pumpen so

mit

mit einander verbunden, wie im vorigen Paragraph, oder ist jede so eingerichtet, wie bei §. 20, 21, und 22, so kann man das Wasser sehr hoch hinauf treiben.

§. 25.

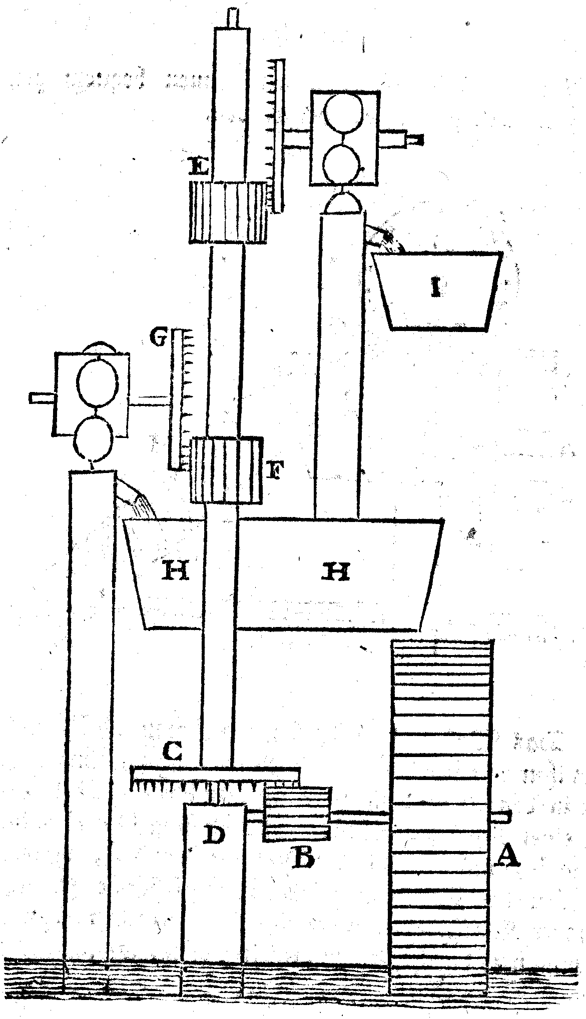
Auch zwei Wasserschrauben können bequem genug durch ein Wasserrad gedrehet werden.



Das Wasserrad A drehet das Kammrad B, welches mit ihm an einer Axe befestiget ist. Das Kammrad greifet in den Trilling C, der mit dem Trilling D wiederum an einer Axe befestiget ist. Der Trilling D greifet in das Rad E, und dieses in die Trillinge F und G, vermittelst welcher die Wasserschrauben H und I sich herum drehen, und ihr Wasser oben in das Gefäß K ergießen, von wannen man es durch Röhren hinleiten kann, wo man will.

§. 26.

Wenn eine Maschine nicht hinlänglich ist, um das Wasser so hoch zu leiten als man es haben will, so kann



man

man es erstlich durch eine Maschine bis zu einer gewissen Höhe hinauf bringen, und es dort in ein großes Behältniß ergießen lassen, von wo es durch eine zweite Maschine noch höher gebracht werden kann, u. s. w. Manchmal lassen sich die verschiedenen Maschinen durch eine und dieselbige Kraft bewegen, wie im folgenden Exempel.

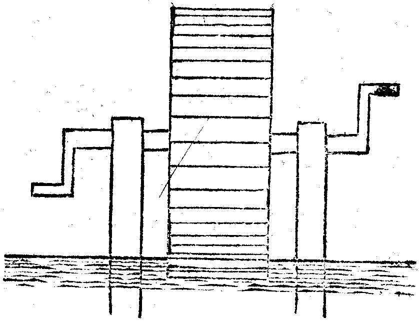
Das große Wasserrad A mit dem Trilling B treibet das Kammrad C samt dem ganzen vertikalen Wellbaum DE, woran die Trillinge F und E sind. Der Trilling F beweget das Kammrad G, und vermittelst desselben eine Maschine, dergleichen oben beschrieben worden (§. 13). Diese ergießt ihr Wasser in das Behältniß H. Der Trilling E beweget eine zweite ähnliche Maschine, welche das Wasser aus dem Behältnisse H schöpfet, und es in das Behältniß I ergießt, von wo es weiter geleitet werden kann.

§. 27.

Es giebt an verschiedenen Orten große und sehr zusammengesetzte Maschinen, wodurch Wasser auf Höhen gebracht wird, von wannen es durch verborgene Röhren vertheilet wird, entweder um eine Stadt damit zu versehen, oder bloß um Springbrunnen zum Vergnügen zu machen.

Eine der berühmtesten dieser großen Maschinen befindet sich zu Marly, einem Dorfe an der Seine, nicht weit von Versailles, wo Ludewig der XIV ein prächtiges Lustschloß anlegen ließ. Die Maschine treibet das Wasser aus der Seine einen Berg hinauf in ein großes Behältniß, aus welchem es hernach nach Versailles und Marly zu den Springbrunnen vertheilet wird. In einer solchen kurzen Anleitung, wie gegenwärtiges Buch ist, kann man keine Beschreibung eines so großen Werkes erwarten. Jedoch können wir mit ein paar Worten wenigstens einen ohngefähren Begriff davon geben.

Die Marlysche Maschine wird durch 14 Wasserräder, jedes von 36 Fuß ohngefähr im Durchmesser, in Bewegung gesetzet. Jedes Rad trägt an den Enden seiner Axe



zwei Kurbeln, wie hier in der Figur; so daß überhaupt 28 solche Kurbeln in Bewegung sind. Das Wasser wird nicht in eines fort, sondern durch 3 Absätze hinauf gebracht. Der erste Absatz ist 150 Pariser Fuß höher als die Oberfläche der Seine; der zweite ist 325 Fuß höher als die nämliche Oberfläche; der dritte ist auf einen Thurm, und ist 500 Fuß höher als der Fluß.

Von den 28 besagten Kurbeln werden einige gebrauchet, um das Wasser durch verschiedene Pumpen bis zum ersten Absatz zu treiben. Andere sind mit verschiedenen Hebeln und Ketten in Verbindung, die sich bis zum ersten Absatz erstrecken; und dort setzen sie wiederum Pumpen in Bewegung, wodurch das Wasser bis zum zweiten Absatz getrieben wird. Noch andere von den 28 Kurbeln erstrekken auf dieselbige Art ihre Wirkung bis zum 2ten Absatz, wo sie auch Pumpen in Bewegung setzen, durch welche das Wasser bis zum Hauptbehältnisse auf dem Thurm getrieben wird.

Man

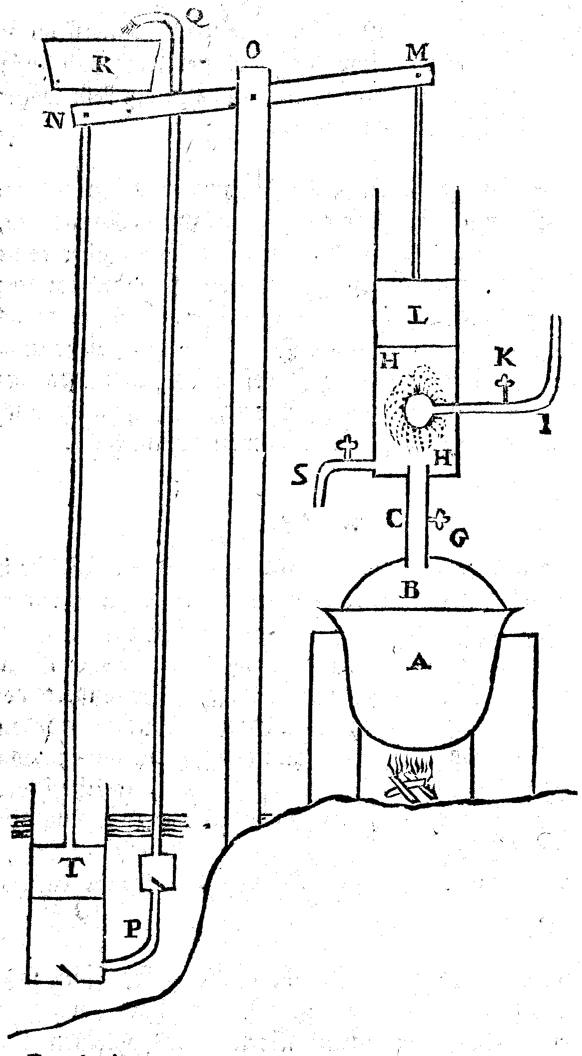
Man saget, diese Maschine habe 8 Millionen französische Livres gekostet, und ihr jährlicher Unterhalt koste beständig an die 80000 Livres, so daß es gewiß kein wohlfeiles Wasser ist, was sie giebet.

Zwei Lütticher haben diese Maschine erfunden und gebauet. Nämlich ein Zimmermann, Namens Rannequin, der viel Geschicklichkeit und natürlichen Witz, aber keine Theorie besaß, auch keinen Zutritt bei Hofe haben konnte; und ein Edelmann, Namens de Ville, welcher theils mehr wissenschaftliche Kenntnisse, theils auch mehr Eingang bei den Großen hatte. Indessen saget man, daß der Zimmermann nicht nur an der Ausführung, sondern auch an der Erfindung den größten Antheil gehabt habe.

§. 28.

Eine andere berühmte Maschine, wodurch Wasser in die Höhe gebracht wird, ist diejenige, welche die Feuerpumpe oder Dampfmaschine genannt wird, weil sie durch Feuer und Dampf in Bewegung gesetzet wird. Die ersten Versuche dieser Art sind zu Ende des vorigen Jahrhunderts von Thomas Savery, einem Engländer, gemacht worden. Auch findet man jetzt die bekannteste Feuerpumpe in London am Ufer der Themse, in der Gegend, welche York-Building genannt wird, wo sie das Wasser 124 Englische Fuß hoch treibet, von welcher Höhe es durch verborgene Röhren in die vornehmsten Häuser der Stadt vertheilet wird.

Die vollständige Beschreibung dieser Maschine wäre zu weitläuftig für dieses Buch. Also will ich nur zeigen, wie man einen ähnlichen Versuch im Kleinen machen könnte.



Es ist A ein auf $\frac{2}{3}$ mit Wasser gefüllter Kessel, nebst einem gewölbten am Kessel wohl befestigten Deckel B.

Dieser

Dieser Deckel hat eine Oefnung und darüber eine kleine Röhre C; diese kann nöthigenfalls durch einen Hahn G verschlossen werden. Die Röhre endiget sich in einem hohlen Zylinder H. An diesem ist noch seitwärts eine dünne Röhre I, die ebenfalls durch einen Hahn K verschlossen werden kann, und die beständig mit Wasser angefüllet ist, auf daß etwas von diesem Wasser, sobald der Hahn K geöfnet ist, in den Raum H hinein sprițe. Im Zylinder ist ein Stempel L, der auf und nieder gehen kann. Der Stock LM beweget einen Hebel MN, der in O seinen Ruhepunkt hat. Das Ende N des Hebels beweget einen Stock NT, und vermittelst desselben den Stempel T einer Druckpumpe, die zum Theil im Wasser stehet, und vermittelst der Röhre PQ das Wasser in ein Gefäß R ergießen kann.

Die Maschine wird folgender Weise in Bewegung gebracht. Unter dem Kessel A wird Feuer angemacht. Der Hahn G ist offen, und der Hahn K verschlossen. Sobald das Wasser anfängt zu kochen, so füllet es den Raum H mit einem elastischen Dampfe, der den Stempel L in die Höhe treibet, folglich, vermittelst des Hebels MN, den Pumpenstock NT niederdrücket, und das Wasser zwinget, in die Röhre PQ zu steigen.

Nun wird der Hahn G verschlossen, und der Hahn I geöfnet, so sprițet etwas Wasser gerade durch den Dampf in H, und kühlet denselben ab, so daß er seine Schnellkraft verlieret. Dann muß der Stempel L sinken, es sei nun durch den bloßen Druck der äußeren Luft, oder wenn dieser nicht hinlänglich sein sollte, durch ein bei M befestigtes Gewicht.

Jetzt wird der Hahn K wiederum verschlossen und G geöfnet. Da das Wasser immer noch siedet, so steiget neuer Dampf in H, und die Wirkung erfolget abermals wie vorher; das Wasser steiget immer höher und höher in der Röhre PQ, und läuft zuletzt in das Gefäß R, von wo man es hinleiten kann wohin man will.

Wenn man die Maschine im Großen verfertiget, so wird aus dem Gefäße R ein kleiner Strom nach der Röhre I hingeleitet, so daß sie beständig mit Wasser angefüllet sei. Ueberhaupt muß die Röhre I weit genug hinauf gehen, und das Wasser darin hoch genug stehen, um daß es, nach Eröfnung des Hahnes K, von den elastischen Dünsten nicht zurückgetrieben werde, sondern deren Widerstand überwinde.

Auch wird ein Kunststück angebracht, vermittelst dessen die Hähne G und K sich durch die Bewegung des Hebels MN, wenn es nöthig ist, öfnen oder verschließen. Ferner wird dafür gesorget, daß das im Raum H eingespritzte Wasser einen Ablauf finde, welches vermittelst einer Röhre S geschiehet, die ebenfalls geöfnet und verschlossen werden kann.

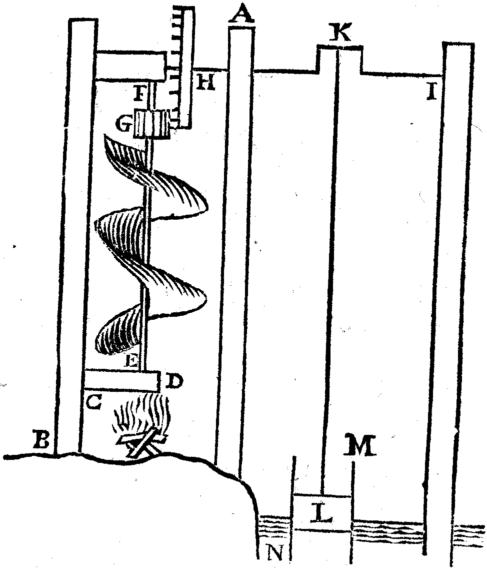
In eine weitläuftigere Beschreibung können wir uns nicht einlassen. Es ist genug, daß wir dem Anfänger wenigstens einen Begriff von der Möglichkeit einer solchen Maschine gegeben haben.

§. 29.

Ich will noch einen anderen Weg vorschlagen, wie man das Feuer gebrauchen könnte, um Wasser zu heben.

Man erbaue einen runden Schornstein AB, (folg. Fig.) und befestige darin die eiserne Queerstange CD, mit einem Loche bei E. Man verfertige eine andere eiserne Stange EF, welche mit Schraubengängen von breitem Bleche umgeben sei; und stelle diese Maschine in E auf. G sei ein Trilling, H ein Kammrad, und HI dessen Axe mit

einer



einer Einbiegung bei K; KL sei der Pumpenstock der Pumpe MN.

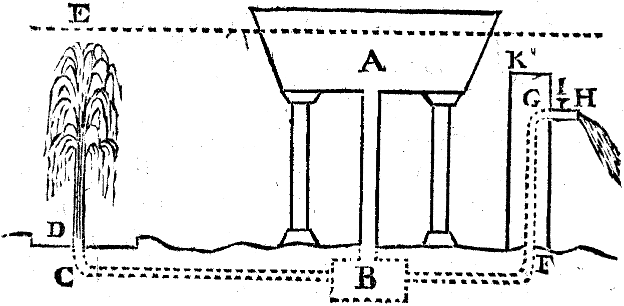
Wird nun unter CD Feuer angezündet, welches seitwärts von unten Luft haben muß, so wird der Rauch die Maschine EF herum drehen, wobei leicht zu ersehen ist, daß die Pumpe alsdann arbeiten und Wasser geben muß.

In Languedoc trift man Bratenwender an, die durch einen ähnlichen Mechanismus beweget werden. Also zweifle ich nicht, daß er auch bei Wassermaschinen gelingen würde.

§. 30.

Wenn man das Wasser durch irgend eines der angezeigten Mittel in einem hoch gelegenen Behälter gebracht

 hat,



hat, so kann man es, wie schon mehrmal erinnert worden, durch Röhren weiter vertheilen. Z. E. Gesetzet, man habe ein Mittel erdacht, um den Behälter A beständig voll Wasser zu haben, so führet man die Hauptröhre AB bis unter die Erde. Dort vertheilet man sie in verschiedene kleinere Röhren, wovon einige wie BCD Springbrunnen abgeben können. Denn, wenn die Röhre CD bis nach E hinauf ginge, so hoch nämlich, als das Wasser im Behälter stehet, so würde es wirklich bis E hinauf steigen. Wenn es also bei D heraus kömmt, so hat es Kraft genug, um bis E zu steigen; und so hoch würde es wirklich heraus spritzen, wenn von seiner Kraft, durch die Reibung an den Wänden der Röhre und durch den Widerstand der Luft zwischen D und E, nichts abgienge. Daher siehet man, daß der Behälter um ein merkliches höher angebracht werden muß, als die verlangte Höhe des springenden Wassers beträgt.

Andere Röhren wie BFG können gebrauchet werden, um Häuser mit Wasser zu versorgen, und sogar das Wasser bis in die oberen Stockwerke zu führen. Z. E. Man führet den Theil BF der Röhre bis an die Mauer FK. Von dort führet man sie weiter, entweder in der Mauer oder neben derselben bis in G hinauf, welcher Ort G etwas niedriger sein muß, als der Behälter A. Bei G gehet die kleinere Röhre GH seitwärts hinaus, und diese ist mit einem Hahn I versehen, womit sie verschlossen wird, wenn man kein Wasser nöthig hat.

Uebrigens wird man leicht einsehen, daß die Röhren unten, z. E. in BF und BC am stärksten sein müssen. Denn es ist GFBABCD als ein zusammenhängendes Gefäß zu betrachten, dessen untersten Theile den größten Druck auszuhalten haben. (I. Hauptst. §. 11. Anm. III.)

§. 31.

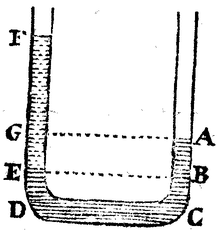
Mit dem, was wir bisher von Wassermaschinen gesaget haben, mag sich ein Anfänger begnügen, zumal da man in den meisten Lehrbüchern noch viel weniger antrift. Wer sich aber der Kunst, Wasserleitungen anzuordnen, widmen will, der muß weitläuftigere Schriften lesen, die bloß davon handeln.

Drittes Hauptstück.

Vom Gleichgewichte zwischen einer wasserartigen flüssigen Materie, entweder mit einer anderen dergleichen Materie oder mit einem festen Körper.

§. 1.

Wenn zwei verschiedene wasserartige flüssige Materien, die sich nicht leicht vermischen, in einer gebogenen Röhre einander das Gleichgewicht halten, so verhalten sich ihre Höhen über die scheidende Horizontalfläche, umgekehrt wie ihre spezifischen Schweren; und ebenfalls, wenn sich die Höhen in verkehrter Ordnung verhalten wie die spezifischen Schweren, so hat man das Gleichgewicht.



Man

Man gieße in eine gebogene Röhre zwei verschiedene wasserartige flüssige Materien, die sich nicht leicht vermischen, z. E. erstlich Wasser ACDE und dann Oel FE, oder Quecksilber ACDE und Wasser FE. Durch E, wo beide Materien sich scheiden oder an einander gränzen, lege man in Gedanken die horizontale Ebne EB, oder man bezeichne wenigstens den Ort B, der eben so hoch ist als E. Man messe die Höhen AB und EF über die horizontale Fläche EB, so wird sich allemal finden, daß sich die Höhe AB zur Höhe EF verhält, wie die spezifische Schwere des Flüßigen EF zur spezifischen Schwere des Flüßigen AB oder ACDE; oder daß EF die AB so vielmal an Höhe übertrift, als das Flüßige AB das andere Flüßige EF an Dichtigkeit oder spezifischer Schwere übertrift.

Erstlich ist klar, daß das homogene Flüßige BCDE, da es beiderseits gleich hoch stehet, sich selbst in Gleichgewicht hält (I. Hauptst. §. 8).

Ferner ist klar, daß, wenn über E eine Säule EG der schwereren Materie, eben so hoch wie AB wäre, alles wiederum in Gleichgewicht bleiben würde, weil die Röhre ACDG alsdann mit einerlei Materie bis zu einerlei Höhe gefüllet wäre. Setzet man aber anstatt der dichteren Säule EG eine undichtere EF, so muß diese auf die Scheidefläche E einen eben so starken Druck ausüben als vorher EG, wenn das Gleichgewicht bleiben soll. Es sei E die Größe der Scheidefläche, P das Gewicht eines Kubikfußes der dichteren Materie, h die Höhe EG oder AB, in Fußen; so wäre der Druck der Säule EG gegen die horizontale Fläche E, wenn die Säule aus der schwereren Materie bestände $= E.h.P$. Es sei die Höhe $EF = H$ in Fußen, und P das Gewicht eines Kubikfußes der undichteren Materie, so ist der Druck der Säule EF, die aus der leichteren Materie bestehet, $= E.H.p$ (I. Hauptst. §. 10). Da nun ein Druck so stark sein soll als der andere,

so

so ist $E.\,h.\,P = E.\,H.\,p$

folglich $h.\,P = H.\,p.$

oder $h : H :: p.\,P$

Das heißt, die Höhe EG oder AB verhält sich zur Höhe EF, wie die Dichtigkeit oder spezifische Schwere des Flüssigen EF zur Dichtigkeit oder spezifischen Schwere des Flüssigen AB oder ACDE. Dieses Verhältniß folget demnach aus der Voraussetzung des Gleichgewichtes.

Noch ist zu beweisen, daß aus dem angeführten Verhältnisse das Gleichgewicht erfolgen muß. Dieses ist sehr leicht. Denn wenn

$$h : H :: p.\,P$$

so ist $h.\,P = H.\,p$

folglich, wenn man mit E multipliziret,

$$E.\,h.\,P = E.\,H.\,p$$

Nun wäre EhP der Druck der Säule GE auf die Scheidefläche E, wenn diese Säule von der dichteren Materie wäre, und in diesem Falle würde alles in Gleichgewicht sein, wegen der horizontalen Oberfläche AG. Ferner ist EHp der Druck der Säule EF auf die Fläche E, wenn gedachte Säule von der undichteren Materie wäre, wie sie auch wirklich ist. Da nun $E.\,H.\,P = E.\,H.\,p$ so sind beide Drücke gleich. Folglich hält EF auch alles in Gleichgewicht.

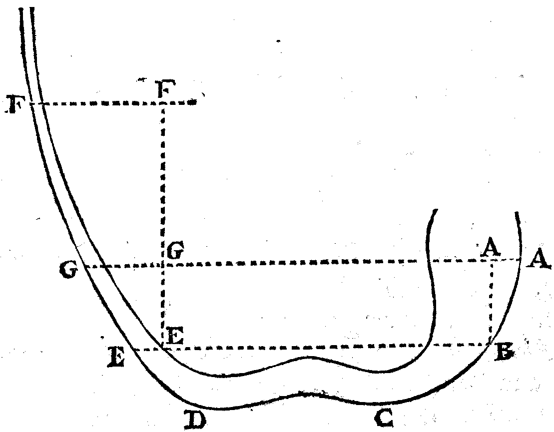
Zusatz I. Man pfleget erst die dichtere, und dann die undichtere Materie in die Röhre zu gießen. Es müssen aber allemal einige Schwingungen erfolgen, bevor alles Flüssige in Gleichgewicht stehet, eben wie oben (I. Hauptst. §. 7) angemerket worden.

Zusatz II. Wenn beide Materien von gleicher Dichtigkeit wären, so müßten auch die Höhen gleich sein; denn da

$$h : H :: p : P$$

so ist $h = H$ wenn $p = P$, welches auch natürlich ist, da in diesem Falle beide Materien in Betrachtung des Drukkes für einerlei gehalten werden müssen.

Zusatz III. Bei dem Beweise und der dazu gehörigen Figur haben wir zwar stillschweigend angenommen, daß beide Enden der Röhre lothrecht stehen, und auch eine gleiche Weite haben. Jedoch ist dieses nicht nöthig, und der nämliche Beweis gilt von Wort zu Wort, wenn auch die Figur folgender Weise gezeichnet wird.

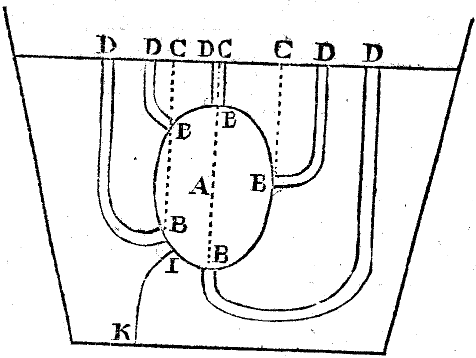


Nur muß man sich erinnern, daß es bei dem Drucke bloß auf die gedrückte Ebne und die vertikale Höhe ankömmt. (I. Hauptst. §. 9 ꝛc.)

§. 2.

§. 2.

Jedes beliebige Theilchen der Oberfläche eines festen Körpers, der sich im Wasser befindet, leidet einen senkrechten Druck von außen nach innen, der so viel beträgt als das Gewicht einer dünnen Wassersäule, deren Grundfläche dem gedrückten Theilchen gleich ist, und deren Höhe so groß ist als die Entfernung vom gedrückten Theilchen bis zur horizontalen Oberfläche des Wassers.



Es sei A ein fester Körper, der sich im Wasser befindet, welches in einem Gefäße bis zur horizontalen Fläche DCD gehet. Zu mehrerer Deutlichkeit wollen wir annehmen, der Körper A sei vermittelst eines Stabes IK am Boden oder auch sonst an der Wand des Gefäßes befestiget, so daß er nicht aus seiner Stelle weichen könne.

Es ist klar, daß jedes Theilchen der Oberfläche des Körpers A abseiten des Wassers einen Druck leidet. Denn wäre der Körper hohl, wie eine Blase, und von geringer Festigkeit, so würde das Wasser alle Theilchen der Ober-

fläche

fläche einwärts drücken; woraus man abnehmen kann, daß dieser Druck immer Statt findet, nur daß er bei einem festeren Körper einen hinlänglichen Widerstand findet, und ohne Wirkung bleibet.

Nehmen wir nun ein beliebiges Theilchen B der Oberfläche des festen Körpers, so können wir uns allemal im Wasser eine angefüllte Röhre BD vorstellen, wovon B das verschlossene Ende ist, und die bis zur horizontalen Oberfläche des Wassers gehet, wo sie offen ist.

Eine solche Röhre ist ein wahres Gefäß, nur von geringer Weite. Wir wissen aber schon (I. Hauptst. §. 11) daß jedes Theilchen eines angefüllten Gefäßes einen senkrechten Druck leidet, der so viel beträgt als das Gewicht einer Säule des Flüssigen, welche dieses Theilchen zur Grundfläche, und dessen Entfernung von der Oberfläche des Flüssigen zur Höhe hat. Folglich leidet die kleine Fläche B, wenn man sie als das Ende der Röhre BD betrachtet, einen Druck, der dem Gewichte einer Wassersäule gleich ist, welche B selbst zur Grundfläche, und BC zur Höhe hat.

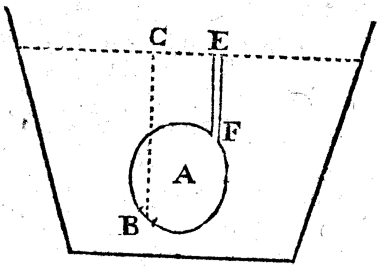
Zusatz. Es sei die kleine Fläche $B = f$, die Tiefe $BC = h$, und die spezifische Schwere des Wassers $= p$, so daß h in Fußen oder Theilchen eines Fußes, f aber in Theilchen eines Quadratfußes gemessen seien, und daß p anzeige, wie viel Pfund ein Kubikfuß des Wassers wieget. Dieses vorausgesetzet, so ist der Druck, den die kleine Fläche B leidet, $= f.h.p$, das heißt, dieser Druck ist das Produkt aus der kleinen Fläche, ihrer Tiefe unter dem Wasser, und der spezifischen Schwere des Wassers.

Anmerkung. Es verstehet sich, daß hier anstatt des Wassers auch ein anderes unelastisches und homogenes flüssiges Wesen angenommen werden kann.

§. 3.

§. 2.

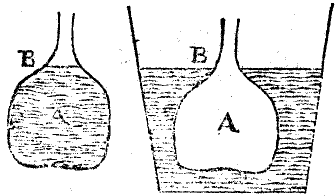
Man kann sich vorstellen, das Flüssige werde fest, und der feste Körper werde flüssig; es gehe auch von demselben bis zur horizontalen Oberfläche eine kleine Röhre, welche flüssig bleibet. Ich sage demnach: wenn ein fester Körper im Wasser ist, so wird jedes Theilchen seiner Oberfläche eben so stark von außen nach innen gedrücket, als es von innen nach außen im verwechselten Zustande gedrücket würde.



Es ist im vorigen Paragraph bewiesen worden, daß der Druck, den das Theilchen B der Oberfläche des festen Körpers A leidet, so viel beträgt, als das Gewicht einer Wassersäule, welche B zur Grundfläche und BC zur Höhe hat. Nun werde das Flüßige fest, hingegen A flüssig, und es gehe von A bis zur horizontalen Oberfläche eine mit A verbundene Röhre FE voll Wassers, so ist EFA ein Gefäß, dessen Theilchen B von innen nach außen ebenfalls einen solchen Druck leidet, wie wir ihn jetzt bestimmet haben (I. Hauptst. §. 11). Folglich ist der Druck in beiden Fällen gleich, und nur in entgegengesetzter Richtung.

Zusatz.

Zusatz. Wenn man eine leere Flasche A bis B ins Wasser stellet, oder wenn man die nämliche Flasche bis B in freier Luft mit Wasser füllet, so ist der Druck, den jedes Theilchen leidet, in beiden Fällen einerlei, oder, wegen

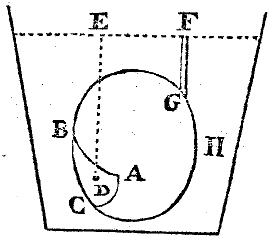


der Dicke des Glases, beinahe einerlei. Jedoch muß die Flasche, im Falle wo sie in freier Luft stehet, stärker sein, weil sie, als ein gewölbter Körper, dem Drucke auf die konkave Seite nicht so widerstehen kann, wie dem Drucke auf die konvexe Seite.

§. 4.

Den Druck, welchen jeder beliebige Theil der Oberfläche eines Körpers, der sich im Wasser befindet, in allen seinen Theilchen zusammengenommen, leidet, erhält man, wenn man die Größe der gedrückten Fläche berechnet, ihren Schwerpunkt suchet, dessen Entfernung von der horizontalen Oberfläche des Wassers mißt, und die Fläche mit gedachter Entfernung, das Produkt aber wiederum mit der spezifischen Schwere des Wassers multiplizirer.

(Siehe folgende Figur.)



Es sei der feste Körper HBCH unter Wasser, und man wolle wissen, wie groß der Druck ist, welchen die Theilchen der Fläche ABC zusammengenommen auszuhalten haben. Es sei D der Schwerpunkt dieser Fläche und DE die Entfernung desselben von der oberen horizontalen Wasserfläche.

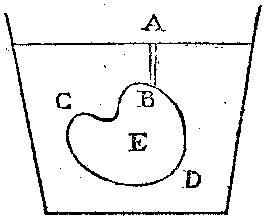
Wir haben gesehen, daß alle Theilchen der Fläche ABC eben so gedrücket werden, als sie es sein würden, wenn das Wasser fest, der Körper HBCH aber samt der Röhre GF flüssig wäre (§. 3). In diesem Falle aber würde der Druck gleich sein dem Produkte aus der Fläche ABCA, der Tiefe DE des Schwerpunktes unter der Wasserfläche, und der spezifischen Schwere des Wassers (I. H. §. 12). Also wird auch im gegenwärtigen Falle der Druck von außen nach innen durch das nämliche Produkt vorgestellet.

Anmerkung. Man beobachte hier, was bei einer ähnlichen Gelegenheit (I. H. §. 12. Zus. II.) erinnert worden. Die Rede ist nur von der Summe aller einzelnen Drücke auf die unendlich kleinen Theilchen der Fläche, nicht aber von dem aus allen zusammengesetzten Drucke.

§. 5.

Ein fester Körper, der sich im Wasser befindet, leidet einen Druck von unten nach oben, der so viel beträgt,

beträgt, als die Größe des Körpers, mit der spezifischen Schwere des Wassers multipliziret, oder, welches einerlei ist, so viel als das Gewicht des vom Körper verdrängten Wassers.



Es sei BCDB ein fester Körper von beliebiger Gestalt, der sich im Wasser befindet. Man bilde sich ein, das Wasser werde fest, der Körper BCDB aber flüssig, und es gehe von diesem flüssig gewordenen Körper noch außerdem ein flüssiger Kanal BA, den man sehr dünn annehmen kann, bis zur horizontalen Oberfläche hinauf.

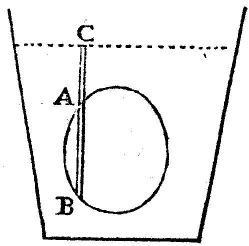
Bei diesem veränderten Zustande ist die Fläche BCDB als ein Gefäß zu betrachten. Dessen Theilchen leiden vom Flüssigen E einen gewissen Druck, der sich in einen horizontalen und einen vertikalen Druck zerlegen läßt. Die vertikalen Drücke heben sich zum Theile auf, weil einige von oben nach unten, andere aber von unten nach oben gerichtet sind, und es entstehet aus allen weiter nichts als ein Druck von oben nach unten, welcher der Schwere des Wassers E gleich ist. (I. Hauptst. §. 13.) Man erinnere sich immer, daß E zu Wasser geworden war.

Da nun beim ersten Zustande, wo das Wasser flüssig und E fest ist, alle Theilchen der Fläche BCDB denselbigen Druck leiden, nur in entgegengesetzter Richtung, so muß auch aus allen eine einzelne zusammengesetzte Kraft entstehen, die der vorigen gleich und gerade entgegengesetzet ist. (§. 3.)

Also ist diese entstehende Kraft so groß als das Gewicht des als Wasser betrachteten Körpers E, aber sie wirket von unten nach oben, um den Körper aufwärts zu stoßen.

Das Gewicht des als Wasser betrachteten Körpers E aber ist nichts anders, als das Gewicht des vom Körper verdrängten Wassers, und dieses Gewicht wird erhalten, wenn man die Größe des Volumens BCDB berechnet, und es mit der spezifischen Schwere des Wassers multipliziret.

Anmerkung I. Man kann auch den Beweis führen, wenn man das unendlich dünne Säulchen AB des Körpers betrachtet, und beinahe, wie im I. Hauptst. §. 13 zeiget, daß der Druck, den der Körper auswendig bei B von unten nach oben leidet, durch die Säule CB,



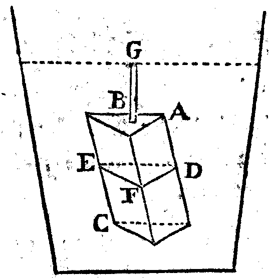
der Druck aber von oben nach unten bei A durch AC vorgestellet wird, und daß, wenn der kleinere vom größeren abgezogen wird, ein Druck von unten nach oben bleibet, der durch AB vorgestellet wird, vorausgesetzet,

gesetzet, daß CB, AC, AB als Wassersäulen betrachtet werden. Und da dieses von allen Säulchen gilt, die man sich im Körper vorstellen kann, so folget, daß der Körper aufwärts getrieben wird, mit einer Kraft, die dem Gewichte des als Wasser betrachteten Körpers gleich ist.

Anmerkung II. Daß das Wasser wirklich von unten nach oben drücket, kann man leicht bemerken, wenn man sich in einem Flusse badet, oder auch nur die Hand etwas tief ins Wasser stecket. Denn in beiden Fällen empfindet man, daß der Körper oder die Hand größtentheils die Schwere verlieret, welches vom Gegendruck des Wassers herrühret.

§. 6.

Obgleich ein im Wasser sich befindender fester Körper auch seitwärts gedrücket wird, so kann doch daraus keine horizontale Bewegung entstehen, weil die Drücke in horizontaler Richtung einander aufheben.



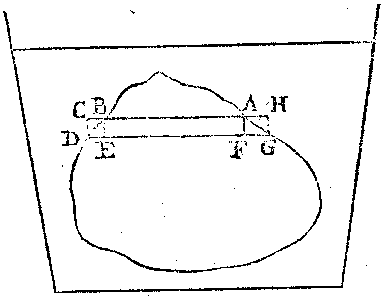
Es sei der feste Körper AC in Wasser gesetzet; er werde flüssig, und das Wasser werde fest, ausgenommen die Röhre BG, welche mit dem flüssig gewordenen Körper in Verbindung stehet, so bildet das fest gewordene Wasser ein Gefäß. Es sei DEF ein horizontaler Durchschnitt der inneren Fläche dieses Gefäßes, oder der Oberflächen des flüssig gewordenen Körpers. So leidet jedes Theilchen des Umfanges DEF einen gewissen Druck von innen nach außen, der in einen vertikalen und einen horizontalen Druck zerleget werden kann, wovon wir jezt nur den horizontalen betrachten. Es sind aber alle diese Drücke so beschaffen, daß die daraus entstehende Kraft null ist, das heißt, sie halten den Umfang DEF in Gleichgewicht (I. H. §. 14). Nun sind die Drücke, im Falle wo das Wasser flüssig, der Körper AC aber fest ist, die nämlichen auf den Umfang ABC, nur in entgegengesetzter Richtung (§. 3), folglich ist auch die aus ihnen zusammengesetzte Kraft null, und auch diese Drücke halten den Umfang DEF in Gleichgewicht.

Eben solche Bewandniß hat es mit allen horizontalen Durchschnitten des Körpers, und da sie alle in Gleichgewicht sind, was die horizontale Richtung betrift, so ist der ganze Körper, dieser Richtung nach, in Gleichgewicht; er kann sich also weder rechts noch links, weder vorwärts noch rückwärts bewegen; sondern, wenn ja eine Bewegung statt findet, so muß sie vertikal sein, nämlich niederwärts oder aufwärts.

Anmerkung I. Auch dieser Satz kann unmittelbar aus der Zerlegung der Kräfte, wie im ersten Hauptstücke §. 14, bewiesen werden.

Nämlich, man nimmt einen unendlich dünnen Schnitt AGDB (folg. Fig.) des Körpers, und beweiset, ohngefähr wie am angeführten Orte, daß BD und AG die auf der Oberfläche senkrechten Drücke vorstellen; daß, wenn diese Drücke gehörig zerleget werden, CD

oder



oder BE und HG oder AF die horizontalen Drücke vorstellen; daß diese alle gleich sind, und daß folglich der ganze Umfang des Schnittes in Gleichgewicht bleibet, was die horizontale Richtung anbelanget.

Anmerkung II. Daß ein unter Wasser stehender fester Körper keine horizontale Bewegung bekömmt, ist aus der täglichen Erfahrung bekannt; jedoch war es nicht überflüssig, dieses zu beweisen, indem dadurch die Wahrheit der Grundsätze, auf welchen der Satz beruhet, noch mehr bestätiget wird.

§. 7.

Ein im Wasser sich befindender fester Körper leide also abseiten des Wassers keinen anderen Reiz zur Bewegung, als einen Druck von unten nach oben, ohngefähr als wenn er in freier Luft wäre, und irgend eine Kraft sich bestrebete, ihn aufwärts zu bewegen, oder als wenn er in einem Beutel hinge, und eine Kraft, vermittelst eines am Beutel gebundenen Fadens, sich bemühete, ihn aufwärts zu ziehen.

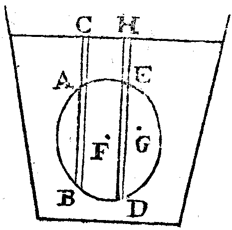
Diesem Drucke des Wassers von unten nach oben haben, meines Wissens, die Deutschen noch keinen Namen gegeben. Im Französischen wird er die poussée des Wassers genannt; wir wollen ihn, der Kürze halben, den Auftrieb nennen.

§. 8.

Der Auftrieb (la poussée) des Wassers wirket auf einen in demselben befindlichen Körper von unten nach oben, wie eine einzelne Kraft, die dem Gewichte des verdrängten Wassers gleich ist, und deren Richtung durch den Schwerpunkt des verdrängten Wassers gehet, welcher mit dem Schwerpunkte des festen Körpers einerlei ist, wenn dieser von einförmiger Dichtigkeit ist.

Daß der Auftrieb in vertikaler Richtung von unten nach oben wirket, und dem Gewichte des verdrängten Wassers gleich ist, haben wir genugsam bewiesen (§. 5), und es wird nur hier deswegen wiederholet, um dasjenige, was den Auftrieb betrift, in einem Lehrsatze kurz zusammen zu fassen.

Daß aber die Wirkung des Auftriebes, wie eine einzelne Kraft betrachtet, durch den Schwerpunkt des verdrängten Wassers oder des Raumes, den der feste Körper



einnimmt, durchgehet, ist nicht schwer zu begreifen. Denn wenn man sich solche dünne Säulchen wie CB, HD einbildet,

bildet, so stellen die Theilchen AB, ED derselben den Auftrieb vor, wenn man den körperlichen Inhalt jeder derselben mit der spezifischen Schwere des Wassers multipliziret (§. 5 Anm. I.) Die Kraft des Auftriebes bestehet also aus lauter solchen parallelen Kräftchen, wie BA, DE, die in Vertikal-Linien von unten nach oben wirken. Die Schwere des Körpers kann man sich aber auch als aus solchen Theilchen AB, DE bestehend vorstellen, die ebenfalls in Vertikal-Linien, aber von oben nach unten wirken. Nun aber entstehet aus allen diesen besonderen Schweren AB, DE, u. s. f. eine einzelne Kraft, deren Richtung durch den Schwerpunkt F gehet. Da also alles in beiden Fällen einerlei ist, so muß auch der aus den besonderen, durch BA, DE vorgestellten Kräften des Auftriebes, eine einzige Kraft entstehen, die ebenfalls durch den Schwerpunkt F gehet, aber von unten nach oben, weil dieses die Richtung aller Kräftchen ist.

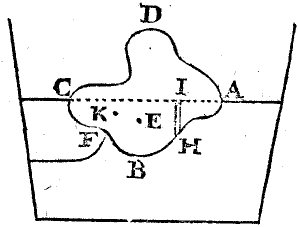
Daß die Schweren AB, ED nicht allemal den Auftrieben BA, DE gleich sind, (nämlich wenn die Materie des festen Körpers mit dem Flüssigen nicht einerlei Dichtigkeit hat), verändert die Lage des Punktes F nicht: denn es ist bekannt, daß der Schwerpunkt immer derselbige bleibet, wenn nur die Materie des Körpers homogen ist.

Wäre aber die Materie des festen Körpers nicht homogen, so würde zwar der Auftrieb durch den Schwerpunkt F des Volumen gehen, hingegen der Schwerpunkt des festen Körpers würde mehr nach der Seite hin sein, wo der Körper dichter wäre, z. E. in G.

§. 9.

