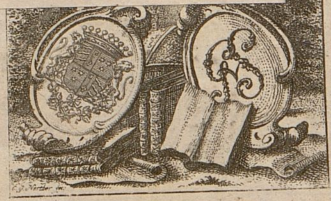

Anweisung
zur
Experimental-Physik.

Aus dem Französischen des Herrn

Sigaud de la Fond,

Professors der Experimental-Physik und Lehrers der Mathematik auf der Universität zu Paris, der Königl. Societät der Wissenschaften zu Paris, Angers und Montpellier, wie auch der Churfürstl. Bayerischen Akademie Mitglieds,

übersetzt.

Erster Theil.

Mit Kupfern.

Mit gnädigstem Privilegio.

Dresden, 1774.
In der Waltherischen Hofbuchhandlung.

1.

Vorrede
des Verfassers.

Der Beyfall, welchen die Experimental-Physik seit langer Zeit genossen hat; die zahlreichen Zuhörer, welche meinen Vorlesungen alle Jahre beywohnen; die vielen Personen, welche mich ersuchen, ihnen physikalische Instrumente zu verschaffen; der Eifer, mit welchen verschiedene Schulen in den Provinzen sich physikalische Cabinette anzulegen suchen; meine Vorlesungen, welche ich alle Jahre auf der Universität zu Paris zu halten pflege, und die Aufmerksamkeit, mit welcher man mich in denselben beehret, ungeachtet der großen Menge Zuhörer, welche solche besuchen: alles dieses überhebet mich der Mühe, der Experimental-Physik hier eine Lobrede zu halten.

Diese Wissenschaft, welche der menschlichen Gesellschaft durch die Dienste, die sie ihr täglich leistet, so nothwendig geworden ist, seitdem sie von so vielen großen Männern bearbeitet, und mit neuen Entdeckungen bereichert worden, macht nunmehro einen Theil von der Erziehung der Jugend aus. Man kann daher nicht zu vielen Fleiß anwenden, sie auf eine solche Art vorzutragen, daß ihre Erlernung sowohl leicht als lehrreich werde.

Die erste dieser Bedingungen wird erfüllet, wenn man sich zu den Begriffen derer herabläßset, welche mit dieser Wissenschaft nur noch sehr wenig bekannt sind; wenn man einer genauen Lehrart folget, und alle Ausschweifungen vermeidet, die zwar an und für sich angenehm und merkwürdig sind, aber doch oft machen, daß man den Hauptgegenstand aus dem Gesichte verlieret.

Der zweyten Bedingung geschiehet Genüge, wenn man die nützlichen Entdeckungen zu nutzen sucht, welche von so vielen Gelehrten gemacht worden, und die in einer sehr großen Menge von Büchern zerstreuet sind, die sich nicht ein jeder anzuschaffen vermögend ist, oder die wegen der vielen Beschäftigungen, welche das menschliche Leben gemeiniglich zu theilen pflegen, nicht ein jeder lesen und durchdenken kann.

Da ich mich schon seit etlichen Jahren mit der Experimental-Physik beschäftige; da ich schon seit langer Zeit die Naturlehre und Mathematik vortrage, und alles, was ich bey den berühmtesten Schriftstellern nur Wichtiges antreffe, was in diese Wissenschaften einschläget, mit vielem Fleiße sammle: so kann ich hoffen, daß ich beyde Bedingungen, wenigstens zum

Theil werde erfüllen können, und dieß hat mich auch bewogen, gegenwärtige Anweisung bekannt zu machen.

Allein es hat mich noch eine andere, eben so wichtige Ursache dazu angetrieben. Die Lehrer der hiesigen Universität haben mir seit einigen Jahren die Ehre erwiesen, und mich gleichsam zum Gehülfen ihrer Arbeit angenommen, indem sie mir die Versuche anvertrauet haben, welche man seit langer Zeit bey dem Schlusse der Physik zu machen pflegt. Geschickte Zuhörer dürfen sich alsdann nur an das Gehörte erinnern, und die Versuche ansehen, die ihnen bereits sind erkläret worden, und auf welche man die meisten ihnen vorgetragenen Grundsätze gebauet hat. Allein diese Uebung würde für den größten Haufen nichts weiter als eine leere Belustigung seyn, welche die vorgesetzte Absicht niemals erreichen würde, wenn man weiter nichts thäte, als die Versuche zu wiederholen. Sie kann also nur alsdenn nützlich werden, wenn nicht

nur

nur jeder Zuhörer die Materien weiß, welche in den Stunden vorkommen werden, sondern auch, wenn er sich sorgfältig darauf vorbereitet, und sich an dasjenige erinnert, was ihm das Jahr über ist vorgetragen worden.

Nichts würde zu dem Ende diensamer seyn, als die erklärten Hefte sorgfältig nachzulesen. Allein, da zu der Experimental-Physik nur wenig Stunden ausgesetzet sind, folglich in jeder sehr viele Gegenstände vorkommen; so muß man sehr vieles nachlesen, welches diejenigen leicht abschrecken kann, welche andere nöthige Beschäftigungen haben, und also ihre Zeit eintheilen müssen. Ueberdieß folgt man in Erklärung der Versuche in den Heften nicht immer einer und eben derselben Ordnung; daher in jeder Stunde mehrere Versuche vorkommen müssen, worauf man sich nicht vorbereitet hat.

Ich habe durch gegenwärtige Anweisung die Arbeit abzukürzen gesucht. Ich habe daher

1.) alles weggelassen, was nicht zur Experimental-Physik gehöret. Ich habe 2.) alle Versuche, die zu einer und eben derselben Materie gehören, zusammen genommen. Ich habe 3.) mich gehütet, sie ohne Noth zu vervielfältigen. Ich habe 4.) sie so bestimmt, als mir nur möglich gewesen, erkläret. Ich bin endlich 5.) der geometrischen Lehrart gefolget, indem ich mich gehütet habe, mich zu wiederholen, und daher den Leser immer wieder auf diejenigen Grundsätze verweise, worauf gewisse Sätze, oder darzu gehörige Erläuterungen gegründet sind.

Ich habe die geometrischen Beweise nicht ganz vermeiden können; allein, ich habe sie mir nur alsdenn erlaubt, wenn ich die Wahrheit einiger Sätze, die ich beweisen mußte, ohne sie nicht hinlänglich darthun zu können geglaubt habe.

Die Zahl dieser Beweise ist sehr geringe; überdieß sind die meisten derjenigen, welche meinen

nen Vorlesungen beywohnen, in der Mathematik zu gut unterrichtet, als daß diese Beweise sie stutzig machen könnten. Ich pflege sie auch in meinen besondern Vorlesungen so deutlich zu machen, daß selbst diejenigen, die nicht die geringste Kenntniß von der Geometrie haben, sie verstehen können.

Eben dieser Behutsamkeit habe ich mich in Betrachtung der Algebraischen Formeln bedienet. Man wird ihrer nur sehr wenige in diesem Werke finden, und diejenigen, deren ich mich bedienet habe, sind blos zur Bequemlichkeit dererjenigen gebraucht worden, welche alles, was man aus einem einmal bewiesenen Satze herleiten kann, gerne in wenig Worten und, so zu sagen, mit einem einzigen Blicke übersehen wollen. Denn ich bediene mich dieser Formeln nicht anders, als zur Wiederholung solcher Sätze, welche vorher erklärt und bewiesen worden.

Da ich dieses Werk vornehmlich denenjenigen nützlich zu machen gesucht habe, welche meine besondern Vorlesungen besuchen; so habe ich bey manchen Gegenständen nothwendig etwas weitläuftiger seyn müssen, als für diejenigen nöthig ist, welche sich schon besonders auf die Naturlehre geleget haben. Ungeachtet nun diese Anweisung nur in zwölf Vorlesungen getheilet ist, so geben sie mir doch in meinen besondern Vorträgen hinlänglichen Stoff zu vier, ja oft wohl zu sechs und zwanzig Vorlesungen an die Hand.

Man kann diese Anweisung als eine Sammlung alles desjenigen ansehen, was die berühmtesten Naturkündiger über jede der darinnen vorkommenden Materien geschrieben haben. Ich habe mich der Einsichten aller dererjenigen bedient, welche diese Laufbahn vor mir betreten haben; ja ich habe nicht einmal Bedenken getragen, sie an einigen Orten wörtlich abzuschreiben, wenn der Nutzen meiner Leser mir solches zu erfordern schien. Man kann solches aus den unten angeführten Schriftstellern ersehen, die ich getreulich angezeigt habe, damit man zur Quelle selbst zurückgehen könne, wenn die Sache so wichtig ist, daß sie diese Mühe verdienet.

Wenn ich es zuweilen unterlassen habe, eine oder die andere Schrift anzuführen, so ist es nicht in der Absicht geschehen, dem Verfasser die ihm gebührende Ehre zu rauben, oder mich auf dessen Kosten zu erheben. Es kann solches entweder alsdann geschehen seyn, wenn ich ihn auf gleichem Wege mit mir angetroffen habe, oder wenn ich sein Werk nicht bey der Hand hatte, und die dahin gehörige Stelle also nicht mit der gehörigen Genauigkeit anführen konnte, oder auch wenn ich eine und eben dieselbe Sache in verschiedenen gleichzeitigen Schriftstellern fand, und daher die Ehre der Erfindung keinem allein beylegen konnte.

Ich habe in dieser Anweisung alles weggelassen, was zur Physik des menschlichen Körpers gehö-

gehöret, ungeachtet ich solches in meinen besondern Vorlesungen mit abzuhandeln pflege; indem ich sie alsdann nur Anwendungsweise vortrage, und sie daher nicht so umständlich lehren kann, als ein so wichtiger Theil der Naturlehre es erfordert. Da ich überdieß in mehrern Collegiis der hiesigen Universität alle Jahre gewisse Vorlesungen über die thierische Oekonomie halten muß, so bin ich Willens, alles was dahin gehöret, in einem besondern Lehrbuche vorzutragen, woran ich gegenwärtig arbeite, und welches ich an das Licht stellen werde, so bald meine andern Beschäftigungen mir erlauben werden, die letzte Hand daran zu legen.

Anweisung
zur
Experimental-Physik.

Erster Abschnitt.
Von den allgemeinen Eigenschaften der Materie.

§. 1.

Die Physik beschäftiget sich mit der Erkenntniß aller körperlichen Wesen, welche zur Welt gehören. Ihre Absicht ist, die Natur derselben, ihre Eigenschaften und verschiedenen Verhältnisse zu entdecken. Einleitung.

Diese Wesen kommen darinn überein, daß sie insgesammt körperlich sind, unter sich aber sind sie durch die mancherley Gestalten verschieden, unter welchen sie sich unsern Untersuchungen darstellen.

Die Versuche, welche man bisher gemacht hat, dasjenige zu bestimmen, was das Wesen der Materie ausmacht, scheinen mir, so wie man aus den vielerley Meynungen der Gelehrten urtheilen kann, allzu unfruchtbar zu seyn, als daß sie in einer Anweisung Platz finden könnten, wo nichts vorgetragen werden soll, was nicht durch entscheidende Erfahrungen oder durch beständige Wahrnehmungen bewiesen werden kann.

Ich werde also nicht allein die verschiedenen Arten, die man erdacht hat, die Natur der körperlichen Dinge zu erklären, mit Stillschweigen übergehen, sondern auch alles, was nicht durch Erfahrungen oder Beobachtungen dargethan werden kann.

Wir werden in diesem ersten Abschnitte die allgemeinsten Eigenschaften der Materie betrachten; das ist, diejenigen, welche allen Arten von Körpern ohne Unterschied zukommen.

§. 2.

Figur der Körper.

Das erste, was sich unsern Untersuchungen darstellet, wenn wir ein körperliches Ding betrachten, ist seine Ausdehnung. Diese Ausdehnung, welche umgränzt und eingeschränkt ist, muß nothwendig eine Gestalt haben; weil eben die Stellung der Außenlinien, welche einen Körper auf allen Seiten begränzen, dasjenige ist, was unsern Augen dessen Gestalt darstellet. Da nun kein Körper ist, der nicht ausgedehnt, und in seiner Ausdehnung eingeschränkt wäre, so giebt es auch keinen Körper, der nicht eine Gestalt hätte.

Allein kommt diese Gestalt, unter welcher jedes körperliche Ding uns in die Augen fällt, diesem Dinge besonders zu? Ist sie ein eigenthümliches Merkmaal, welches dasselbe von einem jeden andern Dinge eben derselben Art unterscheidet, wie Leibnitz in seinem Grundsatze des zu Unterscheidenden behauptet, worauf er seinen allgemeinen Grundsatz von dem zureichenden Grunde bauet? Alles beweget uns, solches zu glauben, ob wir es gleich nicht mit Gewißheit behaupten können.

Und

Und gewiß, wenn wir alle Dinge einer und eben derselben Art um uns her aufmerksam betrachten, so werden wir nicht ein einiges finden, welches wir nicht von dem andern unterscheiden könnten. Nichts ist sich zum Beyspiele, ähnlicher, als zwey Blätter eines und eben desselben Baumes; indessen wird ein aufmerksamer Beobachter sie sehr wohl von einander unterscheiden können. Nichts kommt einer vollkommenen Aehnlichkeit näher, als die Theile, welche aus der Krystallisation eines und eben desselben Salzes entstehen. Sie haben alle einerley Gestalt, welche derjenigen Art Salzes, wozu sie gehören, eigenthümlich ist. Die Krystallen des Seesalzes, z. E. stellen sich unsern Augen unter der Gestalt kleiner Würfel dar, dessen Ecken insgesammt abgestümpft, und dreyeckig sind. Die Krystallen des Nitri oder Salpeters stellen lange und dünne Sechsecke vor, dessen Seiten aus Parallelogrammen bestehen. Das eine Ende ist allemal eine Pyramide oder auch eine scharfe Schneide, nachdem die Stellung der Seiten der beyden ungleichen Flächen ist; das andere Ende aber ist allezeit höckerig, als wenn es abgebrochen wäre (a). Der Zucker krystallisiret sich in Gestalt kleiner Kügelchen, u. s. f.