Wenn ein fester Körper theils im Wasser ist, theils aber aus dem Wasser hervorraget, so ist der Auftrieb so groß, als die Größe des eingetauchten

Theiles, mit der spezifischen Schwere des Wassers multipliziret, das heißt, so groß als das Gewicht des verdrängten Wassers; und die Wirkung des Auftriebes gehet durch den Schwerpunkt des eingetauchten Theiles des Volumens.



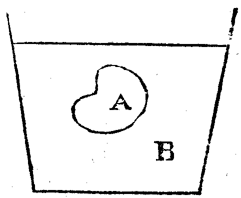
Es werde der Körper ABCDA vermittelst des Stabes F, oder auf eine andere Art, in solcher Lage gehalten, daß er bis A und C unter Wasser sei. Man ziehe in Gedanken eine horizontale Fläche AC durch den Körper, so ist ABC der eingetauchte Theil des Körpers, oder seines Volumens. Diesen eingetauchten Theil zerlege man in Gedanken in lauter Säulchen wie HI. Wäre in ABCA Wasser, und wäre hingegen das Wasser zu einer festen Wand geworden, so würde die kleine Fläche H einen Druck von innen nach außen leiden, dessen vertikaler Theil durch die Wassersäule HI vorgestellet wäre (I. H. §. 13, Anm.). Im wirklichen Zustande aber ist der Druck der nämliche, nur in entgegengesetzter Richtung (§. 3). Also ist der Auftrieb bei H so stark als das Gewicht einer Wassersäule wie HI. Da nun der ganze Raum ABCA in solche Theilchen wie HI zertheilet werden kann, so ist der ganze Auftrieb so stark als das Gewicht der Summe aller solcher Wassersäulchen, das heißt, so groß, als das Gewicht des verdrängten Wassers, welches Gewicht gefunden wird, wenn man das Volumen ABCA mit der spezifischen Schwere des Wassers multipliziret.

Daß

Daß aber der Auftrieb wie eine einzige Kraft wirket, die durch den Schwerpunkt E des untergetauchten Theiles gehet, erhellet daraus, daß der Auftrieb aus solchen Kräftchen bestehet, die durch Säulen wie HI vorgestellet werden, und folglich aus eben solchen, woraus die Schwere des Körpertheiles ABCA bestehet, nur in entgegengesetzter Richtung. Folglich ist die entstehende Kraft in beiden Fällen einerlei, und nur in gerade entgegengesetzter Richtung. Die Kraft der Schwere aber gehet durch den Schwerpunkt E, also auch die Kraft des Auftriebes. Nur wenn der Körpertheil ABCA von ungleicher Dichtigkeit wäre, so würde sein Schwerpunkt nach der dichteren Seite hinfallen, z. E. in K, und er würde nicht mehr mit dem Schwerpunkte des Raumes ABCA oder des verdrängten Wassers einerlei sein.

§. 10.

Wenn ein homogener Körper unter Wasser gestellet, und dann frei gelassen wird, so wird er ruhen, wenn seine spezifische Schwere der spezifischen Schwere des Wassers gleich ist



Denn es sei p die spezifische Schwere, sowohl des Körpers A als auch des Wassers B, und v das Volumen des Körpers, und folglich auch des verdrängten Wassers, so ist das Gewicht des Körpers vp, das Gewicht des verdrängdrängten Wassers, und folglich der Austrieb ist auch vp. Da also der Körper A durch eine Kraft vp herunter, und durch eine gleiche Kraft vp hinauf getrieben wird, und beide Kräfte durch den Schwerpunkt des Volumens gehen, so bleibet er in Gleichgewicht.

§. 11.

Wenn ein homogener fester Körper, der im Wasser frei gelassen wird, mehr spezifische Schwere hat, als das Wasser, so wird er bis zum Boden sinken.

Denn es sei v das Volumen des Körpers und P dessen spezifische Schwere, so ist vP sein Gewicht, welches ihn niederwärts treibet. Es sei p die spezifische Schwere des Wassers, so ist vp das Gewicht des verdrängten Wassers und folglich auch die Stärke des Austriebes. Da nun P größer ist als p, so ist vP größer als vp; das heißt, das Gewicht des festen Körpers ist größer als der entgegengesetzte Austrieb: also muß der Körper in der Richtung der größeren Kraft beweget werden, das heißt, er muß sinken.

§. 12.

Wenn ein homogener fester Körper, der weniger spezifische Schwere hat, als das Wasser, unter Wasser getauchet, und dann frei gelassen wird, so wird er steigen, und über das Wasser hervorragen, bis daß das Gewicht des verdrängten Wassers dem Gewichte des festen Körpers gleich sei. Wird aber der Körper von oben ins Wasser gelassen, so wird er zum Theil sinken, bis daß die nämliche Gleichheit statt findet.

Es sei p die spezifische Schwere des festen Körpers und v sein Volumen. Es sei P die spezifische Schwere

des

des Wassers. Ist der Körper ganz im Wasser, so wird er niederwärts getrieben durch seine Schwere vp, und aufwärts durch den Auftrieb vP. Da nun P größer ist, als p, so ist der Auftrieb vP größer als die Schwere vp, folglich muß der Körper steigen. Wenn er nun zum Theile aus dem Wasser hervorraget, so sei der eingetauchte Theil noch v'. Dann wird er ruhen, sobald die Schwere vp der Schwere $v'P$ des verdrängten Wassers, und folglich dem Auftriebe gleich sein wird. Dieses erfordert demnach, daß $vp = v'P$ werde, folglich, daß $v' = \frac{vp}{P}$. Es ist also allemal v' möglich und bestimmbar; folglich findet allemal eine gewisse Tiefe der Eintauchung statt, bei welcher der Körper weder steigen noch sinken kann.

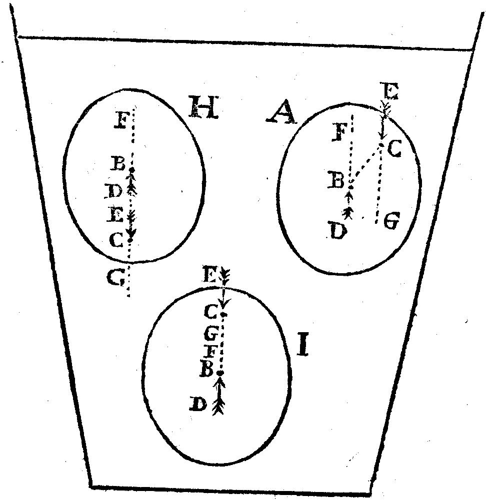
Wird der Körper von oben eingelassen, so tauchet sich ein Theil v' vom Volumen desselben ein, und dieser Theil v' wird allmählig größer, bis daß $vp = v'P$, eben wie vorher.

§. 13.

Bei heterogenen festen Körpern wird alles erfolgen, wie in den drei vorhergehenden Paragraphen, nur daß der feste Körper sich unter Wasser zugleich drehen wird, bis daß die Schwerpunkte seines Volumens und seiner Masse sich in einer und derselbigen Vertikal-Linie befinden; und es wird sich meistens der Schwerpunkt der Masse gerade unter den Schwerpunkt des Volumens begeben.

(Siehe folgende Figur.)

Es



Es sei der heterogene Körper A unter Wasser, es sei B der Schwerpunkt seines Volumens und C der Schwerpunkt seiner Masse, so wirket die Schwere wie eine Kraft EC in der Richtung EG, und der Auftrieb wie eine Kraft DB in der Richtung DF. Nun sind zwar beide Richtungen allemal parallel, aber nicht allemal in einer und derselbigen Linie. Man stelle sich demnach eine steife Linie CB vor, die von einem Schwerpunkte bis zum anderen gehet, so ist klar genug, daß diese Linie bei den gegenwärtigen Richtungen der Kräfte sich drehen muß, bis daß beide Richtungen sich in eine Vertikal-Linie vereinigen, und der Punkt C sich unten, hingegen B oberwärts befindet. Diese Lage siehet man bei dem Körper H, wo die Richtungen der Schwere ECG und des Auftriebes DBF jezt in einer Vertikal-Linie und gerade entgegengesezet sind.

Zwar könnte auch zur Noth das Gleichgewicht statt finden, wenn der Schwerpunkt C der Masse sich gerade über

über dem Schwerpunkt B des Volumens befände, wie bei I, da dann die Richtungen der Schwere ECG, und des Auftriebes DBF ebenfalls in einer und derselben Vertikallinie gerade entgegengesezet wären. Aber der Körper würde sich schwerlich in dieser Lage erhalten können; die allergeringste Bewegung würde den Punkt C etwas seitwärts bringen, und den Körper in den Fall versetzen, worin sich der Körper A befindet.

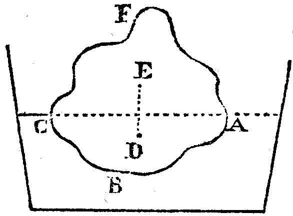
Dieses Drehen hat übrigens mit dem Sinken und Steigen nichts gemein, und geschiehet während daß der Körper, vermöge seiner mittleren spezifischen Schwere, entweder an seinem Orte verbleibet, oder herunter gehet, oder hinauf steiget. Diese mittlere spezifische Schwere ist nicht anders als die Masse durch das Volumen dividiret. Je nachdem diese mittlere spezifische Schwere sich gegen die spezifische Schwere des Wassers verhält, so muß der heterogene Körper sinken, steigen, oder in derselbigen Tiefe bleiben.

§. 14.

Ein Körper, der frei auf dem Wasser schwimmet, er sei homogen oder heterogen, kann nicht anders in Gleichgewicht sein, als wenn der Schwerpunkt seiner Masse und der Schwerpunkt des eingetauchten Volumens in einer und derselben vertikalen Linie sind. Es ist eben nicht nöthig, daß der Schwerpunkt der Masse sich unterhalb des anderen Schwerpunktes befinde.

(Siehe folgende Figur.)

Es



Es sei E der Schwerpunkt der Masse ABCFA, und D der Schwerpunkt des untergetauchten Volumens ABCA. Befinden sich nun beide Schwerpunkte in einer Vertikallinie ED, so verbleibet der Körper in seiner Lage, ohne sich zu drehen oder zu wenden, weil alsdann die Schwere in der Richtung ED und der Auftrieb in der Richtung DE gerade entgegen wirken, wie bei §. 13 erläutert worden.

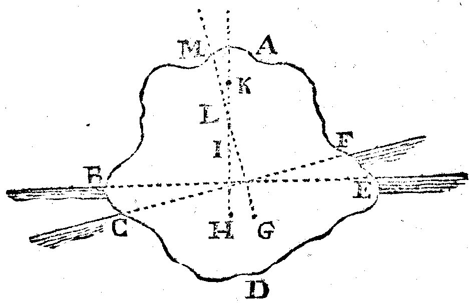
§. 15.

Wenn ein fester Körper, der auf dem Wasser schwimmet und in Gleichgewicht ist, einen Stoß oder Druck bekömmt, wodurch er aus seiner Lage verrücket wird, so wird er entweder umfallen oder von selbst wieder in die vorige Stellung kommen.

Um zu wissen, in welchem Falle das eine oder das andere geschehen muß, so bemerke man die Vertikal-Linie, welche in seiner ersten Lage durch beide Schwerpunkte ging. Man bemerke auch die Vertikal-Linie, welche, bei der neuen Lage des Körpers, vom Schwerpunkte des untergetauchten Volumens aufwärts gehet. Wird die erstere von der zweiten unterhalb des Schwerpunktes der Masse geschnitten, so muß der Körper umfallen.

Geschie-

Geschiehet der Schnitt beider Linien aber oberhalb des Schwerpunktes der Masse, so begiebt sich der Körper wieder von selbst in seine vorige Lage.



Es sei ABCDEF der schwimmende Körper, K der Schwerpunkt seiner Masse, H der Schwerpunkt des eingetauchten Theiles EDCB. Gesetzt nun, der obere Theil dieses Körpers bekomme einen Stoß von der linken Hand nach der rechten, so erhält er eine andere Lage, und das eingetauchte Volumen ist nicht mehr das nämliche sondern FEDC. In der Figur ist die Lage des Wassers, anstatt derjenigen des Körpers verändert worden, und dieses, um die Zeichnung deutlicher zu machen. Man darf nur das Buch etwas drehen, bis nicht mehr EB, sondern FC horizontal ist, so siehet man, wie sich der Körper drehet, indem das Wasser horizontal bleibet. Nun ist also FC horizontal; der Schwerpunkt des jetzt eingetauchten Volumens sei G. Man ziehe die Vertikal Linie GM, so schneidet sie die vorige HK in L, unterhalb des Schwerpunktes K der Masse, und in diesem Falle muß der Körper noch weiter rechts umfallen. Denn man stelle sich von G bis K eine steife Linie vor, die in vertikalen Richtungen bei G aufwärts und bei K niederwärts getrieben wird, so muß der Punkt K sich samt dem ganzen Körper noch weiter rechts drehen, und also umfallen.

Wäre aber der Schwerpunkt der Masse in I, so daß der Schnitt L oberhalb desselben geschähe, so würde der Körper sich von selbst wieder aufrichten. Denn auch hier stelle man sich eine steife Linie von G bis I vor, die bei G aufwärts, bei I aber niederwärts gedrücket wird, so wendet sich der Punkt I samt dem oberen Theile des Körpers zur Linken. Da er aber von der linken nach der rechten Hand gestoßen worden war, so begiebt er sich in seine vorige Lage, welches jedoch nur erst nach einigen vorhergehenden Schwingungen geschiehet.

Trift es sich, daß bei der neuen Lage der Punkt L in den Schwerpunkt der Masse fällt, so bleibet der Körper auch jetzt stehend. Dieses geschiehet allemal bei einer schwimmenden Kugel.

Zusatz I. Man wird leicht merken, daß der Punkt L um desto niedriger ist, je mehr man den Körper umkippet. Soll demnach der Körper gegen das Umstürzen gesichert sein, so muß man trachten, daß der untere Theil am schwersten sei. Alsdann ist der Schwerpunkt der Masse niedrig, und der Punkt L kann nicht leicht so weit herunter kommen, sondern bleibet meistens oberhalb des Schwerpunktes der Masse. Dieses kann man an Schiffen bemerken; die Masten, Segel und Taue, welche den oberen Theil ausmachen, sind nur leicht, in Vergleich mit dem Körper des Schiffes und der Ladung; daher das Schiff auch vom stärksten Winde nicht so leicht umgeworfen werden kann. Und aus eben diesem Grunde beladet man ein Schiff mit Ballast, wenn es sonst seine gehörige Ladung nicht hat.

Zusatz II. Um die Standhaftigkeit eines schwimmenden Körpers desto genauer zu bestimmen, pfleget man erstlich

erstlich anzunehmen, daß er nur einen unendlich kleinen Stoß seitwärts bekomme, und unendlich wenig von seiner ersten Lage abweiche, wobei man auf den Punkt L merket. Ist dieser Punkt sehr hoch über den Schwerpunkt, so ist der Körper standhaft genug, weil er noch sehr gedrehet werden kann, ehe der Punkt L bis unter den Schwerpunkt der Masse kömmt. Ist der Punkt L zwar über den Schwerpunkt, aber demselben sehr nahe, so ist nicht viel Standhaftigkeit zu hoffen. Ist L im gedachten Schwerpunkte, so bleibet der Körper bei einer kleinen Veränderung der Lage noch stehen. Ist L unter dem Schwerpunkte, so fällt der Körper beim geringsten Stoße um. Diesen für eine unendlich kleine Abweichung bestimmten Punkt L nennen einige das **Metazentrum** des schwimmenden Körpers.

§. 16.

Wenn ein fester Körper sich im Wasser befindet, so pfleget man zu sagen: er verliere etwas von seiner Schwere. Dieses heißt nicht, daß die Fallkraft, die ihn niederwärts treibet, weniger als in freier Luft auf ihn wirket, sondern daß die Wirkung seiner Schwere ganz oder zum Theil durch die Gegenwirkung des Auftriebes (poussée) aufgehoben wird. Wenn man z. E. ein Stück Blei an einem Faden bindet, und es ins Wasser senket, so wird man merken, daß man weniger Mühe hat, es zu tragen, als in freier Luft, weil der Auftrieb es von unten tragen hilft.

Zusatz. Es sei überhaupt P das Gewicht eines festen Körpers, und p das Gewicht eines gleichen Volumens vom Wasser, so bleibet dem Körper, wenn er unter Wasser ist, die Schwere $P - p$ übrig, weil p dem Auftriebe gleich ist, der die Wirkung der Schwere vermindert.

Ist nun P größer als p, so ist die übrig bleibende Schwere positiv oder wirklich, und der Körper bestrebet sich, zu fallen, obgleich mit verminderter Kraft.

Ist $P = p$, so ist $P - p = o$, das heißt, Schwere und Auftrieb heben einander auf, und der Körper bestrebet sich, weder zu fallen noch zu steigen.

Ist P kleiner als p, so ist $P - p$ eine negative Größe, das heißt, der Körper bekömmt einen Trieb zu einer Bewegung, die das Widerspiel des Fallens ist, nämlich zum Steigen, doch so, daß der Austrieb des Wassers seine ganze Wirkung nicht hat, sondern zum Theil durch die Schwere des Körpers gehindert wird.

Dieses stimmet genau mit den obigen Lehren (§. 10, 11, 12) überein.

§. 17.

Die nämlichen Lehren lassen sich auch auf den Fall anwenden, wo verschiedene flüssige Materien mit einander vermischet werden, oder wo feste Materien in flüssigen aufgelöset werden.

In beiden Fällen kömmt es auf die spezifischen Schweren beider Materien an. Die spezifisch-leichtere Materie schwimmet über der schwereren, wie z. E. Oel auf Wasser, oder die schwerere fällt auf den Boden, wie wenn man Quecksilber in Wasser gießet. Man muß hier die Theilchen der einen Materie, z. E. des Oels oder Quecksilbers, als kleine feste Körper betrachten, die den oben angeführten Gesetzen unterworfen sind.

Jedoch lehret die Erfahrung, daß auch Materien von ungleicher spezifischer Schwere sich so vermischen, daß sie eine

eine neue zusammengesetzte Materie ausmachen, und sich nicht leicht in dünnere und dichtere, höhere und niedrige Schichten absondern, wie es nach den angeführten Regeln geschehen sollte. Z. E. Wenn man Salz in Wasser auflöset, so wird das Salz ein flüssiges Wesen, welches sich sehr genau mit dem Wasser vereiniget, oder sich vielleicht in die Poren des Wassers begiebt; und nur erst, wenn das Wasser schon so von Salz gesättiget ist, daß es nicht mehr annehmen kann, läßt es das übrige, als eine spezifisch-schwerere Materie, auf den Boden des Gefäßes fallen. Jedoch diese Bemerkungen und die Gründe solcher Erscheinungen gehören nicht in die Mathematik, sondern in die Physik und Chymie. Es müssen dabei, außer der Schwere und dem Auftriebe (poussée) noch andere Kräfte wirken, auf welche sich bis jetzt keine mathematische Rechnungen anwenden lassen.

Viertes Hauptstück.

Einige Anwendungen der im vorigen Hauptstücke enthaltenen Lehren.

§. 1.

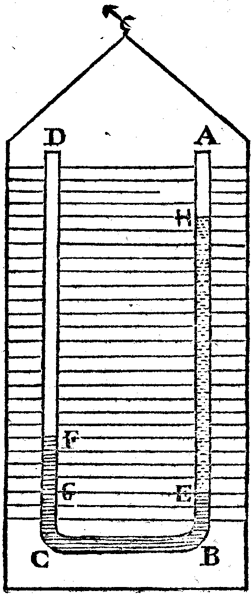
Wir haben gleich im Anfange des vorigen Hauptstückes gesehen, daß, wenn zwei aufrecht stehende Röhren unterwärts vermittelst einer dritten Röhre Gemeinschaft mit einander haben, oder auch, wenn eine Röhre so gebogen wird, daß die beiden Enden derselben aufrecht stehen, und wenn man alsdann zwei verschiedene Flüssigkeiten hineingießt, die Höhen der Flüssigkeiten über die horizontale Scheidungsfläche sich umgekehrt verhalten, wie die Dichtigkeiten oder spezifischen Schweren beider Flüssigkeiten. Dieses giebt uns ein Mittel an die Hand, um die spezifischen Schweren oder Dichtigkeiten verschiedener flüssigen Materien mit einander zu vergleichen.

§. 2.

Aufgabe.

Die spezifischen Schweren oder Dichtigkeiten verschiedener flüssigen Materien, vermittelst zweier verbundenen Röhren zu vergleichen.

Man gebrauche eine gläserne Röhre ABCD (folg. Fig.) deren beide Schenkel AB und DC mit einander parallel sein müssen. Man befestige sie an einem Brette, so daß die



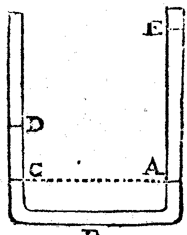
die Schenkel der Röhre mit den Kanten des Brettes parallel seien. Auf dem Brette ziehe man sehr viel parallele Linien in gleichen Entfernungen, und so, daß sie horizontal seien, wenn das Brett vertikal ist. Man gieße in den einen Schenkel eine schwerere und dann in den anderen eine leichtere flüssige Materie. Man hänge das Instrument an die Wand, so daß es recht vertikal sei, welches man durch ein Bleiloth untersuchen kann. Man bemerke die Stelle E, wo beide Flüssigkeiten an einander gränzen, und die Linie EG, die durch diesen Ort gehet. Man zähle von der Linie EG an, die Abtheilungen bis F, wo die schwerere, und bis H, wo die leichtere Materie oberwärts aufhöret, so verhält sich die spezifische Schwere der leichteren Materie zur spezifischen Schwere der anderen, wie

GF zu EH. Gesetzt also, es sei FG = 4 und EH = 20, so ist das Verhältniß wie 4 zu 20, oder wie 1 zu 5, das heißt, die niedriger stehende Materie ist 5mal schwererer Art als die höher stehende.

Zusatz I. Weil Quecksilber sich am wenigsten mit anderen Flüssigkeiten vermischet, so kann man auf die vorgeschriebene Art die spezifischen Schweren von allerlei Flüssigkeiten mit dem Quecksilber vergleichen. So findet man z. E. daß das Regenwasser ohngefähr 14mal leichterer Art ist, als das Quecksilber. Wenn man die spezifische Schwere des Quecksilbers zur Einheit nimmt, so könnte man auf diese Art die spezifischen Schweren von allerlei flüssigen Materien in eine Tafel bringen. Soll aber die spezifische Schwere des Regenwassers zur Einheit genommen werden, so müssen die Zahlen, die sich auf das Quecksilber beziehen, alle mit 14 multipliziret werden, denn was $n$mal schwerer ist als Quecksilber, ist 14$n$mal schwerer als Wasser.

In den Grundlehren der Statik findet man die spezifischen Schweren vieler Materien. worunter auch flüssige sind, mit dem Regenwasser verglichen.

Zusatz II. Will man unmittelbar zwei Flüssigkeiten vergleichen, und zugleich die Mischung verhüten, so gieße man erstlich Quecksilber ABC in die gläserne Röhre, her-



nach

nach die eine Materie CD, und dann die andere AE. Von dieser letzteren gieße man so lange, bis die Oberfläche des Quecksilbers sich beiderseits in einer horizontalen Fläche AC befindet. Dann hält es sich selbst in Gleichgewicht, und die Dichtigkeiten der beiden anderen Materien verhalten sich umgekehrt wie die Höhen CD und AE.

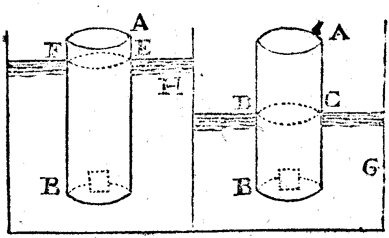
§. 3.

Die Eigenschaft der schwimmenden Körper, daß das Gewicht des vom eingetauchten Theile verdrängten Wassers allemal so viel beträgt, als das Gewicht des ganzen Körpers, giebt zu anderen Mitteln Anlaß, wodurch das Verhältniß der spezifischen Schweren verschiedener Flüssigkeiten bestimmet werden kann.

§. 4.

Aufgabe.

Die spezifischen Schweren oder Dichtigkeiten verschiedener flüssigen Materien, vermittelst eines schwimmenden Zylinders, vergleichen.



Man gebrauche einen hohlen Zylinder von Glas, Elfenbein, oder in Oel gesottenem Holze, der inwendig am

Boden mit etwas Blei oder Quecksilber beschweret sein muß. Man stelle ihn nach und nach in zwei verschiedene flüssige Materien, so wird er in der leichteren mehr, in der schwereren aber weniger sinken; und die spezifischen Schweren der flüssigen Materien verhalten sich umgekehrt wie die Höhen des eingetauchten Theiles.

Z. E. Gesetzt, in der flüssigen Materie G sinke der Zylinder bis CD, und in der flüssigen Materie H bis EF, so verhält sich die spezifische Schwere der Materie G zur spezifischen Schwere der Materie H, wie BF zu BD.

Denn da der Zylinder auf dem Flüssigen in Gleichgewicht ist, so ist das Gewicht des von CB verdrängten Flüssigen so groß, als das Gewicht des Zylinders. Eben so ist das Gewicht des von EB verdrängten Flüssigen dem Gewichte des Zylinders gleich. Also wieget ein Volumen CB vom Flüssigen G so viel als ein Volumen EB vom Flüssigen H. Es seien P und p die spezifischen Schweren der Flüssigkeiten G und H, so sind $CB \times P$ und $EB \times p$ die Gewichte der verdrängten Flüssigkeiten. Also ist

$$CB \times P = EB \times p.$$

folglich $$P : p :: EB : CB.$$

Da aber beide zylindrische Theile EB und CB gleiche Grundflächen haben, so verhalten sie sich wie die Höhen BF und DB. Folglich ist

$$P : p :: BF : DB$$

Anmerkung I. Die Höhen BF und DB können mit einem Maaßstabe gemessen werden. Am besten aber ist es, wenn man auf der Oberfläche des Zylinders selbst einen Maaßstab von unten hinauf zeichnet, und die Abtheilungen mit feinen Einschnitten oder auch mit Farben bemerket.

Anmer-

Anmerkung II. Ein ähnliches Instrument kann man gebrauchen, um die Ergiebigkeit eines salzigen Wassers, woraus man Salz ziehen will, zu erforschen. Man nehme ein gewisses Maaß reinen Wassers, stelle den beschriebenen Zylinder hinein, bezeichne den Ort, bis wo er sinket, und schreibe dabei 0, welches bedeutet, daß jetzt kein Salz im Wasser ist. Nun lasse man 1 Unze Salz im nämlichen Wasser zergehen, so wird das Wasser schwerer, und der Zylinder steiget. Man schreibe 1 an der Stelle, wo jetzt der Zylinder von der Oberfläche des Wassers berühret wird, um anzudeuten, daß jetzt 1 Unze Salz im Wasser ist. So fahre man fort, den Zylinder für 2, 3, 4 Unzen, u. s. f. zu graduiren.

Stellet man nun den so abgetheilten Zylinder in ein anderes salziges Wasser, so darf man nur bemerken, bis zu welcher Zahl er sinket; diese Zahl zeiget an, wie viel Salz in jedem Maaße des probirten Wassers enthalten ist, und durch die bloße Multiplikazion wird sich leicht bestimmen lassen, wie viel in jeder beliebigen Menge des nämlichen Wassers vorhanden ist.

Was man in einem kleinen Maaße mit Unzen versuchet, das kann man im Großen mit Pfunden thun.

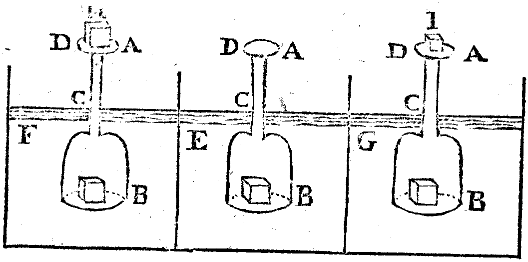
§. 5.

Aufgabe.

Das Verhältniß der spezifischen Schweren verschiedener flüssigen Materien, vermittelst eines schwimmenden Körpers und darauf gelegter Gewichte, bestimmen.

(Siehe folgende Figur.)

Man



Man nehme eine hohle Flasche oder sonst einen ähnlichen hohlen Körper AB, der am Boden mit Blei oder Quecksilber belastet ist, und der oben einen Teller AD trägt. Man stelle ihn in die leichteste Flüssigkeit E, mit welcher man die übrigen vergleichen will, und merke am Halse den Ort C, bis wo er sinket. Man stelle ihn hernach in andere Flüssigkeiten F und G, und lege auf den Teller AD so viel Gewicht H und I, als nöthig ist, um daß die Flasche wiederum bis C eingetauchet sei.

Weiß man nun das Gewicht der Flasche samt dem Teller, nämlich des ganzen schwimmenden Körpers, wie auch die aufgelegten Gewichte, so läßt sich das Verhältniß der spezifischen Schweren der flüssigen Materien bestimmen. Denn es muß jedesmal das Gewicht des verdrängten Wassers so groß sein, als das Gewicht des schwimmenden Körpers, die aufgelegten Gewichte mitgerechnet, und im gegenwärtigen Falle sind die Volumina des verdrängten Wassers alle gleich.

Es sei g das Gewicht der Flasche samt dem Ballast und dem Teller. Das beim Flüssigen E aufgelegte Gewicht ist null, dasjenige bei F sei h und bei G sei i. Das verdrängte Volumen des Flüssigen oder das untergetauchte Volumen der Flasche sei v, und die spezifischen Schweren der Flüssigkeiten E, F und G mögen sein p, p', p'', so sind die Gewichte der verdrängten Flüssigkeiten vp, vp', vp''

Nun

Nun erfordert das Gleichgewicht der Flasche in den drei Flüssigkeiten, daß

$$vp = g$$
$$vp' = g + h$$
$$vp'' = g + i$$

Die beiden ersten Gleichungen geben

$$vp : vp' :: g : (g + h)$$

oder $$p : p' :: g : (g + h)$$

Die erste und dritte geben auf eine ähnliche Art

$$p : p'' :: g : (g + i)$$

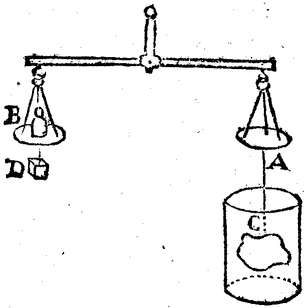
Die zweite und dritte geben

$$p' : p'' :: (g + h) : (g + i)$$

Woraus man siehet, daß die spezifische Schweren jeder zwei verglichenen Flüssigkeiten sich genau verhalten, wie die Gewichte der schwimmenden Körper, die aufgelegten Gewichte, wenn dergleichen vorhanden sind, mitgerechnet.

§. 6.

Da jeder Körper, der sich ganz im Wasser oder in einer wasserartigen Flüssigkeit befindet, von seinem Gewichte so viel verlieret, als das Gewicht des verdrängten Flüssigen beträgt, so kann man die spezifischen Schweren, sowohl fester als flüssiger Körper, durch das bloße Abwägen derselben, im Wasser und in freier Luft bestimmen. Hierzu gebrauchet man eine gemeine Waage mit zwei gleichen Armen und Schalen, die schon von selbst recht genau in Gleichgewicht ist, und die man zu mehrerer Sicherheit und Genauigkeit an einem Fußgestelle anhänget. Die eine Schale A (folg. Fig.) ist bloß vorhanden, um mit der anderen



anderen B das Gleichgewicht zu halten. Unter der Schale A befestiget man einen Faden AC, vermittelst dessen man einen daran gebundenen Körper in jeder beliebigen Flüssigkeit abwägen kann. Wäre der Faden etwas schwer, so müßte man unter der anderen Schale B noch ein kleines Gewicht D anhängen, welches so schwer wäre, als der Faden; ist aber der Faden sehr leicht, und der angehängte Körper von ziemlich schwerer Art, so kann dieses Gewichtchen D weggelassen werden.

Eine so eingerichtete Waage wird eine hydrostatische Waage genannt, und deren Nutzen wird aus folgenden Aufgaben erhellen.

§. 7.

Aufgabe.

Man soll, mit Hülfe der hydrostatischen Waage, das Verhältniß der spezifischen Schweren zweier flüssigen Materien bestimmen.

Auflösung. Nehmet einen festen Körper von schwererer Art, als beide Flüssigkeiten; wäget ihn in beiden, wie auch in freier Luft, und merket, wie viel Gewicht er in in jedem Flüssigen verlieret. Dann verhalten sich die spezifischen Schweren beider Flüssigkeiten, wie die verlornen Gewichte.

Z. E. Der feste Köeper wiege in freier Luft 30 Loth, in der ersten Flüssigkeit 21 Loth, und in der anderen 25, so sind die verlornen Gewichte 9 Loth und 5 Loth. Also verhalten sich die spezifischen Schweren der ersten und anderen Flüssigkeit wie 9 zu 5; und wird die spezifische Schwere der ersteren für 1 gerechnet, so ist diejenige der anderen $\frac{5}{9}$. Denn es ist $9 : 5 :: 1 : \frac{5}{9}$.

Beweis. Das Volumen des untergetauchten oder im Wasser gewogenen Körrpers sei v, die spezifischen Schweren beider Flüssigkeiten aber p und p', so sind die Gewichte der verdrängten Flüssigkeiten vp und vp'. Gesetzt, in der ersten Flüssigkeit verliere der Körper g und in der zweiten g' am Gewichte, so ist, weil die verlornen Gewichte den Gewichten der verdrängten Flüssigkeiten gleich sind,

$$vp = g$$

$$vp' = g'$$

Also $$vp : vp' :: g : g'$$

oder $$p : p' :: g : g'$$

§. 8.

Aufgabe.

Man soll, mit Hülfe der hydrostatischen Waage, das Verhältniß der spezifischen Schweren zwischen einer flüssigen Materie und einem festen Körper finden.

Auflösung. Hier sind drei Fälle zu beobachten.

Erster

Erster Fall.

Wenn der feste Körper von schwererer Art ist, als das Flüssige, (welches sich durch sein Sinken zeigen wird), so wäge man ihn in freier Luft und im Flüssigen, und bemerke, wie viel er am Gewichte verloren hat. Dann verhält sich seine spezifische Schwere zur spezifischen Schwere des Flüssigen, wie das Gewicht des Körpers in der Luft zum verlornen Gewichte.

Beweis. Gesetzt, die Größe des Körpers sei v und seine spezifische Schwere p, so ist sein Gewicht vp. Die spezifische Schwere des Flüssigen sei p', so ist das Gewicht des verdrängten Flüssigen vp', und dieses ist zugleich das Gewicht, was der Körper im Flüssigen verlieret. Gesetzt also, der Körper wiege in der Luft a, im Wasser aber $a - b$, das heißt, er verliere b am Gewichte, so ist

$$a = vp$$

$$b = vp'$$

folglich $a : b :: vp : vp'$

oder $a : b :: p : p'$

oder $p : p' :: a : b$

Zweiter Fall.

Wenn der feste Körper die nämliche spezifische Schwere hat als das Flüssige, so wird man dieses daran erkennen, daß man alles Gewicht abnehmen muß, und daß er dann im Flüssigen weder sinket noch steiget. Will man diesen Fall aus dem vorigen Beweise herleiten, so wird $b = a$, weil nämlich das verlorne Gewicht dem vorhandenen gleich ist. Also ist hier

$$p : p' :: a : a$$

$$p : p' :: 1 : 1$$

oder $p = p'$

Dritter

Dritter Fall.

Wenn der feste Körper von leichterer Art ist, als die flüssige Materie, so binde man einen Körper von schwererer Art daran, auf daß beide zusammen sinken. Diesen angebundenen Körper muß man aber vorher in der Luft und im Flüssigen gewogen haben. Nun muß man auch beide zusammengebundene Körper sowohl in der Luft als auch im Flüssigen wägen, und bemerken, wie viel jedesmal am Gewichte verloren gehet. Nun sage man: die spezifische Schwere des leichteren Körpers verhält sich zur spezifischen Schwere des Flüssigen, wie der Unterschied der ganzen Gewichte in der Luft zum Unterschiede der verlornen Gewichte.

Z. E. Gesetzet, beide Körper zusammen wiegen in der Luft 20 Unzen, der schwerere allein in der Luft 18 Unzen. Beide zusammen verlieren im Flüssigen 7 Unzen, der schwerere allein aber verlieret 4 Unzen, so verhält sich die spezifische Schwere des leichteren Körpers zur spezifischen Schwere des Flüssigen, wie $(20 - 18)$ zu $(7 - 4)$, das heißt, wie 2 zu 3.

Beweis. Es sei v das Volumen des leichteren Körpers und p seine spezifische Schwere, so ist vp sein Gewicht in der Luft. Es sei p' die spezifische Schwere des Flüssigen, so ist vp' das Gewicht des vom leichteren Körper verdrängten Flüssigen. Gesetzt, beide Körper zusammen wiegen in der Luft c und der schwerere allein a, so ist der Unterschied dieser Gewichte dem Gewichte des leichteren gleich, also

$$vp = c - a$$

Gesetzt, beide Körper verlieren im Wasser d, der schwerere aber allein verliere b, so ist d das Gewicht des von beiden verdrängten Flüssigen, hingegen b das Gewicht des Flüssigen, welches bloß vom schwereren verdränget

ist.

ist. Folglich bleibet $d - b$ für das Gewicht des Flüssigen, welches der leichtere verdränget. Also ist

$$vp' = d - b$$

Aus beiden Gleichungen folget

$$vp : vp' :: (c - a) : (d - b)$$

oder $$p : p' :: (c - a) : (d - b)$$

Anmerkung. Diese meine Regel (gesetzt, daß sonst keiner darauf verfallen sei), ist viel einfacher und leichter, als eine andere, die man in des Professor Jantet Leçons de Méchanique §. 353 antrift.

§. 9.

Aufgabe.

Man soll, mit Hülfe der hydrostatischen Waage, das Verhältniß der spezifischen Schweren zweier fester Körper bestimmen.

Auflösung. Man suche vermittelst der vorhergehenden Aufgabe, wie sich die spezifische Schwere jedes festen Körpers zur spezifischen Schwere einer und derselbigen flüssigen Materie verhält. In jedem Verhältnisse dividire man diejenige Zahl, welche sich auf den festen Körper beziehet, durch die andere, welche sich auf das Flüssige beziehet, das heißt, man suche, wie viel mal jeder Körper mehr spezifische Schwere hat, als das Flüssige; so verhalten sich die spezifischen Schweren beider festen Körper, gerade wie die gefundenen Quozienten.

Z. E. Gesetzt, man finde, daß sich die spezifische Schwere des ersten Körpers zur spezifischen Schwere des Flüssigen verhält wie 5 zu 3, so ist der erste Körper $\frac{5}{3}$ oder $1\frac{2}{3}$mal spezifisch so schwer, als das Flüssige.

Gesetzt

Gesetzt ferner, die spezifische Schwere des zweiten Körpers verhalte sich zur spezifischen Schwere des Flüssigen wie 4 zu 7, so ist dieser zweite Körper $\frac{4}{7}$ mal spezifisch so schwer als das Flüssige.

Also verhält sich die spezifische Schwere des ersten Körpers zur spezifischen Schwere des zweiten,

wie $\frac{5}{3}$ zu $\frac{4}{7}$

oder wie 35 zu 12.

Dieses bedarf wohl keines künstlichen Beweises. Will man dennoch einen haben, so sei p die spezifische Schwere des ersten Körpers, p' des Flüssigen und p'' des anderen Körpers. Gesetzt ferner, man finde

$$p : p' :: m : n$$
$$p'' : p' :: q : r$$

so ist
$$p'm = pn$$
$$p'q = p''r$$

Also
$$p'm : p'q :: pn : p''r$$

oder
$$m : q :: pn : p''r$$

oder
$$\frac{m}{n} : \frac{q}{r} :: p : p''$$

oder
$$p : p'' :: \frac{m}{n} : \frac{q}{r}$$

Man könnte noch sagen

$$p : p'' :: mr : qn$$

Die Regel würde aber nicht so leicht in Worten auszudrücken, und im Gedächtnisse zu behalten sein.

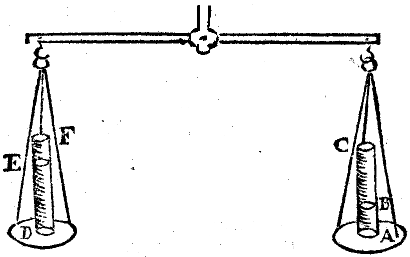
§. 10.

Auch mit der bloßen gemeinen Waage und zwei gläsernen zylindrischen Gefäßen lassen sich die spezifischen Schweren sowohl der flüssigen als festen Materien ganz bequem vergleichen. Dieses wird aus den folgenden Aufgaben erhellen. Unter so vielen Mitteln zur Vergleichung der spezifischen Schweren kann ein jeder dasjenige wählen, was ihm am bequemsten scheinet, oder wozu er die Werkzeuge bei der Hand hat.

§. 11.

Aufgabe.

Vermittelst der gemeinen Waage und zwei zylindrischer Gefäße, die spezifischen Schweren der flüssigen Materien vergleichen.



Man gebrauche zwei gläserne zylindrische Gefäße, die genau einerlei Durchmesser wie auch einerlei Gewicht haben. Man stelle sie auf die beiden Schalen der Waage. Man gieße in das eine AC von der einen Flüßigkeit, so viel man will, z. E. bis zur Höhe AB. In das andere Gefäß DF gieße man von der anderen Flüßigkeit, so viel als nöthig ist, um das Gleichgewicht zu erhalten, z. E. bis zur Höhe DE.

So

So verhalten sich die spezifischen Schweren umgekehrt, wie die Höhen AB und DE. Denn bei gleichem Gewichte verhalten sich die spezifischen Schweren umgekehrt wie die Volumina. Da aber diese hier Zylinder mit gleichen Grundflächen sind, so verhalten sie sich wie die Höhen.

§. 12.

Aufgabe.

Vermittelst der gemeinen Waage und zweier zylindrischer Gefäße die spezifischen Schweren einer festen und einer flüssigen Materie vergleichen.

Man gebrauche die nämlichen Gefäße wie vorher, lege in das eine etwas von der festen Materie, und gieße in das andere so viel von der flüssigen, als nöthig ist, um das Gleichgewicht zu erhalten; so hat man einen flüssigen Zylinder, der eben so viel wieget, als der feste Körper. Nun nehme man das Gefäß, worin der feste Körper ist, von der Schale ab, gieße darin etwas von der nämlichen oder einer anderen Flüssigkeit, und bemerke, um wie viel das Flüssige fällt, wenn man den Körper heraus nimmt, oder, um wie viel es steiget, wenn man den Körper hinein tauchet. Diese Höhe, nämlich der Unterschied zwischen der Höhe des Flüssigen mit dem festen Körper und ohne denselben, ist die Höhe eines Zylinders, der so groß ist, als das Volumen des festen Körpers.

Da sich nun bei gleichem Gewichte die spezifischen Schweren umgekehrt verhalten, wie die Volumina, und diese Zylinder von gleichen Grundflächen sind, so verhält sich die spezifische Schwere des festen Körpers zur spezifischen Schwere des Flüssigen, wie die Höhe des Flüssigen im Gefäße, worin es gewogen worden, zur Höhe des zylindrischen Raumes, um welchem der feste Körper das

Volumen des im anderen Gefäße aufgegossenen Flüssigen vermehret oder verniedert hat.

§. 13.

Aufgabe.