Indessen, wenn man diese verschiedenen Krystallisationen genau untersuchet, so wird man finden, daß alle Krystallen einer Art dennoch gar sehr von einander unterschieden sind. Will man sich davon überzeugen, so muß man dabey folgender Gestalt verfahren.

Man löse verschiedene Salze, doch jedes besonders, in destillirtem Wasser auf; damit sich keine fremden Körper, die in anderm Wasser befindlich seyn könnten, mit den Salztheilchen vermischen und die Gleichartigkeit der Krystallen verdächtig machen können. Man nehme eini-

(a) Bakers le Microscope à la portée de tout le monde, S. 294.

einige Tropfen dieser Auflösungen, thue sie auf gläserne Scheiben, und bringe sie unter die Linse eines Vergrösserungsglases. Nach einiger Zeit wird man in jeder Auflösung eine innere Bewegung beobachten; man wird sehen, daß die Salztheilchen, welche in ihrem Auflösungsmittel schwimmen, sich einander nähern, größere Massen auszumachen, welche sich auf das Glas setzen, so wie der flüßige Theil, in welchem sie sich befinden, abdunstet. Endlich bleiben sie unter der Gestalt der Krystallen daselbst sitzen. Ob nun gleich die Krystallen des Seesalzes, zum Beyspiele, insgesammt kleinen Würfeln gleichen, so bemerket man doch in jedem dieser Würfel etwas besonders, wegen dessen man keinen mit dem andern verwechseln wird. Was ich von dieser Art der Krystallisation sage, gilt auch von allen übrigen.

§. 3.

Ist der Grund des Geschmackes.

Vermittelst dieser und anderer Beobachtungen über die Figur der Salze, ist man in den Stand gekommen, die verschiedenen Empfindungen zu erklären, welche die schmeckbaren Körper auf den Werkzeugen des Geschmackes hervorbringen. Man hat dadurch gefunden, daß diejenigen dieser Körper, deren Theile rauh und eckig sind, die nervigen Hügelchen der Schmeckhaut sehr stark reizen; daß diejenigen, deren Theile nicht so rauh oder nicht so eckig, oder zugleich weniger rauh und weniger eckig sind, sie auch weniger reizen; und daß diejenigen, deren Theile rund sind, leicht darüber weggleiten, und sie nur sehr wenig erschüttern. Die Erfahrung kommt mit diesen Beobachtungen überein; denn man benimmt dem Weineßige seine Schärfe, wenn man die Spitzen seiner Bestandtheile abstumpfet, und dieses geschiehet, wenn man ihn einige Zeit in einem bleyernen Gefäße stehen lässet. Er löset alsdenn einige Bleytheilchen auf, welche sich in demselben verbreiten, sich mit ihm vereinigen und seine Spitzen stumpf machen.

Die

Die Wirksamkeit des Salpetergeistes offenbaret sich sehr deutlich durch seine Wirkungen auf diejenigen Körper, die man ihm Preis giebet. Man weiß, daß er die meisten Metalle auflöset, daß er viele andere Körper benaget, daß er die Haut verbrennet und schuppig macht. Indessen kann man ihm doch fast seine ganze Kraft benehmen, wenn man ihn mit noch einmal so viel Weingeist vermischet. Die öhligen Theilchen des letztern verwickeln sich in den Theilchen der Säure und machen sie so stumpf, daß man ohne Gefahr einige Tropfen dieser Mischung auf die Zunge nehmen kann. Sie bringt alsdann nur einen leichten Reiz hervor, und schmeckt wie ein angenehmes Gewürz.

Auf ähnliche Art kann man unschmackhaften Körpern das Vermögen, verschiedene Empfindungen hervor zu bringen, ertheilen, wenn man sie mit schmackhaften Körpern vermischet. Daher entstehet denn die erstaunliche Menge verschiedener Empfindungen, obgleich die Zahl der schmackhaften Körper sehr klein ist.

Die Beschaffenheit des Werkzeuges des Geschmackes ändert diese Empfindungen noch mehr ab. Denn man kann nicht läugnen, daß sie bey denenjenigen lebhafter sind, bey welchen die nervigen Erhöhungen freyer oder reizbarer sind. Auch die Feuchtigkeiten verschiedener Art in diesen Erhöhungen machen sie verschiedener, weil alsdann neue Mischungen entstehen, welche verschiedene Erschütterungen und Reize in diesen Erhöhungen hervorbringen müssen.

Und dieser letzten Ursache muß man größtentheils die verschiedenen Empfindungen zuschreiben, welche einerley schmackhafte Körper auf verschiedenen Zungen hervorbringen.

§. 4.

Härte der Körper.

Die Verschiedenheit unserer Empfindungen rühret also von der Art her, wie die Bestandtheile der schmackhaften Körper die nervigen Hügelchen der Schmeckhaut reizen und erschüttern; und die verschiedene Art ihrer Wirkung kommt nicht allein von der Figur dieser Bestandtheile, sondern auch von ihrer Härte und Festigkeit her. Woher kommt aber die Festigkeit, die man an diesen Theilen bemerket?

§. 5.

Rühret zum Theil von ihrer anziehenden Kraft her.

Diese Härte rühret von der innigen Vereinigung derjenigen Theilchen her, aus welchen diese Bestandtheile wiederum bestehen. Man bemerket sie auf eben dieselbe Art in den Bestandtheilen eines jeden vermischten Körpers. Diese Eigenschaft kommt den Theilen der flüßigen Körper eben so vollständig zu, als den Theilen der festen. Denn obgleich die Theile der flüßigen Körper nur sehr schwach zusammen hängen, und ungehindert über einander weggleiten, so sind sie dessen ungeachtet fest und hart. Die flüßigen Körper sind blos darinn von den festen unterschieden, daß die Bestandtheile der letztern auf das genaueste mit einander vereiniget sind, in den erstern aber nur sehr schwach.

Woher kommt aber die genaue Vereinigung derjenigen Theilchen, woraus die Bestandtheile der vermischten Körper bestehen? Die Naturlehrer sind hierinn nicht einig. Einige schreiben diese Wirkung dem Drucke eines sie umgebenden flüßigen Körpers zu; andere der anziehenden Kraft des Zusammenhanges, das ist, einer anziehenden Kraft, welche jedes Theilchen der Materie gegen diejenigen äußert, welche sich in dem Kreise seiner Wirksamkeit befinden.

Der Druck, welchen ein umgebender flüßiger Körper gegen die Hügelchen der Materie äußert, welche einander

ander berühren, kann wohl etwas zu ihrer Verbindung beytragen. Wir sehen, daß der Druck der Luft die Flächen zweyer auf einander abgeschliffener Marmorplatten so genau vereiniget, daß dieser flüßige Körper nicht zwischen beyde dringen kann. Der Druck der Luft verbindet zwey hohle, inwendig von der Luft befreyete Halbkugeln, wie wir in folgendem zeigen werden. Allein die ganze Kraft dieses Zusammenhanges rühret doch nicht von diesem Drucke her; denn sie dauert auch in dem luftleeren Raume fort, und man muß auch da noch eine merkliche Kraft anwenden, diese Körper zu trennen.

Wenn man zwey bleyerne Kugeln so durchschneidet, daß jedes abgeschnittene Stück eine zirkelförmige Fläche von einer Linie im Durchmesser bekömmt, und beyde Flächen, nachdem man vorher alle dazwischen befindliche Luft weggeschaffet hat, auf einander leget, so werden sie mit einer Kraft von ungefähr 20 bis 25 Pfund zusammen hängen. Ich habe einige gesehen, die man erst mit einer Kraft von 34 und 37 Pfund von einander bringen konnte. Allein der Druck der beyden Luftsäulen, welche auf diese beyden Kugeln wirken, kann diese Kraft unmöglich hervor bringen, wie man einsehen wird, wenn man diesen Druck mit dem Drucke zweyer Säulen Quecksilber von einerley Grundfläche, und von 28 bis 29 Zoll Höhe, vergleicht.

Wir müssen also eine von dem Drucke der Luft noch verschiedene Ursache annehmen, wenn wir die jetzt gedachten Erscheinungen erklären wollen. Allein welches ist diese Ursache? Sie ist ein Geheimniß, welches die Naturlehrer bisher noch nicht haben ergründen können. Die anziehende Kraft ist ein bloßer Ausdruck, der sie bezeichnet, und ihre Art zu wirken vorstellet. Ob wir nun gleich das Wesen dieser Ursache nicht auf eine bestimmte und befriedigende Art entwickeln können, so ist sie doch unstreitig vorhanden, und offenbaret

baret sich in fast allen Erscheinungen, die wir beobachten, auf eine sehr merkliche Art. Die runde Gestalt, welche die Tropfen eines flüßigen Körpers annehmen, die genaue Vereinigung zweyer nahe bey einander befindlicher Tropfen, welche nur einen einigen ausmachen, sind unläugbare Beweise ihres Daseyns.

Man kann also behaupten, daß jedes körperliche Ding ausgedehnet ist, eine gewisse Gestalt hat, und eine anziehende Kraft besitzet, welche die genaue Verbindung der Theilchen seiner Bestandtheile großentheils mit verursachet und ihnen die Festigkeit giebt, die wir an ihnen bemerken.

§. 6.

Undurchdringlichkeit der Körper. Erster Versuch.

Diese Festigkeit, diese Härte, welche wir an den Bestandtheilen der gemischten Körper bemerken, ist in der Naturlehre unter dem Namen der Undurchdringlichkeit bekannt. Diese Eigenschaft macht es, daß jeder Körper einem jeden andern Körper, der sich in den Besitz desjenigen Raumes setzen will, welchen der erste einnimmt, auf eine unüberwindliche Art widerstehet.

Zum Beweise, daß diese Eigenschaft einem jeden Körper zukomme, will ich mich nur auf die Undurchdringlichkeit desjenigen Körpers berufen, welcher unter allen übrigen am wenigsten undurchdringlich ist, und seiner Durchdringung, wenn ich so sagen darf, am wenigsten widerstehet; ich meyne die Luft, von deren hinlänglich erwiesenen Undurchdringlichkeit man auf diese Eigenschaft bey allen übrigen Körpern schließen kann.

Man setze ein Stück Kork auf das in einem gläsernen Gefäße befindliche Wasser; man bedecke den Kork mit einem gläsernen Cylinder, der mit Luft angefüllet, und oben verschlossen ist; man lasse diesen Cylinder

linder bis auf den Boden des Gefäßes niedersinken, so wird man sehen, daß auch der Kork nach eben dem Maaße untersinkt, so wie man den Cylinder niederdrückt (a).

Der Kork hat weniger eigenthümliche Schwere, als das Wasser, folglich bleibt er allemal auf dessen Oberfläche. Wenn er untersinket, so wie man den Cylinder niederdrückt, so ist solches ein unstreitiger Beweis, daß die Wassersäule, welche ihn träget, und welche mit der Mündung des Cylinders übereinkommt, nach eben dem Maaße niedergedrückt wird, und in die Säulen zur Seite überfließet. Diese Säule aber, welche sich dessen ungeachtet bestrebet, eben dieselbe Höhe zu behalten, welche die Säulen zur Seite haben, wie wir in der Hydrostatick beweisen werden, kann nicht anders erniedriget werden, als weil sie einen unüberwindlichen Widerstand verspüret, sich unter dem Cylinder zu erheben, welcher Widerstand von dem Theil der Luftmasse herrühret, welcher ihren Raum einnimmt; wovon man sich noch mehr überzeugen kann, wenn man diesen Versuch mit einem andern, an beyden Enden offenen Cylinder wiederholet. Die Luft hat alsdenn durch die obere Oeffnung einen freyen Ausgang; sie wird also auch der Kraft, welche die Wassersäule anwendet, sich zu erheben, nachgeben, und sich dahin wenden, wo sie den wenigsten Widerstand findet. Sie wird sich folglich in den Dunstkreis begeben, und der Wassersäule Platz machen. Man erhält einen sehr deutlichen Beweis von der Austreibung der Luft in diesem zweyten Versuche, wenn man ihn mit einem konischen, oben offenen Gefäße wiederholet, dessen Oeffnung aber nur eine Linie im Durchschnitte hat. Die Luft, welche alsdenn aus einem weitern Raum durch einen engen gehen muß, und sich durch die gedachte kleine Oeffnung durchdränget, wird ein Zischen herhorbringen, welches ihre Flucht verrathen wird.

(a) Nollet, Leçons de Phys. Th. 1. S. 68.

§. 7.

Zweyter Versuch.

Es erhellet aus diesen Versuchen, daß die Luft undurchdringlich ist, und daß sie sich der Bemühung eines jeden andern Körpers, einen von ihr eingenommenen Raum zu besetzen, aus welchem sie nicht entfliehen kann, unwiderstehlich widersetzet. Wir sehen daher auch, daß es unmöglich ist, eine Bouteille mit einem flüßigem Körper anzufüllen, wenn der Trichter, dessen man sich bedienet, den Hals der Bouteille genau verstopfet; weil alsdann die in derselben befindliche Luft keinen Ausweg findet, und sich daher dem Eingange des flüßigen Körpers unüberwindlich widersetzet.

Indessen leugne ich nicht, daß nicht ein Theil des flüßigen Körpers sollte in die Bouteille dringen können; 1) weil die Luft durch den flüßigen Körper dringen kann, wenn er den Trichter nicht verstopfet; 2) weil sie sich zusammen drücken lässet, und daher zum Theil der Kraft nachgiebet, welche der flüßige Körper vermöge seiner Schwere ausübet. Die Luft begiebt sich alsdann in einen kleinern Raum, und überlässet dem flüßigen Körper einen Theil ihres Platzes. Eben so hat sich der Kork in dem ersten Versuche (§. 6.), ob er gleich bis auf den Boden des Gefäßes unterzusinken schien, dennoch unter dem Cylinder bis zu einer gewissen Höhe erhoben, welche sehr merklich seyn würde, wenn man dieses Gefäß sehr tief untertauchte; denn je tiefer man es untertauchet, desto länger werden die Säulen zur Seite, und desto stärker drücken sie diejenige Seite, welche mit der Mündung des Cylinders übereinkommt. Diese wendet nun mehr Kraft an, sich zu erheben, und drückt also die darinn befindliche Luft stärker zusammen. Je mehr aber die Luft zusammen gedrückt wird, desto weniger Raum nimmt sie ein. Diese Luftmasse ziehet sich also mehr gegen den obern Theil des Cylinders zu-

rück,

rück, und verlässet einen größern Raum, welchen nunmehr die Wassersäule einnimmt, und worein sie das Stück Kork stößet, welches sie träget.

§. 8.

Anwendung auf die Täucherglocke.

Diese Beobachtung zeiget uns zugleich die Unnützlichkeit, oder vielmehr die Gefahr der Täucherglocke; einer in der That scharfsinnigen Erfindung, welche ihrem Erfinder in dem vorigen Jahrhunderte viele Ehre brachte. Das Wesen und der Gebrauch dieser Maschine bestehet kürzlich in folgendem:

Man bringe ein festes Gerüst auf zwey hinlänglich von einander entfernte Barken so an, daß eine starke metallene und mit Kanonenkugeln beschwerte Glocke frey hindurch kann. Diese Glocke hänget in Seilen, welche oben durch einige an dem Gerüste angebrachte Rollen, unten aber um eine Welle gehen.

Diese ganze Maschine führet man an denjenigen Ort des Meeres, wo ein Schiffbruch vorgefallen ist, oder wo man sonst einige Untersuchungen anstellen will. Ein Mensch setzet sich unter der Glocke auf ein daselbst hängendes kleines Bret. Man lässet hierauf die Glocke so weit nieder, bis der Taucher ein Seil anziehet, welches an einer oben am Gerüste befindlichen Schelle befestiget ist, womit er ein Zeichen giebt, daß die Glocke tief genug hinunter gelassen worden. Er verlässet alsdenn seinen Posten, und nimmt die nöthigen Untersuchungen vor. Er begiebt sich aber von Zeit zu Zeit wieder unter die Glocke, theils frische Luft zu schöpfen, theils auch, was er gesammelt hat, daselbst zu verwahren. Wenn seine Arbeit vorbey ist, ziehet er die Schelle zum zweytenmale an, und wird mit der Glocke wieder hinauf gezogen.

Wenn der Ort, wo man auf diese Art suchen lassen will, nicht sehr tief ist, so wird diese Maschine unnütz:

nütz; weil man Taucher hat, welche bis auf sechszig Klafter untertauchen, und lange genug unter Wasser bleiben, die gehörigen Untersuchungen anzustellen. Ist aber der Ort sehr tief, so wird die Maschine gefährlich, und das aus folgender Ursache. So wie die Glocke in das Meer niedergelassen wird, wird auch die in derselben befindliche Luft immer mehr zusammen gedrückt. Sie ziehet sich nach dem Gewölbe der Glocke zu, und wird daselbst in einen sehr kleinen Raum eingepresset, wenn die Glocke sehr tief hinab gelassen wird. Allein eine stark zusammen gedrückte Luft ist sehr gefährlich einzuathmen; weil sie die Bläschen der Lunge weiter ausdehnet und aufschwellet, als sie gewöhnlicher Weise ertragen können. Durch diese Ausdehnung werden die Blutgefäße, welche sich über diesen Bläschen befinden, zu sehr gepresset, und der Umlauf des Blutes wird gehindert. Hierzu kommt noch, daß die zusammen gedrückte Luft, worinn sich der Mensch unter der Glocke befindet, durch ihre Reaction einen außerordentlichen Druck auf die obern Theile seines Körpers hervorbringt. Der Kreislauf des Blutes wird also von innen und von aussen gehindert, und fließet in diejenigen Gefäße zurück, welche von diesem Drucke frey sind. Die mehresten von diesen werden von der Menge des eindringenden Blutes zersprenget, und veranlassen Blutstürzungen, welche man unter solchen Umständen allemal wahrnimmt. Ja man siehet, daß einem solchen Menschen das Blut oft aus den Ohren, der Nase, den Augen u. s. f. hervordringet, welches die Gefahr hinlänglich beweiset, welche damit verbunden ist, wenn man diese Glocke sehr tief in das Meer hinablässet.

Wir können hier diese Maschine als einen neuen Beweis der Undurchdringlichkeit der Luft ansehen. Denn ob sie gleich dem Wasser weichet, welches unter der Glocke einen großen Theil ihres Raumes einnimmt, so ver-

verschanzet sie sich doch, so zu sagen in dem obern Theile der Glocke, und widersetzt sich unwiderstehlich der Kraft des Wassers, diesen Raum einzunehmen. Da nun diese Eigenschaft in Ansehung der Luft hinlänglich bewiesen worden, so kann man sicher schließen, daß sie allen übrigen Körpern mit noch weit mehrerem Rechte zukomme.

§. 9.

Zweydeutigkeit des Wortes Durchdringen.

Da man indessen über die Erscheinungen, welche uns die Natur zur Untersuchung darbietet, gemeiniglich nicht nachzudenken pfleget, so hält man im gemeinen Leben verschiedene Körper für durchdringlich. Wie oft sagt man nicht, daß der Kaffee den Zucker durchdringe, den man hinein thut, daß das Wasser in den Schwamm dringe, den man auf dasselbe leget, daß es in einen Sandhügel dringe, an dem es hinfliesset, u. s. f.

Ob nun gleich diese Art zu reden durch den Gebrauch bey den Naturlehrern selbst eingeführet ist, so ist sie dennoch unrichtig. Alle diese Erscheinungen liefern uns keine wahre, sondern höchstens nur eine scheinbare Durchdringung. Denn die gedachten flüßigen Körper nehmen nicht zu einer und eben derselben Zeit den Raum ein, welchen die festen Theile der genannten Körper besetzt halten, sondern sie begeben sich nur in die Zwischenräume, welche diese Theile zwischen sich lassen. Die angeführten Beyspiele widerlegen also keinesweges die Undurchdringlichkeit, welche wir allen Körpern beylegen, und deren Daseyn wir bewiesen haben.

§. 10.

Pori der Körper.

Die gedachte scheinbare Durchdringung zeiget uns sehr deutlich, daß die Festigkeit der Körper mit dem Raume, den sie einnehmen, in keinem Verhältniß stehet, und daß ihre Bestandtheile einander nicht mit ihrer ganzen Oberfläche berühren, sondern daß sie kleine, von ihrer eigenthümlichen Materie leeren Räume zwischen sich haben. Diese kleinen leeren Räume kennet man in der Naturlehre unter dem Namen der Poren. Sind aber diese Räume, diese Pori, ohne Unterschied in allen Körpern befindlich, so daß man die Porosität für eine allgemeine Eigenschaft der Materie halten kann?

§. 11.

Beweiß derselben durch Beyspiele.

Um diese Frage auf eine befriedigende Art zu beantworten, wollen wir hier verschiedene ohne Unterschied aus den dreyen Reichen der Natur genommene Körper untersuchen, und wenn ihre Porosität entschieden ist, so wollen wir daraus schlüßen, daß diese Eigenschaft allen Körpern gemein ist.

Wenn man ein Stück Holz, (a) welches ein vegetabilischer Körper ist, nach der Richtung seiner Fasern aushöhlet und eine Art Becher daraus macht, dessen Boden vier bis fünf Linien dick ist, hierauf dasselbe zum Theil mit Wasser oder einem andern flüßigen Körper anfüllet, so wird der Boden des Bechers aus vielen mit einer großen Menge kleiner Oeffnungen durchlöcherten Flächen zusammen gesetzet scheinen, welche zwar nicht in gerader Linie fortgehen, aber so viel Uebereinstimmung mit einander haben, daß man sagen kann, daß der in dem Becher befindliche flüßige Körper auf vielen kleinen Canälen ruhet, deren Länge der Dicke des Bodens des Bechers gleich ist. Der flüßige Körper wird also vermöge seiner Schwere durch den Boden durchzudringen suchen; allein das Reiben, welchem er dabey ausgesetzet ist, wird hinreichend seyn, das Bestreben seiner Schwere

(a) Nollets, Leçons de Phys. Th. 1. S. 83.

re zu überwinden, und ihn so lange in dem Becher zu erhalten, bis man eine fremde Kraft zu Hülfe nimmt, welche sich mit der Schwere des flüßigen Körpers vereiniget, und demselben das Hinderniß überwinden hilft, welches sich seiner Durchseihung widersetzet.

Um solches nun auf eine sehr einfache, und zugleich leichte Art in das Werk zu richten, so setze man den Becher auf einen hohlen gläsernen Cylinder, der an beyden Enden offen ist, lege aber vorher zwischen beyde ein fettes Leder. Man setze hierauf den Cylinder auf den Teller einer Luftpumpe, und fange an zu pumpen, so wird man einen Theil der in dem Cylinder befindlichen Luftmasse heraus ziehen, und dadurch ihre Schnellkraft vermindern. Ihre Wirkung auf die äußere Luft, welche auf den in dem Becher befindlichen flüßigen Körper drücket, wird nach eben dem Maaße abnehmen. Die äußere Luft bekömmt also das Uebergewicht, und dieses Uebergewicht, nebst der Schwere des flüßigen Körpers, wird denselben nöthigen durch den Boden des Bechers durchzudringen, und in Gestalt eines Regens auf den Teller der Luftpumpe zu fallen.

§. 12

Anmerkung über die Luftpumpe.

Ich werde von dieser Maschine noch besonders reden, wenn wir von der Luft und ihren Eigenschaften handeln werden, da ich denn auch ihre Erfindung und die vielen mit derselben vorgenommenen Verbesserungen anzeigen werde. Hier ist es genug, wenn ich zur Verständlichkeit der Versuche, welche wir anstellen müssen, bemerke, daß diese Maschine als ein vertical liegendes Saugewerk angesehen werden kann, an dessen äuserſten Röhre ein Teller angebracht worden, worauf man verschiedene Recipienten stellet, zwischen ihnen und dem Teller aber ein Leder leget, um der äußern Luft allen Zugang abzuschneiden.

Man

Man siehet nunmehr leicht, daß wenn man den Stämpel des Saugewerkes von dem obersten Ende der Stiefelröhre bis nach unten heraus ziehet, die unter dem Recipienten befindliche Luft sich erweitert, und durch den Schnabel des Saugewerkes in die Stiefelröhre gehen wird, welche nach herausgezogenem Stämpel leer geworden ist. Da sich nun ein Hahn zwischen der Stiefelröhre und dem Teller befindet, so kann man vermittelst desselben die Gemeinschaft zwischen dem Recipienten und der Stiefelröhre aufheben, und alsdann einen andern Hahn zwischen der Stiefelröhre und der äußern Luft öffnen, vermittelst dessen und des wieder zurück gestoßenen Stämpels, man die in der Röhre befindliche Luft hinaus treibet. Wenn man nun dem Hahne wieder seine erste Richtung giebt, so kann man einerley Arbeit mehrmals wiederholen, und die Luft des Recipienten immer mehr und mehr auspumpen.

§. 13.

Porosität der Nußschalen.

Wenn man eine alte Nuß in einem zum Theile mit Wasser angefüllten Gefäße unter die Luftpumpe bringet, so wird man aus ihrer Schale eine große Menge Luftblasen aufsteigen sehen. Diese Blasen aber könnten aus dem Innern der Nuß nicht nach außen zu kommen, wenn die Schale, so fest und derb sie auch ist, mit vielen kleinen Poris versehen wäre.

Wenn man hierauf neue Luft unter den Recipienten bringet, so wird derer Druck auf das Wasser, dessen kleine Säulen, welche sich über den Poris der Nuß befinden, zwingen, zum Theil in das Innere der Nuß hinein zu dringen; wovon man sich überzeugen kann, wenn man sie öffnet, nachdem man sie vorher von aussen hinlänglich abgetrocknet hatte. Ein neuer Beweis der Porosität der Nuß, einer vegetabilischen Substanz.

§. 14.

§. 14.

Porosität des Papiers. Sympathetische Dinte.

Die sympathetische Dinte, welche durch ein Buch von 5 bis 600 Blättern dringet, bestätiget die Porosität der zu diesem Reiche gehörigen Körper gleichfalls; denn das Papier wird aus alten Lumpen verfertiget, welche ihren Ursprung dem Flachse oder Hanfe zu danken haben. Man stellet diesen Versuch folgender Gestalt an (a):

Man schreibet mit aufgelösetem Bleysalze, so durch die Verkalkung aus dem Bleye gezogen worden, auf ein weißes Papier; so wird das Auflösungsmittel, welches das Salz aufgelöset erhielt, verfliegen, und das Salz trocken auf dem Papiere lassen. Da dieses Salz weiß ist, so werden die damit geschriebenen Züge unsichtbar werden. Man leget dieses Papier zwischen die ersten Blätter eines Buches, und überfähret die letzten Blätter eben desselben Buches mit einem Schwamme, der in eine Auflösung von ungelöschtem Kalke und Operment getaucht worden. Man macht hierauf das Buch zu und legt es einige Augenblicke unter eine Presse. Wenn dieses geschehen, so wird die Schrift auf dem Papiere schwarz oder dunkelbraun werden, nachdem die letzte Auflösung stärker oder schwächer gewesen. Diese ist sehr flüchtig, so daß, wenn man sie auf die letztern Blätter eines Buches streichet, die flüchtigen davon ausdünstenden Theilchen durch die Poros des ganzen dicken Buches dringen. Ein Theil dieser Ausdünstungen trifft auf seinem Wege das Bleysalz an, vereinigt sich mit ihm, und giebt ihm eine schwarze oder braune Farbe, welche die damit geschriebenen Buchstaben sichtbar macht.

Aus den bisher angeführten Versuchen erhellet, daß verschiedene ohne Unterschied aus dem Pflanzenreiche

(a) Lemery Chy ie, S. 389.

genommene Körper porös sind, und daß folglich alle andere Körper dieses Reiches eben dieselbe Eigenschaft haben. Nunmehr wollen wir untersuchen, ob es sich mit den thierischen Substanzen eben so verhält.

§. 15.

Porosität der Eyerschalen.

Wenn man ein Hühnerey oder ein jedes anderes Ey nimmt, und es so wie die Nuß unter die Luftpumpe bringet, so wird man aus dessen Oberfläche eine Menge kleiner Luftblasen aufsteigen sehen, welche durch das Wasser unter dem Recipienten in die Höhe fahren, und das Daseyn der Poren in der Eyerschale deutlich genug beweisen werden.