Vermittelst einer gemeinen Waage und zwei zylindrischer Gefäße die spezifischen Schweren zweier festen Materien vergleichen.

Auflösung. Man suche, vermittelst der vorhergehenden Aufgabe, wie vielmal jede feste Materie spezifisch schwerer ist, als eine und dieselbige Flüssigkeit; dann verhalten sich die verlangten spezifischen Schweren wie die Quozienten. Siehe §. 9.

Anders. Man lege bloß beide feste Körper auf die Waageschalen, und nehme von dem einen so viel ab, daß er mit dem anderen vollkommen in Gleichgewicht sei.

Hernach tauche man beide in das nämliche zylindrische Gefäß, oder in zylindrische Gefäße von gleichen Durchmessern. Man merke die Höhen der zylindrischen Räume, in welchen die Flüssigkeit nach der Eintauchung steiget. So verhalten sich die spezifischen Schweren beider festen Materien umgekehrt wie diese Höhen. Denn sie sind von gleichem Gewichte, und folglich verhalten sich die spezifischen Schweren umgekehrt wie die Volumina; diese aber sind den gedachten zylindrischen Räumen gleich und verhalten sich demnach wie deren Höhen.

§. 14.

Aufgabe.

Es bestehet ein fester Körper aus zweierlei Materien; man soll finden, wie viel von einer jeden in demselben enthalten ist.

Auflösung.

Auflösung. Diese Aufgabe kömmt zwar schon in den Grundlehren der Statik vor (Statik. Hauptst. I. §. 31), wo sie, vermöge der bekannten spezifischen Schweren beider Materien, wie auch des bekannten Gewichtes und Volumens des zusammengesetzten Körpers, aufgelöset wird. Hier aber wollen wir sie auf eine bequemere Art durch die Hydrostatik auflösen.

Man merke zuförderst, daß, wenn man verschiedene Massen von einerlei Materie im Wasser wäget, die verlornen Gewichte sich eben so verhalten, als die Gewichte in der Luft. Zum Exempel, man wäge zwei verschiedene Stücke Blei sowohl in der Luft als auch im Wasser. Die spezifische Schwere des Bleies sei p, und die spezifische Schwere des Wassers sei p'. Das Volumen des ersten Bleies sei v, und des zweiten V. So wieget das erste in der Luft vp, und verlieret im Wasser am Gewichte vp', nämlich so viel als das Gewicht des verdrängten Wassers beträgt. Das zweite Blei wieget Vp, und verlieret Vp'. Es ist nun leicht einzusehen, daß

$$vp' : Vp' :: vp : Vp$$

denn da $v : V :: v : V$, so darf man nur v und V mit p', desgleichen v und V mit p multipliziren, um die Proporzion zu bekommen.

Dieses vorausgesetzet, so wollen wir annehmen, der Körper bestehe aus Blei und Zinn. Es sei a das Gewicht eines beliebigen Stückes Blei in der Luft, b eines beliebigen Stückes Zinn, und c der zusammengesetzten Masse. Es sei a', b', c' was von jedem dieser Gewichte abgehet, wenn man die drei Körper im Wasser wäget. Es sei x das Gewicht des in der zusammengesetzten Masse enthaltenen Bleies, und y des Zinnes, so ist

$$x + y = c.$$

Ferner verhält sich das Gewicht a des Bleistückes zum Gewichte x des in der Masse enthaltenen Bleies, wie der Verlust a' des Bleistückes zum unbekannten Verluste am Gewichte des in der Masse vorhandenen Bleies. Dieser ist demnach $\frac{a'}{a}x$. Eben so wird man finden, daß das Zinn im vermischten Körper $\frac{b'}{b}y$ am Gewichte verlieret. Beide Materien verlieren aber zusammen c', also ist

$$\frac{a'}{a}x + \frac{b'}{b}y = c'$$

Wir haben demnach zwei Gleichungen, um x und y zu bestimmen. Man multiplizire $x + y = c$ mit $\frac{a'}{a}$ und subtrahire von der lezt gefundenen Gleichung

$$\frac{a'}{a}x + \frac{b'}{b}y = c'$$

$$\frac{a'}{a}x + \frac{a'}{a}y = \frac{a'}{a}c$$

$$\left(\frac{b'}{b} - \frac{a'}{a}\right)y = c' - \frac{a'}{a}c$$

$$y = \frac{c' - \frac{a'}{a}c}{\frac{b'}{b} - \frac{a'}{a}}$$

Man

Man multiplizire $x+y=c$ mit $\frac{b'}{b}$ und subtrahire davon dieselbige zweite Gleichung

$$\frac{b'}{b}x+\frac{b'}{b}y=\frac{b'}{b}c$$

$$\frac{a'}{a}x+\frac{b'}{b}y=c'$$

$$\left(\frac{b'}{b}-\frac{a'}{a}\right)x=\frac{b'}{b}c-c'$$

$$x=\frac{\frac{b'}{b}c-c'}{\frac{b'}{b}-\frac{a'}{a}}$$

Also sind x und y, das heißt, die Quantitäten beider Materien, in Gewichten bestimmet. Betrachtet man die Ausdrücke etwas genauer, so siehet man, daß $\frac{a'}{a}c$ dasjenige bedeutet, was der vermischte Körper verlieren würde, wenn er mit unverändertem Gewichte, und folglich verkleinertem Volumen, ohne alle Vermischung bloß von Blei wäre. Denn wenn a Pfund Blei a' Pfund verlieren, so ist für c Pfund der Verlust $\frac{a'}{a}c$. Eben so ist $\frac{b'}{b}c$ dasjenige, was der vermischte Körper am Gewichte verlieren würde, wenn er ganz von Zinn wäre. Ferner ist $\frac{b'}{b}$ dasjenige, was 1 Pfund Zinn im Wasser am Gewichte verlieret. Denn wenn b Pfund b' verlieren, so ist für

1 Pfund der Verlust $\frac{b'}{b}$. Eben so bedeutet $\frac{a'}{a}$ dasjenige, was 1 Pfund Blei im Wasser am Gewichte verlieret. Die Formeln geben also folgende Regel.

Um das Gewicht einer von beiden in der Vermischung enthaltenen Materien zu finden, so suche man, vermöge der Regel-Detri, wie viel die Masse am Gewichte verlieren würde, wenn sie ganz aus der anderen Materie bestünde, und nehme den Unterschied zwischen diesem und dem wirklichen Verluste. Man suche auch, vermöge der Regel-Detri, wie viel 1 Pfund von jeder Materie im Wasser verlieren würde, und nehme den Unterschied. Den ersteren Unterschied dividire man durch den anderen, so kömmt die verlangte Quantität heraus.

Diese Regel hat mit der in den Grundlehren der Statik herausgebrachten (Statik. Hauptst. I. §. 31) viel Aehnlichkeit. Sie kann auch, wie dort, durch bloßes Räsonnement bekräftiget werden.

Zusatz. Man kann den Formeln für x und y auch folgende Gestalt geben, wenn man unten und oben mit ab multipliziret,

$$x = \frac{ab'c - abc'}{ab' - a'b} = \frac{b'c - bc'}{ab' - a'b}\, a$$

$$y = \frac{abc' - a'bc}{ab' - a'b} = \frac{ac' - a'c}{ab' - a'b}\, b$$

Anmerkung. Diese Aufgabe rühret ursprünglich von Hiero, König zu Syrakusä, her. Er hatte sich von einem Künstler eine goldene Krone verfertigen lassen; bat aber den Archimedes, zu untersuchen, ob der Künstler nicht aus Betrug Silber darunter gemischet

schet hätte, wie es auch wirklich der Fall war. Archimedes sann darüber nach, und fand die Auflösung eben als er im Bade war. Vielleicht gab ihm das Baden selbst Gelegenheit, über die ins Wasser getauchte Körper überhaupt nachzudenken. Man sagt, daß er, voller Freude über seine Erfindung, gar nicht oder wenig gekleidet, aus dem Bade nach Hause lief, und unterweges mehrmalen laut ausrief: **Gefunden! Gefunden!** (heurehka! heurehka!). Welche Methode Archimedes eigentlich zu seiner Auflösung gebrauchet habe, ist nicht bekannt. Der Umstand des Bades aber läßt vermuthen, daß sie von hydrostatischer Art war, und um desto mehr, da dieser berühmte Mann eine eigene Abhandlung über eingetauchte Körper hinterlassen hat.

§. 15.

Aufgabe.

Untersuchen, ob ein gegebener Körper auf einer gegebenen flüssigen Materie schwimmen kann, oder nicht.

Auflösung. Ist der Körper durchaus von einerlei Materie, so erforsche man nur seine spezifische Schwere, wie auch die spezifische Schwere des Flüssigen. Ist nun der feste Körper spezifisch leichter, so wird er schwimmen. Ist er spezifisch schwerer, so wird er sinken. Ist er mit dem Flüssigen von gleicher spezifischer Schwere, so wird er so weit sinken, bis daß nichts mehr von ihm über das Flüssige hervorraget; dann wird er wegen der erhaltenen Bewegung noch etwas hinunter gehen, bald aber ganz stehen bleiben.

Wenn der Körper aus verschiedenen Materien zusammengesetzet ist, so muß man sein Volumen berechnen, und ihn wägen. Dividiret man sein Gewicht, in Pfunden

gerech=

gerechnet, durch sein Volumen in Kubikfuß, so hat man seine mittlere spezifische Schwere für jeden Kubikfuß. Je nachdem nun diese weniger, mehr, oder eben so viel beträgt, als die Schwere eines Kubikfußes vom Flüssigen, so wird der Körper entweder schwimmen, oder sinken, oder stehen bleiben.

Wenn der Körper hohl, und allerseits verschlossen ist, wie eine Tonne, so berechne man ebenfalls sein Volumen in Kubikfuß, als wenn er ganz dicht und voll wäre, man wäge ihn auch so wie er ist, nämlich seine eigene Materie, samt der Ladung, wenn einige darin ist. Dieses Gewicht dividire man durch das Volumen. Je nachdem der Quozient weniger, mehr, oder eben so viel beträgt, als das Gewicht eines Kubikfußes vom Flüssigen, so wird der hohle Körper schwimmen, sinken, oder im Flüssigen schwebend bleiben.

Ist der Körper oben offen, wie ein Schiff, ein Teller, und dergleichen, so stelle man sich eine horizontale Fläche vor, die ihn oberwärts bedecket, so daß nämlich zwischen derselben und den Wänden des Gefäßes keine Oefnung bleibe. Dieses also in Gedanken bedeckte Gefäß bildet einen hohlen Körper. Man muß, wie vorher, sein Volumen in Kubikfußen berechnen, auch das Gewicht der wirklichen Materie des Gefäßes und der Ladung, wenn eine vorhanden ist, erforschen. Das Gewicht durch die Kubikfuße des Volumens dividiret giebt einen Quozienten, der entweder weniger, mehr, oder eben so viel beträgt, als die Schwere eines Kubikfußes vom Flüssigen. Im ersten Falle wird das Gefäß schwimmen, im anderen sinken, im dritten sich genau bis an den Rand ins Flüssige senken, oder wohl gar, wegen der erhaltenen Bewegung, auch untersinken.

Leget man aber das Gefäß so auf das Flüssige, daß es sogleich Wasser auffange, oder sind Oefnuugen vorhanden, wodurch

wodurch das Flüssige eindringen kann, so wird es als jeder andere feste Körper betrachtet, es wird schwimmen, sinken, oder schweben, je nachdem seine mittlere spezifische Schwere kleiner, größer, oder eben so groß ist, als diejenige des Flüssigen.

Uebrigens bedürfen die gegebenen Regeln keines Beweises. Sie beruhen alle auf den Lehrsätzen des vorigen Hauptstückes (Hauptst. III. §. 10 ꝛc.).

§. 16.

Aufgabe.

Zu finden, wie tief ein schwimmender Körper unter Wasser gehet.

Auflösung. Er wird sich so weit senken, bis das verdrängte Wasser am Gewichte eben so viel beträgt, als das Gewicht des ganzen Körpers. Es sei demnach a das Gewicht des schwimmenden Körpers, p die spezifische Schwere des Wassers, v das unbekannte Volumen des verdrängten Wassers, so muß werden

$$vp = a$$

oder

$$v = \frac{a}{p}$$

Daher entstehet folgende Regel. Man dividire die Schwere des schwimmenden Körpers, die Ladung mitgerechnet, wenn er eine hat, durch die spezifische Schwere des Wassers, so bekömmt man das Volumen des verdrängten Wassers, und folglich auch des eingetauchten Theiles, wenn man diesen von unten an bis zum horizontalen Durchschnitte rechnet, der die Fortsetzung der oberen Wasserfläche ist.

Zusatz I.

Zusatz I. Aus $v = \frac{a}{p}$ folget, daß die eingetauchten Theile bei verschiedenen schwimmenden Körpern sich gerade verhalten, wie die Gewichte derselben, und umgekehrt, wie die spezifischen Schweren der Flüssigkeiten: bei gleichen Flüssigkeiten verhalten sich demnach die eingetauchten Theile wie die Schweren der schwimmenden Körper, so daß der schwerere Körper mehr sinket. Hingegen bei gleichem Gewichte der schwimmenden Körper oder bei dem nämlichen schwimmenden Körper verhalten sich die eingetauchten Theile umgekehrt, wie die spezifischen Schweren der Flüssigkeiten, so daß der Körper in einer leichteren Flüssigkeit mehr sinket, und in einer schwereren weniger.

Zusatz II. Daher sinket ein Schiff im Hafen und im Flußwasser tiefer, als in der offenen See, weil das salzige Seewasser schwererer Art ist. Ja es könnte sich sogar fügen, daß ein stark beladenes Schiff, was in der offenen See schon beinahe bis an den Rand unter Wasser war, im Hafen oder im Flußwasser gänzlich versinke.

Zusatz III. Wenn der schwimmende Körper eine zylindrische oder prismatische Gestalt hat, und im Wasser aufrecht stehet, so läßt sich die Höhe oder Tiefe des eingetauchten Theiles leicht berechnen. Nämlich, nachdem man das Gewicht des schwimmenden Körpers durch die spezifische Schwere des Wassers dividiret hat, um das Volumen des eingetauchten Theiles zu bekommen, so muß man ferner dieses Volumen durch die Grundfläche des Prisma oder Zylinders dividiren, um die Höhe zu erhalten.

Bei anderen Körpern, die keine solche Gestalt haben, hauptsächlich bei Schiffen, läßt sich keine so einfache und genaue Regel angeben. Jedoch haben die Schiffer einige Regeln, die theils aus der Erfahrung, theils auch aus beiläufigen und ohngefähren Rechnungen hergeleitet sind.

§. 17.

§. 17.

Aufgabe.

Wenn die Last oder Ladung eines schwimmenden Körpers vermehret oder vermindert wird, so soll man finden, um wie viel der Körper sich tiefer eintauchet, oder empor steiget.

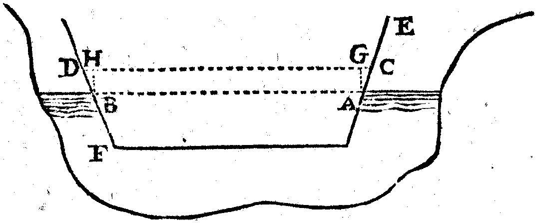
Auflösung. Anfänglich war das Gewicht des verdrängten Wassers dem Gewichte des schwimmenden Körpers gleich. Nach der Veränderung ist das Gewicht des verdrängten Wassers wiederum dem Gewichte des schwimmenden Körpers gleich. Daraus ist leicht zu schließen, daß die Zunahme oder Abnahme des verdrängten Wassers der Zunahme oder Abnahme des Gewichtes des schwimmenden Körpers gleich sein muß. Es sei demnach a das hinzukommende oder abgenommene Gewicht, p die spezifische Schwere des Wassers, und v die Vergrößerung oder Verkleinerung des untertauchten Theiles, so ist, wie in der Auflösung der vorigen Aufgabe,

$$vp = a$$

$$v = \frac{a}{p}$$

Man dividire demnach das hinzukommende oder abgenommene Gewicht durch die spezifische Schwere des Wassers, so bekömmt man die Größe desjenigen Theiles des Körpers, der jetzt noch ins Wasser kömmt, oder der sich aus dem Wasser empor hebet.

Zusatz. Hieraus kann man eben solche Folgerungen ziehen, wie in den 3 Zusätzen des vorigen Paragraphs. Nur dieses ist hier besonders zu merken, daß, wenn die Veränderung in Absicht des Ganzen nicht viel beträgt, der einsinkende oder aufsteigende Theil als prismatisch betrachtet werden könne.



Zum Exempel, das Gefäß EF schwimme auf dem Wasser, dessen spezifische Schwere p ist, und es werde noch mit einem Gewichte a belastet, so sinket es um den Theil CDBAC $= \frac{a}{p}$. Anstatt dessen nehme man das Prisma ABHGA, und berechne den Durchschnitt AB, welcher als Grundfläche betrachtet wird. Dividiret man das gefundene Volumen durch diese Grundfläche, so findet man die Höhe AG oder BH, welche ohngefähr anzeigen wird, um wie viel das Gefäß sinken muß. Auf eine ähnliche Art könnte man verfahren, wenn die Ladung vermindert würde.

§. 18.

Aufgabe.

Aus einem gegebenen Stücke fester Materie ein Gefäß machen, was auf einer gegebenen Flüssigkeit schwimmen könne, welche spezifisch leichter ist.

Auflösung. Das gegebene Stück fester Materie wiege a Pfund, und ein Kubikfuß des Flüssigen wiege p Pfund, so kömmt es darauf an, daß das Volumen v des verdrängten Flüssigen etwas mehr wiege als a, um daß das Gefäß schwimmen könne. Es muß also sein

$$vp > a$$

oder $$v > \frac{a}{p}$$

Hieraus

Hieraus folget diese Regel: Man dividire das Gewicht der gegebenen festen Materie durch das Gewicht eines Kubikfußes des Flüssigen, so bekömmt man ein Volumen in Kubikfüßen. Man mache aus der gegebenen festen Materie die Wände eines Gefäßes, welches (die Wände selbst mitgerechnet), etwas größer sei als das berechnete Volumen, so wird das Gefäß schwimmen.

Sollte das Gefäß eine kubische Gestalt bekommen, so dürfte man nur aus dem gefundenen Volumen die Kubikwurzel ziehen, um die Flächenseite des zu verfertigenden Würfels zu erhalten.

Anmerkung. Es verstehet sich, daß die feste Materie so beschaffen sein muß, daß sie sich entweder ausdehnen lasse, oder in dünne Scheiben zerschnitten werden könne. Auch muß Materie genug vorhanden sein, um daß die Wände nicht gar zu dünn werden.

§. 19.

Der Auftrieb (poussée) des Wassers verschaffet dem Menschen einen vielfältigen Nutzen, wovon ich noch ein Paar Beispiele anführen will.

Schiffbrücken werden auf Flüssen angeleget, wenn sonst, wegen des Eisganges oder aus anderen Ursachen, keine beständige Brücke gebauet werden kann. Eine Schiffbrücke bestehet aus vielen, in kleinen Entfernungen neben einander am Anker liegenden, oder mit einander stark verbundenen Fahrzeugen, über welche Bretter geleget werden, die eigentlich die Brücke bilden. Eine solche Brücke hat den Vorzug, daß sie sich bei starkem Eisgange ohne große Mühe auseinander nehmen, und dann zu gehöriger Zeit wieder zusammensetzen läßt. Man siehet, daß hier der Auftrieb des Wassers die Brücke schwimmend erhält, und ihr, so zu sagen, zum Fundamente dienet. Keines der Schiffe, woraus sie bestehet, kann untersinken, so lange das Gewicht des Schiffes, samt den darauf liegenden Brettern und den darüber fahrenden Lasten, weniger beträgt, als das Gewicht des vom unteren Theile des Schiffes verdrängten Wassers. Hierzu kömmt noch, daß, vermöge der Verbindungen, mehrere Schiffe eine herüber fahrende Last tragen helfen.

Die Pontons, deren man sich in Feldzügen bedienet, sind nichts anders, als platte Fahrzeuge, meistens von Kupfer gemacht, die gehörig mit einander verbunden, und mit Brettern bedecket, in kurzer Zeit eine Brücke abgeben, um ein Kriegesheer über einen Fluß zu setzen.

Wenn ein schwerer Körper, als z. E. ein Geschütz, ins Wasser versunken ist, und fest im Grunde sitzet, so kann man ihn durch Hülfe des Auftriebes heraus heben. Man verbindet zwei Fahrzeuge, so daß ein Zwischenraum bleibe. Man beladet sie, oder läßt Wasser hinein, bis daß der Rand beinahe das äußere Wasser berühret. Man läßt zwischen beiden Seile oder Ketten mit großen und starken Haken herunter, und trachtet den versunkenen Körper damit zu greifen; oder man gebrauchet dazu einen Taucher, das ist, einen Menschen, der gewohnt ist, sich eine kurze Zeit im Wasser aufzuhalten. Alsdann werden die Fahrzeuge abgeladen, oder es wird das Wasser ausgepumpet. Da jetzt die Fahrzeuge leichter sind, so werden sie vom Wasser in die Höhe getrieben, und reißen zugleich den versunkenen Körper vom Grunde los. Alsdann kann man Winden gebrauchen, um ihn weiter in die Höhe zu bringen.

Unser Zweck verstattet nicht, uns umständlicher in die mannichfaltigen Vortheile einzulassen, die der Mensch aus den Eigenschaften der schwimmenden Körper ziehen kann.

Fünftes

Fünftes Hauptstück.

Vom Gleichgewichte einer elastischen Flüssigkeit, sowohl mit sich selbst, als auch mit anderen flüssigen oder festen Materien.

§. 1.

Die nassen Flüssigkeiten, wie Wasser, Wein, Oel, u. s. f. haben theils gar keine merkliche Elastizität, theils nur eine sehr geringe. Sie sind folglich alle genau genug denen Gesetzen unterworfen, die bisher für unelastische flüssige Materien angegeben worden. Wir wollen uns jetzt eine solche Flüssigkeit vorstellen, die sich wie die nassen Flüssigkeiten in einem offenen Gefäße aufbewahren lasse, die aber zugleich in einem merklichen Grade elastisch sei. Dieses wird uns dienen, um desto genauer zu erkennen, worin elastische und unelastische Flüssigkeiten übereinkommen, und worin sie von einander unterschieden sind. Zugleich wollen wir die Eigenschaften einer solchen Flüssigkeit auf unsere Luft anwenden.

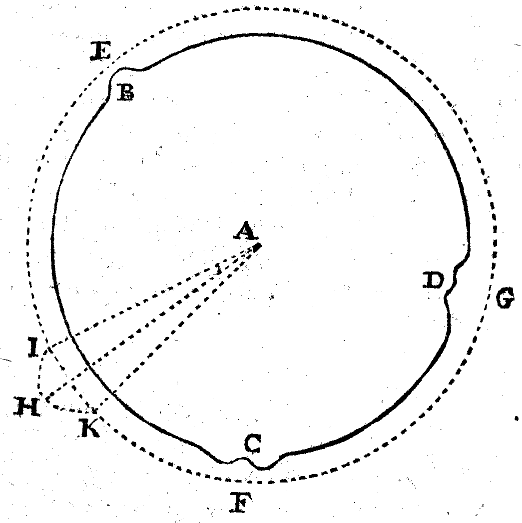
§. 2.

Wenn eine schwere und elastische Flüssigkeit in einem Gefäße enthalten ist, welches oberwärts offen ist, so kann sie nicht anders in Gleichgewicht und ruhig sein, als wenn die obere Fläche derselben eine horizontale Fläche bildet.

Denn wäre irgendwo ein Hügel, der höher als das übrige Flüssige hervorragte, so würden die Theilchen des Flüssigen allmählig von demselben herunter gleiten, bis daß alles eben würde, wie im ersten Hauptstücke §. 7 vom Wasser gezeiget worden.

Anmerkung I. In einem sehr großen Gefäße würde die Oberfläche keine Ebne bilden, sondern einen Theil einer Kugelfläche, welches die wahre horizontale Fläche ist. Dieses wird eben so erkläret, wie bei dem Wasser. (I. Hauptst. §. 7. Anm. II.)

Anmerkung II. Die Luft ist eine elastische Flüssigkeit, welche den ganzen Erdboden umgiebt. Die äußere Fläche derselben muß also, zufolge der vorigen Anmerkung, eine Kugelfläche bilden, vorausgesetzet, daß auch die Erde wirklich kugelrund sei.



Es sei DBCD die Erdkugel und A ihr Mittelpunkt. Es sei GEFG die äußere Fläche der Luft, so muß diese eine Kugelfläche sein; denn wäre irgendwo ein Hügel H von Luft vorhanden, so wären einige Theile wie H desselben weiter vom Mittelpunkte A entfernet, als die übrigen wie I und K. Da nun die Schwere alle Lufttheilchen nach dem Mittelpunkte A hinziehet, so müßten die entfernteren Theile wie H längs den schiefen Flächen HI und HK gleiten, und dieses würde so lange dauren, bis alle Theilchen der äußeren Fläche vom Mittelpunkte gleich weit entfernet wären.

Dieser Beweis gilt, ohnerachtet der Berge wie B und C, und der Tiefen wie D, die sich auf der Erdkugel befinden.

Anmerkung III. Die Ründung der äußeren Fläche der Luft findet nur statt, in sofern die Luft vollkommen ruhig und in Gleichgewicht ist. Hingegen, wenn in derselben eine innere Bewegung entstehet, das heißt, wenn es windig ist, so schlägt sie vermuthlich Wellen auf ihrer Oberfläche, ohngefähr wie ein kochendes Wasser, oder wie ein stürmisches Meer.

Anmerkung IV. In der Luft schweben beständig die Ausdünstungen des Wassers, der Erde, und verschiedener lebendiger und lebloser Körper, die sich auf der Erdfläche befinden. Diese Dünste steigen aber meistens wegen ihrer größeren spezifischen Schwere nicht bis zur äußersten Gränze des Luftkreises, sondern halten sich näher bei der Erde auf, bald höher, bald niedriger, und verursachen Regen, Schnee, Hagel, Feuerkugeln, vielleicht auch zum Theil den Bliz, indem sie durch das elektrische Feuer angezündet werden. Daß solche theils feuchte, theils trockne Dünste nicht sehr hoch steigen, ist daher gewiß, weil man auf den Gipfeln hoher Berge alle diese Erscheinungen unter sich siehet. Die Dünste schweben also in der unteren Gegend des Luftkreises, und machen im eigentlichen Verstande den Dunstkreis oder die Athmosphäre, obgleich man im weitläufigeren Verstande unter dieser Benennung auch den ganzen Luftkreis verstehet, vermuthlich, weil sich im oberen Theile auch Dünste, aber von leichterer Art, aufhalten, oder weil einige glauben, die Luft selbst bestehe aus nichts anders, als aus theils gröberen, theils feineren Ausdünstungen aus der Erdkugel.

Anmerkung V. Die Höhe des Luftkreises, der die Erde umgiebt, ist noch nicht bestimmet. Man muß, um sich hierin zu verstehen, drei verschiedene Luftgegenden oder Regionen annehmen. Die untere, worin sich die gewöhnlichen wässerigen und feurigen Erscheinungen ereignen, erstrecket sich bis $1\frac{1}{2}$ oder 2 deutsche Meilen über die Erdfläche. Die zweite, wo feinere Dünste schweben, die noch durch ihre Wirkungen merklich sind, als z. E. durch die Brechung der Lichtstrahlen, mag sich wohl bis 10 oder 15 deutsche Meilen über die Erdfläche erstrecken. Hingegen in einer noch größeren Höhe ist vermuthlich eine weit dünnere und reinere Luft vorhanden, die sich vielleicht bis 200 deutsche Meilen von der Erdfläche erstrecket, und in welcher, nach der Meinung einiger Gelehrten, die Nordlichte erzeuget werden.

Anmerkung VI. Die Erdfläche, worauf wir leben, ist der Grund eines ungeheuren Luftmeeres, worin wir uns, wie die Fische im Wasser, aufhalten; nur daß wir zu schwer sind, um in unserem Elemente willkührlich auf- und niederzugehen, sondern wie die Krebse immer auf dem Grunde kriechen. Die Vögel hingegen haben dieses mit den Fischen gemein, daß sie in unserem Elemente nach Willkühr steigen und sinken. Endlich haben es die Menschen doch so weit gebracht, daß sie, mit Hülfe der Luftbälle, wovon in der Folge geredet werden soll, sich bis über die Gränze der ersten Region erheben, und sich dort umsehen können.

§. 3.

In einer Röhre, deren beide Enden aufwärts gebogen sind, bleibet eine elastische Flüssigkeit in Gleichgewicht, wenn sie sich in beiden Zweigen der Röhre bis zu einer und derselbigen Horizontal-Ebne erhebet; und wenn dieses nicht ist, so kann das Gleichgewicht nicht statt finden.

Der Beweis ist ganz wie bei dem Wasser (I. H. §. 8). Nämlich, man stellet sich vor, das in der Röhre enthaltene Flüssige sei vorher ein Theil einer größeren flüssigen Masse gewesen, die in einem Gefäße war, da dann die Wände der Röhre den nämlichen Widerstand leisten, den vorher die nächsten flüssigen Theilchen leisteten. Und wenn der Lehrsatz auf solche Art bewiesen worden, so ist leicht einzusehen, daß jede Vermehrung des Druckes in dem einen Zweige, und folglich jede Erhöhung der einen Säule des Flüssigen, das Gleichgewicht heben würde.

Zusatz I. Wenn man außerhalb des Luftkreises mit einer solchen Röhre Luft aus der Athmosphäre schöpfen könnte, so würde sie sich in der Röhre so gut als Wasser auf die Art stellen, daß ihre Oberfläche in beiden Zweigen in einer und derselben Horizontal-Ebne wäre.

Zusatz II. Auch in mehreren unterwärts kommunizirenden Röhren oder Gefäßen erhebet sich das elastische Flüssige bis zur nämlichen Höhe, und bleibet dann im Gleichgewichte.

§. 4.

Wenn ein Gefäß, welches einen horizontalen Boden hat, eine elastische Flüssigkeit enthält, so beträgt der Druck allemal so viel, als die Schwere einer prismatischen oder zylindrischen Säule des Flüssigen, welche die nämliche Grundfläche und die nämliche Höhe hat, als das Flüssige im Gefäße.

Dieses kann wiederum eben so bewiesen werden, wie für das Wasser (I. H. §. 9). Nämlich man stellet sich verschiedene Gefäße vor, deren Böden gleich sind, und in einer horizontalen Ebne liegen, und wovon eines wirklich zylindrisch oder prismatisch ist. Man nimmt an, diese Gefäße seien bis zu einerlei Höhe angefüllet. Wären die Gefäße unten offen, durch Röhren verbunden, und die Röhren mit der nämlichen elastischen und gehörigermaaßen zusammengepreßten Flüssigkeit gefüllet, so würde alles noch in Gleichgewicht bleiben. Folglich ist der Druck auf die Schichten, welche jetzt die Stellen der Böden vertreten, gleich. Also war auch der Druck auf die Böden selbst gleich, folglich in allen Gefäßen so groß als im zylindrischen oder prismatischen. In diesem aber ist der Druck augenscheinlich so groß, als die Schwere der zylindrischen oder prismatischen Säule des Flüssigen, also auch in den übrigen Gefäßen.

Zusatz. Wenn man den Versuch mit Luft machen wollte, so müßte er außerhalb der Athmosphäre geschehen, wie im Zusatze des vorigen Paragraphs. Dabei muß noch vorausgesetzet werden, daß die Luft sichtbar würde und daß die Gefäße sehr groß wären; denn die Luft dehnet sich gewaltig aus, wenn sie weder von der umgebenden noch von einer anderen Kraft in Schranken gehalten wird.

Anmerkung. Beim Wasser und überhaupt bei unelastischen Flüssigkeiten, wird der Druck auf den horizontalen Boden

Boden eines Gefäßes gefunden, wenn man die Ebne des Bodens mit der Höhe des Flüssigen, und dann mit der spezifischen Schwere desselben multipliziret. (I. H. §. 10.) Diese Regel gilt aber nicht für elastische Flüssigkeiten. Denn wir werden bald sehen, daß sie nicht durchaus einerlei Dichtigkeit haben, sondern daß die unteren Schichten dichter, und folglich auch spezifisch schwerer sind.

§. 5.

Die vorigen Beispiele können hinreichend sein, um zu zeigen, wie die meisten Lehrsätze, die im ersten Hauptstücke von unelastischen Flüssigkeiten bewiesen worden, sich auch auf elastische anwenden lassen. Es wäre zu weitläuftig, alle Beweise hier zu wiederholen. Nur an die Lehrsätze selbst wollen wir den Leser erinnern.

Jedes Theilchen eines Gefäßes, worin eine elastische (oder unelastische) Flüssigkeit in Gleichgewicht ist, leidet einen senkrechten Druck von innen nach außen, der so viel beträgt, als das Gewicht einer Säule des Flüssigen, welche das Theilchen zur Grundfläche, und dessen Tiefe unter der horizontalen Oberfläche zur Höhe hat. (I. H. §. 11.)

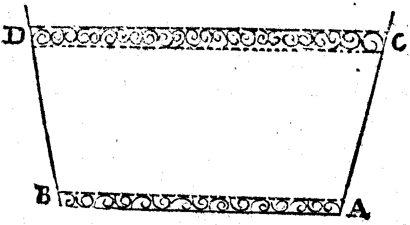
Der Druck, welchen eine in einem Gefäße enthaltene elastische (oder unelastische) Flüssigkeit niederwärts ausübet, beträgt genau so viel, als die Schwere selbst des Flüssigen. (I. H. §. 13.)

Die horizontalen Drücke auf die inneren Wände des Gefäßes heben einander auf, so daß keine horizontale Bewegung entstehen kann. (H. I. §. 14).

Dieses sind folglich solche Eigenschaften, die sowohl den elastischen als unelastischen Flüssigkeiten zukommen. Nun müssen wir sehen, worin die elastischen von den unelastischen verschieden sind.

§. 6.

Wenn eine elastische und schwere Flüssigkeit in Gleichgewicht ist, und man stellet sich vor, sie bestehe aus lauter horizontalen über einander gelegten Schichten, so ist jede Schicht für sich selbst betrachtet von einförmiger Dichtigkeit, oder von einerlei spezifischer Schwere. Hingegen sind die unteren Schichten allemal dichter oder spezifisch schwerer, als die oberen, so daß die allerunterste Schicht am meisten, die alleroberste aber am wenigsten spezifische Schwere hat.



Man muß sich eine elastische Flüssigkeit, als aus lauter elastischen Theilchen bestehend, vorstellen, die sich folglich in einen engeren Raum zusammendrücken lassen. Es sei demnach erstlich unten eine Lage oder Schicht AB von solchen elastischen Körperchen. So lange nichts darüber lieget, so haben sie alle Ausdehnung, deren sie fähig sind, und vorausgesetzet (wie wir es hier thun), daß sie alle vollkommen gleichartig und in gleichen Entfernungen sind, so ist diese erste Schicht an sich selbst gänzlich homogen. Nun werde über die erste Schicht eine zweite geleget, so wird die erste oder untere von der zweiten oder oberen

ren wie von einem Gewichte gedrücket und zusammengepresset, und dieses an allen Orten gleich stark. Also verlieret die untere Schicht am Volumen, nicht aber an ihrer Masse; sie nimmt folglich an Dichtigkeit oder spezifischer Schwere zu.

Kömmt nun über die zweite Schicht noch eine dritte zu liegen, so drücket sie durch ihr Gewicht die beiden unteren. Die erste wird noch mehr zusammengedrückt, und wird noch spezifisch schwerer als vorher. Die zweite aber ist jetzt eben so stark und eben so gleichförmig zusammengepresset, als vorher die erste war.

So fahre man in Gedanken fort, Schichten über Schichten aufzuthürmen, und man wird leicht gewahr werden, daß jede Schicht von allen über ihr liegenden zusammengedrücket wird, und die obere CD allein ihre natürliche Ausdehnung behält.

Zusatz. Eben solche Bewandniß hat es mit der athmosphärischen Luft. Man kann sich vorstellen, sie bestehe aus lauter über einander liegenden Schichten, wovon jede in sich selbst homogen, das heißt, von einförmiger Dichtigkeit und einförmiger spezifischer Schwere ist, wovon aber die oberen allemal undichter und weniger spezifisch schwer sind, als die unteren.

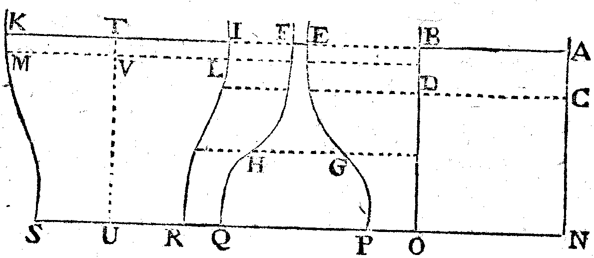
§. 7.

Um die elastischen und unelastischen Flüssigkeiten desto besser mit einander zu vergleichen, wollen wir noch sehen, was für eine Veränderung im Drucke, den der Boden eines Gefäßes leidet, geschehen würde, wenn eine unelastische Flüssigkeit elastisch würde, so daß die unteren Schichten sich in einen engeren Raum zusammendrücken ließen.

§. 8.

§. 8.

Wenn eine in einem Gefäße mit einem horizontalen Boden enthaltene unelastische Flüssigkeit elastisch würde, so würde der Druck, den der Boden leidet, in einem zylindrischen oder prismatischen Gefäße, eben so groß sein als vorher, in einem oben erweiterten Gefäße größer, in einem oben verengerten kleiner.



I. Es sei im zylindrischen Gefäße AO die unelastische Flüssigkeit ANOBA; diese werde elastisch, so drücken sich die unteren Schichten zusammen, und das Flüssige nimmt einen kleineren Raum CNODC ein. Hingegen ist der Druck auf den Boden NO noch eben so stark, als vorher. Denn in beiden Fällen beträgt er so viel, als das Gewicht des Flüssigen, welches durch die größere Dichtigkeit nicht verändert ist.

II. Es sei im Gefäße IS, welches oben breiter ist als unten, die unelastische Flüssigkeit IRSKI. Diese werde elastisch, und falle, vermöge der Zusammendrückung der unteren Theilchen, bis V oder LM. Man stelle sich ein anderes zylindrisches oder prismatisches Gefäß AO vor, welches

welches einen gleichen Boden hat, nämlich NO gleich RS, und worin eine ähnliche unelastische Flüssigkeit ANOBA enthalten ist, so daß die Höhe OB der Höhe TU gleich sei. Auch diese werde elastisch, und falle bis CD. So ist klar, daß, wegen der größeren Breite IK, der Abfall TV nicht so viel betragen kann, als bei der kleineren Breite AB. Folglich ist UV größer als DO. Bei elastischen sowohl, als bei unelastischen Flüssigkeiten, leiden gleiche Böden gleiche Drucke, wenn die Höhen gleich sind; hingegen, wenn die Höhen bei gleichen Böden ungleich sind, so giebt die größere Höhe einen größeren Druck. Folglich ist der Druck des elastisch gewordenen Flüssigen LRSML größer, als der Druck des ebenfalls elastisch gewordenen und ähnlichen Flüssigen CNODC. Dieser Druck ist aber gleich dem Drucke des unelastischen ANOBA. Und dieser Druck ist wiederum gleich dem Drucke des unelastischen IRSKI. Da nun, was den Druck betrift, LRSML größer ist, als CNODC, und da CNODC = ANOBA = IRSKI, so ist der Druck des elastisch gewordenen LRSML größer, als vorher der Druck des unelastischen IRSKI.

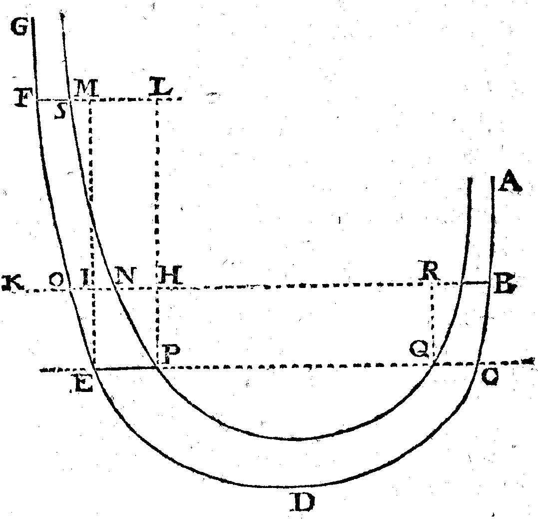
III. Es sei EQ ein Gefäß, welches oben enger ist als unten. Es sei wiederum PQ = NO, und das unelastische Flüssige steige in beiden Gefäßen gleich hoch, bis EF und AB. Wird es in beiden Gefäßen elastisch, so drückt es sich zusammen, und fällt im Gefäße EQ, wegen des engen Halses, bis in GH, tiefer als im anderen, wo es nur bis CD sinket. Nun ist der Druck von GPQHG auf den Boden PQ kleiner, als der Druck des CNODC auf den gleichen Boden NO. Dieser leztere Druck ist gleich dem Drucke des ANOBA, und dieser ist gleich dem Drucke des EPQFE. Also ist der Druck des GPQHG kleiner, als der Druck des EPQFE.

Zusatz. Wenn man annimmt, daß das Flüssige anfänglich elastisch, und folglich zusammengedrücket sei, daß aber die Schichten sich jetzt alle, ihrer Natur gemäß, ausdehnen, alle eben so dicht oder vielmehr undicht werden, als die oberste, und jetzt in einem unelastischen Zustande verbleiben, so bekömmt das oben erweiterte Gefäß einen kleineren, das verengerte aber einen größeren Druck. Der Druck im prismatischen Gefäße bleibet unverändert. Denn wenn sich das Flüssige CNODC wieder bis AB ausdehnet, so wird, wie vorher gezeiget, der Druck auf den Boden unverändert bleiben. Hingegen, wenn sich das Flüssige LRSML wieder bis IK ausdehnet, so wurde kurz vorher bewiesen, daß der Druck des LRSML größer war, als der Druck des IRSKI. Also ist der Druck des IRSKI kleiner, als des LRSML. Ferner, der Druck des GPQHG war kleiner als des EPQFE, folglich ist, im umgekehrten Falle, der Druck des EPQFE größer, als der Druck des GPQHG.

§. 9.

Wenn zwei flüssige Materien, entweder beide elastisch oder beide unelastisch, oder die eine elastisch und die andere unelastisch, in zwei verbundenen oder in einer gebogenen Röhre in Gleichgewicht sind, so kann man sich allemal eine horizontale Ebne vorstellen, die durch die scheidende Fläche gehet, und von dieser Horizontal-Ebne bis zu den Oberflächen beider Flüssigkeiten werden deren Höhen gerechnet. Ferner kann man sich von beiden Flüssigkeiten lothrechte Säulen von gleichen Grundflächen vorstellen, und deren Höhen den wirklichen eben jezt gemeldeten Höhen gleich sind. Nun können beide Flüssigkeiten sonst nicht in Gleichgewicht sein, als wenn gedachte beide Säulen von gleichem Gewichte sind.