Durch diese Poros verflieget beständig der milchige Theil des Eyes, bis er endlich ganz verschwindet. Die Eyer sind daher einige Tage, nachdem sie geleget worden, auch nicht mehr frisch.

Indessen verstehen einige Morgenländer die Kunst, die Eyer zwey bis drey Jahre frisch zu erhalten, indem sie selbige mit einem aus Salzwasser und Asche verfertigten Teige überziehen, und sie hernach in eine Art Kohlblätter wickeln. (a)

Wir haben dem Hrn. Reaumur eine andere sehr leichte Methode zu danken, vermittelst deren er sich mit gutem Erfolge Eyer von ausländischen Vögeln kommen ließ, die sich in unsern Gegenden nicht paaren. Er ließ die Eyer mit einem dünnen Firniß überziehen, der sich im warmen Wasser wieder auflösen ließ. Dieser Handgriff, der im gemeinen Leben brauchbar seyn kann, verdienet hier angeführet zu werden.

Man löse ein leichtes Gummi, dergleichen das Arabische Gummi, Gummi Lack u. s. f. ist, in Weingeist auf, schlinge vermittelst eines Stückes weichen Wachses einen

(a) Journal des Savans, 1679. May.

einen Faden Zwirn um die Eyer, welche man firnissen will, wickle die Fäden um einen horizontalliegenden Stock, tauche die Eyer nach einander in den Firniß, und lasse den Firniß einige Augenblicke trocknen. Wenn er trocken geworden, so nimmt man die Fäden mit dem Wachse wieder weg, und firnisset auch die leeren Stellen mit einem Pinsel. Die solcher Gestalt zubereiteten Eyer werden fünf bis sechs Monate lang (a) und vielleicht noch länger frisch bleiben, und keinen üblen Geschmack bekommen. Wenn man dergleichen Eyer ausbrüten will, muß man den Firniß wieder wegschaffen, weil die Ausdünstung des Eyes eine der nothwendigen Eigenschaften zur Ausbrütung ist.

§. 16.

Und des Leders.

Die Porosität der thierischen Substanzen lässet sich auch noch durch folgenden Versuch beweisen. Man nehme ein Stück Hammelfell, thue ein halbes Pfund Queckfilber hinein, mache eine Art eines Beutels daraus, und binde solchen mit einem Bindfaden fest zu. Hierauf drücke man den Beutel mit den Fingern, so wird das Queckfilber in das darunter befindliche Gefäß fallen. Es wird sich durch die Poros des Felles durchsieben, und in Gestalt eines sehr feinen Regens durchfallen.

Wenn dieser Versuch mit Aufmerksamkeit angestellet wird, so zeiget er uns eine erstaunliche Menge Poren, welche in dem kleinen Raum der Haut, in welchem sich das Queckfilber befindet, vertheilet ist.

Eine jede thierische Haut ist auf gleiche Art voll kleiner Poren, durch welche eine Feuchtigkeit abgesöndert wird, welche wir unter dem Namen der unmerklichen Ausdünstung kennen. Sanctorius, ein berühmter

B 2 Arzt

(a) Nollets Leçons de Phys. Th. 1. S. 99.

Arzt zu Padua, hat diese Ausleerung zuerst berechnet, und nach einer langen Reihe von Erfahrungen, die er innerhalb dreyßig Jahren mehrmals wiederholet hatte, gefunden, daß, wenn man in einem Tage acht Pfund feste und flüßige Nahrung zu sich nimmt, fünf Pfund davon durch die unmerkliche Ausdünstung wieder weggehen (a). Hr. Dodart, der eben diese Sache in Frankreich untersuchte, gab 1702. eine Schrift heraus, worinn er behauptet, daß bey einem Menschen, der sich nur mäßig beweget, die unmerkliche Ausdünstung gegen die übrigen Arten der Ausleerung sich verhält, wie 7 zu 1. (b) Aus den Beobachtungen, welche Keil in England angestellet hat, erhellet, daß diese Ausleerung daselbst nicht so häufig ist, als in Italien und Frankreich; denn, wenn diese Ausdünstung, diesem geschickten Beobachter zu Folge, nach dem Gewichte berechnet wird, so giebt sie nur die Hälfte derjenigen festen und flüßigen Nahrungsmittel, die man in 24 Stunden zu sich nimmt (c). Alle diejenigen, welche diese Sache untersuchet haben, kommen darinn überein, daß diese Ausleerung im Sommer häufiger ist, als im Winter. Keil schätzet die stärkste Ausdünstung in einem Sommertage auf fast drey Pfund. Er weicht darinn von den Beobachtungen sowohl des Sanctorius und Dodart, als auch des Boyle (d) ab, welcher uns versichert, daß gesunde Personen im Winter in 24 Stunden 50 Unzen ausgedünstet haben.

Was es nun auch mit der Verschiedenheit der Resultate in den sorgfältigen Beobachtungen mehrerer grossen Männer für eine Beschaffenheit hat, so kann man doch daraus den Schluß machen, daß diese Ausleerung, so unmerklich sie auch ist, dennoch weit stärker ist, als die

(a) Sanctorius de Statica Medic. Aphor. VI. S. 13.
(b) Noguez, Th. 2. Med. Gall. S. 224.
(c) Med. Stat. Britann. Aphor. XXXVIII.
(d) Journal des Savans, 1685. Janv.

die merklichen Ausleerungen. Man wird sich auch darüber nicht wundern, wenn man die große Menge Poren erwäget, welche sich in der Oberfläche des menschlichen Körpers befinden.

Wenn man mit dem Leuwenhoek (a) annimmt, daß sich auf einem Stück Menschenhaut, in einem Raume von einer Linie, nur 100 Pori oder kleine Oefnungen befinden, welches gewiß noch zu wenig ist, so werden deren auf einen Raum von einem Zolle engländisches Maaßes 1000, auf einen Raum von einem Fuße 12000, und folglich auf einen Quadratfuß 144000000 kommen. Nun hält aber die Oberfläche eines Menschen von mittlerer Größe wenigstens 14 Quadratschuh. Man muß also die letztere Zahl mit 14 multipliciren, wenn man die Summe aller Poren auf der Oberfläche eines Menschen haben will, da man denn für diese Summe 2016000000 erhält.

Das härteste und derbste Leder ist nicht ohne Poros. Sie sind zwar kleiner und enger; allein sie sind doch vorhanden, weil sie sehr feine Ausflüsse durchlassen, wie man aus einem Umstande, welchen Scaliger (b) anführet, urtheilen kann. Er versichert nämlich, daß das Gift gewisser Spinnen in Guienne, seinem Vaterlande, durch die dicksten Schuhsohlen dringe.

Die unmerkliche Ausdünstung ist überdieß noch von verschiedener Art, nachdem die vermischten Säfte von verschiedener Art sind; wie ich in meinen Vorlesungen über die thierische Oekonomie zeigen werde.

Borel, ein Arzt zu Castro, hat ein gelbsüchtiges Frauenzimmer gekannt, deren Kleider, so wie das Geld, welches sie in der Tasche trug, eine Citronfarbe bekamen.

(a) Arcan. natur. Th. 3. S. 413.
(b) Scaliger exercit. 186.

Ein Mann zu Plymouth, der alle Morgen ein wenig Vitriolgeist unter sein gewöhnliches Getränke nahm, bemerkte, daß ein Bund hell polirter Schlüssel, welche er an sich trug, schwarz und rostig geworden waren, ungeachtet er diesen Geist niemals anrührete, auch denselben nicht in der Tasche trug (a).

§. 17.

Porosität der Metalle.

Die mineralischen Körper haben eben sowohl ihre Poren, als diejenigen, welche ich bisher untersucht habe. Man verschließe Stücken Meßing, Silber, oder von einem jeden andern Metalle, in Büchsen, und halte an eben dieselbe Stelle einen frisch calcinirten Bologneser Stein, so werden die schwefeligen Ausdünstungen von demselben durch die Büchsen dringen, und dem Meßing eine Silber- dem Silber aber eine Goldfarbe geben (b). Ein Salz, welches aus einer Mischung von ungelöschtem Kalke, destillirten Weineßig, Salpeter, Seesalz und Schwefel gezogen worden, und in einem eisernen Tiegel in einem Reverberir-Feuer geschmelzet wird, dringet sehr leicht durch den Tiegel, so wie das Wasser durch ein Löschpapier dringet, und lässet nicht die geringste Spur seines Durchganges zurück (c). Jedes Metall hat Poren, weil jedes in seinem eigenen Auflösungsmittel auflöslich ist, und zwar blos wegen seiner Poren, welche dem Auflösungsmittel den Zugang verstattet, welches dasselbe durchdringet; die Bande, welche dessen Bestandtheile verbinden, auflöset, und sie von der ganzen Masse, die sie vorher ausmachten, trennet.

Diese Auflösungen, welche die Porosität der Metalle auf eine unstreitige Art beweisen, lassen uns verschiedene Erscheinungen beobachten.

1) Alle

(a) Journal d'Angleterre.
(b) Mém. de l'Acad. des Sciences 1709.
(c) Mém. de l'Acad. des Sciences 1713.

1) Alle Chymisten räumen ein, daß nicht alle Metalle in einem und eben demselben Auflösungsmittel aufgelöset werden können. Der Salpetergeist z. B. welcher das Eisen, Kupfer, Silber u. s. f. völlig auflöset, greift das Gold nicht an. Das Königswasser, welches nichts anders als ein Salpetergeist ist, in welchem man ein Viertheil Salmiak schmelzen lassen, löset das Gold sehr gut, aber nicht das Silber auf.

Um die Ursache einer so sonderbaren Erscheinung begreiflich zu machen, bemerket Hr. Lemery, daß die Pori bey dem Golde offener sind, als bey dem Silber, daß sie aber bey demselben in weit geringerer Anzahl sich befinden, als bey dem letzteren Metalle; daher es denn kommt, daß die eigenthümliche Schwere bey dem Golde weit größer ist, als bey dem Silber. Da nun diese Pori bey dem Golde weiter sind, so können die Spitzen des Salpetergeistes, ob sie gleich durch den zugesetzten Salmiak verdicket worden, gar wohl in dieselben eindringen; sie sind auch fest genug, wider dieses Metall zu arbeiten, und dasselbe aufzulösen. Allein sie sind zu grob, in die Poren des Silbers einzudringen, folglich können sie auch dasselbe nicht auflösen; dagegen die Theile des Salpetergeistes, allein genommen, fein und fest genug sind, sie zu durchdringen, und dieses Metall aufzulösen. Noch leichter dringen diese Theilchen auch in die Poros des Goldes ein; allein ihre Spitzen sind zu fein und zu biegsam, die Bestandtheile des Goldes zu trennen, welche größern Widerstand leisten, als die Theile des Silbers (a).

2) Wenn man gleich verschiedene Metalle in die ihnen eigenen Auflösungsmittel leget, so lösen sie sich doch in denselben nicht mit gleicher Leichtigkeit auf. Der Salpetergeist, z. B. löset das Eisen weit leichter und geschwinder auf, als das Kupfer.

(a) Lemery Cours de Chymie, S. 468.

Man thue in ein tiefes Gefäß einen Theil Eisenfeil, und in ein anderes einen Theil gefeiltes Kupfer, und gieße auf jedes dieser beyden Metalle vier Theile Salpetergeist, so wird man folgende Erscheinungen dabey bemerken. 1. Ein heftiges Aufwallen, welches mit einem rothen sehr dicken Rauch begleitet ist. 2. Eine heftige Bewegung, welche die metallischen Theilchen in dem Auflösungsmittel nach und nach erheben und zu Boden legen wird. 3. Eine starke Wärme, welche man deutlich genug empfindet, wenn man das Gefäß anrühret. 4. Zwey verschiedene Farben, welche der Salpetergeist angenommen hat; der das Kupfer aufgelöset hat, wird grün seyn, und der das Eisen aufgelöset hat, wird eine Rostfarbe haben. 5. Alle diese Würkungen werden bey der Auflösung stärker und heftiger seyn, als bey der Auflösung des Kupfers.

Von allen diesen Erscheinungen betrachten wir hier nur die letztere, indem die übrigen an einem andern Orte Platz finden werden. Wir wollen daher nur untersuchen, warum sich diese Würkungen bey der Auflösung des Eisens schneller zeigen, als bey der Auflösung des Kupfers. Ich finde zwey Ursachen.

1. Weil das Eisen poröser ist, als das Kupfer, indem von zwey gleich großen Stücken, das Kupfer schwerer ist. Das Auflösungsmittel findet also einen freyern Zugang in das Eisen, in welches es zugleich durch eine größere Menge von Wegen dringet. 2. Das Kupfer enthält fette Theile, welche man nicht bey dem Eisen findet. Das Daseyn dieser Art von Theilen in dem Kupfer erhellet sehr deutlich aus derjenigen Art von Fette, welches sich an die Finger dererjenigen anleget, welche viel mit dem Kupfer zu thun haben. Es wird auch durch dasjenige bestätiget, was man täglich in den Werkstätten derer gewahr wird, welche in Kupfer arbeiten. Man siehet daselbst, daß eine Feile, mit welcher eine

gewisse Zeit lang Kupfer gefeilet worden, endlich über das Metall weggleitet, ohne dasselbe anzugreifen, nicht weil sie abgenutzt ist, indem sie noch sehr geschickt ist, Eisen zu feilen; sondern weil ihre Oberfläche mit einer Art von Fett überzogen ist, die ihr nicht mehr verstattet, das Kupfer zu beschädigen. Nun aber greift der Salpetergeist die fetten Theilchen nicht an, und diese in dem Kupfer befindlichen Theilchen entziehen es also zum Theile der Würkung dieses Auflösungsmittels.

Die Ohnmacht des Salpetergeistes gegen die fetten Theilchen hat dem Radiren mit Scheidewasser den Ursprung gegeben; einer so scharfsinnigen, als nützlichen Erfindung, die uns mit wenigen Kosten die zu gewissen Werken so nöthigen Karten und Kupfer verschaffet, die man sehr theuer würde bezahlen müssen, wenn sie mit dem Grabstichel verfertiget werden müßten. Hier ist das ganze einfache Verfahren des Radirens in wenig Worten.

Man nimmt eine wohl zugerichtete und abgeschliffene Kupferplatte, und lässet sie so warm werden, daß sie eine Art Wachs schmelzet, welches man den Aetzgrund nennet, den Bosse zu verfertigen lehret (a). Man wickelt diesen Firniß in ein Stück Taffet ein, und reibet die Platte damit; ihre Wärme macht, daß er schmilzet, durch die Poros des Taffets durchschwitzet, und sich an die Oberfläche der Platte anhänget. Man verbreitet ihn hierauf über dieselbe vermittelst eines Ballens von gekämmter und gleichfalls in ein Stück Taffet eingeschlossener Baumwolle. Wenn diese erste Arbeit vorbey ist, so hält man die gefirnißte Seite der Platte über den Rauch einer Hartzfackel und lässet sie wieder kalt werden. Man legt hierauf die Zeichnung, die man radiren will, auf den Aetzgrund. Die Zeichnung ist mit

(a) Bosse Traité des manieres de graver en taille-douce, S. 9.

Röthel auf ein geöltes Papier verfertiget, so daß die Züge durchscheinen. Man zeichnet sie mit einer stumpfen Spitze leicht nach, welches macht, daß sich der Röthel von dem Papier ablöset, und sich auf den Firniß legt. Man nimmt hierauf die Zeichnung weg, und findet selbige auf der Platte abgedrückt. Man entblößet alle Züge mit der Radirnadel, und durch dieses Mittel wird die Zeichnung in den Firniß, so zu sagen, eingegraben. Man macht hierauf einen Rand von weichem Wachse um die Platte, legt sie horizontal, und begießet sie mit einem Scheidewasser, welches mit einem gleichen Theile Wasser geschwächet und versüßet worden. Der vorhin gedachte Schriftsteller lehret auch die Verfertigung des Scheidewassers, dessen sich viele Kupferstecher noch jetzt bedienen (a). Man lässet dieser Säure hinlängliche Zeit, sich in das entblößete Kupfer einzufressen, und die gedachte Züge in dasselbe einzugraben. Wenn die Arbeit geendiget ist, so kehret man die Platte um, und lässet das Scheidewasser ablaufen. Man wärmet hierauf die Platte, und wischet den Firniß mit einem leinenen Tuche ab, so ist sie radiret. Indessen bleiben doch einige Züge übrig, denen man mit dem Grabstichel nachhelfen muß.

Die Auflösung des Kupfers durch den Salpetergeist, veranlasset mich noch zu folgender Anmerkung. Wenn ein Körper aufgelöset ist, so lehren uns die Chymisten einen doppelten Weg, die aufgelöseten Theile, von dem Auflösungsmittel, in welchem sie schwimmen, zu scheiden.

1) Die Abdämpfung. Wenn man das Auflösungsmittel bey einem langsamen Feuer abrauchen lässet, so werden sich die aufgelöseten Theilchen nach und nach versammeln. Diejenigen Theilchen, welche in der ersten Oberfläche der Säure, welche fortdampfet, schwimmen, wer-

(a) Bosse, L. c. S. 11.

werden sich mit denjenigen vereinigen, welche die unmittelbar darauf folgende Fläche, die noch nicht verrauchet ist, enthält. Die Vereinigung dieser Theile wird neue hervorbringen, welche zu schwer werden, als daß sie sich in dem Auflosungsmittel erhalten könnten, und folglich zu Boden sinken. Eben dieses geschiehet in Ansehung der übrigen Theile, so daß sie endlich insgesammt trocken auf dem Boden des Gefäßes liegen werden.

2) Das zweyte Mittel, welches die Chymisten haben, die Theilchen, welche in dem Auflösungsmittel schwimmen, wieder zu bekommen, ist unter dem Namen des Niederschlages bekannt. Dieser geschiehet dadurch, daß man einem Auflösungsmittel, welches bereits einen Körper aufgelöset hat, eine andere Substanz giebet, welche leichter aufzulösen ist. Das Eisen ist auflöslicher, als das Kupfer, wie wir gezeiget haben. Wenn man nun ein Stück Eisen in eine Kupfer-Solution wirft, so wird das Auflösungsmittel noch im Stande seyn, das Eisen aufzulösen. Es wird sich also zum Theil in diese neue Substanz werfen, und auf seiner Oberfläche einen Theil des aufgelöseten Kupfers verlassen; so daß das Stück Eisen mit Kupfer überzogen zu seyn scheinen wird, welches denn den Niederschlag des Kupfers vermittelst des Eisens ausmacht.

Eben dieses bemerket man, wenn man ein Stück Eisen in aufgelöseten Kupfer-Vitriol legt. Diese Erscheinung zeiget sich von sich selbst, und ohne Beyhülfe der Kunst, wenn man ein Stück Eisen in das Wasser einiger Quellen bey einer Stadt, Namens Herrengrund, legt. Das Eisen scheinet alsdann in Kupfer verwandelt zu seyn, und behält die Farbe dieses Metalles sehr standhaft. Ich habe eine eiserne Schnupftabacks-Dose gesehen, mit welcher dieser Versuch war gemacht worden, und welche aus schönem Kupfer verfertiget zu seyn schien (a). Alle

(a) In dem Naturalien-Cabinette des Leibarztes des Fürsten von Salm.

Alle diese Beobachtungen, so wie viele andere, die man noch beyfügen könnte, beweisen die Porosität der metallischen Körper. Eben so verhält es sich mit einer jeden andern mineralischen Substanz. Sie sind insgesammt porös.

§. 18.

Und der härtesten Steine.

Die Diamanten und Rubinen, diese so harten Körper, verstatten der Lichtmaterie, blos vermöge ihrer Poren, den Durchgang. Der härteste Marmor ist nicht frey von Poris. Hr. du Fay bedienete sich dieser Einsicht, verschiedene Farben auf die Oberfläche des weißen Marmors zu ätzen, und er brachte es so weit, daß er Blumen darauf zeichnen konnte, deren Farben tief genug hinein gedrungen waren, um der Politur, die man ihnen nachmals gab, zu widerstehen (a). Man hat sogar Bäume auf Agath gebaizet, welche den natürlichen Dendriten sehr ähnlich sehen, welches blos vermittelst der Poren geschehen konnte, womit dieser Körper versehen ist. Man kann daraus den allgemeinen Schluß machen, daß jeder mineralischer Körper porös ist. Da aber dieses auch von allen Producten der beyden übrigen Reiche gesagt werden kann, so wollen wir die Porosität immer als eine allgemeine Eigenschaft der Materie betrachten.

§. 19.

Porosität der flüßigen Körper.

Einige Naturkündiger haben indessen die Porosität der flüßigen Körper in Zweifel gezogen, weil sie eine so ebene und glatte Oberfläche annehmen. Ob nun gleich dieser Einwurf schon an sich auf keinem festen Grunde zu ruhen scheinet, so will ich doch hier zwey Versuche anführen, aus welchen diese Porosität unstreitig erhellet. Der erste ist schon von dem

(a) Mém. de l'Acad. des Sciences, 1728.

dem Hrn. von Reaumur in einer andern Absicht gemacht worden (a). Dieser gelehrte Mann, füllete eine Röhre mit einem Theile Weingeist, und zwey Theilen Wasser, so daß der Weingeist oben auf schwamm. Nachdem er die Röhre genau verstopfet hatte, schüttelte er sie, worauf beyde Körper sich vermischten, und nunmehr einen kleinern Raum einnahmen. Der Verfasser der Geschichte der Akademie der Wissenschaften, der diesen Versuch anführet, versichert, daß Reaumur $\frac{1}{20}$ von der ganzen Masse des flüßigen Körpers in die Röhre thun müssen, wenn die Vermischung den vorigen Raum einnehmen sollen; woraus erhellet, daß beyde flüßige Körper sich vermittelst der Vermischung durchdrungen hatten. Da aber keine wirkliche Durchdringung möglich ist, sondern alle Arten derselben, die wir uns einbilden, nothwendig Poros voraus setzen (§. 9.), so müssen wir aus diesem Versuche schließen, daß die flüßigen Körper allerdings Poros haben.

Der zweyte Versuch ist aus den Werken des P. Magnau genommen (b). Dieser geschickte Naturkündiger vermischte einen Theil Brunnenwasser mit zweyen Theilen alten, von Farbe sehr dunkeln Wein. Er ließ diese Vermischung zehen Tage und zehen Nächte in einem ein wenig hohlen Gefäße mit einer weiten Oeffnung an der freyen Luft stehen. Ein Nordwind, der eben wehete, verwandelte das Wasser in dieser Mischung in Eis. Er kehrete hierauf das Glas um, und goß allen Wein ab. Er sahe wie sich derselbe tropfenweise durch das Wasser durchseihete, von Zwischenräumen zu Zwischenräumen drang, und in das darunter stehende Gefäß floß. Nachdem sich der Wein von dem Eise abgesondert hatte, wurde dasselbe weißlich, und schien viele tausend kleine Löcher zu haben. Als das Eis schmolz, sahe man in dem Gefäße nichts, als ein reines Wasser, welches nichts von dem Weine an sich hatte.

§. 20.

(a) Hist. de l'Acad. des Sciences, 1713.
(b) Th. 1. S. 332.

§. 20.

Ob die Pori leer oder ausgefüllet sind.

Da nun das Daseyn und die Allgemeinheit der Poren erweislich ist, so stellet sich dem Gemüthe ganz natürlich eine andere Frage dar, nämlich: ob diese unzähligen Pori, die man in einem jeden Körper gewahr wird, wirklich leer sind, oder ob sie mit einer andern und von dem Wesen des Körpers selbst verschiedenen Materie angefüllet sind?

Vor dem Descartes war diese Frage keiner grossen Schwierigkeit unterworfen, obgleich die Meynungen getheilt waren. Er läugnete zuerst nicht allein das Daseyn, sondern sogar die Möglichkeit des leeren Raumes (a); ein Satz, der nothwendig aus dem Begriffe folgte, den er sich von dem Wesen der Materie machte, welches er in der Ausdehnung setzte.

Bey dieser Hypothese sind Materie und Ausdehnung wirklich zwey Wörter, welche eine und eben dieselbe Sache bedeuten. Wenn folglich ein leerer Raum möglich wäre, so würde er nichts weniger als ein wirklich leerer Raum seyn; es würde ein Raum seyn, der alle Ausmessungen der Materie haben, oder in die Länge, Breite und Tiefe ausgedehnet seyn würde; der also einerley Wesen mit der Materie haben würde, und folglich auch für einen wirklichen Körper gehalten werden müßte. Es sind hier also zwey Fragen aufzulösen; 1. ob der leere Raum möglich ist, und 2. ob er wirklich in der Natur vorhanden ist.

§. 21.

Möglichkeit des leeren Raumes.

Die erste dieser beyden Fragen scheinet mir keiner weitläuftigen Untersuchung zu bedürfen. Man verstehet unter dem leeren Raum, einen Raum, der keinen Körper von keiner Art ent-

(a) Princip. Th. 2. S. 86.

enthält (a). Da nun das Daseyn der Körper und ihre Erhaltung von dem Schöpfer abhängt, so kann man ja z. B. annehmen, daß alle Körper, welche einen Theil der Körperwelt ausmachen, sich in einer Sphäre A (Fig. 1.) befinden, und daß der Körper C vernichtet werde, so daß alle übrigen Körper eben das Verhältniß gegen einander behalten, welches sie vor der Vernichtung des Körpers C hatten. Diese Voraussetzung enthält nichts Unmögliches. Nun wird alsdann aber der Raum BCD nothwendig leer werden; welches denn die Möglichkeit des leeren Raumes hinlänglich beweiset.

Fig. 1.

§. 22.

Ob der leere Raum wirklich ist.

In Ansehung der zweyten Frage, welche das wirkliche Daseyn des leeren Raumes betrifft, sind die Meynungen getheilt. Einige behaupten nicht nur das Daseyn eines leeren Raumes, so zwischen den Bestandtheilen aller Körper vertheilet ist, sondern auch einen ungeheuren leeren Raum, welcher die Erde von den leuchtenden Körpern in dem unendlichen Raume des Himmels absondert. Andere behaupten ein zwischen den Theilen der Körper vertheiltes Leere, läugnen aber das Daseyn des vorhin gedachten unendlichen leeren Raumes, und ihre Meynung scheinet mir nicht unwahrscheinlich zu seyn, wenn von einer vollkommenen Leere im schärfsten Verstande die Rede ist. Newton (b) selbst hat diesen Raum nicht für vollkommen leer gehalten. Allein so wichtig auch die Untersuchung dieser Frage ist, so würde sie uns doch zu weit führen. Wir können daher hier nur die zwischen den Bestandtheilen der Körper vertheilte Leere betrachten.

§. 23.

(a) *Arist.* de Phys. B. 4. Cap. 7.
(b) B. 2. Abschn. 7.

§. 23.

Dessen Daseyn zwischen den Theilen der Körper.

Der überzeugendeste Beweis, den man von dem Daseyn dieses leeren Raumes anführen kann, sind die Ungereimtheiten, welche den Satz eines vollkommen angefüllten Raumes nothwendig begleiten. So viel ihrer auch sind, so will ich deren doch nur zwey anführen.

1) Wenn alle Pori eines Körpers mit irgend einer Materie vollkommen angefüllet wären, so würde daraus nothwendig eine vollkommene Härte in allen Körpern folgen. Die flüßigen Körper selbst würden aus diesem Zustande in den Zustand der größten Festigkeit übergehen; denn die unmittelbare Ursache der Härte und Festigkeit der Körper, ist, nach der Meynung der vernünftigsten Naturkündiger, die unmittelbare Berührung derjenigen Theile, welche wir für fest halten. So bald die Theile eines gemischten Körpers durch die gegenseitige Berührung ihrer Oberflächen auf das genaueste unter einander vereiniget sind, so entstehet daraus, so fremdartig sie übrigens auch seyn mögen, ein Ganzes, dessen Festigkeit der Berührung gemäß ist. Nun würde aber bey dem angenommenen Satze eines vollkommen vollen Raumes, jeder Körper eine Vermischung von fremdartigen auf das genaueste unter einander verbundenen Theilen seyn, weil sie sich mit allen Puncten ihrer Oberflächen berühren würden. Die flüßigen Körper müßten alsdann auch ihre Flüßigkeit verlieren, und den äußersten Grad der Festigkeit annehmen.