Gesezt,



Gesetzt, es sei in BCDE die spezifisch schwerere und in EF die spezifisch leichtere Flüssigkeit, sie mögen elastisch oder unelastisch sein. Erstlich ist klar, daß, wenn der Raum BCDEO ganz mit der spezifisch schwereren Flüssigkeit BCDE angefüllet wäre, alles in Gleichgewicht sein würde, indem BK eine horizontale Fläche ist. Nun fehlet aber dieses Flüssige im Raume EONPE, und an der Stelle haben wir das spezifisch leichter Flüssige EFSPE; dieses muß demnach auf die Fläche PE einen eben so großen Druck ausüben, als das vorher angenommene schwerere Flüssige EONPE. Der Druck der eingebildeten schwereren Flüssigkeit auf die Ebne PE, die man sich als den Boden eines Gefäßes vorstellen kann, beträgt so viel, als das Gewicht des Zylinders oder Prisma EIHP vom nämlichen schwereren Flüssigen; und der Druck des leichteren Flüssigen EFSPE beträgt so viel, als das Gewicht eines

Zylin-

Zylinders oder Prisma wie EMLP von der leichteren Flüssigkeit. Da aber beide Drücke gleich sein sollen, so müssen beide Säulen EIHPE und EMLPE von gleichem Gewichte sein. Sind diese nun von gleichem Gewichte, so würden sie es bleiben, wenn auch die gemeinsame Grundfläche PE größer oder kleiner wäre. Ferner ist die Höhe PH der Höhe QR gleich Man kann demnach mit Recht sagen, das Gleichgewicht erfordere, daß die Höhen QR und EM beider Flüssigkeiten über die scheidende Ebne CE so beschaffen sein müssen, daß zwei Prismen oder Zylinder mit gleichen Grundflächen, aus den beiden Materien bestehend, und die zustimmenden Höhen habend, gleich viel am Gewichte betragen müßten.

Man merke, daß die Elastizität oder Unelastizität hierbei gar nicht in Betrachtung kömmt, nnd daher die Regel allgemein ist.

Zusatz. Sind beide Materien unelastisch, so ist jede der beiden Säulen für sich in ihrer ganzen Ausdehnung von einerlei Dichtigkeit. Da beide Säulen PI und PM nun von gleichem Gewichte sein sollen, so müssen sich die Volumina umgekehrt verhalten wie die spezifischen Schweren, oder da die Säulen gleiche Grundflächen haben, so verhalten sich auch die Höhen EM und EI, oder EM und QR umgekehrt wie die spezifischen Schweren, welches uns auf dasjenige zurück führet, was schon vom Wasser bewiesen worden. (H. III. §. 1.) Hingegen, wenn beide Flüssigkeiten elastisch sind, oder auch nur die eine elastisch ist, so läßt sich diese Regel nicht mehr anwenden, sondern man muß bei dem allgemeineren Lehrsatze stehen bleiben.

§. 10.

Was im dritten Hauptstücke von festen Körpern gesaget worden, die sich im Wasser befinden, kann meistens

auch

auch auf solche Körper angewandt werden, die in einer elastischen Flüssigkeit sind. Nämlich

Jedes Theilchen eines solchen Körpers leidet von außen nach innen einen Druck, der so viel beträgt, als das Gewicht einer dünnen Säule des Flüssigen, welche eine horizontale Grundfläche hat, die so groß ist, als das gedrückte Theilchen, und welche sich bis zur Oberfläche des Flüssigen erstrecket. (H. III. §. 2.) Hier muß aber wohl verstanden werden, daß in diesem Säulchen die Dichtigkeit von unten nach oben abnimmt.

Wenn man annimmt, das elastische Flüssige werde fest, und der feste Körper werde flüssig, und habe eine Röhre, die oberwärts bis zur Gränze des Flüssigen hinausgehet, so ist der Druck auf alle Theilchen der Wände der nämliche, wie vorher, nur in entgegengesetzter Richtung. (H. III. §. 3.) Es verstehet sich, daß das Flüssige, womit man in Gedanken den Raum des Körpers und die Röhre anfüllet, von nämlicher Art sein muß, als das wirklich ihn umgebende.

Wenn ein fester Körper sich in einer elastischen Flüssigkeit befindet, so leidet er einen Druck von unten nach oben, oder einen Auftrieb (poussée), der so viel beträgt, als das Gewicht des verdrängten Flüssigen (H. III. §. 5). Seitwärts kann er sich nicht, ohne fremde Kraft, bewegen (H. III. §. 6).

§. 11.

Aus dem letzt angeführten Lehrsatze ist leicht zu folgern, daß, wenn ein fester Körper spezifisch schwerer ist, als die untersten Schichten der elastischen Flüssigkeit, er gänzlich auf dem Grunde ruhen müsse.

müsse. Ist er spezifisch eben so schwer, so wird er nur den Grund berühren, und darauf schweben. Ist ein Körper spezifisch leichter, als die unteren, und spezifisch schwerer als die oberen Schichten, so wird er entweder steigen oder sinken, bis zu der Gegend, wo das Flüssige mit ihm einerlei spezifische Schwere hat. Ist er spezifisch so schwer als die oberen Schichten, so wird er dort nahe an der Gränze des Flüssigen schweben. Ist er endlich spezifisch leichter, als die obersten Schichten, so wird ein Theil von ihm über das Flüssige hervorragen.

§. 12.

Die letzteren Lehrsätze von §. 9 bis hierher lassen sich leicht auf die Luft anwenden. Da wir aber in der Folge Gelegenheit bekommen werden, diese Anwendungen zu machen, so wollen wir jetzt dabei nicht verweilen.

Sechstes

Sechstes Hauptstück.

Einige Anwendungen der vorhergehenden Lehren.

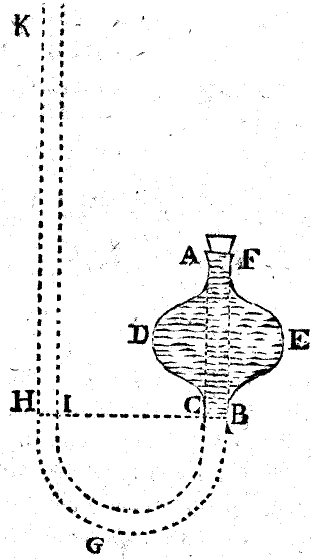
§. 1.

Man nehme ein bauchichtes Gefäß, welches unten und oben einen engen offenen Hals hat, und tauche es ganz unter Wasser, so wird es sich anfüllen. So lange es noch unter Wasser ist, fasse man den einen Hals, und lege den Daumen fest auf die Oefnung, oder man setze einen Pfropf darauf. Nun ziehe man das Gefäß hervor, so kann man das Wasser hintragen wo man will, ohne daß es unten herauslaufe. Nimmt man aber den Daumen oder den Pfropf von der oberen Oefnung weg, so fließt es, vermöge seiner Schwere, durch den unteren Hals.

Dieses ist eine Folge des Druckes der Luft, gegen die untere Fläche des im Gefäße enthaltenen Wassers.

Es sei das Gefäß ADCBEF (folg. Fig.) auf die vorgeschriebene Art gefüllet, und bei AF zugepfropft. Unten, wo das Wasser aufhöret, stelle man sich einen dünnen beweglichen Boden BC ohne Schwere vor, so leidet dieser abseiten des Wassers einen Druck, der bloß dem Gewichte der Wassersäule BFACB gleich ist. (I. H. §. 9.) Hingegen abseiten der Luft leidet der Boden BC einen Gegendruck von unten, der so viel beträgt, als das Gewicht einer Luftsäule, welche BC zur Grundfläche hat, und sich

 aufwärts

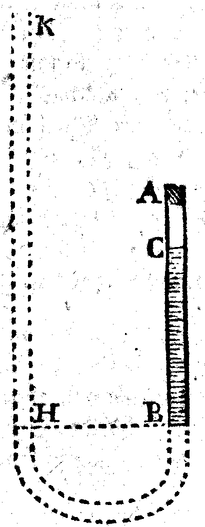


aufwärts bis zur äußersten Gränze der Athmosphäre erstrecket. (V. H. §. 5.) Man kann sich also eine gebogene Röhre BGHK vorstellen, die mit Luft angefüllet ist, sich bis zur Gränze der Athmosphäre in K erstrecket, und allenthalben so weit ist, als der eingebildete Boden BC. Man stelle sich durch BC eine horizontale Ebne vor, welche die gedachte Röhre in IH schneidet, so ist der Druck, welchen BC von außen nach innen leidet, so groß, als das Gewicht der senkrechten Luftsäule HK. Ob nun gleich die Luft eine sehr lockere Materie ist, so machet doch die große Höhe der Luftsäule HK, daß sie meistens mehr Gewicht hat, als die kurze Wassersäule BA. Also ist der Druck, welchen der bewegliche Boden BC leidet, von unten nach oben größer, als von oben nach unten, folglich kann weder dieser Boden, noch das im Gefäße enthaltene Wasser herunterfallen. Nimmt man den eingebildeten Boden weg,

so

so vertritt die bloße Ebne, welche das Wasser von der Luft scheidet, dessen Stelle, und der Beweis bleibet der nämliche.

Zusatz I. Die Wassersäule AB (vor. F.) müßte schon sehr hoch sein, z. E. mehr als 33 Pariser Fuß, um daß sie schwerer würde als die Luftsäule HK. Würde nun ein Gefäß oder eine bloße Röhre wirklich noch höher gemacht, mit Wasser gefüllet, und zugleich oben verschlossen, so würde zwar in derselben eine Wassersäule von ohngefähr 33 Fuß, von unten an gerechnet, stehen bleiben, hingegen, oben würde ein leerer Raum bleiben.



Z. E. Es sei AB eine Röhre von mehr als 33 Pariser Fuß. Sie werde erstlich unten bei B, wo sie etwas enger sein muß, fest verstopfet. Man fülle sie von oben ganz mit Wasser, und verschließe sie bei A, so daß keine Luft darin übrig bleibe. Nun öfne man sie unterwärts bei B, so wird anfänglich die Wassersäule AB mehr wiegen, als die Luftsäule HK, die man sich bis zur Gränze der Athmosphäre verlängert vorstellen muß. Also wird das Wasser sich von unten ergießen, bis daß nur noch eine Säule CB von ohngefähr 33 Pariser Fuß übrig bleibet; denn die Erfahrung lehret, daß eine solche Säule so schwer ist, als die Luftsäule HK. In AC entstehet demnach ein leerer Raum, und die Säule BC wird von dem Auftriebe der Luft getragen.

Zusatz II. Das vorige Experiment kann weit bequemer gemachet werden, wenn man Quecksilber anstatt des Wassers gebrauchet. Denn da Quecksilber 14mal spezifisch schwerer ist als Wasser, so wieget eine Quecksilbersäule, die 14mal kürzer ist, als das Wasser CB, schon so viel als dasselbe. Der 14te Theil von 33 Fuß aber ist ohngefähr 2 Fuß und 4 Zoll, oder 28 Zoll. Nimmt man demnach die Röhre AB länger als 28 Zoll, und verfährt wie mit dem Wasser, so wird etwas Quecksilber unten herausfallen, bis daß CB = 28 Zoll ohngefähr, und dann wird die Quecksilbersäule von der Luft getragen.

Anmerkung I. In allen Fällen muß das Gefäß oder die Röhre oben verschlossen sein. Denn wenn sie oben offen ist, so drücket die Luft von oben ohngefähr eben so stark, als von unten. Beide Drücke heben einander meistens auf, und das Flüssige fällt vermöge seiner eigenen Schwere.

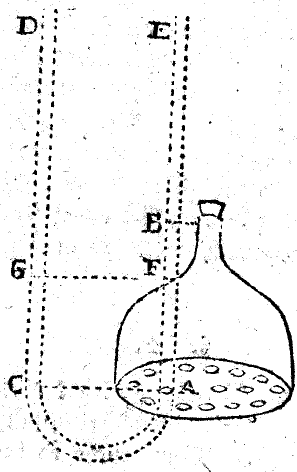
Anmerkung II. Auch muß bei den angeführten Versuchen die untere Oefnung enge sein; denn wenn sie weit ist, so dringet die Luft ins Wasser hinein, und steiget durch dasselbe, wegen ihrer geringeren spezifischen Schwere in Blasen, bis über die Wasserfläche. Dort dehnet sie sich aus, und drücket auf die obere Fläche des

des Wassers; und wenn viel solche Blasen nach einander steigen, so drücken sie allmählig das Wasser herunter, wodurch dem Drucke der unteren Luft immer mehr und mehr von seiner Wirkung benommen wird, bis zulezt alles Flüssige aus dem Gefäße geflossen ist. Dieses merket man leicht, wenn man eine volle Flasche umkehret, um das Flüssige in ein anderes Gefäß zu gießen. Hat aber die Flasche einen sehr engen Hals, so bleibet sie noch voll, wenn sie auch ganz umgekehret ist.

§. 2.

Man nehme ein Gefäß, welches oben einen engen Hals, unten aber einen breiten Boden hat, der wie ein Sieb durchlöchert ist. Man tauche es ins Wasser, so wird es sich ganz damit anfüllen. Ehe man es herausnimmt, fasse man es an dem Halse, und halte zugleich den Daumen auf der Oefnung, oder man pfropfe sie zu. Nun kann man das Gefäß aus dem Wasser heben, und hinbringen wo man will, ohne daß der durchlöcherte Boden das Wasser durchlasse. Wird aber der Daumen oder der Pfropf abgenommen, so tröpfelt das Wasser wie ein Regen durch die kleinen Löcher. Ein solches Gefäß kann demnach gebrauchet werden, um Pflanzen damit zu begießen.

Der Beweis ist ohngefähr wie bei dem vorhergehenden Paragraph. Es sei A (folg. Fig.) eines der kleinen Löcher am Boden, so wird die dort angränzende Luft so stark gedrücket, als durch das Gewicht einer Wassersäule AB, die bis zur verlängerten Oberfläche des im Gefäße befindlichen Wassers gehet. Hingegen wird die kleine Wasserfläche bei A von unten nach oben durch eine Kraft gedrücket, die dem Gewichte der Luftsäule CD gleich ist, welche oberwärts bis zur Gränze der Athmosphäre gehet.



So lange also die Luftsäule CD mehr wieget als die Wassersäule AB, so kann diese nicht sinken, und also das Wasser aus dem Gefäße nicht fließen, indem der nämliche Umstand bei allen Löchern des Bodens statt findet.

Anmerkung. Vielleicht wird ein Unkundiger in Versuchung gerathen, daraus zu schließen, daß, da bei A der Druck der Luft von unten nach oben größer ist als der Druck des Wassers von oben nach unten, das ganze Gefäß dadurch zugleich erleichtert werden müsse. Dieser Schluß würde aber falsch sein. Es ist schon am gehörigen Orte (I. H. §. 12 u. 13) genugsam erläutert worden, wie der Druck, den jeder Theil des Gefäßes leidet, von demjenigen zu unterscheiden sei, den das Gefäß, als ein ganzes betrachtet, leidet.

Wenn wir nur die Stelle A am Boden betrachten, so ist es gewiß, daß diese abseiten des Wassers bloß den Druck leidet, der durch das Gewicht der eingebildeten Wasser-

Wassersäule AB vorgestellet wird, und dieser wird durch das Gewicht der Luftsäule CD übertroffen. Betrachten wir aber das ganze Gefäß, so müssen wir die Stelle F, wo die eingebildete Wassersäule durchgehet, mit in Anschlag nehmen. Bei F beträgt der Druck des Wassers aufwärts so viel als das Gewicht der eingebildeten Wassersäule FB. Hingegen wird die Stelle F zugleich durch eine Luftsäule FE niedergedrücket, die ebenfalls bis zur äußersten Gränze der Athmosphäre gehet. Folglich, wenn man beide Stellen A und F zusammennimmt, so ist der Druck

bei A niederwärts AB,

bei A . . . . . aufwärts CD,

bei F niederwärts FE,

bei F . . . . . aufwärts FB.

Ueberhaupt also

niederwärts AB + FE

aufwärts FB + CD

Unterschied (AB — FB) + (FE — CD)

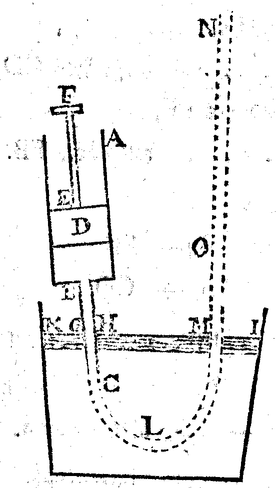
oder (AB — FB) — (CD — FE)

oder AF — CG niederwärts.

Also heben sich die Drücke dermassen, daß das Gefäß, bei A und F zugleich, nur noch einen Druck von oben nach unten bekömmt, der so viel beträgt, als das Gewicht der Wassersäule AF, weniger das Gewicht der gleichen Luftsäule CG. Und wenn man dieses auf alle Säulchen wie AF anwendet, es mögen nun unten Löcher sein, oder es mag die Luft bloß gegen den Boden drücken, so wird das ganze Gefäß niederwärts gedrücket durch eine Kraft, die dem Gewichte des darin enthaltenen Flüssigen gleich ist, weniger das Gewicht einer gleichen Luftmasse; (wenn man das Gewicht des Gefäßes selbst nicht mitrechnet, als welches für sich wirket. Und dieses stimmet mit den bekannten Grundsätzen völlig überein. (I. Hauptst. §. 13, und V. H. §. 10.)

§. 3.

Zu den Wassermaschinen, die durch den Druck der Luft wirken, gehöret die Handsprize, deren man sich, um das Feuer zu löschen, bedienet.



Eine zylindrische Röhre AB endiget sich in eine engere Röhre BC. Im hohlen Zylinder ist ein Stempel D, der vermittelst des Handgriffs EF auf und nieder beweget werden kann. Man treibet den Stempel D bis nach B hinein, tauchet sodann die kleine Röhre BC ins Wasser, und ziehet den Stempel gegen A zurück; so muß das Wasser dem Stempel folgen, und den hohlen Raum CD anfüllen. Um dieses desto besser zu begreifen, stelle man sich

sich die Röhre HLMN vor, deren Theil HLM voll Wassers ist, und deren Theil MN senkrecht hinauf bis zur Gränze der Athmosphäre gehet. Das Wasser in HLM hält sich selbst in Gleichgewicht. So lange im Raume GHBD noch gewöhnliche athmosphärische Luft vorhanden ist, so ist diese weder mehr noch minder zusammengepresset, als die untere Luft in den umliegenden Gegenden der Athmosphäre, z. E. in MO, folglich, obgleich die Luft in GHBD sich nicht weit erstrecket, so drücket sie dennoch auf die Wasserfläche GH eben so stark, als da sie frei und außerhalb dieses eingeschlossenen Raumes war. Folglich ist der Druck der verschlossenen Luft bei GH eben so stark, als der Druck der freien Luft bei M. Also geschiehet jezt noch keine Veränderung im Gleichgewichte des Wassers in HLM. Nun aber, wenn der Stempel D aufwärts nach A gezogen wird, so wird der Raum GHBD größer, die Luft darin wird dünner, und ihr Druck gegen die Wasserfläche GH vermindert sich. Oder, wenn der Stempel D vorher die Wasserfläche berührte, und er wird jezt zurückgezogen, so ist gar keine innere Luft vorhanden, die auf die Wasserfläche GH drücken könnte. Unterdessen drücket die Luftsäule MN immer mit der nämlichen Kraft bei M. Da also die Kraft bei M unverändert bleibet, der Widerstand aber bei GH vermindert wird, oder gar null ist, so muß das Wasser in MLH der größeren Kraft gehorchen, und in den Raum GHBD steigen.

Nachdem die Spritze angefüllet ist, so kann man sie aus dem Wasser herausheben, ohne daß viel Wassers von unten herausfließe, wenn man nur den Handgriff feste hält, daß er nicht samt dem Wasser herunter gehe. Denn jezt ist die Spritze im nämlichen Falle wie ein Gefäß, welches oben zugemacht ist, und unten eine enge Oefnung hat, wovon vorher geredet worden (§. 1).

Wird

Wird endlich die Spritze umgekehret und der Stempel mit Gewalt hineingetrieben, so spritzet das Wasser durch die Luft strömend heraus.

Zusatz I. Die Röhre HLMN wurde nur um der Deutlichkeit willen angenommen. Denn eigentlich drücket die äußere Luft nicht nur auf die Stelle M, sondern auf die ganze Oberfläche IK des äußeren Wassers. Hingegen wissen wir schon, daß, wenn das ganze Wasser in Gleichgewicht ist, auch die eingebildete Röhre HLM in Gleichgewicht sein muß, und daß folglich, wenn es auf das Gleichgewicht ankömmt, anstatt des ganzen Wassers bloß die Röhre HLM betrachtet werden kann. Diese aber leidet in M abseiten der Luft einen Druck, der so viel beträgt, als das Gewicht der Luftsäule MN.

Zusatz II. Es wurde ferner angenommen, daß die im Raume GHBD verschlossene Luft, ehe sie entweder zusammengepresset oder ausgedehnet worden, auf die Fläche GH eben so drücket, als wenn sie frei und mit der übrigen Luft in Verbindung wäre; das heißt, der Druck, den die Fläche GH leidet, beträgt so viel, als das Gewicht einer Luftsäule, die GH zur Grundfläche hätte, und senkrecht bis zur obersten Gränze der Athmosphäre ginge. Dieses läßt sich sehr gut durch die Elastizität der Luft erklären.

Man stelle sich einen großen und sehr hohen Kasten vor, der mit lauter elastischen Bällen angefüllet ist, so wird man einigermaaßen einen Begriff haben, wie die elastischen Lufttheilchen über einander liegen. Die unteren Bälle sind mehr und enger zusammengedrücket als die oberen, deren Schwere auf die unteren drücket. Da aber alle Bälle in Ruhe und in Gleichgewicht bleiben, so muß jeder Ball, eben so stark als er gedrücket wird, wiederum zurück drücken; denn sonst würde das Gleichgewicht nicht statt finden, sondern der schwächer zurückdrückende Ball

müßte

müßte noch nachgeben. Daher muß man schliessen, daß, je stärker ein Ball gedrücket wird, desto mehr habe er Elastizität oder Ausdehnungskraft.

Nun nehme man in Gedanken irgendwo im gedachten Gefäße zwischen der Oberfläche und dem Boden eine gewisse Menge von diesen Bällen, lasse sie unverändert in dem Grade der Zusammendrückung, worin sie sind, und umgebe sie mit einem verschlossenen Gefäße, so werden sie gegen die Wände des Gefäßes den nämlichen Druck ausüben, den sie vorher gegen die benachbarten Bälle ausübten. Und wenn das Gefäß eine Oefnung hat, so werden die nächst an der Oefnung liegenden inwendigen Bälle geg n die nächsten auswendigen, oder gegen einen vor der Oefnung befindlichen Körper noch eben so drücken, als da sie frei waren. Durch diese sinnliche Erläuterung läßt sich nun begreifen, wie die im Raume EHBD verschlossenen Lufttheilchen noch, sowohl gegen die innere Wand der Spritze, als auch gegen die kleine Wasserfläche GH, eben so stark drücken, als da sie frei waren.

Hierbei aber wird vorausgesetzet, daß nur das äußerste Ende der engen Röhre BC eingetauchet worden; denn würde sie tiefer eingetauchet, ohne Veränderung der Lage des Stempels, so müßte die Luft inwendig dichter werden, und folglich mehr drücken, wodurch die Fläche GH etwas unter die Horizontalfläche IK kommen würde.

Zusatz III. Wenn in ein Gefäß, welches luftfest ist, wie z. E. in ein gläsernes, gemeine athmosphärische Luft eingelassen wird, und es wird dieses Gefäß fest verpfropfet oder versiegelt, so behält die darin enthaltene Luft den Grad der Elastizität, den sie in dem Augenblicke hatte, da sie verschlossen wurde, in sofern ihr Zustand durch keine fremde Ursachen, als Wärme und Kälte, geändert wird. Wenn man also eine mit unserer niederen Luft angefüllte

Flasche

Flasche auf einen hohen Berg bringet, so ist auf dem Berge die äußere Luft dünner, und weniger elastisch, als die in der Flasche enthaltene, weil diese aus einer Gegend genommen worden, wo die Lufttheilchen mehr zusammengedrücket, und folglich elastischer waren. Füllet man aber die Flasche auf dem Berge, und bringet sie herunter, so ist der Fall umgekehret.

Zusatz IV. Machet man ein vermauertes Gewölbe unter der Erde, das mit der äußeren Luft gar keine Gemeinschaft hat, so behält die darin verschlossene Luft den nämlichen Grad der Dichtigkeit und Elastizität, den sie in dem Zeitpunkte hatte, da sie gänzlich verschlossen wurde, wenn sie sonst von der Erde keine Veränderung im Grade der Wärme oder Kälte leidet.

In einem solchen Gewölbe, wenn ein Gefäß mit Wasser darin stünde, und Versuche mit einer Sprițe gemachet würden, müßte demnach alles wie in freier Luft erfolgen.

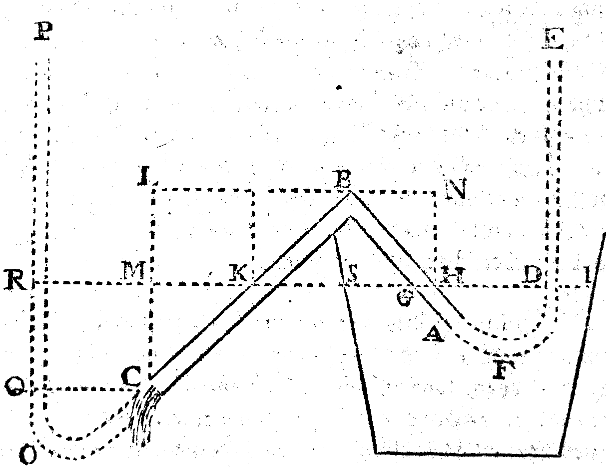
Zusatz V. Wenn ein Gefäß oder Gebäude nur einige Oefnungen hat, wodurch die äußere Luft eindringen kann, so nimmt die innere Luft Antheil an allen Veränderungen, welche in der äußeren vorgehen, was den Grad der Elastizität betrift, und sie ist in dieser Betrachtung im nämlichen Zustande, als wenn sie ganz frei wäre. Denn gesetzet, die äußere Luft werde elastischer, so bestreben sich ihre Theilchen, sich allerseits weiter auszudehnen, und begeben sich dahin, wo am wenigsten Widerstand ist, folglich dringen sie in das Gefäß oder Gebäude, und drücken die darin befindlichen Lufttheilchen so lange zusammen, bis diese ihnen einen dem Drucke gleichen Widerstand leisten. Alsdann ist alles in Gleichgewicht, die inwendige Luft ist so stark gedrücket, und drücket wiederum so stark als die auswendige. Die inwendige ist also in Betrachtung der Elasti-

Elastizität allemal im nämlichen Zustande, wie die auswendige. Das nämliche erfolget im entgegengesetzten Falle, wo die äußere Luft weniger elastisch wird, als die inwendige; dann gehet etwas von der inwendigen hinaus, bis das Gleichgewicht hergestellet ist.

Hieraus läßt sich erklären, wie in einem Zimmer die Luft allemal den nämlichen Veränderungen der Elastizität und des Druckes unterworfen ist, wie unter freiem Himmel.

§. 4.

Ein Heber ist ein Werkzeug in Gestalt einer gebogenen Röhre, und wird gebrauchet, um ein Gefäß auf eine solche Art auszuleeren, daß das Flüssige erstlich in dem einen Zweige der Röhre bis über den Rand des Gefäßes steige, und sich dann durch den anderen Zweig ergieße.



Der Zweig AB, der ins Flüssige getauchet wird, ist kürzer als der andere BC, durch welchen sich das Flüssige ergießen

ergießen soll. Anfänglich setzet man das Ende A ins Flüssige, und sauget am Ende C. Da man auf diese Art die Luft im Raume GBC sehr verdünnet, so drücket sie weniger auf die kleine Wasserfläche GH. Man stelle sich nun wie bei dem vorigen Paragraph, die Röhre GFDE vor, wovon der Theil GFD mit Wasser, der Theil DE aber bis zur äußersten Gränze der Athmosphäre mit Luft angefüllet ist. Diese Luft drücket auf das Wasser DFG, und vorher litt es einen gleichen Druck bei GH abseiten der Luft, die sich in dem Heber aufhielt. Da aber jezt der Druck bei GH durch das Saugen sehr vermindert worden, so wird das Wasser, vermöge des Druckes bei D, in den Heber getrieben, so daß, wenn man fortfähret zu saugen, das Wasser zulezt die ganze Röhre anfüllet. Dabei ist es gleich viel, ob man das Ende C hoch oder niedrig halte. Hat man es etwas hoch gehalten, so muß man, wenn man den Mund zurückziehet, sogleich den Daumen auf die Oefnung C legen, auf daß das Flüssige nicht durch sein Gewicht und durch den Gegendruck der freien Luft zurückgetrieben werde. Nun neiget man den Heber, so daß das Ende C, worauf der Daumen lieget, niedriger sei als die Oberfläche IS des Flüssigen, wovon SK die Verlängerung ist. Jezt wird der Daumen abgenommen, und das Flüssige strömet durch die Oefnung C heraus, so lange als das Ende A noch eingetauchet, und das Ende C niedriger ist, als die Oberfläche des Flüssigen.

Denn in dem Augenblicke, wo der Daumen bei C abgenommen wird, sind vier Kräfte vorhanden, wovon zwei sich bestreben, das Wasser in das Gefäß zurück zu treiben, zwei aber, es durch die Röhre auswärts zu treiben. Bei D drücket eine Luftsäule, um das Wasser durch den Heber auszutreiben. Mit dieser vereiniget sich das Gewicht des Wassers BC. Da aber dieses Wasser in der Röhre wie auf einer schiefen Ebne lieget, so vermindert sich der Druck desselben

desselben in der Richtung BC, so daß sich die ganze Schwere des Wassers BC zum übrig bleibenden Drucke in der Richtung BC verhält, wie die Länge BC der schiefen Ebne zu ihrer Höhe CL. Wenn also BC die Schwere des in diesem Theile des Hebers enthaltenen Wassers vorstellet, so stellet CL den Druck vor, den dieses Wasser bei C gegen die äußere Luft ausübet.

Vor der Oefnung C stelle man sich in der Luft noch die Röhre COQP vor, die ebenfalls bis zur äußersten Gränze der Athmosphäre gehet, so wird das im Heber enthaltene Wasser zurückgedrücket durch eine Kraft, die dem Gewichte der Luftsäule QP gleich ist. Ferner wird es auch zurück getrieben durch das Gewicht des Wassers BG. Wird dieses Gewicht durch die Länge BH vorgestellet (welches geschehen kann, indem wir den Heber von einförmiger Weite annehmen, und also die Gewichte in beiden Zweigen sich wirklich wie die Längen BC und BH verhalten) so übet es, aus den kurz vorher angeführten Gründen, in der Richtung BH einen Druck aus, der durch HN vorgestellet wird.

Wenn wir alles zusammen nehmen, so haben wir folgende 4 Kräfte zu betrachten,

hinaustreibende $DE + CL$

zurücktreibende $QP + HN$

Unterschied $(DE - QP) + CL - HN$

oder $(CL - HN) - (QP - DE)$

oder $CM - QR$

Folglich sind die austreibenden Kräfte, zusammengenommen, größer als die zurücktreibenden, und wenn der Abzug geschiehet, so bleibet eine austreibende Kraft, die so viel beträgt, als das Gewicht einer Wassersäule CM, die eben so breit und dick sein muß, als die Röhre ABC, deren Höhe aber die Tiefe des Endes C unter der verlängerten Wasserfläche ist. Von diesem Gewichte muß aber das Gewicht einer gleichen Luftsäule QR abgenommen werden, welches nur wenig beträgt, und aus der Acht gelassen werden kann.

Zusatz I. Kömmt das Ende C genau in M zu stehen, so würde $CM = o$ und $QR = o$, folglich wären die austreibenden Kräfte den zurücktreibenden gleich; und wäre die Röhre bei C eng genug, um daß die Luft nicht ins Wasser eindringen könnte, so würde das Wasser im Heber in Gleichgewicht bleiben.

Zusatz II. Wird das Ende C höher als M gehalten, so wird $CM - QR$ negativ, das heißt, die zurücktreibenden Kräfte bekommen die Oberhand, und das Wasser läuft in das Gefäß zurück.

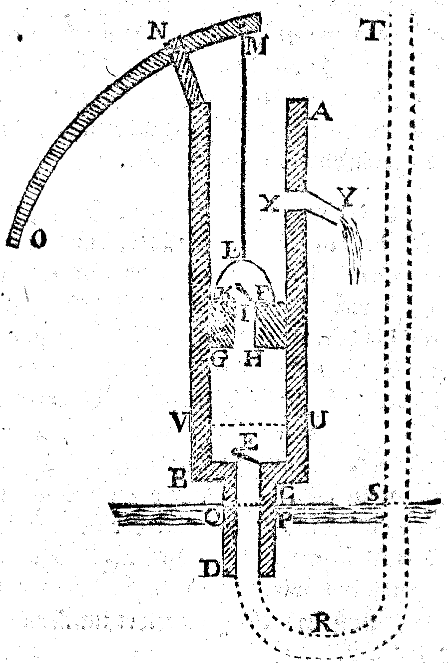
Zusatz III. Ist das Wasser aus dem Gefäße schon so weit ausgelaufen, daß das Ende A des Hebers es nicht mehr berühret, so drücket die Luftsäule DE unmittelbar auf die Oefnung A, und der Erfolg bleibet übrigens der nämliche. Folglich, wenn C und A in einerlei Horizontalfläche liegen, so bleibet das Wasser in Gleichgewicht. Ist dieses nicht, so läuft das Wasser aus dem niedrigeren Ende des Hebers heraus. Wenn nun das Ende C niedriger, und A nicht mehr im Wasser ist, so kann kein Zufluß mehr kommen, und sobald der Heber ausgeleeret ist, höret das Fließen auf.

Anmerkung. Aber könnte das Wasser sich nicht bei B trennen, so daß ein Theil bei C der andere aber bei A herausliefe? Dieses ist nicht möglich, denn es wird das Wasser beiderseits durch die Luftsäulen DE und QR zusammengepresset. Wäre aber der Punkt B mehr als 33 Pariser Fuß über die Wasserfläche IS erhoben, so könnte

könnte auch beim stärksten Saugen das Wasser nicht von G bis B steigen, weil es alsdann mehr niederwärts drücket als die Schwere der Luftsäule DE beträgt. (§. 1. Zus. I.)

§. 5.

Die Saugepumpe ist ohngefähr auf die nämliche Art eingerichtet, wie andere Pumpen, wovon schon geredet worden. (II. H. §. 19, rc.) Nur hat sie dieses Eigenthümliche, daß bei ihr der Druck der Luft auf das Wasser wirket, und es in die Höhe treibet.



Mit der größeren Röhre AB ist eine kleinere CD verbunden, die ins Wasser getauchet wird. Bei E ist ein

 Ven-

Ventil, welches sich von außen nach innen öfnen kann. In der größeren Röhre AB ist ein Stempel FG, der darin auf und nieder beweget werden kann. Mitten durch denselben gehet ein Loch HI, welches mit einem Ventil bedecket ist, das sich von unten nach oben öfnen kann. Der Stempel hänget an einer Gabel FLK, und diese an einem Stocke LM, welcher samt dem Stempel, vermittelst des Hebels MNO, auf und nieder beweget wird.

Ehe noch gepumpet wird, ist im Raume GE und ebenfalls im Raume EPQ gemeine athmosphärische Luft, und beide Ventile sind, vermöge ihrer Schwere, verschlossen. Da die Luft in EPQ die nämliche Elastizität hat als die äußere, so bleibet das Wasser anfänglich in der eingebildeten Röhre QDRS in Gleichgewicht, indem es zugleich durch die Luftsäule ST gedrücket wird, die sich bis zur Gränze der Athmosphäre erstrecket.

Wird aber der Stempel FG in die Höhe gezogen, so verdünnet sich die Luft im Raume GE, und drücket weniger auf das Ventil E. Dieses wird demnach durch die Luft EPQ, welche dichter, und folglich elastischer ist, geöfnet, und die Luft in EPQ wird ebenfalls dünner, weil sie sich zum Theil in den Raum GE verbreitet Da nun jetzt der Druck auf die Wasserfläche PQ geringer ist als der Druck der Luftsäule ST, so steiget das Wasser durch die kleinere Röhre CD in den Raum GE, bis daß die Luft im ganzen Raume GEPQ dicht und elastisch genug geworden ist, um das Gleichgewicht wieder herzustellen. Da jetzt das Ventil E weder durch Luft noch durch Wasser in die Höhe getrieben wird, so fällt es durch seine eigene Schwere zu, und das Wasser bleibet im Raume GE stehen, z. E. bis UV.

Wenn der Stempel FG wiederum herunter gelassen wird, so presset er die Luft im Raume GUV zusammen, bis

bis sie dichter ist als die obere im Raume AK. Dann öfnet die zusammengepreßte Luft GUV das Ventil I, und gehet hinaus, bis sie genugsam verdünnet ist. Hierauf schließet sich das Ventil I durch seine Schwere.

Nun wird der Stempel wiederum in die Höhe gezogen, wodurch die Luft GUV noch mehr verdünnet und geschwächet wird, so daß sie samt dem Gewichte des Wassers UVQP dem Drucke der äußeren Luftsäule ST nicht widerstehen kann. Folglich muß das Wasser durch das Ventil I wiederum etwas steigen.

Und so gehet es immer weiter. Beim Herunterlassen des Stempels wird die innere Luft allemal verdichtet und oben hinaus getrieben. Beim Aufziehen des Stempels wird die innere Luft verdünnet, und die äußere treibet das Wasser in die Pumpe hinauf.

Nach und nach steiget das Wasser so hoch, daß der herunter gelassene Stempel es schöpfen muß, indem es durch das Loch HI und das Ventil I, über den Stempel gehet. So bald dieses geschehen ist, verschließt sich das Ventil I vermöge seiner Schwere. Ist es einmal so weit gekommen, so bleibet keine Luft mehr unterhalb des Stempels, sondern beim Aufziehen des Stempels muß das untere Wasser immer nachfolgen, indem zwischen ihm und dem Stempel gar keine Luft vorhanden ist, die dem Drucke der äußeren Luftsäule ST das Gleichgewicht halten könne. Und jedesmal, wenn der Stempel samt dem Wasser aufhöret zu steigen, so verschließet sich das untere Ventil E, so daß das Wasser nicht zurücktreten kann. Hingegen jedesmal, wenn der Stempel heruntergelassen wird, schöpfet er neues Wasser, so daß es immer höher und höher über ihn steiget.

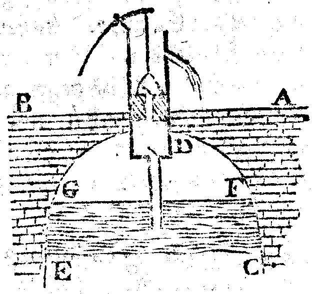
Endlich kömmt das Wasser so hoch über den Stempel, daß es die Oefnung X der Pumpe erreichet, wo es durch die kleine Röhre XY ausläuft, und in ein beliebiges Gefäß aufgefangen werden kann.

Zusatz I. Man siehet, daß diese Pumpe nur so lange sauget, bis das Wasser in derselben über den Stempel gekommen ist. Hernach wirket sie blos wie diejenige Pumpe, welche wir an einem anderen Orte (II. Hauptst. §. 22) eine Hebepumpe genannt haben.

Zusatz II. Die Hebepumpe, wo der Stempel gleich anfänglich unter Wasser stehet, giebt eher Wasser als die Saugepumpe, und ist in den gewöhnlichsten Fällen vorzuziehen. Hingegen ist die Saugepumpe besser zu gebrauchen, wenn das Wasser zu einer beträchtlichen Höhe gebracht werden soll, indem man nicht nöthig hat, den meistens eisernen Stab ML so lang und folglich so schwer zu machen, als wenn er die Wasserfläche SQ erreichen müßte. Hingegen muß man sich gefallen lassen, verschiedenemal umsonst zu pumpen, bis das Wasser den Raum unter den Stempel angefüllet hat. Jedoch, wenn die Pumpe oft gebrauchet wird und der Stempel gut anschließt, so wird sie in dem Zustande bleiben, worin man sie läßt, nämlich sie wird immer schon sowohl unterhalb als oberhalb des Stempels mit Wasser angefüllet sein.

Zusatz III. Obgleich die Saugepumpe den Druck der äußeren Luft erfordert, so ist es nicht nöthig, daß diese Luft ganz frei sei.

Es sei AB (folg. Fig.) die Erdfläche, und unter derselben ein Gewölbe CDE, worin bis FG Wasser stehet. Gesetzt nun, das unterste Ende der Pumpe gehe durch die Erde bis zu diesem Wasser, so wird die Pumpe dennoch ihre Wirkung thun. Denn die Luft FDG hat noch die nämliche Elastizität als da sie verschlossen wurde, und wirket eben so auf die Wasserfläche, als wenn sie frei wäre, wie schon angemerket worden. (§. 3. Zus. IV.) Zwar verdün-



verdünnet sie sich, wenn das Wasser abnimmt, und sie einen größeren Raum bekömmt, jedoch drücket sie noch immer, obgleich weniger stark, auf das Wasser, welches den Stempel, wenn er nicht zu hoch angebracht ist, immer noch erreichen kann. Hat aber das Wasser von der Seite her einen Zufluß, so daß es an der Höhe nicht abnimmt, so nimmt auch der Druck der Luft FDG nicht ab. Was aber die Ausdünstungen des Wassers in dieser Luft für eine Veränderung verursachen können, überlassen wir den Naturkundigen zu untersuchen.

Zusatz IV. Wenn die Pumpe so lang und so eingerichtet wäre, daß der Stempel in seiner niedrigsten Lage 33 Fuß oder noch höher über die Wasserfläche stünde, so könnte die Pumpe ihre Wirkung nicht mehr thun. Denn wenn in der Pumpe schon unterhalb des Stempels eine Wassersäule von 33 Pariser Fuß stehet, so ist sie allein im Stande, der äußeren Luft das Gleichgewicht zu halten. (§. 1. Zusatz I.) Man mag also die über diese Wassersäule befindliche Luft so viel verdünnen als man will, so kann doch die äußere Luft das Wasser nicht höher hinauftreiben. Der Stempel wird sich also zwar auf und nieder bewegen lassen, wenn man eine hinlängliche Kraft gebrauchet, um den Druck der oberen Luft zu überwinden, aber ohne weiteren Erfolg.

Soll demnach das Wasser höher hinauf gebracht werden als 33 Fuß, so muß der Stempel weniger als 33 Fuß von der Wasserfläche entfernet sein. Der obere Theil der Pumpe aber kann so weit in die Höhe gehen als man will, wenn man nur Kraft genug gebrauchet, um eine so hohe Wassersäule zu heben. Denn sobald das Wasser über dem Stempel ist, wirket die Pumpe wie eine Hebepumpe, wie schon angemerket worden.

Oder, man bringe das Wasser vermittelst einer Saugepumpe erstlich bis zu einer Höhe von dreißig und etliche Fuß, und lasse es sich dort in einen Behälter ergießen. In diesem setze man eine zweite Pumpe, u. s. w. bis man die erforderliche Höhe erreichet hat.