2) Bey dem Satze eines vollkommen angefüllten Raumes, würde die örtliche Bewegung, oder die Fortschaffung eines beweglichen Körpers aus einem Orte in den andern, eine vollkommene Unmöglichkeit seyn. Vergebens behaupten Descartes und seine Anhänger, daß ein in Bewegung gesetzter Körper die ihm entgegen stehende

hende Luft und subtile Materie vor sich her stoßen, und daß diese beyden flüßigen Körper zu dem erstern seitwärts ausweichen, und hernach den Platz einnehmen, den er verlassen hat. Diese Antwort setzet dasjenige voraus, was doch noch streitig ist, nämlich die erste Versetzung des beweglichen Körpers.

Wir haben also mehr als eine Ursache zu glauben, daß zwischen den Bestandtheilchen der vermischten Körper kleine leere Räume befindlich sind.

§. 24.

Fortsetzung.

Ich läugne indessen nicht, daß die weitesten Pori, welche man in allen Körpern bemerket, nicht die grobe Luft, die wir athmen, einlassen sollten, und daß die engern nicht eine dünere Luft, und eine noch subtilere Materie enthalten sollten. Aber man kann dessen ungeachtet sagen, daß diese Pori davon nicht vollkommen angefüllet werden. Denn was man auch der Luft für eine Gestalt geben will, was man auch für eine Fähigkeit, eine jede fremde Figur anzunehmen, in der sogenannten subtilen Materie voraus setzen mag: so lässet sich doch nicht vorstellen, daß sich die Flächen der Luft oder der subtilen Materie so anschließen könnten, daß sie keinen leeren Raum lassen sollten. Sonst würde man wieder auf die §. 23. angezeigten Ungereimtheiten gerathen.

§. 25.

Theilbarkeit der Körper.

Vermittelst der Poren, die man in jedem körperlichen Dinge bemerket, kann man fremde Körper in das Innere eines jeden andern Körpers bringen, und die Bande zerreißen, welche dessen Bestandtheile vereinigen. Jeder Körper lässet sich also theilen; folglich muß man auch die Theilbarkeit unter die allgemeinen Eigenschaften der Materie rechnen.

§. 26.

Ob sie Gränzen hat.

Alle Körper sind theilbar. Die Wahrheit dieses Satzes ziehet niemand in Zweifel, so lange man dabey nicht an die ersten Bestandtheile der Körper denkt. Allein, hat diese Theilbarkeit, welcher alle Körper unterworfen sind, Gränzen, oder hat sie keine? Dieß ist eine neue Frage, in Ansehung welcher die Meynungen noch getheilet sind. Diejenigen, welche behaupten, daß die Materie bis in das Unendliche theilbar ist, und daß man niemals bis zu ihrer letzten Theilung kommen könne, gründen sich auf den Satz, daß die Materie beständig eine Ausdehnung behält, so getheilt man sie auch annimmt, weil die Theilung nur die Ausdehnung vermindert, nicht aber aufhebet, so weit man sie auch in der Einbildung treiben mag.

Diejenigen welche der Theilbarkeit der Materie Gränzen setzen, halten ihre Bestandtheile für einfache, vollkommen harte, und untheilbare Wesen. Sie geben zu, wenn wir den Zeno, Galiläus, Leibnitz, Wolf und einige andere ausnehmen, daß diese Bestandtheile bey ihrer Untheilbarkeit, dennoch ausgedehnt sind.

Diese Meynung wurde ehedem von dem Phönizier Moschus aufgebracht, und nachmals von dem Demokritus, Leucippus, Epikur, Gassendi, Newton, Boerhave, Desaguilliers, und andern berühmten Naturkundigen angenommen.

Da man aber nothwendig annehmen muß, daß die Bestandtheile der Materie eine Ausdehnung haben, so kommt alles auf die Untersuchung der Frage an, ob die Ausdehnung bis in das Unendliche getheilet werden könne.

Um eine so abstracte Frage aufzulösen, wobey so viel Spitzfindiges mit einfließet, muß man sie unter den zwey Gesichtspuncten betrachten, unter welchen Nollet (a) sie vorstellet; nämlich, man muß die Theilung in Gedanken von der wirklichen und physischen Theilung unterscheiden, so wird sich die ganze Frage, wie dieser berühmte Kenner der Natur anmerket, bis auf eine Kleinigkeit zurückführen lassen.

In der That, so sehr getheilt man auch die Materie annehmen mag, so haben die Theile, welche durch die letzte Theilung entstehen, doch noch eine Ausdehnung, und da sie nothwendig eine Gestalt haben müssen, so sind sie auch auf mehrern Seiten umgränzt, die von einander unterschieden sind, (§. 2.) folglich auch als von einander theilbar angesehen werden können. Diese Theilung in Gedanken hat also keine Gränzen, und in diesem Verstande kann man auch sagen, daß die Materie bis in das Unendliche theilbar ist. Wenn wir die Schriften der Vertheidiger dieser Meynung zu Rathe ziehen, so finden wir in denselben augenscheinliche Beweise, welche in diesem Stücke keinen Zweifel mehr übrig lassen. Hier ist einer derselben, der aus dem ersten und zweyten Postulatum im ersten Buche des Euklides genommen ist. Eine gerade Linie kann nämlich bis in das Unendliche verlängert werden, und aus einem Puncte derselben kann man gerade Linien bis zu allen Puncten einer andern geraden Linie ziehen. Dieß voraus gesetzt, ziehe man nicht nur die Parallelen AB und CD (Fig. 2.) sondern auch die senkrechte Linie OP, Fig. II. so ist unläugbar, daß man von dem Puncte E an, der sich jenseit der Parallele befindet, aus dem Puncte A eine unendliche Menge gerader Linien bis zur Linie CD, von eben dem Puncte E an betrachtet, ziehen könne, weil man dergleichen bis zu allen Puncten der Linie ED, die sich bis in das Unendliche verlängern lässet, ziehen kann. Es ist also nur noch zu beweisen, daß diese geraden Linien

(a) Nollet, Leçons de Phys. Th. 1. S. 10.

nien die Linie OP in eben so viele verschiedene Theile theilen werden. Man beweiset in der Geometrie, daß mehrere gerade Linien, die von einem Puncte bis zu einem andern gezogen werden, nothwendig einen gemeinschaftlichen Punct haben müssen. Folglich müssen alle Linien, die von dem Puncte A ausgehen, in diesem gemeinschaftlichen Puncte zusammen stoßen. Da sie nun alle durch die Linie OP gehen, weil sich keine mit der Linie AB, welche mit CD parallel gehet, vermischen kann, so theilen sie auch die Linie OP in eben so viele verschiedene Theile.

Wenn man die Lehrsätze des Keil (a), Gravesande (b), Desaguilliers (c), u. s. f. nachschläget, so wird man in den Schriften dieser großen Männer noch viele andere Beweise finden, welche die Theilbarkeit der Materie bis in das Unendliche auf eine eben so augenscheinliche Art darthun werden.

Allein alle diese Beweise bewähren nur eine metaphysische, geistige Theilung, und gründen sich insgesammt auf die Eigenschaft der Linien, welchen man in der Geometrie alle Breite abspricht. Es ist also nur noch zu untersuchen, ob man alle Theilungen, die man sich bey der Materie denkt, auch physisch in das Werk richten könne. Kann man also die Materie wirklich in so viele Theile theilen, als man sich denken kann? Gewiß nicht; denn wenn wir die Theilung der Materie bis zu einem gewissen Grad getrieben haben, entwischen die Theile der letzten Theilung der Schwäche unserer Sinne, und wir kennen alsdann keine bequeme Werkzeuge mehr, sie weiter zu theilen. Das Feuer selbst, welches doch das mächtigste Auflösungsmittel der gemischten Körper ist, versaget uns seinen Dienst. Wir lesen in der Geschichte

(a) Keil Introd. ad veram Physic. & veram Astronom.
(b) Gravesande Elemens de Phys. mathem.
(c) Desaguilliers Cours de Phys. expériment.

te der Akademie der Wissenschaften (a), daß Homburg sauere Salzgeister, die er in Gläsern verschlossen hatte, viele Jahre in Digestion erhalten hat, ohne nach einer so langen Zeit auch nur die geringste Veränderung an diesen Körpern gewahr zu werden.

Wir können also die Theilung der Materie nicht bis über gewisse Gränzen fortsetzen, als welche uns nicht verstatten, die Bestandtheile der Körper zu verändern, von welchem Satze man sich auch vermittelst der chymischen Auflösung überzeugen kann. Vielleicht ist dieses ein neuer Beweis von der höchsten Weisheit des Schöpfers, der Werkzeuge genug erschaffen hat, unsern Bedürfnissen überflüßig abzuhelfen, der uns aber zugleich sehr ohnmächtige Mittel gelassen hat, die Oekonomie der Welt zu verändern (b). Denn man kann nicht läugnen, daß, wenn in der Natur bequeme Mittel vorhanden wären, die Bestandtheile der gemischten Körper zu verändern und zu theilen, daraus sehr wichtige Veränderungen und Unordnungen entstehen würden, von welchen die Welt bisher befreyet geblieben ist (c).

§. 27.

Sie läßt sich sehr weit treiben.

Wenn wir gleich die Theilung der Materie nicht bis über einen gewissen Punct fortsetzen können, bey welchem alle unsere Bemühungen fruchtlos werden, so kann man solche doch sehr weit treiben. Ja nur ein wirklich philosophisches Auge kann es wahrnehmen, wie weit die Natur und der Fleiß des Menschen es in diesem Stücke bringen könne. Wir wollen hier einige Beyspiele davon anführen, die wir aus einigen Arbeiten der Kunst und aus den gewöhnlichsten Wirkungen der Natur hernehmen wollen.

(a) Du Hamel Hist. Acad. Reg.
(b) Nollet Leçons de Phys. Th. 1. S. 12.
(c) Muschenbroek Essais de Phys. Th. 1. S. 34.

§. 28.

Große Theilbarkeit der Farben.

Die Farben, die Auflösungen, die Dehnbarkeit der Metalle, wenn sie mit Kunst bearbeitet werden, und viele Kunststücke, welche man in Kunst-Cabinettern aufbewahret, sind eben so viele handgreifliche Beweise von der Wahrheit dieses Satzes.

Die Farben geben ein bequemes Mittel ab, unsere Neugierde in Ansehung der erstaunlichen Theilbarkeit der Materie zu befriedigen. Denn außer den verschiedenen Mischungen, die der Färber machen kann, die Farben abzuändern, hänget ihre Schwächung, ihre Schattirung oft blos und allein von der Dehnbarkeit des färbenden Körpers ab. Diese Art eine Farbe zu schwächen und sie lieblicher zu machen, hat den Naturlehrern Gelegenheit gegeben, zu untersuchen, wie weit man die Theilung des färbenden Körpers treiben könne, wenn man ihn immer mehr in seinem Auflösungsmittel ausdehnet.

Ein Gran Cochenille, so in Uringeist aufgelöset worden, färbet 125280 Gran Wasser (a). Ein Gran Carmin, giebt einem Glase Wasser eine sehr dunkele Farbe. Schüttel man solches in sechs Pinten Wasser, Pariser Maaß, so bekömmt die ganze Masse eine noch sehr merkliche Farbe. Nun wiegen aber sechs Pinten Wasser zwölf Pfund. Verwandelt man diese in Grane, so bekömmt man 110592 Gran. Ein Gran Carmin theilet sich also durch dieses einige Verfahren so sehr, daß es sich 110592 Theilen, deren jeder einen Gran wieget, mittheilen kann. Jeder Gran dieses von dem Carmin gefärbten Wassers aber, kann wiederum in mehrere noch merkliche Theile getheilet werden. Wir wollen nur vier annehmen, so wird jeder der

(a) Boyle Experim. & Consid. de Color. Exper. 24.

der daraus entspringenden Theile nothwendig gefärbet seyn. Folglich wird die Zahl der Theile des Carmins seyn = 110592 + 4 = 442368; eine Theilung, welche man noch weiter treiben kann, wenn man die Farbe schwächen, d. i. den Carmin mit noch mehr Wasser vermischen will.

§. 29.

Die Auflösungen der Metalle durch die Säuren bestätiget dasjenige, was ich eben vermittelst der Farben bewiesen habe, sehr deutlich. Boyle (a) berichtet uns, daß ein Gran Kupfer, welches in einer hinlänglichen Menge flüchtigen Salmiakgeist aufgelöset worden, 28534 Granen Wassers eine blaue Farbe geben kann: Keil (b) hat die Beobachtung noch weiter getrieben; er versichert, daß ein in eben demselben Geiste aufgelöseter Gran Kupfer 105570000 Theile Wasser noch merklich blau färben kann.

Und der aufgelöseten Metalle.

Man kann diesen Versuch leicht wiederhohlen, und man wird sehen, daß der Erfolg mit Keils Rechnung sehr wohl übereinstimmen wird. Mir ist es gelungen, 3479270000 Gran destillirten Wassers, mit zwey Gran Kupfer, die in dem vorhin gedachten Geiste aufgelöset waren, blau zu färben, obgleich die Farbe freylich sehr helle war.

§. 30.

Wenn uns die Farben und die Auflösungen ein leichtes Mittel an die Hand geben, die Materie in eine erstaunliche Menge von Theilen zu zertheilen, so verschaffet uns die Dehnbarkeit der Metalle ein anderes, eben diese Arbeit

Große Dehnbarkeit der Metalle.

(a) Boyle de mira subtilit. effluvior. Cap. 3.
(b) Keil Introd. ad veram Phys. & veram Astron.

heit gleichfalls sehr weit zu treiben. Obgleich die Künste vor Alters noch nicht zu einer so großen Vollkommenheit gebracht waren, als jetzt, so wußten sich doch die Alten schon diese Eigenschaft der Metalle zu Nutzen zu machen. Man kann hierbey nachschlagen, was Cardan (a) und seine Zeitgenossen von den Vortheilen geschrieben haben, welche die menschliche Gesellschaft von der Dehnbarkeit der Metalle haben kann. Boyle (b), welcher wußte, daß die Dehnbarkeit des Silbers weit geringer ist, als des Goldes, siehet diese Eigenschaft an dem erstern Metalle für ein sehr bequemes Mittel an, die außerordentliche Theilbarkeit der Materie zu beweisen. Er berichtet uns, daß er ein Stück Silber, welches noch keinen Gran wog, acht Ellen lang ausgedehnet habe.

Jetzt, da die Künste mit neuen, weit vortheilhaftern Handgriffen bereichert sind, braucht man nicht viele Mühe, ein Gran Silber unter dem Hammer auszudehnen, und ihm einen so großen Umfang zu geben, daß man es in 466560 merkliche Theile theilen kann.

Einen noch handgreiflichern Beweis von der erstaunlichen Theilbarkeit der Metalle bekommen wir, wenn wir uns in die Werkstätte der Goldzieher begeben. Wir sehen daselbst, daß der Golddrath, woraus unsere Tressen bestehen, nur ein vergoldeter Silberdrath ist, und daß die Dicke des Goldes, welches denselben bedecket, vielleicht nicht den $\frac{1}{125000}$ Theil einer Linie beträgt (c).

Man belegt einen silbernen Cylinder mit Goldblättern (d). Man nimmt ihrer mehr oder weniger, nachdem die Vergoldung mehr oder weniger schön werden

(a) Cardanus Lib. 3. c. 11. S. 21.
(b) Boyle de mira subtilitate effluviorum.
(c) Nollet Leçons de Phys. Th. 1. S. 41.
(d) Mém. de l'Acad. des Sciences, 1713.

den soll. Allein, da es hier genug ist, wenn nur der ganze Cylinder vergoldet wird, so wollen wir annehmen, daß man zu dieser Arbeit nur eine Unze Gold brauche. Der silberne Cylinder, der $22\frac{1}{2}$ Pfund wiegt, ist 22 Zoll lang, und 15 Linien im Durchmesser dick. Man ziehet ihn nach und nach durch die immer kleinern Löcher einer stählernen Platte, und durch dieses Mittel verlängert man ihn auf Kosten seiner Dicke und der Dicke des Goldes, womit er überzogen ist. Wenn die Arbeit vorbey ist, so ist aus dem Cylinder ein Drath geworden, der 97 gemeine Französische Meilen lang ist. Allein dieser vergoldete Silberdrath, ist zu den Arbeiten, wozu man ihn bestimmet hat, noch nicht geschickt; er muß sich vorher noch einer andern Arbeit unterwerfen. Man muß ihn glätten, zu welchem Ende man ihn durch zwey stählerne Walzen gehen lässet. Diese Arbeit verlängert den Drath noch um $\frac{1}{7}$. Er ist also nunmehr $110\frac{6}{7}$ Französische Meilen lang. Wir wollen die $\frac{6}{7}$ weglassen, die indessen doch auch einige Aufmerksamkeit verdienen, so wird sich eine Unze Gold durch diese Arbeit bis zu einer Länge von 110 Meilen ausdehnen lassen. Wenn wir nun diese Meilenzahl in Toisen, Fuß, Zoll und Linien verwandeln, so werden wir bekommen —— $110 + 2000 = 220000$ Toisen, $+ 6 = 1320000$ Fuß, $+ 12 = 15840000$ Zoll, $+ 12 = 190080000$ Linien. Eine Linie lässet sich noch in 12 dem Auge ganz wohl merkliche Theile theilen. Man kann also die letzte Zahl noch mit 12 multipliciren, so wird man 2280960000 Theile bekommen. Man muß dabey bemerken, daß es ein vergoldetes Silberblech ist, welches man getheilet hat, und daß ein solches Blech nothwendig zwey völlig von einander unterschiedene Flächen hat. Man muß daher die letzte Zahl nochmals verdoppeln, so wird man 4561,920000 merkliche Theile bekommen; eine Rechnung, welche man noch weiter treiben könnte, wenn man die Breite dieses Bleches, welche der Theilung gleichfalls fähig ist, in Betrachtung ziehen wollte. Man kann also eine Unze Gold in 4561,920000 Theile theilen. Da nun eine Unze 576 Gran hält, so wird sich ein Gran Gold durch diese Arbeit in 7,920000 merkliche Theile theilen lassen.

§. 31.

Beweis der Theilbarkeit aus einigen Kunstwerken.

Die Kunstwerke, welche man in den Kunst-Cabinettern aufbewahret, sind eben so viele wirkliche Beweise nicht nur von der Geschicklichkeit derer, welche sie verfertiget haben, sondern auch von der Leichtigkeit, mit welcher sich die Materie theilen lässet.

Der Doctor Power sagt, daß er zu Tredesoant eine goldene Kette gesehen habe, welche 300 Glieder hatte, und doch nicht über einen Zoll lang war, und die von einer Fliege sehr leicht gezogen werden konnte (a).

Der berühmte Heinrich Baker, der durch die vortreflichen mikroscopischen Beobachtungen, womit er die natürliche Geschichte bereichert hat, so berühmt ist, versichert, daß er bey Durhamgard eine von dem Uhrmacher Boverik verfertigte Chaise gesehen habe, welche vier Räder mit allem Zubehör hatte, die sich sehr leicht um ihre Achsen dreheten. In der Chaise saß eine Mannsperson. Alles war von Elffenbein, und die Chaise wurde von einer Fliege gezogen. Die Chaise, der Mann und die Fliege wogen zusammen nicht über einen Gran (b).

Eben dieser Verfasser bemerket noch erstaunlichere Dinge, die man in dem unten genannten Werke nachlesen kann. Die Ephemerides N. C. (c) versichern, daß

(a) Le Microscope à portée de tout le monde, S. 327.
(b) Ebendas. S. 328.
(c) Tom. I. Addend. ad Observ. 13.

daß ein Künstler, Namens Oswald Nerlinger, alle Arten von Mat rie mit so vieler Geschicklichkeit zu bearbeiten wußte, daß er auch in einen aus einem Pfefferkorn verfertigten Becher, 1200 kleine gedrechselte elfenbeinerne Becher bringen konnte, deren jeder seinen eigenen Fuß hatte, und die insgesammt am Rande vergoldet waren. Sie ließen in dem großen aus einem Pfefferkorne verfertigten Becher noch so vielen Platz übrig, daß man noch ein Drittheil darüber hätte hinein bringen können.

Die Künste liefern uns also viele Beweise von der erstaunlichen Theilbarkeit der Materie; allein die Natur ist darinn noch fruchtbarer, wie wir aus folgenden Beobachtungen zeigen wollen.

§. 32.

Und aus der Natur.

Man hat 120 Ellen eines von einem Seidenwurme gesponnenen Fadens mit Sorgfalt gewogen, und gefunden, daß sie nicht über einen Gran wogen. (a)

Eben diese Feinheit bemerket man an den Fäden eines Spinnwebes. Reaumur zählete sechs Warzen, die sich nach dem Hintern der Spinne zu befinden, und wovon jede kleiner ist, als der Kopf einer Stecknadel. Dieser geschickte Naturkundige behauptet, daß jede Warze eine Art einer Spindel ist, aus welcher über tausend Faden heraus kommen. Diese Beobachtung ist bey großen Spinnen gemacht worden. Da nun alle Spinnen auf einerley Art beschaffen sind, wenigstens was ihre zum Spinnen dienlichen Werkzeuge betrift: so müssen diese Warzen an denjenigen Spinnen, welche sich unsern Augen entziehen, und die man nicht anders, als durch ein starkes Linsenglas sehen kann, dergleichen diejenigen sind, welche kleinen rothen Punkten

(a) Boyle de mira subtil. effluvior.

Punkten gleichen, erstaunlich kleiner seyn. Wie fein muß nun wohl der Faden seyn, den die letztern her-vor bringen? Das übersteiget den schwachen Theil des menschlichen Verstandes.

§. 33.

Fortsetzung.

Diejenigen, welche so neugierig gewesen sind, bebrütete Eyer alle Tage zu öfnen, haben die große Disproportion zwischen dem Küchlein und demjenigen Punkte, welchen der berühmte Harvey das Punctum saliens nennet, einstimmig angemerket. Eben diese Disproportion entdecket man den siebenten und achten Tag zwischen dem Küchlein und der in dem Eye befindlichen Materie. Um nun nach der Aehnlichkeit weiter zu schließen, so weiß man, daß die Käsemilben, die man oft nur vermittelst eines Vergrößerungsglases sehen kann, ihren Ursprung einem Eye zu verdanken haben, und daß eben dieselbe Disproportion zwischem diesem Thiere und dem Eye, in welchem es enthalten ist, statt finden muß, weil ein Theil von dem Wesen dieses Eyes eine Zeitlang dessen Nahrung ausmachen, und dessen Wachsthum befördern muß (a). Wenn man aber die Beobachtung noch weiter treiben will, so kann man erwägen, daß dieses in seinem Eye gebildete Thier, welches unbegreiflich klein seyn muß, ein lebendiges Thier ist, welches alle zum thierischen Leben nöthigen Werkzeuge besitzet; daß es folglich auch Gefäße hat, in welchen ein beständiger Kreislauf von Säften statt findet. Jedes Kügelchen dieser Säfte muß, in Vergleichung mit dem Körper dieses Thieres, eben dasselbe Verhältniß zu demselben haben, welches jedes Kügelchen der in den Gefäßen des menschlichen Körpers umlaufenden Säfte zu dem menschlichen Körper hat. Welche Reihe von Zahlen würde also wohl nöthig seyn, ein solches Verhältnis auszudrücken? Was für

(a) Boyle de mira subtil. effluvior.

für eine weit größere Reihe würde erfordert, wenn man eben diese Vergleichung zwischen den Kügelchen der Säfte in den Gefäßen derjenigen kleinen Insekten anstellen wollte, deren Hr. de Malezieu (a) gedenket, und die er 27 Millionen mal kleiner schätzet, als eine Käsemilbe.

§. 34.

Besonders aus den Ausdünstungen.

Die Ausflüße der der Ausdünstung ausgesetzten Körper sind auch noch ein sehr überzeugender Beweis, daß die Natur weit kräftigere Mittel hat, die Materien zu theilen, als uns der menschliche Fleiß darreichet.

Pison berichtet uns, daß ein gewisser Fisch die Hand oder den Fuß, womit man ihn berühret, verletzet, obgleich der letztere mit dicken Sohlen versehen ist, und daß der Fuß blos durch die Ausflüße aus diesem Fische, welche durch die dicken Sohlen dringen, gelähmet wird (b); obgleich dieser Zufall nur eine kurze Zeit dauert.

Ein sehr deutlicher Beweis von der Feinheit solcher Ausflüße ist ohne Zweifel auch der geringe Verlust, welchen man an dem Gewichte der riechenden Körper bemerket, selbst nachdem sie eine erstaunliche Menge Theile ausgedünstet haben.

Boyle (c) hatte ein Stück Ambra, welches über 100 Gran wog, $3\frac{1}{2}$ Tag in einer Wageschale, welche sich bey einem sehr kleinen Theile eines Granes bewegte, und es schien dessen ungeachtet nichts von seinem Gewichte verlohren zu haben.

(a) Hist. de l'Acad. des Sciences, 1718.
(b) Hist. du Bresil, B. 5. Kap. 14.
(c) Boyle de mira subtil. effluv.

Palmarius (a) versichert uns, daß Thiere, welche einige Pflanzen nur berühret hatten, an denselben so ansteckende Körperchen zurück gelassen, daß sie bey andern Thieren, welche von diesen Pflanzen aßen, eben dieselbe Krankheit verursachten.

Sennert (b) erzählet, daß 1542. zu Breslau in einer Zeit von sechs Monaten über 6000 Menschen an der Pest gestorben sind, und daß sich dieselbe in einer zusammen gewickelten Leinwand vierzehn Jahre lang erhielt, welche, als sie in eine andere Stadt gebracht wurde, daselbst gleichfalls die Pest verursachte, welche sich sogar auf die benachbarten Dörfer ausbreitete.

Trincavalla (c) gedenket einer noch subtilern Pest, welche 10000 Menschen hinraffte. Sie war durch einige Stricke verursachet worden, mit welchen man ehedem die an der Pest Verstorbenen in die Grube gelassen hatte.

Man wird sich über diese letztern Würkungen, so erstaunlich sie auch bey dem ersten Anblicke scheinen, nicht mehr so sehr verwundern, wenn man bedenkt, daß die gedachten Körper nicht an die freye Luft waren gebracht worden; eine doch nothwendige Bedingung, welche die Aerzte besonders empfehlen, wenn diese Körper die giftigen Theile, welche sie enthalten können, verlieren sollen. Allein man muß zugleich bemerken, daß die zwanzig Tage, welche die meisten Aerzte zur Auslüftung vorschreiben, nicht allemal hinlänglich sind, wie Diemerbroek (d) anmerket, und durch eine eigene Beobachtung beweiset; woraus die erstaunliche Feinheit der Theile, welche ausdünsten, auf eine überzeugende Art erhellet, weil sie eine so beträchtliche Zeit hindurch fähig sind, eine Masse Luft, welche beständig erneuert wird, zu vergiften.

Die

(a) Palmarius de morbis contagiosis.
(b) Sennert de febribus B. 4. K. 3.
(c) Trincavalla L. 3. consult. 17.
(d) Kap. 4. de peste.

Die Ausflüße, welche von den Körpern ausgehen, nehmen die Beschaffenheit der Substanzen, welche sie hervor bringen, oft gar sehr an. Sennert versichert, daß man einige Anfänger der Chymie in einem Laboratorio eingeschlafen angetroffen habe, weil sie die Dünste eingeathmet hatten, die bey der Destillation schlafmachender Körper aufgestiegen waren (a).

Levinus Lemnius hatte in seinem Zimmer Alraunäpfel, und bekam dadurch eine solche Neigung zum Schlaf, daß er sich desselben auch nicht eher erwehren konnte, als bis er diese Aepfel an einen andern Ort geschaffet hatte (b).