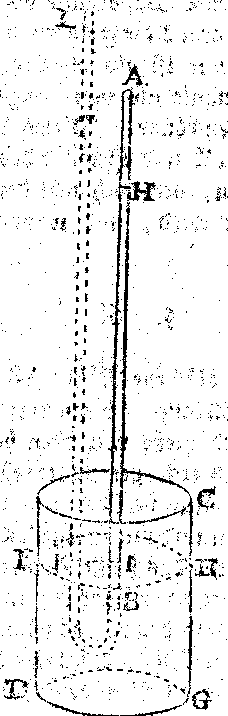
Anmerkung. Man erzählet, daß ein italiänischer Gärtner am ersten zu dieser Bemerkung Anlaß gegeben hat. Denn da er eine sehr lange Saugepumpe gebrauchen wollte, um das Wasser, dessen er zu einer Wasserkunst benöthiget war, mit einmal in den Behälter zu bringen, so stutzte er nicht wenig, da er bemerkte, daß das Wasser in der Pumpe aufhörte zu steigen. Er ging zu einem der größten Gelehrten seiner Zeit, dem Galilei, und erzählte ihm den Vorfall. Dieser war anfänglich selbst darüber in Verlegenheit. Denn bisher hatte man die Wirkung der Saugepumpe durch die Abneigung der Natur gegen das Leere erkläret. Nämlich man sagte, das Wasser steige in die Pumpe, weil die Luft herausgetrieben wird, und die Natur keinen leeren Raum leiden kann. Wäre dieses, so ist nicht abzusehen, warum dieser Widerwillen der Natur in einer Höhe von ohngefähr 33 Fuß aufhören sollte. Bei reifem Nachdenken entdeckte also Galilei die wahre Ursache, warum das Wasser in die Pumpe steiget, nämlich den Druck der äußeren Luft, und schloß aus dem gemeldeten Vorfalle, daß dieser Druck nicht mehr in Gleichgewicht

halten

halten kann, als eine Wassersäule von 33 Fuß. Zugleich zog er auch daraus die Folgerung, daß, da Quecksilber 14mal schwerer ist als Wasser, die Luft keine höhere Quecksilbersäule als von ohngefähr 28 Zoll in Gleichgewicht halten könne. Dieses bewog den Torricelli, einen Freund und Schüler des Galilei, einen Versuch zu machen, der noch jezt der Torricellische Versuch genannt wird, und wovon wir jezt reden wollen.

§. 6.

Man nehme eine gläserne Röhre AB (folg. Fig.) ohngefähr 32 Pariser Zoll lang. Man verpfropfe sie anfänglich unten bei B, und gieße von oben bei A, vermittelst eines sehr feinen Trichters, gereinigtes Quecksilber hinein, bis sie ganz voll ist. Nun verschließe man das obere Ende A mit einen Pfropfen und mit Siegellack, oder man verschließe es hermetisch, das heißt, man erweiche das Glas oben durch die Flamme einer stark brennenden Lampe, die man dagegen bläset, und drücke das Glas zusammen. In beiden Fällen gebe man Acht, daß keine Luft, oder so wenig als möglich, oben zwischen dem Quecksilber und dem Glase bleibe. Nun stelle man die Röhre mit ihrem unteren Ende in ein Gefäß CD, worin eine gewisse Menge Quecksilbers ED vorhanden ist, so daß das Ende B der Röhre sich zwischen der Oberfläche EF des Quecksilbers und dem Boden GD befinde. Es wird sich leicht ein Mittel erdenken lassen, um die Röhre in dieser Lage zu erhalten. Nun tauche man die Finger in das Quecksilber, und nehme den Pfropfen bei B heraus, so wird das Quecksilber in der Röhre AB sinken, zum Exempel bis bei H, so daß nur noch die Säule HI stehen bleibet. Diese Säule wird ohngefähr 28 Pariser Zoll, bald mehr, bald weniger betragen.



Daß aber diese Säule HI stehen bleibet, rühret einzig und allein von dem Drucke der Luft her. Denn man stelle sich die Röhre ABKL vor, die sich in L bis zur äußersten Gränze der Athmosphäre erstrecket, so müssen KL und IH in Gleichgewicht sein. Denn oberhalb H ist ein leerer Raum AH, der auf die Fläche H des Quecksilbers nicht drücken kann. Wäre die Säule IH von Wasser, so würde sie, wie schon gesaget, 33 Pariser Fuß hoch sein; da sie aber von Quecksilber ist, und da diese Materie

14mal

14mal schwerer ist, als Wasser, so ist sie nur 28 Zoll hoch.

Zusatz I. Wenn man die Röhre und das Gefäß in diesem Zustande eine geraume Zeit lang stehen läßt, so wird man merken, daß das Quecksilber in der Röhre bald steiget, bald fällt, so daß der Punkt H bald höher, bald niedriger ist, und dieses Steigen und Fallen beträgt oft mehrere Linien. Daraus muß man schließen, daß der Druck der Luft nicht immer einerlei ist, sondern sich beständig verändert. Deswegen hat man das Torricellische Instrument ein **Baroscopium** genannt, welches griechische Wort so viel bedeutet, als ein Mittel, wodurch man die Schwere der Luft (oder vielmehr ihren Druck) beobachten kann. Das **Barometer**, wovon wir im folgenden Hauptstücke reden werden, ist nichts anderes, als ein vollkommneres Baroscopium.

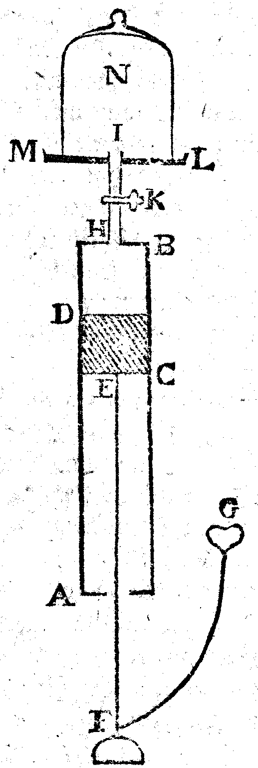
Zusatz II. Wenn man das obere Ende A des Baroscopium öfnet, so fällt die ganze Quecksilbersäule HI ins Gefäß hinunter, so daß alsdann dieses Flüssige in der Röhre und im Gefäße gleich hoch stehet. Denn in diesem Falle wird der Druck der Luftsäule LK durch den Druck einer anderen Luftsäule über H aufgehoben, und das Quecksilber fällt vermöge seiner Schwere.

Anmerkung. Die größere oder geringere Dichtigkeit der Luft trägt viel dazu bei, den Druck derselben zu verstärken oder zu schwächen. Um sich dieser Wahrheit zu versichern, hat man kein bequemeres Mittel, als die **Luftpumpe**, und aus dieser Ursache müssen wir hier von diesem Instrumente einen Begriff geben, obgleich es mehr zur Physik als zur Mathematik gehöret.

§. 7.

Die Luftpumpe ist eine Maschine, welche dazu eingerichtet ist, die Luft in einem gläsernen oder anderen luftfesten

festen Gefäße, so viel als man will, zu verdünnen. Sie wird auf verschiedene Art eingerichtet. Wir wollen hier nur eine der einfachsten Einrichtungen beschreiben.



AB ist ein vertikal gestellter kupferner oder messingener hohler Zylinder. In demselben ist ein Stempel CD, ohngefähr wie an den Wasserpumpen, welcher vermittelst eines Pumpenstockes EF auf und nieder beweget werden kann.

Um

Um ihn niederwärts zu bewegen, tritt man mit dem Fuße auf den Steigbügel F. Um den Stempel aufwärts zu bewegen, greift man mit der Hand den krummen Stab FG, der bei G einen Handgriff hat. Der Zylinder AB ist unten bei A offen. Oben bei B hat er einen Boden, und es ist eine Röhre HI darin befestiget, deren untere Oefnung in den Zylinder AB gehet. Quer durch diese Röhre gehet ein Hahn K. Dieser ist so beschaffen, daß man vermittelst desselben den Durchgang der Luft durch die Röhre HI entweder versperren oder frei lassen könne. Zu dem Ende ist er quer durchgebohret, so daß das Loch, wenn es vertikal stehet, der Luft einen freien Durchgang verstattet; wenn es aber horizontal ist, so ist es durch die Wände der Röhre verschlossen.

Zugleich ist längs dem Hahne in seiner Oberfläche eine Ritze eingegraben, welche sich unten befindet, wenn das gemeldete Loch horizontal ist. Diese Ritze ist deswegen vorhanden, daß die im Raume BD enthaltene Luft einen Ausgang finde, wenn der Stempel in die Höhe gezogen wird, ohne daß sie oberhalb des Hahnes K zurücktreten könne. Das obere Ende I der Röhre gehet durch einen runden messingenen Teller LM, welcher mit einem feuchten Leder bedecket wird, doch so, daß die Oefnung I frei bleibe, und etwas hervorrage. Auf dieses Leder wird eine gläserne Glocke N gestellet. Das Leder ist deswegen angebracht, weil die Glocke am messingenen Teller sich nicht so genau unmittelbar anschließen könnte. Es wird nicht schwer sein, ein Gestelle zu erdenken, um alle Theile der Maschine in ihrer gehörigen Lage zu erhalten. Man pfleget es dreieckigt und dreifüßig zu machen.

Will man nun die Luft aus der gläsernen Glocke N auspumpen, oder sie doch wenigstens sehr verdünnen, so drehet man den Hahn K, so daß die Ritze unten sei, und hebet den Stempel CD vermittelst des Handgriffes G.

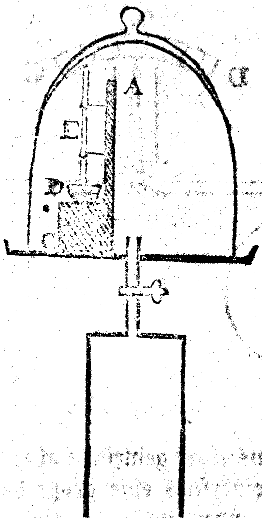
Die

Die oberhalb des Stempels vorhandene Luft gehet zischend durch die Ritze hinaus. Nun drehet man den Hahn, so daß das Loch vertikal, und die Ritze verschlossen sei. Man tritt auf den Bügel F, und ziehet also den Stempel herunter. Die Luft dehnet sich aus, und verdünnet sich im Raume ND. Nun wird der Hahn K wiederum so gedrehet, daß das Loch horizontal und die Ritze unterwärts sei. Der Stempel wird aufwärts gezogen, so daß die Luft zwischen ihm und dem Hahne, durch die Rinne hinausgehe. Dann wird die Kommunikazion zwischen der Glocke und dem Zylinder wieder eröfnet, und auf eine solche Art fähret man fort, zu pumpen. Bei jedem Stempelzuge wird die Luft in der Glocke immer dünner und dünner, bis zuletzt ein fast leerer Raum entstehet.

§. 8.

Unter den sehr verschiedenen Versuchen, die man mit der Luftpumpe anstellen kann, gehöret hier zu unserem Zwecke nur derjenige, wodurch bewiesen wird, daß eine dünnere Luft weniger als eine dichtere drücket.

Auf eine Art von kleinem Stuhl AC (folg. Fig.) stelle man ein Gefäß D mit Quecksilber, und darin eine vertikale gläserne Röhre E, die, wie im 6ten §, mit Quecksilber angefüllet, und mit dem Rücken des Stuhles verwunden ist, um daß sie in ihrer Lage bleibe. Ueberhaupt, man mache die nämliche Einrichtung, wie beim Torricellischen Versuche. Nur muß die Röhre weit kürzer sein. Man stelle diese Art von Baroscopium unter die Glocke der Luftpumpe. So lange die Luft noch ihre gewöhnliche Dichtigkeit hat, stehet das Quecksilber in der Röhre bis ganz oben, und drücket gegen das obere Ende derselben, weil diese nicht 28 Zoll lang ist, da doch die auf das im Gefäße befindliche Quecksilber drückende Luft so stark drücket, als eine 28 Zoll hohe Quecksilbersäule. Nach einigen Stempel-



pel-Zügen fängt das Quecksilber in der Röhre an zu sinken, und es sinket immer mehr und mehr, wenn man fortfähret, die Luft zu verdünnen. Zuletzt stehet es nicht mehr merklich höher, als das Quecksilber im Gefäße.

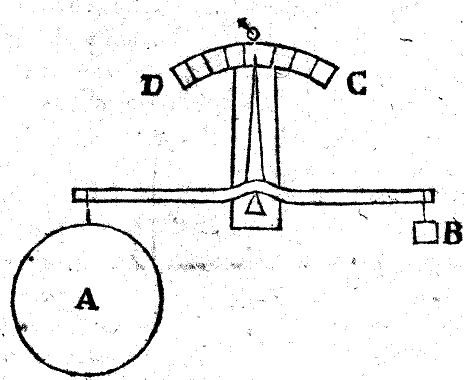
Hieraus ist demnach klar, daß der Druck der Luft allein das Quecksilber in der Röhre schwebend erhielt, und daß dieser Druck bei Verdünnung der Luft abnimmt.

§. 9.

Da eine dichtere Luft mehr drücket als eine dünnere, so hat man ein Instrument erfunden, um die Veränderung der Dichtigkeit der Luft an jedem Orte, wohin man kommen kann, zu erkennen.

(Siehe folgende Figur.)

Es



Es bestehet aus einer gemeinen aber sehr empfindlichen Waage, woran einerseits eine große hohle Kugel A von dünnem Glase, anderseits aber ein hinlängliches Gewicht B hänget. Der Körper A schwebet demnach in der Luft als in einer flüssigen Materie. Er verlieret also am Gewichte so viel, als ein gleiches Volumen der Luft beträgt. (V. H. §. 10). Wird demnach die Luft dünner, so verlieret er weniger am Gewichte, folglich wieget er mehr als vorher, und er ziehet den Waagebalken etwas herunter. Wird die Luft dichter, so verlieret er mehr, wieget also weniger, und steiget etwas samt dem Arme, woran er hänget. Um die Bewegung des Waagebalkens und des Züngleins desto besser zu beobachten, kann man oben einen Gradbogen CD anbringen.

Zusatz I. Bei diesem Instrumente ist zu beobachten, daß man die gläserne Kugel öfters abtrocknen muß, um daß sich keine feuchten Dünste daran setzen, welche ihr Gewicht vermehren würden. Ferner giebt der Gradbogen weiter nichts zu erkennen, als daß, bei gleichen Graden, am nämlichen Instrumente, eine gleiche Dichtigkeit der umge-

umgebenden Luft statt findet, und, wie diese Dichtigkeit, bald abnimmt, bald zunimmt. Die Anzahl der Grade bei einer gewissen Dichtigkeit hänget ab von der Lage des Ruhepunktes der Waage, welcher etwas oberhalb des Schwerpunktes ist. Je weiter dieser Ruhepunkt über dem Schwerpunkte ist, desto kleiner sind die Schwingungen. (Stat. IV. H. §. 10.) Hieraus siehet man zugleich, daß, wenn zwei Waagen nicht vollkommen gleich und ähnlich sind, sie bei gleicher Dichtigkeit der Luft nicht gleich viel Grade zeigen werden.

Zusatz II. Es läßt sich durch Rechnung bestimmen, um wie viel Grade das Zünglein von der Vertikal-Linie abweichen muß, wenn die Dichtigkeit der Luft so und so vielmal größer oder kleiner wird; auch wie sich diese Abweichungen bei verschiedenen Waagen verhalten. Da aber dieses Instrument wenig gebrauchet wird, so wollen wir den Anfänger mit dieser Rechnung verschonen.

Zusatz III. Anstatt den Bogen CD in Grade einzutheilen, fällt mir ein, daß man ihn besser eintheilen könnte. Man brauchet nur das Gewicht der Kugel A nach und nach durch hinzugesetzte Gewichtchen zu vermehren, z. E. um 1 Gran, 2 Gran, 3 Gran, u. s. f. und jedesmal ein Zeichen an dem Orte des Bogens CD machen, wo das Zünglein hinweiset.

Um nun auch das Gewicht der Kugel zu vermindern, brauchet man nur bei B ebenfalls allmählig 1 Gran, 2 Gran, 3 Gran, u. s. f. anzuhängen, und die Abtheilungen auf der anderen Hälfte des Bogens aufzeichnen, welche Abtheilungen mit den vorigen genau übereinstimmen werden. Ist das Instrument auf diese Art zubereitet, so wird man jedesmal sehen können, um wie viel Gran ein solches Luftvolumen, wie A, ab= oder zugenommen hat, woraus man wird schließen können, wie vielmal die

Luft dünner oder dichter geworden ist. Jedoch, da, wie gesaget, dieses Instrument bis jetzt wenig gebrauchet worden, so hat ein Anfänger nicht nöthig, sich dabei aufzuhalten.

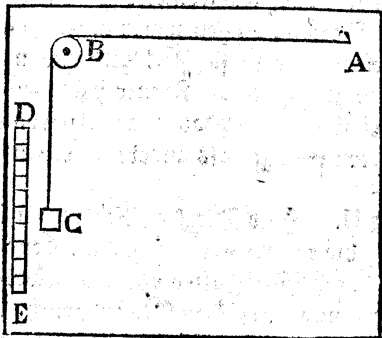
§. 10.

Bei gleicher Dichtigkeit der Luft ist eine wärmere Luft elastischer als eine kältere, und die wärmere drücket folglich mehr, indem sie sich mit stärkerem Bestreben auszudehnen suchet. Dieses siehet man an einer Blase, worin etwas Luft verhanden ist. Wird die Blase gewärmet, so drücket die verschlossene Luft weit stärker von innen nach außen, sie überwindet den Druck der äußeren Luft, und die Blase wird ausgedehnet. Folglich, wenn der Druck der athmosphärischen Luft bestimmet werden soll, so muß ihre Wärme mit in Anschlag genommen werden. Die Veränderungen der athmosphärischen Luft in Betrachtung der Wärme und Kälte werden vermittelst des Thermometers beobachtet, wovon wir im folgenden Hauptstücke reden werden.

§. 11.

Die Erfahrung lehret, daß eine feuchte Luft weniger drücket als eine trockne. Deswegen ist man auf Instrumente bedacht gewesen, woran man die größere oder geringere Feuchtigkeit der athmosphärischen Luft beobachten könne. Diese Instrumente werden auf sehr verschiedene Art verfertiget, und Hygrometer genannt. Eine jede Materie, welche die Feuchtigkeit der Luft leicht annimmt, und dadurch entweder am Gewichte zunimmt, oder sich ausdehnet, oder eine andere Veränderung leidet, kann als Hygrometer gebrauchet werden.

Eines der einfachsten Hygrometer bestehet in einer Darmsaite ABC (folg. Fig.) einige Fuß lang, die in A befestiget ist, in B über eine Rolle gehet, und bei C mit einem



einem Gewichte beschweret ist. Wenn die Feuchtigkeit eindringet, so wird der Faden länger, so daß das Gewicht C sinken muß. Wird die Luft wieder trocken, so trocknet auch der Faden, er verkürzet sich, und das Gewicht C gehet aufwärts. Wenn man eine Skala DE in kleine Theile eintheilet, so läßt sich das Steigen und Sinken des Gewichtes um desto besser bestimmen. Um gewisse unveränderliche Punkte zu bekommen, merke man denjenigen, wo das Gewicht stehet, wenn die Darmsaite ganz naß ist, nachdem sie ins Wasser getauchet worden. Man merke auch den Punkt, wo das Gewicht stehet, wenn die Darmsaite, so viel als möglich, am Feuer getrocknet worden. Den Raum zwischen diesen beiden Punkten kann man nun in eine gewisse Anzahl gleicher Theile eintheilen.

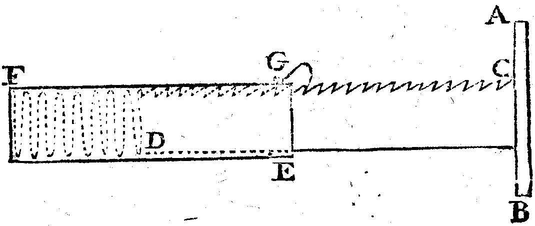
Anstatt einer Darmsaite kann man auch einen dünnen Bindfaden, oder gar ein Menschenhaar gebrauchen. Dieses leztere giebt ein sehr empfindliches Hygrometer; denn es nimmt die Feuchtigkeit nicht nur leicht an, sondern läßt sie auch bald wieder fahren. Hierauf ist des Herrn Desaussüre Hygrometer gegründet.

Anmerkung I. Alle Hygrometer haben diesen Fehler, daß sie die Veränderungen später anzeigen als sie in der Luft geschehen, indem sie Zeit gebrauchen, um feucht oder trocken zu werden. Ferner verlieren sie mit der Zeit ihre Reizbarkeit. Das Haar-Hygrometer scheinet diesen Fehlern weniger als andere unterworfen zu sein.

Anmerkung II. Herr Direktor Achard hat in einer Abhandlung, die er, im vorigen Jahre, der Berlinischen Akademie der Wissenschaften vorlas, bewiesen, daß die Hygrometer nur diejenigen Wassertheilchen annehmen, die mit der Luft bloß vermischet sind, oder sich von derselben absondern, nicht aber diejenigen, die in der Luft wirklich dissolviret, und mit derselben innigst verbunden sind. Sie geben demnach zu erkennen, nicht wie viel Feuchtigkeit jezt in der Luft vorhanden ist, sondern wie viel sie jezt fahren läßt.

§. 12.

Der Druck der Luft hänget noch ab von ihrer Ruhe oder Bewegung. Denn die Erfahrung lehret, daß, bei windiger Luft, das Baroscopium niedriger zu stehen pfleget, als wenn es still ist, woraus man folgern muß, daß die athmosphärische Luft stärker drücket, wenn sie ruhig ist, als wenn sie sich in horizontaler oder beinahe horizontaler Richtung fort beweget. Deswegen hat man auch Instrumente erfunden, um die Kraft des Windes zu bestimmen. Auch hat man bemerket, daß an jedem Orte bei gleicher Stärke des Windes, der Druck der Luft mehr oder weniger vermindert wird, je nachdem der Wind aus einer oder der anderen Weltgegend wehet. Folglich ist man darauf bedacht gewesen, auch die jedesmalige Richtung des Windes zu bestimmen. Solche Instrumente, die entweder die Stärke oder die Richtung des Windes bestimmen, werden überhaupt Anemometer genannt. Um die Stärke des Windes zu messen, kann folgendes Instrument dienen.

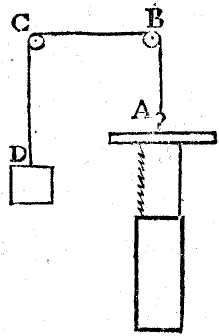


AB ist ein Brett von der Größe eines Quadratfußes, wovon aber in der Zeichnung nur der Rand gesehen wird. An demselben ist ein viereckigter Stab CD befestiget, dessen eine Seite zackigt ist. EF ist eine Büchse, worin der Stab, ohne viele Reibung, hineingehen kann. In DF ist eine schraubenförmige Stahlfeder, die sich am Boden der Büchse und am Ende des Stabes stützet. G ist ein Haken, der an der Büchse befestiget ist, und in die Zacken des Stabes greifet, um zu verhindern, daß der Stab, wenn er in die Büchse eingedrungen ist, nicht zurückweiche.

Um dieses Instrument zu gebrauchen, stelle man es so, daß das Brett gerade gegen den Wind gekehret sei, so wird der Wind den Stab in die Büchse hineintreiben, und die Stahlfeder DF zusammendrücken. Der Haken G wird, bei abnehmender Kraft des Windes, den Stab zurückhalten, um daß man Zeit habe, genau zu beobachten, wie weit der Stab eingedrungen ist. Machet man nun Versuche zu verschiedenen Zeiten, so läßt sich angeben, welcher

Wind stärker oder schwächer gewesen ist, je nachdem mehr oder weniger Zacken in die Büchse gegangen sind.

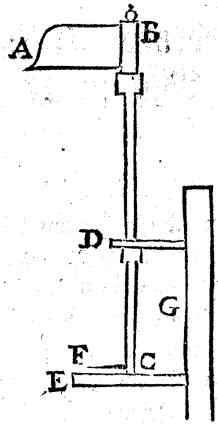
Will man die Stärke des Windes genauer bestimmen, so stelle man das Instrument vertikal, die Büchse unten und das Brett oben. Man binde einen Faden ABCD an



das Brett, leite ihn über zwei Rollen B und C, und hänge daran das Gewicht D, welches dem Gewichte des Brettes und des Stabes gleich sei. Man lege allmählig auf das Brett verschiedene Gewichte nach der natürlichen Ordnung der Zahlen, 1, 2, 3, 4, 5, u. s. f. Man bezeichne und numerire jedesmal die Stelle des Stabes, die sich nächst an der Büchse befindet. Wird nun der Faden abgenommen, und das Instrument wie gewöhnlich gebrauchet, so läßt sich die Kraft des Windes mit der Schwere vergleichen. Noch ist zu bemerken, daß der Wind nicht nur den Widerstand der Stahlfeder, sondern auch eine beträchtliche Reibung des Stabes gegen die inneren Wände der Büchse zu überwinden hat. Diese Reibung

bung könnte sehr vermindert werden, wenn man den Stab zwischen Rollen gehen ließe.

Um die Richtung des Windes zu bestimmen, errichte man eine Stange CB mit einem Wetterhahn AB neben einer Mauer oder einem Pfosten G. Die Stange gehet durch



einen horizontalen Balken D, und drehet sich in einem Loche, welches in einem anderen horizontalen Balken E eingegraben ist. Unten ist an der Stange ein Zeiger F in der Richtung des Wetterhahnes befestiget. Unter diesem Zeiger wird auf dem Balken E ein Zifferblatt angebracht, worauf die Nahmen der Winde, nach den verschiedenen Weltgegenden aufgeschrieben sind. Die Wirkung dieses Instruments ist klar genug, und bedarf keiner Erläuterung.

Siebentes Hauptstück.

Von verschiedenen Thermometern und Barometern.

§. 1.

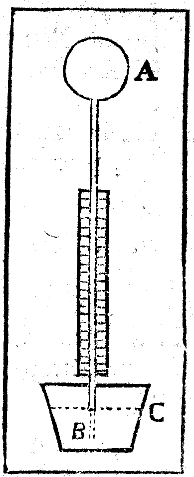
Das Barometer ist ein Instrument, welches dazu eingerichtet ist, die Veränderung des Druckes der Luft zu bestimmen, so daß man nicht nur im Stande sei, zu behaupten, die Luft drücke jezt mehr oder weniger als vorher, sondern auch, um wie viel oder wie vielmal ihr Druck vermehret sei. Das Barometer ist demnach von dem oben (VI. Hauptst. §. 6) beschriebenen Baroscopium etwas verschieden, als welches bloß eine Zunahme oder Abnahme des Druckes der Luft anzeiget, ohne das Wieviel anzugeben.

Das Barometer gehöret recht eigentlich zur Lehre vom Gleichgewichte flüssiger Materien, welche in diesem Werke abgehandelt wird, und dieses Instrument verdienet hier eine besondere und genaue Betrachtung. Das Thermometer hingegen, oder das Instrument, welches die Veränderung der Luft in Betracht der Wärme und Kälte, bestimmet, scheinet nicht mit der Hydrostatik in so genauer Verbindung zu stehen. Jedoch, wenn man bedenket, daß Wärme und Kälte auch auf das Barometer einen merklichen Einfluß haben, und daß dieses kaum ohne Zuziehung des Thermometers gebrauchet werden kann, so wird es den

den Leser nicht befremden, daß wir auch dieses Instrument hier betrachten, und sogar dessen Beschreibung voran schicken, um dann die Wirkung der Wärme und Kälte bei dem Barometer desto genauer in Anschlag bringen zu können.

§. 2.

Der Erfinder des Thermometers soll ein Nordholländischer Landmann, Nahmens Drebbel, gewesen sein, der im Anfange des 17ten Jahrhunderts lebte. Die Verfertigung seines Thermometers war folgende.



Die gläserne Röhre AB, welche sich oben in eine hohle Kugel endigte, wurde, so wie sie war, voll athmosphärischer Luft, mit dem dünnen Ende in Wasser oder eine andere Flüssigkeit getauchet, die in einem Gefäße C enthalten war. Nun wurde die Kugel A mit der Hand umfasset, und dadurch die inwendige Luft erwärmet und elastischer gemacht, so daß sie bei B durch das Flüssige in Blasen hinausging. Hierauf ließ man die Kugel sammt der Röhre wieder erkalten. So mußte die innere Luft sich wiederum zusammenziehen, und an Schnellkraft abnehmen. Folglich hielt sie mit der äußeren auf das Flüssige drückenden Luft nicht mehr das Gleichgewicht, und ein Theil des Flüssigen wurde in die Röhre hinaufgetrieben, wo es stehen blieb. Wurde nun die äußere Luft wärmer, so erwärmte sie auch das Glas sammt der verschlossenen Luft: diese dehnte sich aus und trieb das Flüssige weiter herunter. Bei kälterer Luft hingegen mußte, aus der entgegengesetzten Ursache, das Flüssige steigen. Drebbel pflegte die Röhre sammt dem Gefäße an einem Brette zu befestigen, auf welchem er Grade oder Abtheilungen anbrachte, die ihn im Stand setzen sollten, zu beurtheilen, wenn der nämliche Grad der Wärme oder Kälte in der Athmosphäre wieder einträfe.

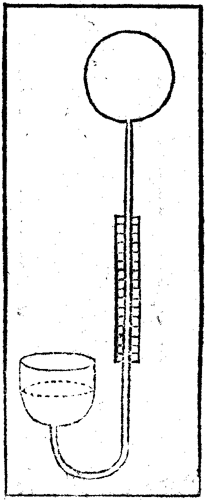
Die Unvollständigkeit dieses ersten Versuches ist leicht einzusehen. Denn das Drebbelsche Thermometer thut zugleich die Wirkung eines Barometers, ohne daß man beide Wirkungen unterscheiden könne, indem die athmosphärische Luft auch durch ihren veränderlichen Druck auf das Flüssige im Gefäße zum Steigen oder Fallen des Flüssigen in der Röhre beiträgt.

§. 3.

Ein ähnliches Thermometer pflegte der Arzt Sanktorius in Italien zu gebrauchen, um die Hitze und Kälte bei den Kranken zu beurtheilen. Nur war die Röhre unten gekrümmt, und aus einem Stücke mit dem Gefäße, wie in beigefügter Figur, und anstatt des Wassers bediente er

sich

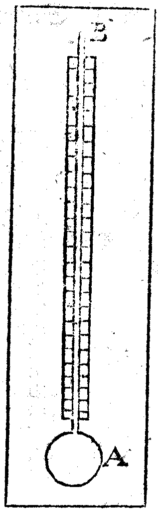
sich der aqua secunda oder des schon genutzten Scheidewassers, welches man bei den Silberarbeitern findet.



Das Sanktorische Thermometer mußte dem nämlichen Fehler unterworfen sein, wie das Drebbelsche.

§. 4.

Bald nachher verfertigten die Mitglieder der Academia del Cimento in Florenz eine bessere Art Thermometer. Sie füllten eine Röhre AB (folg. Fig.), die sich unten in einer hohlen Kugel endigte, mit gefärbtem Weingeist, bis ohngefähr zum vierten Theile der Röhre. Hierauf wärmten sie am Feuer, oder in heißem Wasser, die Kugel sammt der Röhre, so daß der Weingeist bis oben stieg. Alsdann wurde



wurde das obere Ende der Röhre hermetisch verschlossen (VI. §. 6), das gläserne Instrument an einem Brette befestiget, und auf diesem Grade oder Abtheilungen gezeichnet.

Da keine oder fast keine Luft im Glase geblieben war, so konnte diese auf den Weingeist nicht wirken, sondern bloß die Wärme oder Kälte der Athmosphäre wirkte auf ihn. Die Wärme hat die Eigenschaft, daß sie fast alle, sowohl feste als flüssige Materien, ausdehnet, da sie hingegen von der Kälte zusammengezogen und verdicket werden. Folglich mußte bei wärmerer Witterung der Weingeist mehr Plaz einnehmen und steigen, bei kälterer aber sich einziehen und fallen. Die Kennzeichen der Wärme und Kälte waren demnach bei diesem Thermometer denen bei

bei dem Drebbelschen und Sanktorischen gerade entgegengesetzet.

Um die Eintheilung der Grade festzusetzen, scheinet es, daß die damaligen Florentinischen Gelehrten schon von den beiden Punkten Gebrauch machten, wo der Weingeist stehet, wenn man die Kugel mit Schnee oder geschabtem Eise umgiebet, und wenn man sie in siedendes Wasser stellet. Diese beiden Punkte sind ziemlich bestimmt und unveränderlich, indem ein Eis, wenn es eben anfängt zu entstehen, ohngefähr so kalt ist als das andere, und ein siedendes Wasser so heiß als das andere. Wenn diese beiden Punkte auf der Skala bemerket sind, so brauchet man nur den Zwischenraum in eine beliebige Anzahl gleicher Theile zu theilen, und noch dergleichen Theile unter und über die gedachten beiden Punkte anzubringen, um die Zunahme und Abnahme der Wärme zu beobachten.

Dieses Florentinische Thermometer ist von dem Mangel des Drebbelschen ganz frei, indem der Druck der Athmosphäre darauf keine Wirkung hat. Nur hat man bemerket, daß der gefärbte Weingeist mit der Zeit theils seine Farbe verlieret, und in der gläsernen Röhre beinahe unsichtbar wird, theils auch träger wird, und sich nicht mehr so viel ausdehnet als vorher, da dann die Abtheilungen der Skala nicht mehr die nämlichen Grade der Wärme bezeichnen. Jedoch wird das Florentinische Thermometer noch hier und dort gebrauchet, und die meisten neueren Thermometer sind im Grunde nur Verbesserungen desselben.

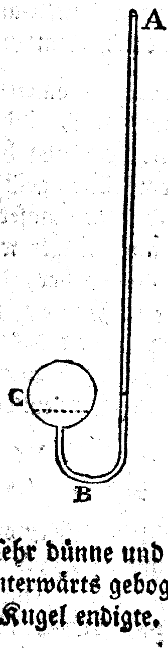
§. 5.

Newton verfertigte sein Thermometer auf folgende Art. Er behielt die äußere Gestalt und Einrichtung des Florentinischen, gebrauchte aber Leinöl anstatt des Weingeistes. Er bestimmte zwei feste Punkte, den des schmelzenden Schnees, und den der natürlichen Wärme des menschlichen Körpers. Den Zwischenraum theilte er in 12 gleiche Theile, welches die Größe der Grade bestimmte, die er vom Gefrierpunkte an, auf- und niederwärts auf der Skala zeichnete.

Dieses Thermometer hatte den großen Fehler, daß die Wärme des menschlichen Körpers veränderlich und unbestimmt ist.

§. 6.

Amontons gerieth auf den glücklichen Einfall, Quecksilber anstatt des Weingeistes oder anderer dergleichen Flüssigkeiten zu gebrauchen, und auf den unglücklichen, das alte Drebbelsche Thermometer umzukehren.



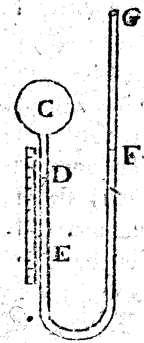
Er nahm eine sehr dünne und 47 Zoll lange gläserne Röhre ABC, die unterwärts gebogen war, und sich bei C in eine verschlossene Kugel endigte. Oben bei A blieb die

Röhre offen. Durch das offene Ende A goß er Quecksilber in die Röhre, wodurch die Luft in der Kugel C zusammengedrücket wurde. Es ist leicht zu begreifen, daß diese in der Kugel enthaltene Luft sich bei warmer Witterung ausdehnte, und das Quecksilber in der Röhre in die Höhe trieb, bei kalter Witterung aber sich zusammenzog, wodurch das Quecksilber wiederum fallen mußte. Um eine Skala zu bekommen, stellete er sein Thermometer in siedendes Wasser, und merkte den Punkt, bis wo das Quecksilber stieg. Von da an theilte er seine Skala in Zolle und Linien, theils über den Siedepunkt, theils unterhalb desselben. Die Mängel dieses Thermometers fallen leicht in die Augen. Die Eintheilung in Zolle und Linien konnte keine zustimmende Thermometer geben, indem es hier bloß auf die Größe der Kugel, Weite der Röhre und Quantität des eingegossenen Quecksilbers ankam. Die Länge des Instruments machte dessen Gebrauch unbequem; die doppelte Ausdehnung der verschlossenen Luft und des Quecksilbers verursachte, daß die von jeder Wärme verursachten Höhen desto schwerer zu bestimmen waren. Der Druck der äußeren Luft, die oberwärts einen Zugang hatte, war Schuld, daß sich an diesem Instrumente die Wirkungen des Barometers mit denen des Thermometers vermischten. Amontons sahe bald selbst die Unbequemlichkeit seiner Erfindung ein, und beschäftigte sich zuletzt mit der Verbesserung der Skala des Florentinischen Thermometers.

§. 7.

Nüguet wollte das Amontonssche Thermometer verbessern. Die Kugel C (folg. Fig.) nebst einem Theile CD der Röhre war ebenfalls voll athmosphärischer Luft. Von D bis E war Weingeist, von E bis F Quecksilber, von F bis G ein beinahe luftleerer Raum, und bei G war die Röhre verschlossen. Um diese verschiedene Flüssigkeiten hinein

zu



zu bringen, hatte er seine Röhre aus vier Stücken zusammengesetzet, die in einander gefüget waren. Das Quecksilber FE drückte den Weingeist ED in die Höhe und preßte die Luft DC etwas zusammen. So wie aber diese durch die Wärme und Kälte ihr Volumen verändert, so mußte der Weingeist bei D neben einer Skala steigen oder fallen. Dieses Thermometer hatte vor dem Amontonschen den Vorzug, daß die äußere Luft keinen Druck darin ausüben konnte; hingegen behielt es alle übrigen Fehler desselben, und hatte noch den, der von der Ausdehnung des Weingeistes herrührte.

§. 8.

Fahrenheits Thermometer ist, dem äußeren nach, dem Florentinischen ähnlich. Es ist eine gerade gläserne Röhre, die sich unten in eine Kugel oder einen Zylinder endiget, oben ist sie verschlossen und luftleer, und der übrige Theil der Röhre sammt der Kugel ist mit Quecksilber angefüllet. Fahrenheit bestimmte, wie gewöhnlich, den Punkt des siedenden Wassers, und bezeichnete ihn mit

212. Den anderen festen Punkt bezeichnete er mit 0, und erhielt ihn, indem er Sal ammoniacum mit Schnee zu gleichen Theilen vermischte und das Glas darin stellete. Diese Vermischung giebt eine weit stärkere Kälte als die des gefrierenden Wassers oder des schmelzenden Eises. Den Zwischenraum theilte er in 212 gleiche Theile. Diese Eintheilung rührte daher, weil er beobachtet hatte, daß, wenn man sich das Volumen des Merkurs bei seinem künstlichen Gefrierpunkte in 11124 gleiche Theile getheilet, vorstellet, es sich bis zum Siedepunkte um 212 solche Theile vergrößert, so daß es 11336 ausmachet. Bei diesem Thermometer ist der 32ste Grad der Gefrierpunkt des Wassers.

Dieses Thermometer ist noch jetzt in Deutschland und Holland gebräuchlich, und hat vor allen vorhergehenden beträchtliche Vorzüge.

§. 9.

De l'Isle machte Thermometer von Weingeist, wo das siedende Wasser den einen festen Punkt bestimmte; den anderen fand er in der Temperatur der Keller unter der Pariser Sternwarte, welche immer einerlei Wärme haben. Den Zwischenraum theilte er in 100 gleiche Theile, von oben an gerechnet, und unter dem zweiten Punkte setzte er die Skala in gleichen Theilen bis an die Kugel fort. Der unterste feste Punkt beträgt ohngefähr 10 Grad über 0 am Reaumürschen Thermometer, wovon weiter unten geredet werden soll.

Auch verfertigte de l'Isle Thermometer, wo bloß der Punkt des siedenden Wassers durch einen Versuch gefunden wurde. Die übrigen Abtheilungen zeigten gewisse gleiche Theile des ganzen Volumens des Quecksilbers an, nämlich um wie viel Hunderttausendtheile, z. E. der Raum, den das Quecksilber anfüllet, abnimmt oder zunimmt.

Das erste dieser beiden Thermometer kann nicht außerhalb Paris gemacht werden, indem sich schwerlich an einem anderen Orte solche tiefe und vor der äußeren Luft so wohl verwahrte Keller finden werden. Das zweite wäre recht gut, wenn nur der Punkt des siedenden Wassers recht genau zu erhalten wäre; denn man hat gemerket, daß der Zustand der Athmosphäre, hauptsächlich ihr Druck, sehr viel dazu beiträgt, daß das siedende Wasser mehr oder weniger Hitze erhalte.

§. 10.

Reaumür, dessen Thermometer jetzt häufig im Gange sind, gebrauchte gefärbten Weingeist. Er bestimmte vor allen Dingen den Punkt, wo das Flüssige in der Glasröhre stehet, wenn geschabtes Eis zu schmelzen anfängt, und fand durch viele Versuche, daß dieser Grad der Kälte immer einerlei ist. Das Volumen des Quecksilbers, so wie es im schmelzenden Eise war, theilte er in 1000 Theile, und richtete seine Skala so ein, daß jeder Grad den tausendten Theil des gedachten Volumens anzeigte, sowohl oberhalb als unterhalb des Gefrierpunktes. Also, beim wahren Reaumürschen Thermometer, wenn man saget, er stehe z. E. 7 Grad über oder unter dem Gefrierpunkte, so heißt dieses eigentlich, das Volumen des Weingeistes im schmelzenden Eise sei jetzt um $\frac{7}{1000}$ vergrößert oder verkleinert. Er fand, daß gemeiniglich 80 solche Grade oberhalb des Gefrierpunktes die Hitze des siedenden Wassers anzeigen.

Der Gebrauch des Weingeistes hat einige Unbequemlichkeiten. Er verliert, wie schon gesaget, seine Farbe, und wird mit der Zeit im Glase beinahe unsichtbar, wenn man nicht oben etwas Luft läßt. Auch ist die wahre Reaumürsche Skala schwer abzutheilen. Aus diesen Gründen pfleget man heut zu Tage Thermometer zu verfertigen, die

die auch Reaumürsche genannt werden, ob sie gleich mit den wahren weiter nichts gemein haben als die Zahl 80. Nämlich man gebrauchet wohl gereinigtes Quecksilber anstatt des Weingeistes, und machet den oberen Raum ganz luftleer. Man suchet den Punkt des schmelzenden Eises und des siedenden Wassers, welcher letztere, obgleich nicht vollkommen, doch ziemlich unveränderlich ist. Den Zwischenraum theilet man, ohne viel Umstände, in 80 gleiche Theile, die man von unten nach oben numeriret. Unterhalb des Gefrierpunktes trägt man bis zur Kugel auf der Skala eben solche jenen gleiche Theile, die von oben herab numeriret werden. Der Gefrierpunkt selbst ist mit 0 bezeichnet, so daß man jedesmal bei der Anzahl der Grade hinzufügen muß, ob sie über oder unter Null sind.

§. 11.

Da heut zu Tage das eben jetzt beschriebene sogenannte Reaumürsche und das Fahrenheitsche Thermometer, beide in Deutschland gangbar sind, so wird es nicht überflüssig sein, zu zeigen, wie man die Grade des einen in die Grade des anderen verwandeln kann. Der Fahrenheitsche Gefrierpunkt des Wassers ist 32, und der Punkt des siedenden Wassers ist 212, also sind zwischen beiden Punkten $212 - 32 = 180$ Grade, welche so viel betragen als die 80 Grade Reaumürs von 0 bis 80. Folglich machen 80 Reaumürsche Grade 180 Fahrenheitsche, oder 8 machen 18, oder 4 machen 9. Vermittelst dieses Verhältnisses ist die Verwandlung gar leicht. Z. E. Wie stehet das Fahrenheitsche Thermometer, wenn das Reaumürsche 15 Grad über den Gefrierpunkt zeiget?

4 Grad Reaum. geben 9 Grad Fahrenh.
was 15 Grad Reaum.?

4) 135 | $33\frac{3}{4}$ Grad Fahrenh.

Da aber die 15 Reaumürsche Grade von da an gerechnet werden, wo Fahrenheit schon 32 zählet, so muß man addiren

$$\begin{array}{r} 32 \\ \underline{33\frac{3}{4}} \\ 65\frac{3}{4} \end{array}$$ Grad Fahrenh.

So viel Fahrenheitsche Grade zeigen demnach die nämliche Wärme an, als 15 Reaumürsche über den Gefrierpunkt.

Gesetzt, das Fahrenheitsche Thermometer zeige 13 Grade unter Null, wie wird das Reaumürsche stehen? Zu diesen 13 addire man 32, weil bei dem Fahrenheitschen 32, das Reaumürsche Null befindlich ist; giebt 45.

9 Grad Fahrenh. machen 4 Grad Reaum.
was 45 Grad Fahrenheit?

Antw. 20 Grad Reaum. unter Null.

Auf eine ähnliche Art kann man bei jedem Falle die Rechnung anstellen. Noch bequemer ist es, wenn man ein Thermometer mit einer doppelten, einerseits Fahrenheitschen und anderseits Reaumürschen Skala hat.

§. 12.

Außer den bis jetzt erklärten Thermometern giebt es noch verschiedene andere, die hier oder dort in Gebrauch gewesen sind oder noch sind. Z. E. das ehemalige Thermometer der königlichen Gesellschaft der Wissenschaften in London, welches Hauksbee erfand, zählte 150 Grad von der größten Hitze in England bis zur größten Kälte daselbst. Man siehet, daß diese Punkte sehr unbestimmt sind. Hales verfertigte sein Thermometer so, daß er 100 Grade zählte, vom

vom Gefrierpunkte des Wassers bis so zu sagen zum Gefrierpunkte des Wachses. Denn er ließ Wachs in warmen Wasser zergehen, und merkte den Zeitpunkt, wo das Wachs wieder anfing zu gerinnen. Das Edimburgsche Thermometer ist in Zolle und Zehntheile von Zollen eingetheilet; man weis aber nicht, wo der Erfinder seinen Nullpunkt hergenommen hat; bei schmelzendem Schnee zeiget es $8\frac{2}{10}$, und bei der Wärme des menschlichen Körpers $22\frac{1}{10}$. Das Londonsche oder Lyonische Thermometer zählet 100 Grad vom gefrierenden bis zum siedenden Wasser. Johann Patrice zählte 25 Grad von der Hitze unter dem Aequator bis zur temperirten Luft: zwei ganz ungewisse Bestimmungen. Alle diese Thermometer waren mit Weingeist angefüllet. Mehrere will ich nicht anführen. Man siehet, wie viel Mühe sich die Gelehrten gegeben haben, um solche bestimmte Punkte und Abtheilungen zu finden, wornach man harmonirende oder korrespondirende Thermometer verfertigen könne, das heißt, solche, die alle bei einerlei Wärme oder Kälte auch denselben Grad zeigen.

§. 13.

Wir schreiten jezt zum Barometer, und man wird sehen, daß es eben so viel Veränderungen gelitten hat, als das Thermometer.

§. 14.

Für das älteste Barometer kann man das Torricellische Baroscopium halten, wovon schon im vorigen Hauptstücke geredet worden, und woran nur noch die Skala fehlte. Um diese zu erhalten, mache man die Einrichtung genau, wie sie oben (VI. H. §. 6) beschrieben worden; nämlich, man stelle die gläserne Röhre BE (folg. Fig.) welche ohngefähr 32 Zoll lang ist, in ein etwas breites Gefäß, worin Quecksilber bis bei A enthalten ist. Man befestige

sowohl die Röhre als auch das Gefäß an einem Brette, welches unten ein Loch haben muß, worin der hintere Theil des Gefäßes hineingehe. Von der Oberfläche A des Quecksilbers im Gefäße bis D messe man 26 Pariser Zoll, und von D bis C noch 4 Zoll, so daß AC 30 Zoll betrage. Den Raum DC theile man in 4 Zolle, und jeden dieser in 12 Linien, so ist die Skala fertig. Wird dieses Instrument in vertikaler Lage irgendwo angehänget, so stehet die Oberfläche des Quecksilbers in der Röhre meistens in der Gegend FG, wo der 28ste Zoll aufhöret; jedoch wird es bald höher, bald niedriger sein; die Erfahrung lehret aber, daß es nicht die Gränzen der vier eingetheilten Zolle zu überschreiten pfleget.

Da

Da der Druck der Luft bei A allein die Quecksilbersäule in der Röhre aufrecht hält, so läßt sich demnach die Veränderung dieses Druckes nicht nur wie beim bloßen Baroscopium bemerken, sondern auch genau bestimmen, indem man z. E. sagen kann, heut beträgt der Druck der Luft so viel, als das Gewicht einer Quecksilbersäule von 27 Zoll 10 Linien, u. s. f. Hierbei verstehet sich, daß diese Vergleichung auch gleiche gedrückte Flächen voraussetzet, z. E. die Luft drückt heut eine Fläche von 1 Quadratfuß eben so stark, als wenn diese Fläche horizontal wäre, und darüber ein Prisma von Quecksilber von 27 Zoll 10 Linien errichtet würde. Denn obgleich die Luft auf die ganze Oberfläche des Quecksilbers um A herum drücket, so ist doch aus allem vorhergehenden bekannt, daß hier nur ein solcher Theil der Fläche in Betrachtung kömmt, der so groß ist als die Oefnung der Röhre bei E (V. H. §. 9).

Der gewöhnlichste Gebrauch des Barometers bestehet darin, daß er die Veränderungen des Wetters, in sofern sie mit dem Drucke der Luft in Verbindung stehen, einigermaaßen vorher ankündiget, indem solche Veränderungen nicht plötzlich geschehen, sondern schon 24 Stunden, auch wohl länger vorher vorbereitet werden. Man bemerket überhaupt, daß bei herannahendem schlechten Wetter, als Wind, Regen, u. s. f. der Druck der Luft abnimmt, und also das Barometer fällt, vermuthlich, weil alsdann die Luft einen Theil ihrer Elastizität verlieret. Hingegen, wenn das Quecksilber steiget, so ist schönes Wetter, reine Luft und ein heller Himmel, und im Winter zugleich eine trockne Kälte zu erwarten, weil alsdann die Schnellkraft der Luft zunimmt, und sie folglich stärker drücket. Nicht nur die Schnellkraft der Luft, sondern auch ihre Schwere hat auf die Veränderung des Barometers einen Einfluß. Diese Schwere hänget in jedem Augenblicke von den dichteren oder dünneren Ausdünstungen ab, womit die Luft ange-

angefüllet ist, auch von der Höhe der Athmosphäre selbst, indem man z. E. auf Bergen weniger Luft über sich hat, die also auch weniger auf das Quecksilber drücket, so daß es in der Röhre niedriger stehen muß. Es läßt sich überhaupt nicht genau bestimmen, welchen Antheil jedesmal sowohl die Schnellkraft als auch die Schwere der Luft an den Veränderungen des Barometer-Standes haben. Herr de Lüc behauptet sogar, daß die Schnellkraft hierbei gar nichts thut, sondern nur die Schwere allein. Dieses Instrument zeiget im Grunde weiter nichts als wie stark die Luft drücket, am Orte wo man ist, und in der Zeit da man beobachtet.

Bei der beschriebenen Einrichtung des Barometers findet sich diese Schwierigkeit, daß der Punkt A, von wo an die Zolle bis D und C gerechnet werden, selbst veränderlich ist. Denn wenn das Quecksilber in der Röhre steiget oder fällt, so muß es sich hingegen im Gefäße etwas erniedrigen oder erhöhen. Indessen kann dieses keinen merklichen Irrthum verursachen, wenn nur das Gefäß breit genug ist. Gesetzt, das zylindrische Gefäß habe einen 10mal größeren Durchmesser als die Röhre inwendig hat. Gesetzt ferner, das Quecksilber falle in der Röhre um 3 ganze Zolle, das ist 36 Linien, so fehlet in der Röhre ein Zylinder Quecksilbers von 36 Linien, und dieses Quecksilber verwandelt sich im Gefäße in einen anderen Zylinder gleichen Inhalts, der aber 10mal mehr Durchmesser hat. Nun verhalten sich die Höhen gleicher Zylinder umgekehrt wie die Grundflächen, das heißt, umgekehrt wie die Quadrate der Durchmesser, also umgekehrt wie 1 zu 100, oder gerade wie 100 zu 1. Also fällt das Quecksilber in der Röhre 100mal mehr als es im Gefäße steigt; da es aber in der Röhre um 36 Linien fiel, so muß es im Gefäße um $\frac{36}{100}$ einer Linie, das ist, nicht einmal um $\frac{2}{5}$ einer Linie, steigen. Der Kürze halben haben wir den Raum, den die

die Röhre selbst im Gefäße einnimmt, nicht in Anschlag genommen; wir sehen aber doch überhaupt, daß das Steigen und Fallen des Quecksilbers im Gefäße auch bei den größten der gewöhnlichen Veränderungen des Barometerstandes nur sehr wenig beträgt. Man kann also, ohne einen merklichen Irrthum zu begehen, den Punkt A so nehmen, wie er in dem Augenblicke ist, wo man die Skala verfertigen will, hauptsächlich, wenn man durch eine vorläufige Ausmessung von A bis zur Gegend FG, wo das Quecksilber in der Röhre stehet, schon merken kann, daß der Druck der Luft eben jezt weder außerordentlich stark noch außerordentlich schwach ist.

Eine andere Unbequemlichkeit des beschriebenen Barometers, und überhaupt aller Barometer, bestehet darin, daß Wärme und Kälte darauf wirken. Bei wärmerer oder kälterer Luft wird das Quecksilber, wie im Thermometer, dünner oder dichter. Wird es z. E. dünner, so dehnet es sich aus, und hat alsdann weniger spezifische Schwere, folglich ist eine höhere Säule in der Röhre nöthig, um dem Drucke der äußeren Luft das Gleichgewicht zu halten, wenn sich auch der Druck dieser äußeren Luft nicht geändert hat. Indessen, da an bestimmen kann, wie viel diese Ausdehnung oder Einschrümpfung des Quecksilbers bei jedem Grade der Wärme und Kälte beträgt, so läßt sich dieses Quantum zu- oder abrechnen, wie wir in der Folge sehen werden.

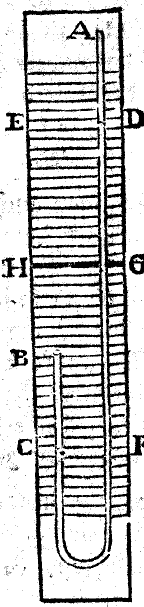
Wenn man das Barometer bloß als einen Wetterpropheten gebrauchen will, so ist es gar nicht nöthig, auf alle diese Neben-Umstände zu sehen. Man beobachtet nur überhaupt, ob das Quecksilber niedriger oder höher stehet, als vorher. Denn man hat nicht gefunden, daß mit jeder Barometerhöhe eine bestimmte Veränderung des Wetters bevorstehe, sondern nur, daß das Fallen meistens schlechteres und das Steigen meistens besseres Wetter verkündige;

und auch hierbei giebt es sehr viele Ausnahmen. Das Barometer trügt eigentlich niemals, denn es zeiget weiter nichts als den gegenwärtigen Druck der Luft; man irret aber sehr oft, wenn man daraus auf das bevorstehende Wetter schließet. Hieraus kann man zugleich folgern, wie wenig man sich auf die, der Skala meistens beigefügten Wörter, schön Wetter, schlecht Wetter, Regen, Wind, u. s. f. verlassen kann. Das beste ist, daß man sich mit einem kleinen Zeiger begnüge, der sich auf und nieder schieben läßt, und den man auf den jetzigen Grad der Barometerhöhe stellet, um desto besser zu beobachten, ob das Quecksilber fallen oder steigen wird.

Noch ist zu erinnern, daß die papiernen gedruckten Skalen meistens unrichtig abgetheilet, und nicht in gehöriger Entfernung vom Gefäße sind. Man muß ein gekauftes Barometer selbst ausmessen, wenn man es zu etwas genauen Beobachtungen gebrauchen will.

§. 15.

Kurz nach der Torricellischen Erfindung veränderte man das Baroscopium dahin, daß man das Gefäß wegließ und nur die Röhre unten umbog. Sie war also bei A (folg. Fig.) verschlossen und luftleer, hingegen bei B offen, so daß die athmosphärische Luft durch B auf die Oberfläche C des Quecksilbers drückte, und die Quecksilbersäule FD von ohngefähr 28 Pariser Zoll, bald mehr bald weniger, in Gleichgewicht hielt. Diese Einrichtung gerieth lange Zeit in Vergessenheit, ob sie gleich eine von den besten ist, bis sie Herr de Lüc, vor mehreren Jahren, wieder ans Tages Licht brachte, eine Skala darzu verfertigte, und ein wahres Barometer daraus machte. Er nahm einen willkührlichen Nullpunkt in der Gegend GH zwischen beiden Enden der Röhre, und numerirte von da an die Zolle und Linien sowohl aufwärts als niederwärts. Um



Um nun den Barometerstand anzugeben, wenn z. E. das Quecksilber sich in D und C endiget, muß man die Längen GD oder HE, und GF oder HC addiren, um die Höhe der Säule DF zu bekommen.

Dieses Addiren ist etwas unbequem. Hingegen hat dieses Barometer den Vorzug, daß das Steigen und Fallen unten bei C mit in Rechnung genommen wird, welches bei der vorigen Art mit einem Gefäße nicht statt findet. Es kann vorzüglich gebrauchet werden, wenn man Versuche in verschiedenen Höhen, als in Thälern und auf Bergen, anstellen will. Denn in diesem Falle wäre bei der ersten Art das Steigen und Fallen des Quecksilbers im Gefäße

Gefäße sehr merklich und nicht aus der Acht zu lassen, obgleich schwer in Anschlag zu nehmen. Hingegen zum gemeinen Gebrauche ist das andere hinlänglich, und wegen der einfacheren Skala bequemer.

§. 16.

Seit kurzer Zeit hat man auch Barometer, die auf die lezt beschriebene Art eingerichtet sind, woran aber die Skala beweglich ist. Sie läßt sich nämlich vermittelst einer Schraube auf und nieder schieben. Man muß also bei jeder Beobachtung die Skala so schieben, daß ihr unterster Punkt oder Nullpunkt der Quecksilberfläche in der kleineren Röhre gegenüber stehe. Alsdann zeigt die Zahl neben der oberen Quecksilberfläche die wahre Höhe der von der Luft in Gleichgewicht gehaltenen Säule.

Dergleichen Barometer werden von Herrn Catel, einem hiesigen Kaufmanne und geschickten Künstler, verfertiget; sie haben den Vorzug, daß das Addiren vermieden wird.

§. 17.

Eine andere Einrichtung, die fast eben so alt ist als die beiden vorhergehenden, was die Gestalt des Barometers betrift, bestehet darin, daß man eine gläserne Röhre gebrauchet, die sich unterwärts sehr erweitert, und ein Gefäß abgiebt, welches aber am Ende nur eine kleine Oefnung hat. Dieses untere Ende sammt dem Gefäße wird aufwärts gebogen, nachdem man das Glas durch Feuer erweichet hat. Also kömmt das Gefäß aufrecht, mit der kleinen Oefnung oben, zu stehen. Die Oefnung ist deswegen klein, daß nicht viel Staub hineinfalle, und das Gefäß geräumig, um daß die Höhe des Quecksilbers sich darin nicht merklich verändere. Dieses Barometer ist nicht viel von dem allererst beschriebenen verschieden. Die

Zolle

Zolle und Linien der Skala werden ebenfalls von der Stelle AB an gerechnet, wo das Quecksilber in dem Augenblicke stehet, wenn man die Skala verfertigen will. Diese Barometer sind heut zu Tage fast allgemein im Gange; sie würden auch zum gemeinen Gebrauche gut genug sein, wenn nur das Gefäß breit genug wäre. Gemeiniglich aber ist es so eng, daß sich die Höhe des Quecksilbers darin merklich verändert.

§. 18.

Descartes versuchte am ersten, dem Steigen und Fallen des Barometers eine größere Ausdehnung zu geben. Es ist klar, daß, wenn man anstatt des Quecksilbers eine leichtere

leichtere Flüssigkeit gebrauchte, z. E. Wasser, die Veränderungen weit merklicher sein würden. Denn gesetzt, es steige das Quecksilber um 1 Zoll, so hat der Druck der Athmosphäre um so viel zugenommen, als 1 Zoll Quecksilber am Gewichte beträgt, folglich so viel, als 14 Zoll Wassers betragen. Wenn also das Quecksilber-Barometer um 1 Zoll steiget, so müßte das Wasser-Barometer um 14 Zoll steigen. Hingegen würde ein solches Barometer mehr als 33 Fuß lang sein müssen (VI. H. §. 6). Um also bei einer mittelmäßigen Länge doch ziemlich große Veränderungen zu erhalten, schlug Descartes vor, eine lange Röhre zu gebrauchen, und sie theils mit Quecksilber, theils aber mit Wasser anzufüllen, so daß das Wasser über dem Quecksilber stünde, und oben, wie gewöhnlich, ein leerer Raum bliebe. Alsdann würden Quecksilber und Wasser zusammen als eine Flüssigkeit von mittlerer Dichtigkeit betrachtet werden können, welche mehr als Quecksilber, weniger aber als Wasser steigen und fallen müßte.

Hierbei findet sich die Unbequemlichkeit, daß die Röhre viel länger genommen werden müßte, als gewöhnlich. Ferner pfleget das Wasser, wenn es einen leeren Raum über sich hat, die Luft, womit es vermischt ist, fahren zu lassen, wodurch oben ein Gegendruck entstehen würde, der den Druck der Athmosphäre zum Theil aufheben würde.

Vielleicht könnte man andere Flüssigkeiten versuchen, die nicht so merklich ausdünsten als das Wasser.

§. 19.

Huyghens erfand das doppelte Barometer. Es hat oben bei A (folg. Fig.) und unten bei B Gefäße, die wir der Kürze halben Flaschen nennen wollen. Ueber A ist ein leerer Raum. Von A bis B ist Quecksilber. Von B bis C Weingeist, oder sonst eine leichte Flüssigkeit. Von

C bis D ist nichts als gemeine Luft, und das Ende D ist offen. Bei B drücket die Athmosphäre sammt der Flüssigkeit BC auf das Quecksilber. Gesetzt nun, der Druck der Athmosphäre nehme zu, so gehet das Quecksilber bei B etwas herunter, und der Weingeist füllet den verlassenen Raum der unteren Flasche. So wenig auch Weingeist in diese Flasche kömmt, so muß der Punkt C schon merklich herunter gehen, wegen der engen Röhre, so daß das Steigen und Fallen sehr merklich sein wird.

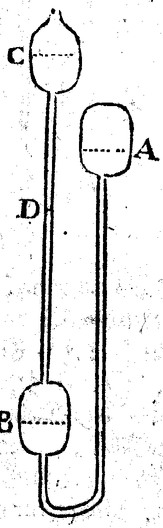
Der Gang dieses Barometers ist dem gewöhnlichen gerade zuwider, indem das eine fällt, wenn das andere steiget.

Gegen dieses Barometer hat man verschiedenes einzuwenden, hauptsächlich, daß das Flüssige BC, welches oben

oben an die freie Luft gränzet, sehr leicht ausdünstet, und daß es zugleich durch Hitze und Kälte bald mehr bald weniger Raum einnimmt.

§. 20.

Hook gebrauchte drei Flaschen, wie bei A, B und C. Ueber A war leerer Raum, von A bis B Quecksilber, von B bis D eine leichtere Flüssigkeit, z. E. Oleum Tartari, von D bis C eine noch leichtere, z. E. Weingeist. Ueber



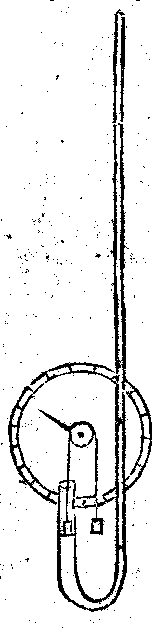
C war die Flasche bloß mit athmosphärischer Luft angefüllet, welche vermittelst einer Oefnung mit der übrigen freien Luft Gemeinschaft hatte. Dadurch wollte Hook einen Fehler des Hunghenschen Barometers verbessern, welcher darin bestehet, daß das Flüssige DB bald einen länge-

längeren, bald einen kürzeren Raum einnimmt, und folglich bald mehr, bald weniger auf die Basis B drücket. Hingegen hier bleibt das ganze Volumen BC beider Flüssigkeiten immer einerlei, indem die Flasche B allemal so viel empfängt, als die Flasche C verlieret. Man hat also nur bloß das Steigen und Fallen des Scheidepunkts D zu beobachten.

Indessen bleiben doch die beiden Fehler des vorigen Barometers, nämlich die Ausdünstung und die Wirkung der Wärme und Kälte.

§. 21.

Hook erfand noch ein anderes Barometer mit einer Rolle. Er gebrauchte dazu eine gebogene Röhre, wie bei



§. 15. Oberhalb des kürzeren Zweiges brachte er eine kleine Rolle an, worüber ein Faden mit zwei kleinen Gewichten hing. Das eine Gewicht ruhete leicht auf der Oberfläche des Quecksilbers. Das andere hing auswärts, und war etwas leichter. An der Rolle war ein Zeiger, dessen Spitze an einem in Grade abgetheilten Ringe herumgehen konnte. Wenn also das Quecksilber sammt dem Gewichtchen ein wenig sank oder stieg, so mußte sich der Zeiger merklich drehen.

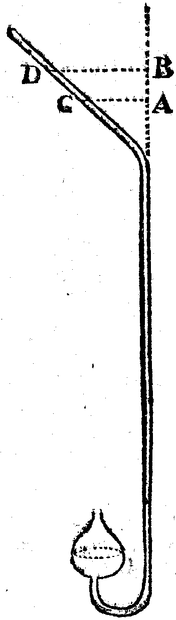
Wer siehet nicht, daß die Reibung des Gewichtchens in der engen Röhre, die Reibung der Rolle an ihrer Axe, und die, obgleich geringe, Schwere des Zeigers, den Gebrauch dieses Barometers unsicher machen?

§. 22.

Morland bog den oberen Theil der Röhre des gemeinen Barometers, um größere Abtheilungen zu erhalten, indem z. E. das Quecksilber, was im gemeinen Barometer nur den Raum AB folg. Fig.) durchlaufen würde, hier den größeren Raum CD durchlaufen muß.

Hingegen hat das Quecksilber, wegen der Ecke, wo es sich reibet, weniger Freiheit zur Bewegung, auch bildet es bei C oder D eine beinahe halbkugelförmige Oberfläche, wo sich der wahre Punkt der Höhe nicht leicht finden läßt.

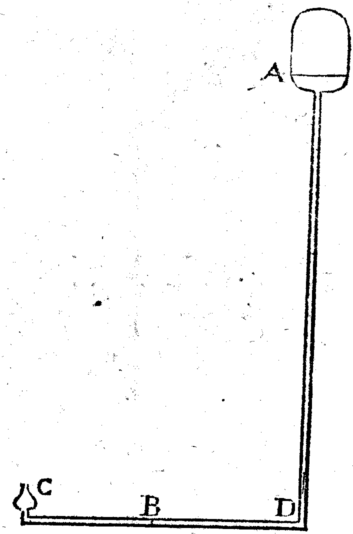
(Siehe folgende Figur.)



§. 23.

Cassini, oder Johann Bernoulli, erfand ein Barometer in Gestalt eines Winkelhakens. Bei A (folg. Fig.) ist eine Flasche, die oben luftleer ist. Von A bis B ist Quecksilber, von B bis C gemeine Luft, und in C eine Oeffnung. Die lothrechte Röhre AD ist viel weiter als die waagerechte DC.

Hier ist AD eigentlich die Quecksilbersäule, die gegen den Druck der Athmosphäre das Gleichgewicht hält, und die Röhre DC empfängt nur das überflüssige Quecksilber. Da sie sehr eng ist, so durchläuft der Punkt B, bei der

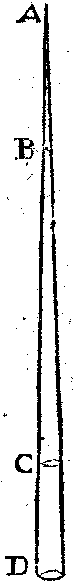


geringsten Veränderung, einen merklichen Raum. Aber eben deswegen, weil die waagerechte Röhre eng ist, so ist die Reibung um desto größer.

§. 24.

Amontons machte ein kegelförmiges Barometer. Die Röhre AD (folg. Fig.) ist oben in A verschlossen, und unten in D offen. Von A bis B ist leerer Raum. Von B bis C Quecksilber, und von C bis D gemeine Luft. Diese hält die Quecksilbersäule in Gleichgewicht. Weil aber die Röhre unten weiter und oben enger ist, so wird die Quecksilbermasse länger, wenn sie steiget, und kürzer, wenn sie fällt. Jedesmal aber kann sie weder länger noch kür-

zer

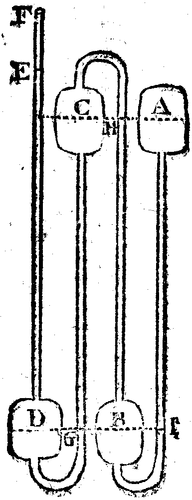


zer sein, als die von der Luft in Gleichgewicht gehaltene Säule des gemeinen Barometers, weil es hier bloß auf die Höhe, nicht aber auf die Breite des Flüssigen ankömmt. Wenn also der Druck der Luft zunimmt, so muß die Säule CB länger werden, und folglich steigen. Nimmt der nämliche Druck ab, so muß die Säule CB kürzer werden, und folglich fallen.

Da sich die Säule bald erweitert, bald verengert, so muß im Quecksilber eine innere Bewegung entstehen, und dadurch das Reiben gegen das Glas vermehret werden.

§. 25.

Derselbige Amontons suchte auch das Barometer auf folgende Art zu verkürzen.



Ueber A ist in der Flasche leerer Raum. Von A bis B ist Quecksilber. Vou B bis C Wasser oder Weingeist. Von C bis D wiederum Quecksilber. Von D bis E Weingeist. Das Ende EF ist offen.

Die Luft, der Weingeist ED und die Wassersäule HB bestreben sich, das Quecksilber bei A in die Höhe zu treiben. Gegen diese drei Kräfte wirken die Quecksilbersäulen AI und CG. Wenn diese beiden zusammen nur etwas mehr Höhe betragen, als die gewöhnliche Barometerhöhe, so können sie dem Drucke der äußeren Luft, des Weingeistes und des Wassers schon das Gleichgewicht halten. Der Weingeist DE thut hier die nämliche Wirkung wie bei dem doppelten Barometer (§. 19), nämlich er steiget und fällt weit mehr, als das Quecksilber bei D.

Will man das Barometer noch mehr verkürzen, so darf man nur die Anzahl der Krümmungen vermehren, und

und allemal die Quecksilbersäulen durch Wassersäulen absondern.

Die vielen Krümmungen vermehren aber die Reibung, und das Wasser dehnet sich bei der Hitze gar zu merklich aus.

§. 26.

Das Instrument, welches wir oben (VI. H. §. 8) beschrieben haben, und welches dienet, um den Druck der Luft zu beweisen, kann auch als ein verkürztes Barometer angesehen werden. Mairan ist der Erfinder desselben.

§. 27.

Das Instrument, welches wir (§. 6) beschrieben haben, vereiniget die Wirkungen des Barometers mit denen des Thermometers. Auch gab es der Erfinder Amontons bald für ein Barometer, bald für ein Thermometer aus. Er nannte es manchmal ein See-Barometer, weil die Erschütterung weniger darauf wirket als auf andere Barometer.

Es ist bei diesem Instrumente fast unmöglich, zu bestimmen, wie viel von seiner Wirkung von der Schwere der Luft, und wie viel von deren Wärme abhängt.

§. 28.

Pries, ein Holländer, hat Barometer verfertiget, welche, wie die ältesten, unten ein Gefäß haben. Dieses Gefäß aber hat einen Deckel, und in der Mitte desselben ein Loch, das etwas weiter ist als die Röhre. Man gießt Quecksilber ins Gefäß, bis es überläuft und um die Röhre einen Wulst bildet. So wie nun das Quecksilber in der Röhre fällt oder steiget, so wird der Wulst breiter oder enger, behält aber allemal ohngefähr die nämliche Höhe. Also hat dieses Barometer den Vorzug, daß die waagerechte Fläche, von wo an die Höhe der Säule gerechnet wird, sich nicht merklich verändert.

Gegen dieses Barometer ist weiter nichts einzuwenden, als daß es schwer zu unterhalten ist. Das Quecksilber um die Röhre herum wird leicht bestaubet, und kann auch leicht verloren gehen.

§. 29.

Ich muß bei dieser Gelegenheit die Unerfahrnen warnen, daß kein Barometer in lothrechter Lage getragen wird; weil daraus gar zu starke Schwingungen entstehen, und die äußere Luft sich mit dem Quecksilber vermischt, auch das Glas bricht, wenn bei solchen Schwingungen das Quecksilber oben zu stark anstößt. Man neiget also das Instrument ganz sanft, bis daß es beinahe waagerecht ist, und das Quecksilber den leeren Raum angefüllet hat.

Wenn man ein Barometer auf Reisen gebrauchen will, so muß es besonders dazu eingerichtet sein. Herr de Lüc gebrauchet, wie oben angezeiget worden (§. 15) eine bloße unten umgebogene, oder aus zwei Stücken in solcher gebogenen Gestalt zusammengesetzte Röhre. Um aber auf Reisen das Schwingen des Quecksilbers zu verhüten, bringet er unterwärts einen Hahn an, der, ohngefähr wie bei der Luftpumpe (H. VI. §. 7), quer durch die Röhre gehet, und so durchgebohret ist, daß er, je nachdem man ihn drehet, das Quecksilber entweder durchläßt oder zurückhält. Will man das Instrument gebrauchen, so wird der Hahn geöffnet. Will man es tragen, so verschließt man den Hahn, der alsdann die Bewegungen des Quecksilbers sehr verhindert. Die übrige dabei zu beobachtende Sorgfalt kann man aus des Herrn de Lüc großem Werke über die Veränderungen der Atmosphäre (Recherches sur les Modifications de l'Atmosphère) erfahren.

Achtes

Achtes Hauptstück.

Von einigen Rechnungen, die sich auf das Thermometer und das Barometer beziehen.

§. 1.

Unter allen verschiedenen Arten der Barometer sind noch immer die ältesten, zugleich die besten, nämlich die drei Arten, welche oben (Hauptst. VII. §. 14 rc.) beschrieben worden, mit einem abgesonderten Gefäße, mit einer bloß umgebogenen Röhre, und mit einer Flasche am Ende der umgebogenen Röhre. Auch werden wir immer in der Folge den Gebrauch derselben voraussetzen. Hingegen haben auch diese die Unbequemlichkeit, daß die Wärme das Quecksilber etwas ausdehnet und spezifisch leichter machet, so daß die Quecksilbersäule bei gleichem Drucke der Luft bald länger, bald kürzer wird. Will man also den gedachten Druck recht genau bestimmen, so muß man nebst dem Barometer zugleich das Thermometer zu Rathe ziehen, welches folgender Weise geschehen kann.

§. 2.

Man hat durch genaue Versuche gefunden, daß eine jede Masse Quecksilbers vom Gefrierpunkte an bis zum Punkte des siedenden Wassers sich so ausdehnet, daß das Volumen um $\frac{1}{66}$ Theil zunimmt, oder daß die Volumina in in diesen beiden Temperaturen der Luft sich verhalten wie 66 zu 67. Nun kann man ohne merklichen Irrthum annehmen, daß diese Ausdehnung auf eine einförmige Art durch alle Grade des Thermometers geschiehet. Wenn man also das gewöhnliche Reaumürsche Thermometer gebrauchet, wo zwischen dem Gefrierpunkte und dem Siedepunkte 80 Grade gezählet werden, so wird die Ausdehnung des Quecksilbers für jeden Grad den 80sten Theil der ganzen Ausdehnung zwischen beiden Punkten betragen, also $\frac{1}{80}$ von $\frac{1}{66}$ des ganzen Volumens, oder $\frac{1}{5280}$, folglich für n Grade $\frac{n}{5280}$. Wenn also ein Quecksilber-Volumen bei der Temperatur des gefrierenden Wassers v ist, so wird es bei einer Wärme von n Graden $v + \frac{n}{5280}v$ oder $v + \frac{nv}{5280}$ oder $\frac{5280v + nv}{5280}$ oder $\frac{(5280+n)v}{5280}$.

Da die Quecksilbersäule beim Barometer zylindrisch ist, so ist das Volumen gleich dem zirkelförmigen Durchschnitte ($= c$) der inneren Röhre mit der Barometerhöhe multipliziret. Es sei demnach h die Barometerhöhe, die bei dem jetzigen Drucke der Luft statt finden würde, wenn die Wärme der Athmosphäre o wäre; es sei aber n der wirkliche jetzige Grad der Wärme; es sei ferner i die wirkliche jetzige Barometerhöhe, so ist

$$ic = \frac{(5280 + n)hc}{5280}$$

folglich $$i = \frac{(5280 + n)h}{5280}$$

also $$5280 . i = (5280 + n)h$$

und

und $$\frac{5280 \cdot i}{5280 + n} = h$$

Man bekömmt demnach die Höhe h der Quecksilbersäule für den Gefrierpunkt, wenn man die wirkliche Höhe i mit 5280 multipliziret, und durch die Summe der nämlichen Zahl 5280 nebst der Anzahl n der Grade des Thermometers dividiret. Wenn man auf solche Art jedesmal die Barometerhöhe auf die Temperatur des Gefrierpunktes zurückführet, so ist man sicher, daß kein Irrthum aus der Wirkung der Wärme in das Quecksilber entstehen kann.

Was die Kälte oder die Grade unterhalb des Gefrierpunktes betrifft, so brauchet man nur n negativ zu nehmen, und alsdann ist

$$\frac{5280 \cdot i}{5280 - n} = h$$

Also hat man die allgemeine Formel

$$\frac{5280 \cdot i}{5280 \pm n} = h$$

wo das Zeichen + für die Thermometer-Grade über dem Gefrierpunkte, und — für die Grade unter dem Gefrierpunkte gilt.

Wenn man die Rechnung durch Hülfe der Logarithmen verrichtet, so wird sie merklich verkürzet.

Mein Barometer zeiget jezt 27 Zoll und $\frac{1}{2}$ Linie, das ist $324\frac{1}{2}$ oder 324,5 Linien, und die Wärme in meiner Stube ist $+ 14\frac{3}{4}$ Grad oder + 14,75 Grad, also ist

$$\frac{5280 \cdot (324{,}5)}{5280 + (14{,}75)} = h$$

oder

$$\text{oder} \quad \frac{5280.\,(324{,}5)}{5294{,}75} = h.$$

$$\begin{aligned} \text{Log.}\ & 5280 = 3{,}7226339 \\ \text{Log.}\ & 324{,}5 = 2{,}5112147 \\ \text{Comp. Log.}\ & (5294{,}75) = \underline{6{,}2761545} \\ & \qquad 2{,}5100031 = \text{Log. } 323{,}6 \end{aligned}$$

Wenn also jetzt die Luft um das Barometer herum den Grad der Kälte hätte, der auf dem Thermometer mit o bezeichnet ist, so würde das Barometer nur etwas über $323\frac{1}{2}$ Linien oder 26 Zoll $11\frac{1}{2}$ Linien zeigen, anstatt 27 Zoll und $\frac{1}{2}$ Linie. Der Unterschied einer Linie rühret bloß von der Wärme her.

Den Anfängern zu gefallen muß ich anzeigen, wie ich Comp. Log. (5294,75) gefunden habe. In Hrn. Schulzens Tafeln finde ich Log. 52947 = 7238414, und daneben 82 als die Differenz der Logarithmen. Um nun Log. 52947,5 oder Log. $52947\frac{1}{2}$ zu bekommen, so nehme ich die Hälfte der Differenz, und addire sie; so bekomme ich 7238455, und nehme 3 zur Charastieristik, weil in der gegebenen Zahl die ganze Zahl vier Ziffern hat, so ist demnach $\mathfrak{L}(5294{,}75) = 3{,}7238455$, und hiervon das Komplement, oder der Rest, wenn man von 10 subtrahiret, 6,2761545.

Noch ein Exempel. Gesetzt, das Barometer zeige wie vorher 27 Zoll und $\frac{1}{2}$ Linie, oder $324\frac{1}{2}$ Linien, oder 324,5 Linien, das Thermometer neben bei stehe aber $14\frac{3}{4}$ oder 14,75 Grad unter dem Gefrierpunkte, so ist

$$\frac{5280.\,(324{,}5)}{5280 - (14{,}75)} = h$$

oder

oder $\frac{5280 \cdot (324,5)}{5265,25} = h$

Log. $5280 = 3,7226339$
Log. $324,5 = 2,5112147$
Comp. Log. $5265,25 = \underline{6,2785810}$
$2,5124296 = \mathfrak{L}\, 325,4$

Also wäre der Barometerstand für den Gefrierpunkt $325\frac{4}{10}$ Linien ohngefähr, oder 27 Zoll $1\frac{4}{10}$ Linien.

Hieraus siehet man deutlich, daß gleiche Barometer-Höhen nicht allemal einen gleichen Druck der Luft anzeigen, sondern daß, bei genauen Beobachtungen, der Grad des Thermometers allemal in Anschlag genommen werden muß, so daß man die beobachteten Barometer-Höhen erst auf einerlei Temperatur reduzire. So haben wir gefunden, daß, ob gleich das Barometer in 2 verschiedenen Zeiten 27 Zoll und $\frac{1}{2}$ Linie zeiget, das Thermometer aber einmal $14\frac{3}{4}$ über dem Gefrierpunkte, und das anderemal $14\frac{3}{4}$ Grad unter dem Gefrierpunkte stehet, der Druck der Luft sich im ersten und zweiten Falle verhalte wie 323,6 zu 325,4 oder wie 3236 zu 3254. Indessen, da die Barometer beim gewöhnlichen Gebrauche in Zimmern stehen, wo die Temperatur sich nicht sehr verändert, indem sie im Winter geheizet werden, so kann die Veränderung der Wärme und Kälte keinen starken Einfluß auf dieselben haben. Mit Barometern, die in freier Luft gebrauchet werden, hat es eine andere Bewandniß, und die Wirkung der Wärme und Kälte kann nicht aus der Acht gelassen werden.

§. 3.

Will man anstatt der ziemlich genauen Rechnung, die wir angestellet haben, nur ohngefähr wissen, wie viel beim

Baro-

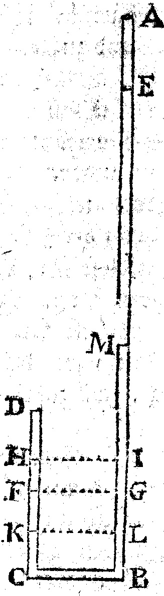
Barometer auf Rechnung der Wärme und Kälte zu setzen ist; so beobachte man vor allen Dingen den mittleren und gewöhnlichsten Stand des Barometers am Orte wo man ist. Dieser sei z. E. 28 Zoll oder 336 Linien. Von 336 ist der 66ste Theil ohngefähr 5 Linien. Also wird sich die gewöhnliche Quecksilbersäule ohngefähr vom Gefrierpunkte bis zum Siedepunkte um 5 Linien ausdehnen, und da dieser Zwischenraum 80 Grad des Reaumürschen Thermometers machet, so kommen auf jeden Grad $\frac{5}{80} = \frac{1}{16}$ Linie. Will man also den Barometerstand nur ohngefähr auf den Gefrierpunkt zurückführen, so subtrahire man für jeden Grad über null, $\frac{1}{16}$ Linie von der Barometerhöhe, und eben so viel addire man für jeden Grad unter dem Gefrierpunkte.

Wenn also das Barometer 27 Zoll $\frac{1}{2}$ Linie, das Thermometer aber $14\frac{3}{4}$ Grad über oder unter dem Gefrierpunkte andeutet, so muß man $14\frac{3}{4}$mal $\frac{1}{16}$ Linie, das ist ohngefähr $\frac{12}{13}$ Linie, oder beinahe 1 Linie, im ersten Falle subtrahiren, im zweiten addiren, alsdann bekömmt man die Barometer-Höhen für den Gefrierpunkt, nämlich im ersten Falle 26 Zoll $11\frac{1}{2}$ Linien, im zweiten 27 Zoll $1\frac{1}{2}$ Linien, welches nicht gar sehr von der Wahrheit abweichet.

§. 4.

Bevor wir den ferneren Gebrauch des Barometers erklären, müssen wir die Zusammenpressung der Luft noch etwas genauer untersuchen, und beweisen, daß diese Zusammenpressung mit dem Gewichte, womit die Luft beladen wird, gleichverhaltend ist, oder daß das Volumen einer gewissen Luftmasse sich allemal umgekehrt wie das Gewicht verhält, wodurch diese Luftmasse zusammengedrücket wird. Zum Beweise kann folgender Versuch dienen.

Man nehme eine offene Röhre ABCD (folg. Fig.), die aus einem horizontalen und zwei vertikalen Theilen bestehe,



stehe, von welchen der kleinere CD acht bis zwölf Zoll lang sein kann, der andere BA aber je länger je besser. Zu mehrerer Genauigkeit kann man die ganze Röhre ABCD an einem Brette befestigen, welches vermittelst horizontaler Striche in gleiche Abtheilungen eingetheilet ist. Man gieße etwas Quecksilber in die Röhre, bis daß der horizontale Theil BC gefüllet sei, und also das Quecksilber in der Horizontal-Linie BC in Gleichgewicht stehe. Nun verschließe man den kleineren vertikalen Zweig bei D entweder hermetisch oder auf eine andere Art, so daß bei D die innere Luft mit der äußeren nicht die geringste Gemeinschaft habe.

In diesem Zustande ist die Luft in DC weder mehr noch weniger zusammengepresset als die in BA und darüber

sich

sich befindende atmosphärische Luft; und wenn man die Luft BA wegschaffen, und zugleich A verschließen könnte, so würde sich die Luft DC ausdehnen, und das Quecksilber BC in die Röhre BA zurückstoßen. In diesem Falle müßte in BA noch eine Quecksilbersäule von ohngefähr 28 Zoll hinzukommen, um das andere Quecksilber wieder nieder zu drücken, die ausgedehnte Luft in ihre vorigen Schranken zu bringen, und dann der Luft CD das Gleichgewicht zu halten. Also wenn diese Quecksilbersäule von 28 Zoll nicht vorhanden, sondern A offen ist, und bloß die athmosphärische Luft gegen die Luft CD wirket, so kann man dennoch sagen, daß diese wie durch das Gewicht einer Quecksilbersäule von 28 Zoll zusammengepresset ist.

Bleibet nun immer A offen und es wird in der That von B bis E Quecksilber, vermittelst eines feinen Trichters, eingegossen, bis daß die Säule BE um 28 Zoll höher ist, als die zugleich aufsteigende Säule CF, oder bis daß GE = 28 Zoll, so vereiniget sich die Schwere dieser Quecksilbersäule GE mit dem Drucke der freien Luft, und die verschlossene Luft wird, wie durch das Gewicht zweier Quecksilbersäulen, jeder von 28 Zoll zusammengepresset; sie leidet demnach einen doppelt so starken Druck als vorher. Auch bemerket man alsdann, daß sie nur den halben Raum DF einnimmt; woraus man schon sehen kann, daß sie sich nach Verhältniß des drückenden Gewichtes verengert hat.

Ist die Röhre BA lang genug, so gieße man noch mehr Quecksilber hinein, bis daß die Säule BA um zweimal 28 Zoll länger ist, als die zugleich aufsteigende Säule CH, oder bis daß IA = 2mal 28 Zoll, so wird die verschlossene Luft, wie durch drei Quecksilbersäulen von 28 Zoll zusammengedrücket, und dann nimmt sie nur den Raum HD = $\frac{1}{3}$ CD ein. Hier findet demnach das nämliche Verhältniß statt, wie vorher.

Man

Man gieße wiederum so viel Quecksilber ab, als man will, so dehnet sich die verschlossene Luft wieder aus. Gesetzt also, es bleiben die Säulen BM und CK, so daß BM um 14 Zoll höher sei als CK, oder daß LM = 14 Zoll, so wird die Luft KD so zusammengedrücket, wie durch eine Quecksilbersäule von 28 Zoll, nebst einer anderen von 14 Zoll, also wie durch eine Säule von 28 + 14 = 42 Zoll. Da sie aber den Raum CD einnahm, war sie nur wie von einer 28zölligen Quecksilbersäule gedrücket.

Es sei CD = 12 Zoll. Man sage, wie sich 42 Zoll verhalten zu 28 Zoll, so verhalten sich 12 Zoll zu einer vierten Zahl, und diese ist 8 Zoll. Folglich wird die Luft den Raum KD von 8 Zollen einnehmen.

Anmerkung. Es wurde stillschweigend angenommen, daß die Röhre CD zylindrisch ist, weil sich alsdann die Kapazitäten wie die Höhen verhalten. Uebrigens ist es nicht nöthig, daß die Röhren CD und BA von einerlei Durchmesser seien, indem sich in der Röhre BA der Druck des Quecksilbers, wie bekannt, bloß nach der Höhe richtet. Ferner nahmen wir an, daß die äußere Luft gegen die verschlossene wie eine Quecksilbersäule von 28 Zoll drückete, weil 28 Zoll die mittlere Barometerhöhe zu sein pfleget. Eigentlich muß man allemal anstatt dieser 28 Zoll diejenige Barometerhöhe verstehen, die zur Zeit des Versuches statt findet.

§. 5.

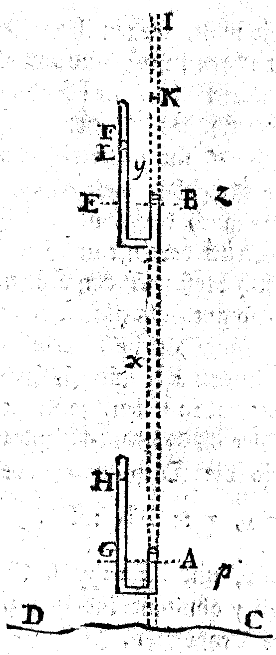
Wir haben gesehen, daß, so vielmal enger der Raum wird, in welchen man die Luft zusammenpresset, so vielmal größer ist das Gewicht, welchem diese zusammengepreßte Luft widerstehet, um es in Gleichgewicht zu halten. Die Luft hat also eine widerstehende Kraft, die desto größer wird, je mehr sie zusammengepresset wird. Diese widerstehende Kraft ist nichts anders als die Elastizität der Luft, indem man siehet, daß die Luft sich sogleich wieder ausdehnet, wenn man den Druck vermindert. Aus diesem und dem vorigen folget, daß die Schnellkraft einer Luftmasse, die sonst keine Veränderung leidet, sich gerade verhält, wie das Gewicht, durch welches sie zusammengedrücket wird, oder umgekehrt, wie der Raum, den sie einnimmt, oder auch gerade, wie die Dichtigkeit, die sie bekömmt.

Anmerkung. Der angeführte Versuch (§. 4) beweiset hinlänglich das Verhältniß zwischen der Zusammenpressung der Luft und der zusammendrückenden Kraft, für die gewöhnlichen Fälle. Es ist aber nicht glaublich, daß die nämliche Regel allemal statt finden würde, so groß oder klein der Druck auch sein möchte. Denn sonst müßte die Luft sich bis ins Unendliche zusammendrücken lassen, und sich auch bis ins Unendliche ausdehnen können, welches nicht wahrscheinlich ist. Man muß demnach die gefundene Proporzion nur als ein Ohngefähr ansehen, welches genau genug eintrifft, wenn der Druck, den die Luft leidet, weder außerordentlich groß, noch außerordentlich klein ist.

§. 6.

Wir wollen jetzt untersuchen, wie sich der Barometerstand in verschiedenen Entfernungen von der Erdfläche verändern muß.

Gesetzt, man gehe von A (folg. Fig.), nahe bei der Erdfläche CD, gerade aufwärts bis B, und es sei AB $= x$, so ist klar, daß die Barometerhöhe EF kleiner sein wird als die Barometerhöhe GH, weil die drückende Luftsäule BI (die bis zur Gränze der Atmosphäre reichet), kleiner ist,



ist, als die Luftsäule AI. Es sei y die Barometerhöhe EF in der Entfernung AB oder x von der Erde, oder eigentlich vom Punkte A. Es verhalte sich die Dichtigkeit des Quecksilbers, die man als unveränderlich annimmt, zur Dichtigkeit der Luft in der Höhe B, wie 1 zu z, so ist natürlicherweise diese Dichtigkeit z ein kleinerer Bruch, als die Dichtigkeit der Luft unten bei A, weil sich die Dichtigkeiten der Luft verhalten wie die Gewichte, womit sie belastet ist (§. 5), hier aber die Gewichte nichts anders sind, als die Luftsäulen BI und AI.

Jetzt wollen wir uns vorstellen, man steige noch eine kleine Strecke höher, z. E. von B bis K, so nimmt der Druck auf das Quecksilber um das Gewicht der kleinen

Luftsäule BK ab, die man, wegen ihrer kleinen Höhe, als völlig homogen betrachten kann; und um eben solches Gewicht muß auch die Quecksilbersäule EF abnehmen, z. E. um FL, so daß das Quecksilber FL eben so viel wiege als die Luft BK. Wir nehmen um mehrerer Deutlichkeit willen an, daß beide Zweige des Barometers von gleichem Durchmesser sind. Wäre auch dieses nicht, so muß man sich erinnern, daß der Druck der Luft und des Quecksilbers bei B gegen einander sich bloß nach den Höhen beider Flüssigkeiten richtet, eben so gut, als hätten beide Säulen in der That in ihrer ganzen Länge gleiche Durchmesser (V. H. §. 9). Da also das Luftvolumen BK und das Quecksilbervolumen FL gleiches Gewicht haben sollen, so müssen sich diese Volumina, und also hier die Höhen BK und FL selbst, umgekehrt verhalten wie die Dichtigkeiten beider Materien. Folglich ist

$$1, z :: BK : FL$$

Da nun $AB = x$, und $EF = y$, so ist $BK = dx$, und $FL = -dy$, weil y abnimmt indem x zunimmt. Also haben wir folgende Proporzion.

$$1 : z :: dx : -dy$$

daher $-dy = z dx$ oder $dy = -z dx$

Nun sei ferner die bekannte Barometerhöhe GH unten $= h$, und die Dichtigkeit der Luft auch unten $= p$, wenn nämlich die Dichtigkeit des Quecksilbers wie vorher $= 1$ ist. Beide Barometerhöhen GH und EF oder h und y verhalten sich wie die Gewichte der Luftsäulen AI und BI. Eben so verhalten sich auch beide Dichtigkeiten p und z. Also verhalten sich diese wie die Barometerhöhen h und y,

oder $h : y :: p : z$

daher $hz = py$

folglich $h dz = p dy$

Nun

Nun ist aber $\partial y = - z \partial x$, also

$$h \partial z = - p z \partial x$$

$$\frac{\partial z}{z} = - \frac{p}{h} \partial x.$$

Wenn man integriret, so kömmt

$$l z = l c - p \frac{x}{h}$$

Hier ist $l c$ die beständige Größe. Ich schreibe lieber $p \frac{x}{h}$ als $\frac{p}{h} x$, weil $\frac{x}{h}$ nicht anders ist, als das Verhältniß zwischen der Barometerhöhe unten, und der Entfernung AB von der Erde, welche Größen nach einerlei Maaß bestimmet werden können. Um c zu bestimmen, bedenke man, daß bei A zugleich $x = o$ und $z = p$ wird, also ist

$$l p = l c$$

folglich $$l z = l p - p . \frac{x}{h}$$

oder $$l z - l p = - p . \frac{x}{h}$$

oder $$l \frac{z}{p} = - p . \frac{x}{h}$$

daher $$\frac{z}{p} = e^{- \frac{x}{h}}$$

und $$z = p . e^{- p . \frac{x}{h}}$$

oder $$z = \frac{p}{e^{p . \frac{x}{h}}}$$

 Dieses

Dieses giebt uns allgemeine Formeln, um die Dichtigkeit z der Luft in jeder Entfernung x über einen beliebigen Punkt A zu finden, wenn man nur die Dichtigkeit der Luft und die Barometerhöhe bei A durch Versuche gefunden hat. Die Logarithmen in den Formeln sind die natürlichen. Will man die Briggischen gebrauchen, so muß man die Gleichung $l\,\frac{z}{p} = -p\,\frac{x}{h}$ oder auch $l\,\frac{p}{z} = p\,\frac{x}{h}$ mit 0,4342945 multipliziren, und dann ist $(0{,}4342945)\,l\,\frac{p}{z} = (0{,}4342945)\,p\,\frac{x}{h}$ oder, wenn $\mathfrak{L}$ den Briggischen Logarithmus anzeiget,

$$\mathfrak{L}\,\frac{p}{z} = (0{,}4342945)\,p.\frac{x}{h}$$

Um diese Formel zu gebrauchen, müssen p und h bestimmet werden. Es soll sich die Dichtigkeit des Quecksilbers zur Dichtigkeit der Luft unten bei A verhalten wie 1 zu p. Nun verhält sich (was die Dichtigkeit oder spezifische Schwere betrifft) Quecksilber zu Wasser wie 1 zu $\frac{1}{14}$, und Wasser zu Luft, wenn das Barometer $27\frac{1}{2}$ Zoll zeiget, ohngefähr wie 1 zu $\frac{1}{850}$, also Quecksilber zu Luft wie 1 zu $\frac{1}{14.850}$.

$$\text{Also} \qquad p = \frac{1}{14 \times 850}$$

Was die Barometerhöhe h in niederen Gegenden betrifft, so pfleget sie, wie gesaget, zu der Zeit, wenn die Luft 850mal leichter ist als Wasser, ohngefähr $27\frac{1}{2}$ Zoll zu betragen. Wir wollen annehmen, dieses sei der Zustand der Atmosphäre, und man verlange die Dichtigkeit der Luft 1000 Fuß oder 12000 Zoll über die Erde,

so

so hat man

$$\mathfrak{L}\,\frac{p}{z} = (0{,}4342945) \cdot \frac{1}{14 \times 850} \cdot \frac{12000}{27\frac{1}{2}}$$

$$\mathfrak{L}\,\frac{p}{z} = \frac{(0{,}4342945) \cdot (12000)}{14 \cdot 850 \cdot 27\frac{1}{2}}$$

$$\mathfrak{L}\,\frac{p}{z} = \frac{(0{,}4342945) \cdot (24000)}{14 \cdot 850 \cdot 55}$$

Wenn man gehörig reduziret, so kömmt

$$\mathfrak{L}\,\frac{p}{z} = \frac{(0{,}4342945) \times 48}{7 \cdot 17 \cdot 11}$$

Wenn man die Multiplikazion und Division verrichtet,

so ist $\mathfrak{L}\,\frac{p}{z} = 0{,}017412$

Suchet man die zu diesem Logarithmus gehörige Zahl, so findet man

$$\frac{p}{z} = 1{,}0409$$

$$\frac{p}{z} = \frac{1{,}0409}{1}$$

$$\frac{p}{z} = \frac{10409}{10000}$$

$$p : z :: 10409 : 10000$$

Wenn man demnach die Dichtigkeit unten 10409 annimmt, so ist sie in einer Höhe von 1000 Fuß nur 10000, und hat demnach um $\frac{409}{10409}$ oder um $\frac{1}{25}$ abgenommen.

§. 7.

$$\text{Aus } l\,\frac{z}{p} = -\frac{px}{h}$$

$$\text{folget } -\frac{x}{h} = \frac{1}{p}\,l\,\frac{z}{p}$$

Hier zeiget $\frac{x}{h}$ an, wie vielmal die vertikale Entfernung x beider Standpunkte die Barometerhöhe h beim niedrigeren Standpunkte übertrifft, oder die Entfernung beider Standpunkte durch solche Barometerhöhen gemessen. Es sei u die Anzahl solcher Barometerhöhen. Ferner zeiget $\frac{1}{p}$ an, wie vielmal die spezifische Schwere des Quecksilbers größer ist, als diejenige der Luft, oder es ist die spezifische Quecksilberschwere in Luftschwereren gemessen; dieses $\frac{1}{p}$ sei a. Endlich $\frac{z}{p}$ zeiget an, wie vielmal die untere Dichtigkeit in der oberen enthalten ist, welches einen Bruch giebt; oder es ist die obere Dichtigkeit durch die untere ausgemessen. Es sei dieses $\frac{z}{p} = v$, so haben wir

$$-u = a\,l\,v.$$

Dieses zeiget denjenigen Theil einer logarithmischen Linie an, wo die Abzissen negativ werden. Die Subtangente ist a, oder die Quecksilberschwere in Luftschweren gemessen. Die Abzissen u sind die horizontalen Entfernungen über den untersten Standpunkt, in unteren Barometerhöhen gemessen. Die Applikaten v sind die Luftdichtigkeiten, durch die untere Dichtigkeit ausgemessen.

Hieraus

Hieraus siehet man, daß die Dichtigkeiten nach einer geometrischen Proporziòn abnehmen, wenn die Entfernungen nach einer arithmetischen Proporzion zunehmen.

§. 8.

Da man aus der vertikalen Entfernung zweier Standpunkte das Verhältniß der Luftdichtigkeiten berechnen kann, so läßt sich auch umgekehrt aus diesem Verhältnisse jene Entfernung finden.

Denn da $$\mathfrak{l}\,\frac{p}{z} = p.\,\frac{x}{h}$$

so ist $$\frac{x}{h} = \frac{1}{p}\,\mathfrak{l}\,\frac{p}{z}$$

oder $$(0{,}4342945).\,\frac{x}{h} = \frac{1}{p}.\,(0{,}4342945).\,\mathfrak{l}\,\frac{p}{z}$$

oder, wenn $\mathfrak{L}$ den Briggischen Logarithmus andeutet,

$$(0{,}4342945)\,\frac{x}{h} = \frac{1}{p}\,\mathfrak{L}\,\frac{p}{z}$$

$$\frac{x}{h} = \frac{\mathfrak{L}p - \mathfrak{L}z}{(0{,}4342945)\,p}.$$

welches die verlangte Entfernung in Barometerhöhen giebt.

Anmerkung. Die beständigen Größen p und h müssen, wenn man genau rechnen will, auf einerlei Temperatur reduziret werden, nämlich wenn die Barometerhöhe h für eine gewisse Temperatur gegeben ist, so muß eigentlich das Verhältniß $1 : p$ des Quecksilbers zur Luft für die nämliche Temperatur bekannt sein; oder, wenn $1 : p$ für eine gewisse Temperatur gegeben ist, so muß h auf die nämliche Temperatar reduziret werden, welches

 vermit-

vermittelst des im 2ten §. gelegten Grundes geschehen kann.

§. 9.

Laßt uns die Gleichung

$$l\,\frac{p}{z} = p.\,\frac{x}{h}$$

wieder vornehmen. Es war p die untere Dichtigkeit der Luft, z aber die obere. Ferner ist h die untere Barometerhöhe und y die obere. Da sich nun die Dichtigkeiten verhalten wie die Barometerhöhen (§. 6), so ist

$$p : z :: h : y$$

daher

$$\frac{p}{z} = \frac{h}{y}$$

Also wird sein

$$l\,\frac{h}{y} = p.\,\frac{x}{h}$$

Dieses ist eine Gleichung zwischen den Barometerhöhen und den vertikalen Entfernungen der Standpunkte, vorausgesetzet, daß die untere Barometerhöhe h, wie auch die Dichtigkeit p, der unteren Luft, in Vergleich mit dem Quecksilber, bekannt sind. Also läßt sich aus der vertikalen Entfernung der Standpunkte die Barometerhöhe beim oberen, und jene aus dieser berechnen. Dieses wollen wir durch Exempel erläutern.

Die Höhe des Piks von Teneriffa beträgt 13158 Pariser Fuß oder 157896 Zoll über die Meeresfläche. Da man den Versuch machte, war die Barometerhöhe unten bei dem Meere 27 Zoll und 10 Linien, oder $27\frac{5}{6}$ Zoll. Die Dichtigkeit des Quecksilbers mag sich dazumal wie gewöhn-

gewöhnlich zur Dichtigkeit der Luft verhalten haben wie 1 zu $\frac{1}{850.14}$, welches jedoch ungewiß ist, so haben wir

$$l\,\frac{27\frac{5}{6}}{y} = \frac{1}{850.14} \cdot \frac{157896}{27\frac{5}{6}}$$

oder, wenn man anstatt der natürlichen Logarithmen, Briggische gebrauchen will,

$$L\,\frac{27\frac{5}{6}}{y} = \frac{1}{850.14} \cdot \frac{157896}{27\frac{5}{6}} \cdot (0{,}4342945)$$

oder, wenn man verkürzet,

$$L\,\frac{27\frac{5}{6}}{y} = \frac{3 \times 78948 \times (0{,}4342945)}{425 \times 7 \times 167}$$

Will man nochmals Logarithmen gebrauchen, so ist

$$LL\,\frac{27\frac{5}{6}}{y} = L\,\frac{3 \times 78948 \times (0{,}4342945)}{425 \times 7 \times 167}$$

Hier folget nun die Berechnung.

$$\begin{aligned}
L\,3 &= 0{,}4771213 \\
L\,(78948) &= 4{,}8973411 \\
L\,(0{,}4342945) &= \bar{1}{,}6377843 \\
RL\,(425) &= 7{,}3716111 \\
RL\,7 &= 9{,}1549020 \\
RL\,167 &= \underline{7{,}7772835} \\
\text{Summe.} \quad & \ \bar{1}{,}3160433
\end{aligned}$$

Zu

Zu diesem gefundenen Logarithmus gehöret die Zahl 0,2070345.

Also ist $\mathfrak{L}\,\frac{27\frac{5}{6}}{y} = 0{,}2070345$

und folglich, wenn man zum Logarithmus 0,2070345 wiederum die Zahl suchet,

$$\frac{27\frac{5}{6}}{y} = 1{,}61$$

$$27\tfrac{5}{6} = (1{,}61).\,y$$

$$167 = (9{,}66)\,y$$

$$y = \frac{167}{9{,}66}$$

Nun ist $\mathfrak{L}\ 167 = 2{,}2227165$

$\mathfrak{L}\ (9{,}66) = 0{,}9849771$

Rest $1{,}2377394$

und hierzu gehöret die Zahl 17,288, welches 17 Zoll $3\frac{1}{2}$ Linien beträgt. Man hat aber wirklich durch die Beobachtung gefunden 17 Zoll 5 Linien. Der Unterschied beträgt demnach nur $1\frac{1}{2}$ Linien, und kann zum Theile von dem ungewissen Verhältnisse $1:p$ zur Zeit der Beobachtung herrühren.

§. 10.

Die Gleichung $\mathrm{l}\,\frac{h}{y} = p.\,\frac{x}{h}$

giebt $\frac{x}{h} = \frac{1}{p}.\,\mathrm{l}\,\frac{h}{y}$

$$x = \frac{h}{p}.\,\mathrm{l}\,\frac{h}{y}$$

$$(0{,}4342945)\,x = \frac{h}{p}.\,(0{,}4342945)\,\mathrm{l}\,\frac{h}{y}$$

oder,

oder, wenn $\mathfrak{L}$ den Briggischen Logarithmus anzeiget,

$$(0{,}4342945)\ x = \frac{h}{p}\ \mathfrak{L}\ \frac{h}{y}$$

daher $$x = \frac{h}{(0{,}4342945)\ p}\ (\mathfrak{L}h - \mathfrak{L}y)$$

oder $$x = \frac{h\ (\mathfrak{L}h - \mathfrak{L}y)}{(0{,}4342945)\ p}$$

oder, da p ein Bruch ist, der weniger als die Einheit beträget,

$$x = \frac{h\ (\mathfrak{L}h - \mathfrak{L}y)\ \frac{1}{p}}{(0{,}4342945)}$$

oder $$x = h\,(\mathfrak{L}h - \mathfrak{L}y)\ \frac{1}{p}.\ \frac{1}{0{,}4342945}$$

oder $$x = 2{,}3025851.\ h.\ \frac{1}{p}.\ (\mathfrak{L}h - \mathfrak{L}y)$$

Laßt uns nun die vorhergehende Aufgabe umkehren. Es sei immer $p = \frac{1}{14.\ 850}$, folglich $\frac{1}{p} = 14 \times 850$. Es sei $h = 27\frac{5}{6}$ Zoll, und y die eben beobachtete Barometerhöhe $17\frac{5}{12}$ Zoll, so ist

$$x = (2{,}3025851).\ 27\tfrac{5}{6}.\ 14.\ 850.\ (\mathfrak{L}\,27\tfrac{5}{6} - \mathfrak{L}\,17\tfrac{5}{12})$$

$$x = (2{,}3025851).\ \tfrac{167}{6}.\ 14.\ 850.\ (\mathfrak{L}\,27{,}833 - \mathfrak{L}\,17{,}416)$$

$$x = (0{,}3837642).\ 167.\ 14.\ 850.\ (\mathfrak{L}\,27{,}833 - \mathfrak{L}\,17{,}416)$$

Log.

$$
\begin{array}{rr}
\text{Log. } 27{,}833 = & 1{,}4445600 \\
\text{Log. } 17{,}416 = & 1{,}2409484 \\
 & 0{,}2036116 \\
 & \times\ 0{,}3837642 \\
 & 610834 \\
 & 162888 \\
 & 6108 \\
 & 1425 \\
 & 121 \\
 & 8 \\
 & 0{,}0781387 \\
 & \times\ 167 \\
 & 5469709 \\
 & 4688322 \\
 & 781387 \\
\times\ 14) & 13{,}0491629 \\
 & 521966516 \\
 & 182{,}6882806 \\
 & \times\ 850 \\
 & 9134414030 \\
 & 14615062448 \\
:\ 12) & 155285{,}0385100 \\
 & 12940{,}4\ \ldots\ldots
\end{array}
$$

Es

Es kommen demnach ohngefähr 12940 Fuß anstatt 13158, nämlich ein Unterschied von 218 Fuß, welches ohngefähr der 65ste Theil der ganzen Höhe ist, vorausgesetzet, daß diese sonst richtig bestimmet sei. Denn es ist nicht leicht zu erfahren, ob der Fehler in der Rechnung noch der Barometerhöhe, oder in der geometrischen Ausmessung des Berges lieget.

§. 11.

Aus allem vorhergehenden kann man ersehen, daß man die Veränderungen der Baromererhöhen, die von den verschiedenen Stazionen oder Entfernungen von der Erde herrühren, mit denen nicht verwechseln muß, die in einem und demselben Orte geschehen. Diese letzteren kommen daher, daß die Luft überhaupt in der Gegend, wo man ist, bald dichter bald dünner, bald elastischer bald unelastischer wird, und folglich die Luftsäule vom Barometer bis zur Gränze der Atmosphäre bald mehr bald weniger drücket. Die Dünste, die aus der Erde und dem Wasser aufsteigen, wie auch die Wärme und Kälte, in sofern sie auf die Luft wirket, die Winde, welche bald Dünste herzuführen, bald solche wegtreiben, sind wohl die Hauptursachen der Veränderungen der Atmosphäre, in Betrachtung ihrer spezifischen Schwere und Federkraft, folglich auch des Steigens und Fallens des ansäßigen Barometers. Mit dem wandelnden Barometer, welches man bald in niederen bald in höheren Gegenden gebrauchet, hat es eine andere Bewandniß. Sein Steigen und Fallen hängt nicht nur ab von dem jetzigen Zustande der Luft, in der Gegend, wo man ist, sondern zugleich und hauptsächlich von der größeren oder kleineren Luftsäule, die man über sich hat. Diese doppelte Wirkung macht es nöthig, daß man das Barometer zugleich in der Ebne und auf dem

Berge

Berge beobachten muß, um die Höhe des Berges zu berechnen, auf daß man versichert sei, der Zustand der Luft habe sich nicht in der Zwischenzeit, da man auf den Berg gestiegen ist, verändert.

Was die Wirkung der Wärme und Kälte, nicht auf die Luft, sondern auf das Quecksilber des Barometers, betrifft, so ist oben gezeiget worden, wie man sie in Anschlag nehmen kann (§. 2).

Neuntes

Neuntes Hauptstück.

Von Luftbällen.

§. 1.

Eine der merkwürdigsten Anwendungen der hydrostatischen Lehren findet man bei den Luftbällen, welche, vermittelst des Auftriebes (poussée) der Luft, nicht nur selbst sehr hoch aufsteigen, sondern auch, wenn sie von hinlänglicher Größe sind, Menschen und andere Lasten mit sich in die Höhe nehmen. Diese Erfindung, obgleich sie bisher keinen Nutzen verschaffet hat, gereichet doch dem jetzigen Jahrhunderte zur Ehre.

§. 2.

Wenn ja in alten Zeiten dann und wann jemand versuchet hat, sich in die Luft zu erheben, so geschah es allemal mit künstlichen Flügeln. Man wollte den Vögeln das Fliegen ablernen; aber meistens war das Ende solcher Künstler traurig, indem sie selten mit dem Leben oder mit gesunden Gliedmaßen davon kamen; und die noch am glücklichsten waren, konnten weiter nichts zuwege bringen, als daß sie sich allenfalls von einem hohen Thurme in schiefer Richtung herabließen.

§. 3.

Gegen das Ende des vorigen Jahrhunderts hatte der Jesuit Lana den Einfall, man müßte vier sehr große hohle Kugeln von sehr dünnem Kupfer luftleer machen, und ein Schifflein daran hängen, da dann die ganze Masse, wegen der großen luftleeren Räume, weniger wiegen würde, als die verdrängte Luft, und folglich empor steigen müßte. Er berechnete sogar die Größe der Kugeln und die Dicke des Kupfers. Er bedachte aber nicht, wie viel Schwierigkeit damit verknüpft sein würde, eine solche Kugel so genau rund zu machen, daß sie wie ein Gewölbe dem Drucke der äußeren Luft widerstehen könne. Auch würde das Kupfer, welches sehr dünn sein müßte, bei dem geringsten Stoße Beulen bekommen. Außerdem wußte Lana kein wahres Mittel an die Hand zu geben, um die Luft aus den Kugeln wegzuschaffen. Er meinte, man dürfte nur eine Röhre mit einem Hahne daran machen, die Kugel mit Wasser füllen, sie sodann so stellen, daß die Röhre sich unten befände, das Wasser auslaufen lassen, und im Augenblicke, da dieses völlig heraus wäre, den Hahn verschließen; so meinte er, würde der Raum oberhalb des Wassers luftleer bleiben. Wir wissen aber, daß bei diesem Verfahren, wenn die Röhre sehr eng wäre, das Wasser, wegen des Gegendruckes der Luft, gar nicht fließen würde; wäre aber die Röhre ziemlich weit, so würde die Luft durch das Wasser dringen, und den vom Wasser verlassenen Raum anfüllen. Durch die Hitze ließe sich die Luft noch eher vertreiben, oder wenigstens sehr verdünnen, noch besser aber durch die Luftpumpe, wovon Lana vermuthlich noch nichts wußte, obgleich sie zu seiner Zeit schon erfunden war. Ohnerachtet dieser Hülfsmittel stehet aber immer der Druck der Luft gegen die dünnen und leeren Kugeln im Wege. Auch hat kein Mensch versuchet, ein Luftschiff auf diese Art zu verfertigen.

§. 4.

Im Jahre 1755 gab ein Dominikaner-Mönch in Frankreich, Namens Galien, eine kleine Schrift heraus;

aus, unter dem Titel: l'Art de naviger dans les airs, &c. die Kunst, in der Luft zu schiffen. Hier schlägt er vor, man müßte in der Luftregion, wo der Schnee entstehet, also vermuthlich auf dem Gipfel eines der höchsten Berge, einen ungeheuren Kasten bauen, dessen Gerippe von Holz, das übrige aber von gedoppelter, wohl verpichter, und noch mit Häuten überzogener Leinewand wäre. Nun wäre dieser Kasten mit einer Luft angefüllet, die der Verfasser für halb so dicht hält, als die untere; und die verschlossene leichte Luft sammt dem Kasten selbst, wenn er groß genug wäre, würde weniger Gewicht haben, als ein gleiches Volumen der unteren Luft. Brächte man ihn also herunter, so würde er zuletzt in der unteren Luft schweben, und es könnten sich noch viel Menschen auf denselben stellen, ohne daß er gänzlich herunter sänke. Der Verfasser giebt diesen Gedanken, und die Berechnungen, die er dabei machet, für weiter nichts aus, als für einen bloßen Zeitvertreib. Jedoch siehet man hier schon den Gedanken keimen, daß verdünnte Luft ein Mittel geben kann, um das damit angefüllte Gefäß schwebend zu machen.

§. 5.

Im Jahre 1781 machte Herr Cavallo in London Versuche mit brennbarer Luft. Er füllte damit erstlich bloße Seifenblasen, (dergleichen die Kinder zu machen pflegen), welche recht gut stiegen. Mit Papier und mit Blasen von Thieren wollte der Versuch ihm nicht gelingen. Endlich gerieth er auf den Gedanken, solche dünne Häute zu gebrauchen, die man Goldschlägerhäute nennet, und er war überzeuget, daß sie steigen würden, wenn man sie mit brennbarer Luft füllete. Ob er aber seitdem wirkliche Versuche damit gemacht hat, ist ungewiß.

§. 6.

Den 5ten Junius 1783 machten die beiden Brüder Etienne und Joseph de Montgolfier mit einer großen Luftkugel zu Annonay in Vivarais einen Versuch, der, sowohl in der Erfindung als in der Ausführung, alles übertraf, was seit ohngefähr einem Jahrhundert in diesem Fache erdacht worden war. Die Luftkugel, die sie verfertiget hatten, war von Leinwand gemacht; diese war an einem Netze von Bindfaden geheftet, und mit Papier gefüttert. Sie war beinahe kugelrund. Ihr Umfang betrug ohngefähr 110 Pariser Fuß. Unten war eine Oefnung mit einem Rahm. Ehe sie angefüllet war, lag sie wie ein Sack in einem Klumpen. Nun aber wurde unter derselben Stroh angezündet, und der davon aufsteigende Rauch oder Dampf in die Oefnung hineingelassen. Sie schwoll an, wurde losgelassen, stieg bis zu einer Höhe von ohngefähr 6000 Fuß; blieb 10 Minuten in der Luft, und fiel 7200 Fuß von dem Orte ihres Aufsteigens ganz sanft und dabei ganz eingeschrümpft zur Erde. Die Erfinder hatten ihre Rechnung also gemachet. Der Inhalt der Kugel betrug ohngefähr 22000 Kubikfuß, und verdrängte demnach 1980 Pfund atmosphärischer Luft, wenn man auch nur annimmt, daß die Luft 800mal leichter ist als Wasser. Sie rechneten den verschlossenen Dunst für halb so schwer als die äußere Luft, also 990 Pfund, und die Maschine sammt dem Rahmen wog 500 Pfund; die ganze Masse also 1490 Pfund. Da nun der Auftrieb 1980 Pfund betrug, so war er um 490 Pfund größer als die Schwere der Masse. Diese 490 Pfund waren mehr als hinlänglich, um die Maschine mit einer großen Geschwindigkeit in die Höhe zu treiben.

§. 7.

Den 27sten August 1783 ahmten die Pariser Gelehrten den Montgolfierschen Versuch nach. Da sie aber nicht eigentlich wußten, was für einen Dunst oder Dampf die Herren Montgolfier gebrauchet hatten, so entschlossen sie sich, den Versuch mit der brennbaren Luft zu machen,

die

die da entstehet, und wie ein Dampf aufsteiget, wenn man Eisenfeil mit Vitriolsäure vermischet, welche Säure jedoch durch eine gewisse Menge Wassers geschwächet wird. Herr Charles, Professor der Physik, und die Herren Mechanici Robert, waren die rechten Stifter und Ausführer dieses Versuchs. Der Ball war von Taffet, und mit geschmolzenem elastischen Gummi überzogen, um die Poren zu verstopfen. Der Durchmesser betrug 12 Pariser Fuß und 2 Zoll, und folglich der Umkreis etwas über 38 Fuß. Der Kubikinhalt war 943 Kubikfuß. Man nahm an, daß die Dichtigkeit der Luft ohngefähr $\frac{1}{1000}$ der Dichtigkeit des Wassers beträgt, und fand 86 Pfund verdrängter atmosphärischer Luft. Der Ball selbst sammt allem was daran war, wog ungefüllet 25 Pfund, und man mußte noch 35 Pfund anhängen, um ihn, da er gefüllet war, in Gleichgewicht zu halten. Beides zusammen macht 60 Pfund. Folglich mußte die brennbare Luft 26 Pfund wiegen, weil $60 + 26 = 86$. Daraus siehet man, daß die spezifischen Schweren der atmosphärischen und der brennbaren Luft sich ohngefähr verhielten wie 3 zu 1. Die brennbare Luft pfleget sonst leichter zu sein; aber es hatte sich atmosphärische Luft mit darunter gemischet.

Die Füllung geschahe vermittelst einer aufrecht stehenden Tonne. Im oberen Boden waren zwei Löcher. Durch das eine wurde die geschwächte Vitriolsäure auf den in der Tonne befindlichen Eisenfeil gegossen, und dieses Loch wurde jedesmal, nachdem man gegossen hatte, sorgfältig verstopfet. In das andere Loch ging eine Röhre hinein, die an dem Balle befestiget war, einen Hahn hatte, und durch welche der elastische Dampf in den Ballon stieg, der vorher wie ein leerer Sack in einem Klumpen lag. Nachdem der Ballon gefüllet war, verschloß man den Hahn. Die Maschine stieg sehr schnell bis über die Wolken, verlor sich hinter diesen aus dem Gesichte, blieb überhaupt

$\frac{3}{4}$ Stunde in der Luft, und fiel 5 Französische Meilen von dem Orte des Aufsteigens.

§. 8.

Die beiden vorigen Versuche habe ich etwas umständlich beschrieben, weil jeder in seiner Art der erste ist, einer mit Strohdampf, und der andere mit brennbarer Luft. Nach diesen beiden wurden in kurzer Zeit unzählige Versuche im Kleinen mit brennbarer Luft gemacht. Im Septembermonat 1783 machte einer der Herren Montgolfier, der nach Paris gekommen war, zwei verschiedene Versuche im Großen auf seine Art, mit Stroh, den einen für die Akademie der Wissenschaften und den anderen für den König und die Königliche Familie.

§. 9.

Im Oktober desselbigen Jahres machte Herr Montgolfier der jüngere einen neuen Luftball von länglichter Gestalt, 70 Fuß hoch, und 46 im Durchmesser. Die Oefnung hatte ohngefähr 15 Fuß im Durchmesser. Unter der Oefnung ließ er an Seilen eine Galerie von leichtem Holze herunter hängen, worauf man hin und her gehen konnte. Auf der Galerie war ein Vorrath von Stroh und in der Mitte eine große Feuersorge oder ein Ofen von Drath, um es darauf zu verbrennen, so daß der Rauch gerade in die Oefnung des Balles steigen mußte. Der Ball wurde, wie gewöhnlich, erstlich mit Stangen aufrecht gehalten, und dann mit Dampf gefüllet. Er erhob sich, und mit ihm Herr Pilatre de Rozier, der sich auf die Galerie gestellet hatte. Dieses war also der erste aller Sterblichen, der eine Luftfahrt versuchte. Für diesesmal aber stieg er nur 80 Fuß hoch, indem man die Maschine mit Seilen zurückhielt. In den folgenden Tagen stieg Herr de Rozier wiederum, indem die Maschine immer durch

durch Seile gehalten wurde, und machte Versuche, vermittelst des Strohes, was er auf der Galerie hatte, bald stärkeres bald schwächeres Feuer zu geben, und also auf und nieder zu fahren. Endlich bekam er noch einen Reisegefährten, Herrn Giroud de Villette, und beide zusammen erhoben sich zu einer Höhe von 324 Fuß. Sie senkten sich. Herr Giroud stieg aus, und der Herr Marquis d'Arlandes nahm seinen Platz ein, um mit Herrn de Rozier wiederum den Versuch zu wiederholen.

§. 10.

Im November 1783 machten Pilatre de Rozier und der Marquis d'Arlandes die erste wirkliche Luftreise aus dem Schlosse la Muette, indem die Montgolfiersche Maschine, nicht mehr mit Seilen zurück gehalten, sondern ganz frei gelassen wurde. Sie gingen so hoch, daß sie beinahe gänzlich die Gegenstände der Erde aus dem Gesichte verloren, und legten in 25 Minuten einen Weg von 60000 Fuß zurück.

§. 11.

Im Dezember 1783 machten auch die Herren Charles und Robert eine Luftreise aus Paris. Sie unterschied sich von der vorigen darin, daß sie, ihrem Gebrauche zufolge, brennbare Luft gebrauchten. Anstatt der Galerie hatten sie ein Schiffchen unter der Kugel hängend. Es hing an Seilen, und die Seile an einem Netze, welches die obere Halbkugel bedeckte. Sie hatten auch an der Maschine eine Klappe oder ein Ventil angebracht, um nöthigenfalls brennbare Luft auszulassen, wenn sie sich niederlassen wollten. Um die Füllung geschwinder zu verrichten, hatten sie mit einmal 12 solche Fässer, wie oben beschrieben worden (§. 7), in einem Zirkel gestellet, und 12 Röhren, die davon ausgingen, vereinigten sich in der Mitte in eine einzige,

zige, welche mit dem Ball Gemeinschaft hatte. Diese Luftreise ging gut von statten, und war weniger gefährlich, als die auf Montgolfiersche Art mit Feuer und Stroh.

§. 12

Im Januar 1784 machte der ältere Herr Montgolfier den größten Versuch, der je in dieser Art gemacht worden. Er bestieg nebst Herrn Pilatre de Rozier und noch 5 andern Personen die Galerie eines Balles, der nach seiner Art durch Rauch gehoben wurde. Dieser Ball war 126 Fuß hoch, und hatte 104 Fuß im Durchmesser. Die ganze Reise dauerte aber nur 12 Minuten, indem der Ball einen Riß bekam und ziemlich schnell nieder sank. Diesmal wurde Erlenholz anstatt des Strohes gebraucht.

§. 13.

Dieses war die größte Gesellschaft, die je eine Luftreise gemacht hat. Seit der Zeit ist die Montgolfiersche Methode, wegen der Feuersgefahr, fast ganz bei Seite gesetzet worden, und die Versuche sowohl im Großen als im Kleinen sind meistens mit brennbarer Luft gemacht worden. So machte sie auch Herr Blanchard, der drei Monate nachher in seinem Luftballe über die Meerenge flog, die Frankreich von England trennet. Pilatre de Rozier wollte beide Methoden vereinigen, stieg nebst einem Freunde mit einen doppelten Luftball, davon der untere nach Montgolfiers und der obere nach Charles Art gemacht war. Da sie aber schon hoch in der Luft waren, faßte die Maschine Feuer, beide Reisende thaten einen schrecklichen Fall, und starben auf der Stelle. Dieses vermehrte noch das Mißtrauen gegen die Montgolfiersche Methode, und gab der Charlesschen völlig die Oberhand. Gedachter Vorfall machte Herrn Blanchard auf die Gefahr bei Luftreisen auch mit brennbarer Luft aufmerksam. Er erfand den

Fall-

Fallschirm. Dieses Instrument ist wie ein großer Regen- oder Sonnenschirm gebildet. Im Nothfall kann man sich am Stiel desselben fest halten, und sich aus der Höhe herunterlassen, ohne einen harten Fall zu befürchten, indem die Luft sich unter dem Schirm anhäufet, ihm stark widerstehet, und nur einen langsamen Fall gestattet. Herr Blanchard hat bei verschiedenen Luftreisen zugleich Versuche mit dem Fallschirm gemacht, indem er Hunde oder andere Thiere, die er in einen Korb geleget hatte, aus einer großen Höhe hat herunter fallen lassen, da sie dann unbeschädiget auf die Erde gekommen sind.

§. 14.

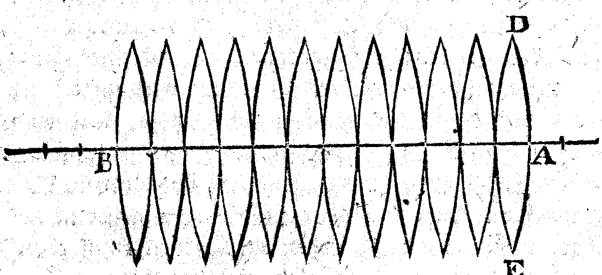
Laßt uns jeẓt die Eigenschaften der Luftbälle etwas genauer beleuchten, und erstlich die Materien betrachten, woraus ein solcher Ball gemacht werden kann. Wir haben gesehen, daß Lana Metall und Galien Leinwand mit einem hölzernen Gerippe vorgeschlagen haben. Da aber Metall und Holz schwere Materien sind, so müßte der Körper des Balls eine gar zu ungeheure Größe bekommen. Auch ist ein solcher Ball, der auch ungefüllet schon seine gehörige Gestalt hat, sehr schwer mit dem erforderlichen Gas anzufüllen. Es ist also besser, sich an der Methode der Herren Montgolfier und Charles zu halten, welche Leinwand und Taft gebrauchten, wenn nur die Poren des Gewebes, entweder vermittelst eines Firnisses oder auf irgend eine andere Art, gut verstopfet werden. Dabei wird die Maschine nicht nur leichter, sondern auch die Anfüllung bequemer, indem der eingeschrümpfte Sack sich von selbst ausdehnet, wenn ein Gas hinein kömmt, welches zwar leichter, aber zugleich elastischer ist als die äußere Luft. Bei Versuchen im Kleinen kann ebenfalls entweder Taft oder eine sehr dünne Haut gebrauchet werden.

§. 15.

Die Gestalt eines Luftballs kann vielfältig eingerichtet werden. Man könnte ihn zylindrisch, konisch, an beiden Enden zugespitzt machen, u. s. w. Die kugelförmige Gestalt hat aber den Vorzug, daß die Kugel, unter allen Körpern, die gleich viel Raum in Kubikmaaß einnehmen, derjenige ist, der die kleinste Oberfläche hat. Folglich unter allen möglichen Bällen, die eine gewisse Quantität atmosphärischer Luft verdrängen, ist der kugelförmige derjenige, der am wenigsten Leinwand oder Taffet, u. s. f. zur Umhüllung erfordert. Zwar würde ein zugespitzter Ball die Luft besser durchschneiden; so lange man aber noch kein Mittel ausfindig gemacht hat, um die Luftschiffe nach Willkühr zu lenken und zu regieren, kömmt es auf einen etwas langsameren oder geschwinderen Gang nicht an, und man kann sich an der Kugelgestalt halten.

§. 16.

Es wird hier für Anfänger nicht überflüssig sein, anzuführen, auf welche Weise aus ebenen Stücken eines Gewebes oder sonst eines dünnen und biegsamen Körpers, eine Kugelrinde oder Kappe verfertiget werden kann. Für kleine Kugeln läßt sich folgende Methode gebrauchen.



Aus

Aus dem gegebenen Durchmesser oder Halbmesser der Kugel berechne man den Umkreis ihres größten Zirkels, und mache die gerade Linie AB (vor. Fig.) demselben gleich. Diese theile man in 12 gleiche Theile. Durch alle Theilungspunkte beschreibe man aus einer Entfernung von 10 Theilen lauter Zirkelbögen. So werden sich diese wie in D und E schneiden, und wenn alle diese Striemen wie DE gehörig zusammengefüget werden, so entstehet eine Hülle, die, wenn sie ausgedehnet wird, einer Kugelfläche sehr nahe kömmt.

Folgende Art zu verfahren ist etwas genauer. (Siehe die drei folgenden Figuren).

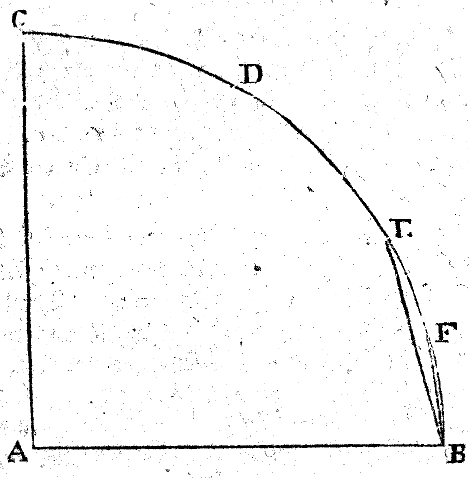
Mit einem Halbmesser AB, der dem gegebenen Halbmesser der Kugel gleich sei, beschreibet einen Viertelzirkel BC, und theilet ihn in 3 gleiche Theile bei D und E. Ziehet BE, als die Sehne von 30 Graden. Halbiret den Bogen BE in F, und ziehet BF, als die Sehne von 15 Graden.

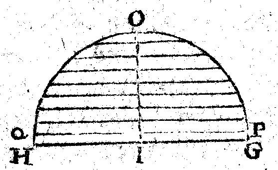
Mit dem Halbmesser IG oder IH = BF beschreibet einen halben Zirkel GOH, und errichtet IO senkrecht auf dem Durchmesser im Mittelpunkte. Theilet IO in 9 gleiche Theile, und durch die Theilungspunkte ziehet lauter Sehnen mit dem Durchmesser parallel. Machet die Linie KL der GH oder 2BF gleich. In der Mitte errichtet die senkrechte MN dreimal so lang als die Sehne BE. Theilet diese MN in 9 gleiche Theile. Durch die Theilungspunkte ziehet mit KL Parallel-Linien, und schneidet von jeder derselben beiderseits so viel ab, als die Länge der zustimmenden halben Sehne im Zirkel GOH beträgt, so wird z. E. ML oder MK $= \frac{1}{2}$ GH, TS oder TR $= \frac{1}{2}$ PQ, u. s. f. Durch die Endpunkte ziehet aus freier Hand die krummen Linien NL und NK, oder nur gerade Linien von jedem Punkte bis zum nächsten, so habet ihr die Hälfte eines der 12 Striemen, woraus die Kugel

ver-

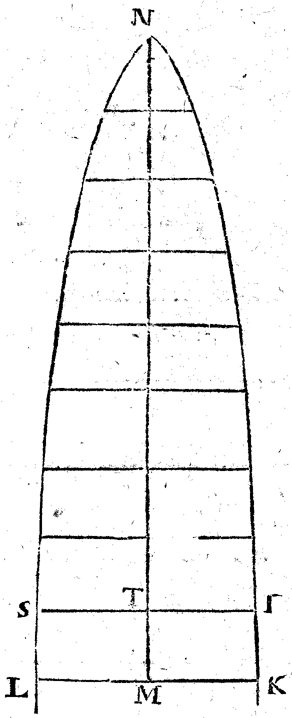
verfertiget werden muß. Die andere Hälfte kann unterhalb der ersten auf eine ähnliche Art gezeichnet werden.

Da sich die Spitzen oben wie bei N nicht bequem zusammen nähen oder kleben lassen, so schneidet man lieber von allen etwas ab, und bedecket die Oefnung mit einem zirkelförmigen Stücke. Auch müssen die Striemen etwas breiter geschnitten werden, als es die Zeichnung mit sich bringet, wegen der Näthe oder der auf einander geleimten Rände.





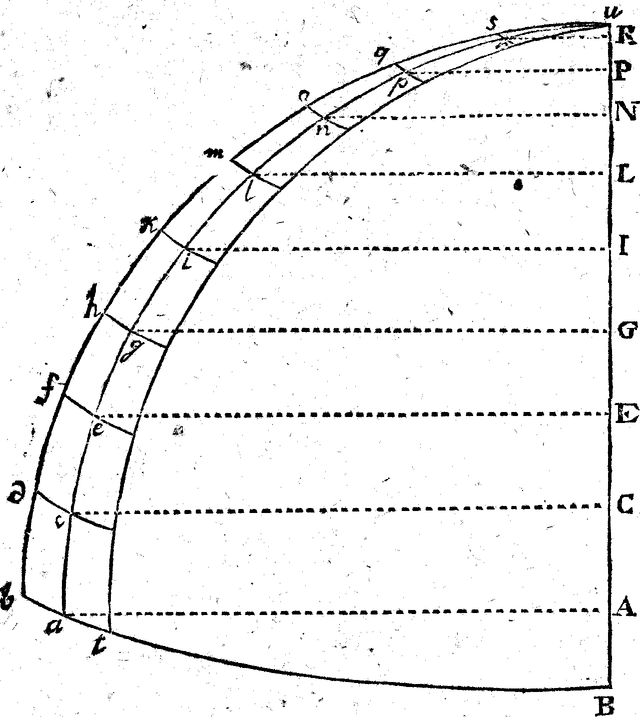
Bei



§. 17.

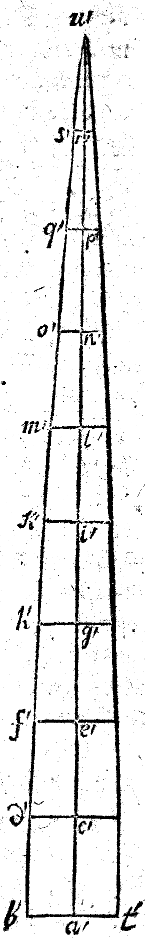
Bei großen Bällen möchte die Gestalt schon merklich von der sphärischen abweichen, wenn man nach den vorhergehenden Methoden verfährt. Man muß also noch genauer zu Werke gehen. Ich werde hier die Berechnung einer Kugelhülle hersetzen, so wie ich diese Berechnung für Herrn Blanchard gemacht habe, oder wenigstens für jemand, der mich im Namen des abwesenden Herrn Blan-

Blanchard darum ersuchte, und sich für einen seiner Freunde ausgab.



Gesetzt, es soll eine Kugelhülle von 10 Fuß im Durchmesser oder 5 im Halbmesser gemachet worden, und sie solle aus 28 aneinander genäheten oder geleimten Striemen bestehen, so laßt uns annehmen, es sei B*bu* der 4te Theil der halben oder der 8te Theil der ganzen Hülle, es sei auch *tbu* ein Striemen, der den 28sten Theil der

der Halbkugel ausmache.



Laßt uns fürs erste die Rechnung so anstellen, als wenn der Halbmesser A*a* nicht 5 sondern nur 1 wäre, weil wir zu Ende nur nöthig haben

werden,

werden, alle Zahlen mit 5 zu multiplizieren. Die Aufgabe ist dennoch jezt, aus 28 Striemen eine Kugel oder Halbkugel von 1 Fuß im Halbmesser oder 2 im Durchmesser zu verfertigen. Ich halbire den Bogen *tb* in *a* und ziehe in Gedanken auf der Kugel den Viertelzirkel *au*, der den ganzen Striemen halbiret. Ich theile *au* in 9 gleiche Theile, jeden also von 10 Graden, vermittelst der Punkte *c*, *e*, *g*, *i*, *l*, *n*, *p*, *r*, und ziehe aus dem Pole *u*, durch die Theilungs-Punkte, Zirkelbögen von einem Rande des Striemens zum andern, so wird jeder dieser Bogen, eben so wie *tb*, den 28sten Theil der Peripherie betragen, die halben Bögen aber, nämlich *ab*, *cd*, *ef*, *gh*, *ik*, *lm*, *no*, *pq*, *rs* betragen jeder den 56sten Theil der Peripherie.

Nun kömmt es nur darauf an, die Längen *au*, *ab*, *cd*, *ef*, &c. auszurechnen, um den Striemen *tbu* auf einer Ebne zu zeichnen. Denn, diese Ausrechnung vorausgesezet, so machet man $a'u' = au$, und theilet $a'u'$ in 9 gleiche Theile. Durch die Theilungspunkte ziehet man auf $a'u'$ senkrechte Linien, und machet $a'b' = ab$, $c'd' = cd$, $e'f' = ef$, u. s. f. so bekömmt man die Punkte b', d', f', h', &c. Diese vermittelst gerader Linien verbundenen, oder vermittelst einer aus freier Hand gezogenen krummen Linie verknüpften Punkte, geben das eine Viertel des Striemens, das andere Viertel rechter Hand wird eben so gezeichnet. Die beiden lezten Viertel unter $t'b'$ werden auf eine ganz ähnliche Art gezeichnet.

Was die Länge $a'u'$ oder *au* betrifft, so ist sie nichts anders als die Länge eines Bogens von 90 Grad, und wenn der Halbmesser $Aa = 1$, so ist

$$a'u' = au = 1{,}570796$$

Für die Länge der Bögen überhaupt kann man sich einer Tafel bedienen, die in Herrn Schulzens Sammlung stehet, oder man sagt 180 Grade geben 3.141593, was geben so und so viel Grade, Minuten, u. s. f.?

Da

Da $a'c'$ oder ac, $c'e'$ oder ce, u. s. f. Bögen von 10 Graden vorstellen, so ist

$$a'c' = ac = 0{,}174532$$

und diesem Theile $a'c'$ oder ac sind die übrigen $c'e'$ oder ce, $e'g'$ oder eg, u. s. w. alle gleich.

Da $a'b'$ oder ab der 56ste Theil der Peripherie ist, so beträgt dieser in Graden $6^g\ 25'\ 42''\ 51'''$. Dieses muß in Theilen des Halbmessers berechnet werden.

$$\begin{aligned} 6^g &= 0{,}104719 \\ 25' &= 0{,}007272 \\ 42'' &= 0{,}000203 \\ 51''' &= 0{,}000003 \\ \hline \text{Summe.}\quad &\ 0{,}112198 = ab = a'b' \end{aligned}$$

Es ist cd ebenfalls ein Bogen von $6^g\ 25'\ 42''\ 51'''$, aber mit dem kleineren Halbmesser Cc beschrieben. Dieser ist in Betrachtung des großen Zirkels der Kugel der Sinus des Bogens cu oder der Kosinus des Bogens ac, also der Kosinus von 10 Grad. Wenn also $Aa = 1$, so ist $Cc = \mathfrak{S}'\,10^g = 0{,}984807$, und es verhält sich ab zu cd wie Aa zu Cc, oder wie 1 zu 0,984807, oder $1 : (0{,}984807) :: ab : cd$, folglich $cd = ab \times (0{,}984807)$.

$$\begin{aligned} 0{,}112198 &= ab \\ 0{,}984807 &= \mathfrak{S}'\,10^g \\ \hline 100978 & \\ 8975 & \\ 448 & \\ 89 & \\ \hline 0{,}110493 &= cd \end{aligned}$$

Eben so läßt sich begreifen, daß man ef erhält, wenn man ab mit $Ee = \mathfrak{S}'\,20^g$ multiplizieret; gh, wenn man ab mit $Gg = \mathfrak{S}'\,30^g$ multiplizieret, u. s. f. wie folgende Rechnungen es deutlich vor Augen legen.

0,112198 = ab
0,939692 = $\mathfrak{S}'\,20^g$
100978
3365
1009
67
10
0,105431 = ef

0,112198 = ab
0,866025 = $\mathfrak{S}'\,30^g$
89758
6731
673
2
0,097165 = gh

0,112198 = ab
0,766044 = $\mathfrak{S}'\,40^g$
78538
6731
673
4
0,085947 = ik

0,112198 = ab
0,642787 = $\mathfrak{S}'\,50^g$
67318
4487
224
78
8
0,072118 = lm

0,112198 = ab
0,500000 = $\mathfrak{S}'\,60^g$
0,056099 = no

0,112198 = ab
0,342020 = $\mathfrak{S}'\,70^g$
33659
4487
224
2
0,038374 = pq

0,112198 = ab
0,173648 = $\mathfrak{S}'\,80^g$
11219
7853
336
67
4
0,019481 = rs

Man bemerke, daß wir bei dieser abgekürzten Multiplikazion, im Addiren der ersten Kolumne zur Rechten,

alle:

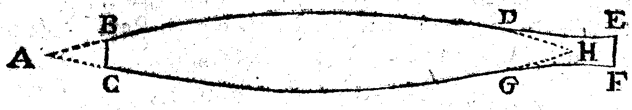
allemal so viel Einheiten zugesetzet haben, als die Kolumne selbst Zehner hervorbrachte, in der Voraussetzung, daß die nächst zur rechten fehlende Kolumne eben so viel Zehner enthalten könnte. Uebrigens sind die Rechnungen alle so gemacht worden, als wenn der Halbmesser der Kugel 1 wäre. Ist nun dieser Halbmesser 5, wie im gegebenen Falle, so müssen die gefundenen Zahlen alle mit 5 multipliziret werden, und dann kömmt

$$
\begin{aligned}
a'u' &= au = 7,853980 \\
a'c' &= ac = 0,872660 \\
a'b' &= ab = 0,560990 \\
c'd' &= cd = 0,552465 \\
e'f' &= ef = 0,527155 \\
g'h' &= gh = 0,485825 \\
i'k' &= ik = 0,429735 \\
l'm' &= lm = 0,360590 \\
n'o' &= no = 0,280495 \\
p'q' &= pq = 0,191870 \\
r's' &= rs = 0,097405
\end{aligned}
$$

Hat man einen Maaßstab, worauf der Fuß in 10, 100, 1000 Theile, u. s. f. getheilet ist, so kann man jetzt nach demselben alle diese Linien $a'u'$, $a'c'$ ($= c'e' = e'g' = g'i' = \&c.$) desgleichen $a'b'$, $c'd'$, &c. auftragen, und dann die krumme Linie $b'u'$ oder nur von einem Punkte zum andern gerade Linien ziehen. Die übrigen drei Viertheile des Striemens können zugleich nach denselbigen Ausmessungen gezeichnet werden.

Es wird schon mehr als hinreichend sein, wenn man nur bis zu den Tausendtheilchen gehet, und das übrige aus der Acht läßt. Bei der Verfertigung eines Musters von Starrleinwand zu einem solchen Striemen gebrauchte ich ein Fußmaaß, welches in 400 Theile getheilet war, und reduzirte also vorher die drei ersten Dezimal-Ziffern in $\frac{1}{400}$ eines Fußes.

Nachdem man auf die vorgeschriebene Art ein Muster auf Holz oder Starrleinwand gezeichnet hat, so nimmt man an einem Ende ein dreieckigtes Stück ABC ab, so



daß AB = $\frac{1}{4}$ Fuß ohngefähr, weil der Pol der Kugel mit einer runden Scheibe vom nämlichen Zeuge, woraus die Kugel bestehet, oder auch wohl von Holz bedecket wird. Am anderen Ende wird ein Stück DEFGHD hinzugethan, in dem Falle, wo die Kugel unten einen sogenannten Appendix oder eine Art von Beutel haben soll, welches hauptsächlich geschiehet, wenn etwas unmittelbar daran gehänget werden soll.

Um die Kugel selbst zu verfertigen, nähet oder klebet man erstlich einige Breiten vom Taffet an einander, und schneidet daraus die Striemen nach dem Muster, indem man noch beiderseits zur Nath oder zum Zusammenkleben der Striemen etwas zugiebt. Wenn man so viel Striemen zugeschnitten hat, als nöthig sind, z. E. 28 wie im angeführten Exempel, so füget man sie zusammen. Es ist aber nicht zu vergessen, daß der Taffet schon vorher mit dem gehörigen Firniß zubereitet sein muß, um daß er luftfest sei. Die Fugen werden zuletzt noch besonders mit kleinen Streifen vom selbigen Zeuge beklebet. Jedoch, wir können uns hier in keine weitläuftige Beschreibung des Handwerklichen, was hierbei vorfällt, einlassen. Indessen kann ich nicht umhin, noch dieses zu bemerken, daß das elastische Harz sich nicht leicht auflösen und in einen Firniß verwandeln läßt, weswegen es rathsamer ist, irgend einen anderen Firniß zu gebrauchen, z. E. denjenigen, der

von

von Kopal-Gummi, oder auch von Bernstein zubereitet wird.

§. 18.

Laßt uns jetzt den Durchmesser der Kugelhülle bestimmen, auf daß man die Streifen darnach einrichten könne. Es sei $1 : \pi$ das Verhältniß des Durchmessers zum Umkreise. Der verlangte Durchmesser der Kugel sei d Fuß, so ist $d^2 \pi$ die Kugelfläche, und $\frac{1}{6} d^3 \pi$ der Kugelinhalt.

Es wiege jeder Quadratfuß der Materie, woraus die Hülle gemacht ist, m Loth, so wiegt die ganze Hülle $d^2 \pi . m$ oder $m d^2 \pi$ in Lothen. Jeder Kubikfuß des Gas, womit die Kugel angefüllet ist oder werden soll, wiege g, so wiegt der eingeschlossene Gas $\frac{1}{6} d^3 \pi . g$ oder $\frac{1}{6} g d^3 \pi$. Folglich die Hülle und der Gas zusammen

$$m d^2 \pi + \frac{1}{6} g d^3 \pi$$

Ferner, es wiege ein Kubikfuß gemeiner Luft l Loth, so wiegt die verdrängte Luft $\frac{1}{6} d^3 \pi . l$ oder $\frac{1}{6} l d^3 \pi$, und so viel beträgt auch der Auftrieb der Luft gegen die Kugel. Ist nun dieses Gewicht jenem der Hülle und des Gas gleich, so ist der gefüllte Ball in der Luft in Gleichgewicht, nämlich dieses geschiehet, wenn

$$m d^2 \pi + \frac{1}{6} g d^3 \pi = \frac{1}{6} l d^3 \pi$$

oder $$m d^2 \pi = \frac{1}{6} (l - g) \, d^3 \pi$$

oder $$m = \frac{1}{6} (l - g) \, d$$

oder $$d = \frac{6m}{l - g}$$

Es wird also der Diameter in Fußen gefunden, wenn man das sechsfache Gewicht eines Quadratfußes der Hülle, durch dem Unterschied der Gewichte eines Quadratfußes Luft und Gas dividiret. Eine Kugel, deren Diameter so berechnet worden, wird in der Luft schweben, ohne zu steigen oder zu fallen. Man brauchet also nur den Diameter etwas größer anzunehmen, so wird sie gewiß steigen. Es wiege z. E. jeder Quadratfuß der Hülle $1\frac{1}{2}$ Loth, jeder

Kubikfuß Luft $2\frac{1}{4}$ Loth, jeder Kubikfuß Gas $\frac{3}{4}$ Loth, so erfordert das Gleichgewicht, daß

$$d = \frac{6 \times 1\frac{1}{2}}{2\frac{1}{4} - \frac{3}{4}} = \frac{9}{1\frac{1}{2}} = \frac{18}{3} = 6$$

Also würden im angenommenen Falle 6 Fuß im Durchmesser zum Gleichgewichte hinreichend sein. Nähme man aber $6\frac{1}{2}$ Fuß oder 7 oder noch mehr, so müßte die Kugel steigen. Um dieses deutlicher einzusehen, laßt uns bedenken, daß die Kugel steigen muß, wenn das Gewicht der Hülle und des Gas kleiner ist, als das Gewicht der verdrängten Luft. Also wenn

$$md^2\pi + \tfrac{1}{6}gd^3\pi < \tfrac{1}{6}ld^3\pi$$

oder $$md^2\pi < \tfrac{1}{6}(l - g)\,d^3\pi$$

oder $$m < \tfrac{1}{6}(l - g)\,d$$

oder $$\frac{6m}{l - g} < d$$

oder $$d > \frac{6m}{l - g}$$

woraus deutlich zu ersehen ist, daß der Ball steiget, wenn der Diameter größer genommen wird, als er für den Fall des Gleichgewichts gefunden worden.

Wenn der Ball noch etwas tragen soll, als z. E. ein Schifflein, sammt den Seilen und den Netzen, woran es hängt, nebst einem Menschen, u. s. f. so sei die hinzukommende Last $= b$. In diesem Falle wird ein Gleichgewicht entstehen, wenn die Hülle, der Gas und die Last zusammen so viel wiegen, als die verdrängte Luft. Wenn man also die von der Last verdrängte Luft aus der Acht läßt, weil sie in Vergleich mit der übrigen nur wenig beträgt, so muß sein

$$b + md^2\pi + \tfrac{1}{6}gd^3\pi = \tfrac{1}{6}ld^3\pi$$

oder $$b + md^2\pi = \tfrac{1}{6}(l - g)\,d^3\pi$$

Dieses ist eine kubische Gleichung, welche aufgelöset werden muß, um d zu finden.

Man

Man kann diese Gleichung also schreiben

$$\tfrac{1}{6}(l - g)\, d^3 \pi - m d^2 \pi = b$$

$$d^3 - \frac{6m}{l - g}\, d^2 = \frac{6b}{(l - g)\pi}$$

Es sei wie vorher $m = 1\frac{1}{2}$ oder $\frac{3}{2}$ Loth, $l = 2\frac{1}{4} = \frac{9}{4}$ Loth, $g = \frac{3}{4}$ Loth. Es ist $\pi = 3{,}1416$. Es wird $\frac{6m}{l - g} = 6$. Es sei das Gewicht $b = 200$ Pfund $= 6400$ Loth. Es muß berechnet werden $\frac{6b}{(l - g)\pi}$

$$\begin{array}{rl} & 6400 = b \\ \times\ 6) & \overline{38400 = 6b} \end{array}$$

$$l - g = \tfrac{9}{4} - \tfrac{3}{4} = \tfrac{6}{4} = \tfrac{3}{2}$$

$$\begin{array}{rll} \pi = & 3{,}1416 & (\times\ 3 \\ & \overline{9{,}4248} & (:\ 2 \\ (l - g)\pi = & \overline{4{,}7124} & \end{array}$$

$$\begin{array}{r|l|l} 4{,}7124 & 38400{,}0000 & 8148 \\ & \underline{376992} & \\ & 70080 & \\ & \underline{47124} & \\ & 229560 & \\ & \underline{188496} & \\ & 410640 & \\ & \underline{376992} & \\ & 33648 & \end{array}$$

Also ist die Gleichung ohngefähr

$$d^3 - 6d^2 = 8148$$

Versuchet man ins erste Glied anstatt d nach und nach verschiedene Zahlen zu setzen, und vergleichet man, was heraus kömmt, mit dem zweiten Gliede, so findet sichs, daß 10 zu wenig giebt, 20 zu wenig, 25 zu viel, 24 zu viel, 23 zu viel, 22 zu wenig, also daß d zwischen 22 und 23 ist. Folglich muß die Kugel schon mehr als 22 Fuß im Durchmesser haben, wenn sie sammt den 200 Pfunden Last nur bloß in der unteren Luft in Gleichgewicht bleiben soll. Giebt man ihr einen größeren Durchmesser, z. E. 23 oder 24 Fuß, so wird sie gewiß steigen.

Wenn man will, daß der Ball sich zu einer gegebenen Höhe erheben soll, so muß man erstlich suchen, wie viel Loth ein Kubikfuß Luft in der gegebenen Entfernung von der Erde wieget. VIII. H. §. 6. Das gefundene Gewicht wird dann anstatt l in unsere Gleichungen gesetzet, und daraus d berechnet. Der gefundene Diameter d gehöret alsdann zu einem Balle, der in der gegebenen Entfernung von der Erde mit der Luft in Gleichgewicht schweben kann. Indessen wird der Ball nicht sogleich in der gegebenen Erdferne bleiben, sondern vermittelst der beim Steigen erlangten Geschwindigkeit erstlich höher steigen, dann aber vermittelst seiner Schwere und der dadurch erhaltenen Geschwindigkeit wieder tiefer als die gegebene Höhe sinken, und so mehrere Schwingungen in der Luft machen, welches auch die ersten Luftfahrer bemerket haben.

Laßt uns wiederum annehmen, es sei m oder das Gewicht eines Quadratfußes der Hülle $= 1\frac{1}{2}$ Loth, l oder das Gewicht eines Kubikfußes der unteren Luft $= 2\frac{1}{4}$, g oder das Gewicht eines Kubikfußes Gas $\frac{3}{4}$ Loth, so kömmt, wenn wir diese Werthe in die Gleichung

$$d = \frac{6m}{l - g}$$

setzen, $d = 6$, wie wir oben gesehen haben, und dieser Diameter gilt für den Fall, wo die Kugel nichts zu tragen hat, und dabei nur in der unteren Luft schweben soll, ohne zu steigen. Gesetzt nun, sie solle gleichfalls ohne Last 1000 Fuß hoch steigen, so findet man, daß die Dichtigkeit der Luft, in einer Erdferne von 1000 Fuß, schon um

$\frac{1}{26}$ Theil

$\frac{1}{26}$ Theil geringer ist als unten bei der Erde. (VIII. H. §. 6). Also wieget daselbst der Kubikfuß Luft nicht mehr $\frac{9}{4}$ Loth, sondern nur $\frac{9}{4} - \frac{1}{26} \cdot \frac{9}{4}$ oder ohngefähr $2\frac{1}{6}$ oder $\frac{13}{6}$ Loth. Dieses ist demnach der Werth von l für unseren Fall, und die Gleichung wird

$$d = \frac{6 \times \frac{3}{2}}{\frac{13}{6} - \frac{3}{4}} = \frac{108}{17} = 6\frac{1}{3} \text{ ohngefähr,}$$

woraus man siehet, daß bloß $\frac{1}{3}$ Zoll mehr im Durchmesser schon machet, daß die Kugel 1000 Fuß hoch in die Luft steigen kann; ja sie wird sogar noch höher steigen, und dann über und unter der Erdferne von 1000 Fuß verschiedene Schwingungen machen, die wegen des Widerstandes der Luft immer kleiner und kleiner werden.

Wir haben auch gefunden, daß, bei dem nämlichen Werthe von m, von l (für die untere Luft) und von g, der mit 200 Pfund belastete Ball 22 bis 23 Fuß im Durchmesser haben muß, um nur in der unteren Luft zu schweben. Soll aber die Kugel ebenfalls mit einer Last von 200 Pfund 1000 Fuß hoch steigen, so verändert sich bloß der Werth von l in der Gleichung

$$d^3 - \frac{6m}{l-g} d^2 = \frac{6b}{(l-g)\pi}$$

und es wird $d^3 - 6\frac{1}{3}d^2 = \dfrac{38400}{(\frac{13}{6} - \frac{3}{4}) \cdot \pi}$

oder $d^3 - 6\frac{1}{3}d^2 = 8628$

Löset man diese Gleichung ebenfalls durch Versuche auf, so findet sichs wiederum, daß d zwischen 22 und 23 ist, aber näher an 23 als vorher. Hieraus siehet man wiederum, daß der Diameter, der für das Gleichgewicht in der unteren Luft berechnet ist, nur um ein Weniges vergrößert werden darf, wenn die Kugel über 1000 Fuß hoch steigen soll.

§. 19.

Endlich läßt sich noch diese Frage aufwerfen: wie hoch wird ein gegebener Ball steigen? Diese Frage muß seltener vorkommen als die vorigen. Denn es wäre unklug gehandelt, wenn man erst den Ball nach Gutdünken verfertigte, und dann untersuchte, was man damit ausrichten kann. Deswegen wollen wir diese Aufgabe nur überhaupt und ohne Exempel auflösen. Der leere Ball wird steigen, bis daß

$$d = \frac{6m}{l - g}$$

oder $l - g = \frac{6m}{d}$ oder $l = \frac{6m}{d} + g$

Da nun m, d und g gegeben sind, so findet man l, nämlich eine Zahl, welche anzeiget, wie schwer ein Kubikfuß Luft in der Erdferne ist, wo der Ball in Gleichgewicht bleiben kann. Und aus dieser spezifischen Schwere der oberen Luft, mit derjenigen der unteren verglichen, läßt sich die Erdferne finden (VIII. H. §. 8.), über und unter welcher der Ball, nachdem er gestiegen sein wird, seine Schwingungen machen wird. Trägt der Ball die Last b, so steiget er, bis daß $\frac{1}{6} l d^3 \pi = \frac{1}{6} g d^3 \pi + m d^2 \pi + b$

oder $l d^3 \pi = g d^3 \pi + 6 m d^2 \pi + 6 b$

oder $l = g + \frac{6m}{d} + \frac{6b}{d^3 \pi}$

Da nun g, m, d, b gegeben sind, so läßt sich l oder die obere Dichtigkeit der Luft, mit der unteren verglichen, und daraus, wie vorher, die Erdferne schließen.

§. 20.

Die Dichtigkeit der Luft und des Gas, welche wir bei den Exempeln angenommen haben, ist nur beiläufig bestimmet.

stimmet. Wollte man mehr Genauigkeit in den Rechnungen haben, so müßte man noch vieles beobachten.

Was das Gewicht der unteren Luft betrifft, so ist es sehr veränderlich, und da die jedesmalige Dichtigkeit oder spezifische Schwere der oberen Luft zugleich von dem Zustande der unteren abhängt, so gehen beständig in der ganzen Atmosphäre Veränderungen vor, in Betreff des Gewichtes eines gewissen Volumens Luft, z. E. eines Kubikfußes. Um nur einen Begriff von den unteren Veränderungen zu geben, so will ich hier, nach Herrn Professor Kratzenstein, ein Täflein einrücken, welches das Gewicht eines Kubikfußes Luft, Pariser Maaß, in Lothen oder halben Unzen, Pariser Gewicht, in Rücksicht auf den Thermometer- und Barometerstand anzeiget. Die Grade werden nach dem sogenannten Reaumürschen, oder eigentlich Nolletschen Thermometer gezählet, welcher zwischen dem Gefrierpunkte und Siedepunkte des Wassers 80 Grad enthält. Die Zahlen nach dem Komma sind Dezimal-Brüche.

Thermometerstand.

Bar.	25	20	15	10	5	0	— 5	— 10	— 15
$27\frac{1}{2}$	2,618	2,678	2,741	2,807	2,876	2,949	3,025	3,106	3,191
28	2,666	2,727	2,791	2,858	2,929	3,003	3,080	3,162	3,249
$28\frac{1}{2}$	2,714	2,776	2,841	2,909	2,981	3,056	3,135	2,219	2,307

Ob gleich Herr Professor Kratzenstein für die vollkommene Richtigkeit dieser Tafel nicht Bürge sein kann, noch will, so siehet man wenigstens daraus, wie veränderlich die Dichtigkeit der unteren Luft ist. Bei aerostatischen Rechnungen ist zu rathen, daß man sie lieber zu klein als zu groß annehme. Denn eine Kugel, die in einer leichteren Luft steiget, wird um desto mehr in einer schwereren steigen, weil in dieser das Gewicht der verdrängten Luft, und folglich der Auftrieb mehr beträgt. Deswegen habe ich in den Exempeln angenommen, daß ein Kubikfuß Luft

nur

nur $2\frac{1}{4}$ Loth wieget. Ob gleich die Dichtigkeit der oberen Luft aus der Dichtigkeit der unteren nach einer gewissen Formel berechnet werden kann (VIII. H. §. 6), so ist doch nicht zu leugnen, daß vermuthlich der Unterschied der Wärme in den unteren und oberen Schichten der Luft auch hierin einige Ungewißheit übrig läßt. Denn es ist bekannt, daß die obere Luft immer kälter ist als die untere, und Herr Charles hat bemerket, daß für jede 762 Fuß, die man höher steiget, das Thermometer ohngefähr um 1 Grad fällt. Daraus würde folgen, daß, wenn z. E. das Thermometer unten auf der Erde 10 Grad zeiget, es in einer Erdferne von 1000 Fuß nur auf $8\frac{7}{10}$, und in einer Höhe von 8000 Fuß schon auf $\frac{1}{2}$ Grad unter Null stehen würde. Sollte aber auch dieser Umstand einige Ungewißheit in Betrachtung der Erdferne des Balls verursachen, so ist daran eben nicht viel gelegen, indem die Hauptsache nur ist, daß der Ball hoch genug steige, um über die höchsten Gebäude und andere Gegenstände, woran er anstoßen könnte, wegzufliegen.

Nicht weniger Ungewißheit trifft man an, wenn man die spezifische Schwere des Gas, womit man den Ball füllet, untersuchen will. Der Strohdampf des Herrn Montgolfier war ohngefähr halb so schwer als die atmosphärische Luft. Der Gas des Herrn Charles, mit etwas gemeiner Luft vermischt, war dreimal leichter als die Luft. Andere Versuche scheinen zu beweisen, daß die nämliche Art Gas, wenn er rein und sorgfältig zubereitet ist, wohl 6 bis 7mal leichter ist als die Luft. Zu mehrerer Sicherheit habe ich ihn in den Exempeln nur dreimal leichter angenommen. Außer diesem Gas, der aus Eisenfeil aufsteiget, wenn Vitriolsäure mit Wasser darauf gegossen wird, kann man auch verschiedene andere Gas-Arten erhalten, z. E. aus Zink in Seesalz-Geist, oder auch in phosphorischer Säure aufgelöset; aus Eisen, in der nämlichen Säure oder in Essig aufgelöset, u. s. f. Alle

diese

diese Arten sind leichter als die Luft, jedoch ist ihre spezifische Schwere noch nicht mit Gewißheit bestimmt.

§. 21.

Wenn die Luftbälle je einen wirklichen Nutzen haben sollten, so müßte man erst die Kunst erfinden, sie zu regieren, um damit nach Belieben hin- und her zu reisen. So weit ist man aber noch nicht gekommen, und sie können also bis jetzt für weiter nichts als ein merkwürdiges physikalisches Experiment gehalten werden. Bei der bisherigen Unmöglichkeit, den Ball zu regieren, ist man gezwungen, ihn bloß dem Winde zu überlassen. Jedoch kann der Luftschiffer nach Belieben höher und niedriger gehen, um zu versuchen, ob er nicht in einer anderen Erdferne, wie es oft geschiehet, einen vortheilhafteren Windstrich antreffen werde. Will er steigen, so wirft er etwas vom mitgenommenen Ballast weg, welcher aus Sand bestehen kann. Will er sinken, so öfnet er, vermittelst eines Fadens, der von unten in die Kugel hineingehet, eine Klappe, wodurch etwas Gas hinausgehet: eine stählerne Feder drücket die Klappe wieder zu, wenn man aufhöret, am Faden zu ziehen. Will er nun wieder steigen, so wirft er noch mehr Ballast weg, u. s. f. Will er endlich landen, so hält er das Ventil offen, bis daß der größte Theil des Gas verflogen ist. Bei der Montgolfierschen Methode kann man vermittelst einer stärkeren oder schwächeren Feuerung steigen und sinken.

Um eine horizontale Bewegung hervorzubringen, sind verschiedene Vorschläge gemacht worden, die aber alle wenig oder gar keinen Nutzen haben können. Seegel können zu nichts dienen. Denn wenn einmal das Luftschiff die Geschwindigkeit des Windes erreichet hat, so wirket der Wind nicht mehr auf die Segel. Mit Schiffen auf dem Wasser hat es eine andere Bewandniß, denn da verursachet

sachet der beständige Widerstand des Wassers, daß das Schiff etwas langsamer gehet als der Wind, und dieser also auf die Segel wirket. Einige haben vorgeschlagen, einen Strom von Gas am Hintertheile des Schiffs ausfließen zu lassen. Dieses würde aber so viel als nichts bewirken. Eben so wenig würde man durch den Recül abgefeuerter Raketen ausrichten. Wenn man am Schiffe eine große gegen den Horizont geneigte Ebne anbrächte, so würde man bei stiller Luft zwar in etwas schiefer Richtung steigen, bei dem geringsten widrigen Winde aber würde man doch zurück oder seitwärts getrieben werden. Ruder oder Flügel müßten von ungeheurer Größe sein, und mit einer erstaunenden Schnelligkeit beweget werden, um das Luftschiff fortzutreiben. Herr Professor Kratzenstein schlägt ein Rad mit mehreren Rudern oder Flügeln vor, gesteht aber selbst, daß der geringste Wind die Wirkung des Rades überwältigen würde. Er hat die Beschaffenheit dieses Rades nicht umständlich beschrieben; ich glaube aber, daß in jeder Lage desselben die oberen Flügel den unteren entgegen arbeiten, und also deren Wirkung gänzlich vernichten würden.

Man muß demnach gestehen, daß die eigentliche Luftschiffahrt noch nicht erfunden ist; denn in der Luft schweben und vom Winde getrieben werden, ohne sein Schiff lenken zu können, ist noch keine Schiffahrt.

Ende der Hydrostatik.

Druckfehler und Versehen in den Grundlehren der Statik.

Wie nachtheilig Druckfehler in mathematischen Werken sind, habe ich oft Gelegenheit zu erfahren: nicht nur Schülern verursachen sie eine unnöthige Aufhaltung, sondern auch Lehrer können dadurch in eine zwar kurze, aber doch unangenehme Verlegenheit versetzet werden. Deswegen habe ich bis jetzt bei jedem meiner mathematischen Werke die in dem vorhergehenden entdeckten Fehler nachgeholet; denn erst bei dem Gebrauche eines Buches findet man sie allmählig auf. In gegenwärtiger Hydrostatik habe ich bis jetzt keine gefunden; hingegen in den Grundlehren der Statik sind einige Stellen zu verbessern, welche zum Theil von einem in der Mathematik erfahrnen Offizier bemerket worden.

Seite 10, Zeile 9. Anstatt 6 Pfund muß stehen 6 Kubikfuß.

Seite 26, Zeile 22 und 30. Anstatt $795\frac{1}{5}$ muß stehen $795\frac{1}{6}$.

Seite 32, Zeile 8. Hier wird vom Berliner Fuß gesaget, daß er vermuthlich der halben Berliner Elle gleich sei. Dieses war übereilt. Den Berliner Fuß hätte ich ganz weglassen können, da ihn niemand in Berlin kennet, wo das Rheinländische Maaß allgemein eingeführet ist. Ferner beträgt die wahre Berliner Elle nach meiner eigenen Ausmessung 2 Fuß und $1\frac{1}{2}$ Zoll Rheinländisch, also schon mehr als 2 Rheinländische Fuß, folglich mehr als 2 der in Krusens Kontoristen, Herrn Schulzens Tabellen, und anderen Büchern angegebenen Berliner Fuße, welche etwas keiner sind als das Rheinländische Maaß. Man findet überhaupt bei der genauen Vergleichung der Maaße und Gewichte unzählige Schwierigkeiter und Widersprüche.

Seite 33, Zeile 17. Hier wird die deutsche Meile auf 20000 Rheinländische Fuß gerechnet, und es werden 15 Meilen auf einen Grad gezählet. An diesem Versehen ist die französische Encyklopedie Schuld, die ich vor Augen hatte, da ich diese Stelle schrieb. Nach den genauesten Rechnungen hält eine deutsche oder geographische Meile, dergleichen 15 auf einen Grad des Aequators gehen, 23630, oder nach anderen 23664 Rheinländische Fuß.

Seite 72, Zeile 4. Anstatt MT muß stehen MV.

Seite 73, Zeile 11. Anstatt K lies R.

Seite 105, Zeile 4 von unten. Anstatt H lies K.

Seite 117, Zeile 3 von unten. Anstatt $(D \times E)$ lies $(D + E)$.

Seite 121, Zeile 9 von unten. Anstatt $(F \times G)$ lies $(F + G)$.

Seite 147, Zeile 11. Anstatt IF lies LF.

Seite 165, Zeile 11 von unten. Anstatt EG soll sein CG.

Seite 177, Zeile 7. Anstatt BB setze BD.

Seite 183, Zeile 2 von unten. Anstatt CCN muß stehen GCN.

Seite 192, Zeile 5 von unten. Anstatt das Strick, lies der Strick. Diesen Fehler trifft man in verschiedenen Stellen meiner Statik an. Ich war der Meinung, die Worte Strick und Seil wären beide einerlei Geschlechts, und weil man saget das Seil, so schrieb ich auch das Strick. Nicht umsonst habe ich, da ich französischer Herkunft bin, in meinen Vorreden um Nachsicht in Betracht der Sprache gebeten, welche mir auch bisher verliehen worden

Seite 216, Zeile 15 und 17, fehlet das Gleichheits-Zeichen zwischen dem Bruche und der darauf folgenden Zahl.

Seite 221, Zeile 10 und 11 von unten. Anstatt pCH und DCH muß stehen pCK und DCK.

Seite 22., Zeile 6. Anstatt die Resistenzen, muß es heißen der Resistenzen.

Seite 2.6, Zeile 11. Anstatt herrührenden lies berührenden.

Seite 276, Zeile 14. Anstatt v.rrichtet soll es heißen vernichtet.

Seite 304, Zeile 7 von unten. Anstatt Rauch schreibe Raum.

Seite 312, Zeile 3 von unten. Anstatt vor lies von.

Seite 328, Zeile 5. Anstatt C setze O.

Seite 338, Zeile 6 von unten. Anstatt rx lies $rx\,dx$.

Seite 342, Zeile 1 unten. Anstatt ΔS lies ΔF.

Seite 344, Zeile 4 von unten. Anstatt $-u$ setze $=u$.

Seite 345, Zeile 2. Anstatt $\frac{du}{4p}$ schreibe $\frac{\mathfrak{d}u}{4p}$. Diejenigen die mein d nicht leiden können, mögen das lateinische d stehen lassen, auch, wenn sie wollen, alle übrige d in d verwandeln.

Seite 359, Zeile 2. Anstatt Halbmesser lies Durchmesser.

Seite 374, Zeile 7. Anstatt α' schreibe a'

Wer die Grundlehren der Statik besitzet, beliebe die hier angezeigten Druckfehler und Versehen mit der Feder zu verbessern.