Der berühmte Boyle schläget diesen Kunstgriff vor, diejenigen zum Purgieren zu bringen, welche vor allen Arzeneyen einen Abscheu haben; man hat ihn auch in mehrern Gegenden Deutschlandes mit Nutzen gebraucht.

§. 35.

Vornämlich der riechenden Körper.

Die riechenden Theile, welche aus den Blumen ausduften, welche unsere Gärten zieren, sind so wie die Ausflüsse aus allen übrigen Körpern ein neuer Beweis der oben gedachten Wahrheit. Es giebt Blumen, deren Geruch in einer Entfernung von mehr als zehn Fuß merklich ist, das ist, welche eine Kugel Luft, die mehr als 20 Fuß im Durchmesser hält, und folglich eine Luftmasse von mehr als 4000 Fuß, die sich unaufhörlich erneuert, mit ihrem Geruche erfüllen. Wenn man die erstaunliche Feinheit der ausdünstenden Theile ziemlich wahrscheinlich berechnen will, so muß man dabey auf folgende Art verfahren.

Man lasse Lavendel-Essenz in einem festverwahrten Zimmer ausduften, bis die ganze in demselben befindliche Luftmasse den Lavendelgeruch an sich genommen hat.

(a) B. 6. Th. 7. Kap. 1.
(b) Lemnius in explicat. herbar. biblicar. Kap. 2.

hat. Man vergleiche hierauf, so genau als möglich ist, die Menge der ausgedünsteten riechbaren Theile mit der Luftmasse, die solche an sich genommen hat, so kann man daraus die Feinheit der erstern beurtheilen.

Ich habe mich folgender Methode bedienet, diesen Versuch zu machen. Ich habe in ein Gefäß ungefähr einen Cubiczoll Lavendel-Essenz gethan, das Gefäß über die Flamme einer mit Weingeist angefüllten Lampe gesetzet, und die Ausdünstung unterbrochen, wenn ich merkte, daß das ganze Zimmer den Geruch angenommen hatte. Ich habe hierauf den in dem Gefäße noch übrigen Liquor gemessen, und so viel ich urtheilen konnte, so war er durch die Ausdünstung höchstens nur um eine Cubiclinie vermindert worden.

Das Zimmer, in welchem ich diesen Versuch anstellete, war 22 Fuß lang, 18 breit, und 10 hoch. Als ich die in diesem Zimmer befindliche Luftmasse nach Cubiclinien berechnete, so fand ich 11824496640 Cubiclinien Luft. Eine Cubiclinie des flüßigen Körpers hatte sich also auf diese Art in 11824496640 Theile getheilet, wenn man annimmt, daß jede Cubiclinie Luft nur ein einiges riechbares Theilchen bekommen habe. Allein diese Voraussetzung ist bey weitem nicht richtig; denn der Abt Nollet (a), der über eben diesen Versuch nachdachte, glaubet, daß man wenigstens vier riechbare Theilchen in jeder Cubiclinie Luft annehmen müsse. Die Theilung des flüßigen Körpers ist also noch viermal so groß, als vorhin angezeiget worden. Man muß folglich 11824496640 mit 4 multipliciren, welches 47297986560 giebt. Indessen muß man mit dem Abt Nollet auch hier bemerken, daß die Ausdünstung, welche ich eine Cubiclinie stark angegeben habe, noch für weit geringer angenommen werden müsse, weil die ausgedünsteten riechbaren Theilchen nur der kleinste Theil des ausgedünsteten flüßi-

(a) Nollet Leçons de Phys. Th. 1. S. 28.

flüßigen Körpers sind, in welchem sie sich befinden. Wenn ich nun annehme, daß diese riechbaren Theilchen nur $\frac{1}{10}$ der ganzen weggedünsteten Masse ausmachen, so ist solches noch sehr mäßig. Man muß also das Product zehnfach nehmen, wenn man die Feinheit der riechbaren Theilchen, welche während der jetzt beschriebenen Arbeit wegdünsten, noch genauer bestimmen will. Man wird alsdann finden, daß jeder riechbarer Theil noch nicht $\frac{1}{472979865600}$ einer Cubiclinie ist.

Jeder riechbarer Körper liefert uns Stoff zu ähnlichen Untersuchungen. Boyle sagt, daß er ein Paar Spanische Handschuhe habe, welche mit einem Gran Biesam wohlriechend gemacht worden, und welche nach 29 Jahren noch einen sehr angenehmen Geruch hätten (a).

Der Biesam erzeuget sich in einer Blase unter dem Bauche einer Art wilder Ziegen, welche man in dem Königreiche Boutan findet, von da man ihn nach Patna, der Haupstadt in Bengalen bringet (b). Wenn man den Berichten einiger Schriftsteller Glauben beymessen will (c), so haben seine Ausdünstungen die Kraft, ungeheure Schlangen in einer sehr großen Entfernung zu betäuben, einzuschläfern und starr zu machen.

Alle jetzt angeführten Beobachtungen beweisen auf eine sehr überzeugende Art, daß uns die Natur eine große Menge Beyspiele von einer erstaunlichen Theilbarkeit der Materie liefert. Man kannn daher auch behaupten, daß, wenn die Materie gleich nicht bis in das Unendliche theilbar ist, sie doch theilbarer ist, als sich der große Haufe vorstellen kann.

(a) Boyle de mira subtil. effluvior.
(b) Tavernier Voyages, T. 4. p. 75.
(c) Lettres édifiantes, T. 14.

§. 35.

Beweglichkeit der Körper.

Die Theilbarkeit, welcher alle Körper unterworfen sind, setzet voraus, daß die Theile der Körper von einander getrennet werden können, und daß sie dieser Trennung kein unüberwindliches Hinderniß entgegen zu setzen haben. Allein Theile, welche man von einander trennet, verändern nothwendig den Ort und nehmen einen andern Platz ein, welches man in Bewegung seyn nennet. Man kann also die **Beweglichkeit** dasjenige Vermögen nennen, welches die Körper haben, getrennet zu werden, und durch ihre Trennung in einen andern Ort zu kommen. Was ich hier von den verschiedenen Theilen der Körper sage, gilt von einem jeden Körper. Es giebt keinen einigen, der einen Raum auf eine solche Art einnähme, daß man ihn nicht sollte wegschaffen und in einen andern Raum bringen können. Es ist daher auch kein Körper vorhanden, der nicht beweglich wäre, und folglich muß man auch die Beweglichkeit als eine der allgemeinen Eigenschaften der Materie ansehen.

§. 36.

Wird durch verschiedene Umstände bestimmt.

Alle Körper sind beweglich; allein sie sind es nicht alle auf einerley Art; das heißt, wenn man an verschiedene Körper einerley Kraft wendet, so wird man sie nicht alle auf einerley Art in Bewegung setzen können. Woher kommt nun dieser Unterschied? Daher. Es ist eine allgemeine zugestandene Wahrheit, daß sich kein Körper geschwinder oder langsamer beweget, als jedes seiner Theile besonders. Um aber jeden Theil eines beweglichen Körpers in Bewegung zu setzen, muß man ihm nothwendig eine Kraft eindrücken, welche sich auf eine gleichförmige Art jedem seiner Bestandtheile mittheilet. Die innere Stärke dieser Kraft, nimmt also, wenn sie in jedem

dem Theile betrachtet wird, ab, so wie die Zahl der Theile des beweglichen Körpers zunimmt. Die Thätigkeit dieser Kraft, in jedem Theile betrachtet, stehet also in einem gegenseitigen Verhältnisse gegen diese Zahl der Theile, und da jede Wirkung ihrer Ursache gemäß ist, so folget auch die Geschwindigkeit, mit welcher ein beweglicher Körper aus einem Orte in den andern übergehet, eben demselben Verhältnisse. Wenn nun, dies vorausgesetzt, eine und eben dieselbe Kraft auf zwey bewegliche Körper wirket, wovon der eine noch einmal so viel Masse hat, als der andere, so wird sich der letztere, wenn alle übrigen Umstände gleich sind, noch einmal so geschwinde bewegen, als der andere. Hieraus folget nun, daß die Masse des beweglichen Körpers ein Hinderniß seiner Beweglichkeit ist.

2) Die Gestalt des beweglichen Körpers verdienet hier gleichfalls in Betrachtung gezogen zu werden. Wir wollen, zum Beyspiele, zwey Körper annehmen, die sich in allen Stücken gleich sind, die aber eine verschiedene Figur haben. Der eine soll eine Kugel, der andere aber ein Vieleck seyn. Die Erfahrung lehret uns, daß einerley Kraft den ersten dieser beyden Körper in eine weit geschwindere Bewegung setzen wird, als den letztern. In dem gegenwärtigen Falle hat zwar jeder Theil beyder Körper einerley Kraft erhalten, sich zu bewegen; allein, da die Kugel die Fläche, worauf sie sich beweget, nur in einem Punkte berühret, so wird sie in ihrer Bewegung weniger Hindernisse finden, als das Vieleck, welches eben dieselbe Fläche in weit mehrern Punkten berühret, wie wir beweisen wollen, wenn wir die Lehre der Reibung abhandeln werden.

3) Wenn zwey Körper einerley Figur haben, auch einander in allen Umständen gleich sind, aber die Oberfläche des einen glatter und ebener ist, als die Oberflä-

che des andern, so wird der erste beweglicher seyn, weil er gleichfalls einer gelindern Reibung ausgesetzet ist.

4) Die Größe des beweglichen Körpers darf bey dieser Gelegenheit gleichfalls nicht aus der Acht gelassen werden. Denn je größer ein beweglicher Körper ist, wenn alle übrigen Umstände gleich sind, desto mehr Widerstand wird er in seiner Bewegung finden, wie wir zeigen werden, wenn wir von dem Widerstande der Mittelursachen handeln werden.

Wenn wir nun alle bisher gemachte Beobachtungen zusammen nehmen, so finden wir, daß die Masse des beweglichen Körpers, seine Figur, seine Oberfläche, und seine Größe eben so viele Umstände sind, welche die Beweglichkeit eines und eben desselben Körpers abändern können. Dessen ungeachtet werden die Wirkungen der Figur, der Oberfläche, und der Größe des beweglichen Körpers in dem leeren Raume zu einer Null, und seine Beweglichkeit wird alsdenn bloß durch seine Masse gehindert.

§. 37.

Kraft der Trägheit.

Viele berühmte Naturlehrer haben denjenigen Widerstand, welchen die Masse des beweglichen Körpers der Bewegung in den Weg leget, die **Kraft der Trägheit** genannt. Sie sehen diesen Widerstand als eine wirkliche und dieser Masse einwohnende Kraft an. Diese Kraft entwickelt sich, ihnen zu Folge, in einem Körper, der in Ruhe ist, wenn man ihn aus diesem Zustande in den Stand der Bewegung versetzen will. Sie entwickelt sich auch in einem Körper, der in Bewegung ist, wenn man ihm eine größere Geschwindigkeit mittheilen will. Man findet in den physikalischen Vorlesungen des Abts **Nollet** (a) alles, was man zum Behufe dieser Kraft nur gründliches sagen kann.

(a) *Nollet* Leçons de Phys. T. 1. p. 180.

kann. Er hat die Erfahrung, worauf Newton das Daseyn dieser Kraft gründet, auf eine deutliche und bestimmte Art entwickelt.

Ich läugne zwar nicht, daß man, um einen Körper in eine gleich geschwinde Bewegung zu versetzen, desto mehr Kraft anwenden müsse, je größer seine Masse ist. Eben so wenig läugne ich, daß, um einen Körper, der bereits in Bewegung ist, noch geschwinder zu bewegen, man eine neue Kraft anwenden müße, und daß man in beyden Fällen nicht einen Widerstand von Seiten des beweglichen Körpers antreffen sollte. Allein ich kann dessen ungeachtet nicht glauben, daß sowohl in dem in Ruhe befindlichen Körper, als auch in dem sich langsam bewegenden Körper, sich eine wirkliche und innere Kraft befinden sollte, vermöge deren der erstere der Bewegung, der letztere aber einer größern Geschwindigkeit widerstehet.

Wenn dem also wäre, so könnte man nicht sagen, daß ein Körper ein leidendes Ding ist, welches gegen die Ruhe und Bewegung gleich unempfindlich ist; weil diese Trägheit, wenn sie eine wahre und der Bewegung oder einer geschwindern Bewegung gerade entgegen gesetzte Kraft wäre, diesen Körper nothwendig antreiben würde, in Ruhe zu bleiben. Da der Stand der Ruhe dem Stande der Bewegung gerade entgegen gesetzet ist, so muß auch alles, was dem letztern Stande widerstehet, den entgegen gesetzten Stand begünstigen.

Ueberdies würde ein beweglicher Körper nicht eher beweget werden können, als bis seine Kraft der Trägheit, welche der Bewegung, die man ihn mittheilen will, entgegen gesetzet ist, zerstöret worden. Allein die Zerstörung einer wahren Kraft, ziehet nothwendig auch die Zerstörung seines Gegners nach sich. Die Kraft, welche einen beweglichen Körper beseelen, und ihn in Bewegung setzen will, würde also durch die Ueberwindung der

Trägheit des beweglichen Körpers einen Theil ihrer innern Stärke verlieren. Ein weicher Körper, z. B. der einen andern in Ruhe befindlichen weichen Köper, der ihm an Masse gleich ist, gestoßen, und dadurch einen Theil der Kraft aufgewendet hat, die Trägheit des gestoßenen Körpers zu überwinden, würde sich nach dem Stoße, sowohl als der gestoßene Körper, nicht mit der Hälfte derjenigen Geschwindigkeit bewegen, welche der stoßende Körper vor dem Stoße hatte, und die Summe der Kräfte würde nach dem Stoße nicht mehr eben dieselbe seyn; welches doch der Erfahrung zuwider ist, wie wir in dem folgenden Abschnitte zeigen werden.

Wenn man also, um einen beweglichen Körper in Bewegung zu setzen, eine Kraft anwenden muß, die dessen Masse gemäß ist, so rühret solches daher, weil in der Natur keine Wirkung ohne Ursache statt finden kann. Da nun die Geschwindigkeit des beweglichen Körpers die Wirkung derjenigen Kraft ist, die ihn in Bewegung setzet, so muß diese Kraft um so viel größer seyn, je mehr Theile sie zu bewegen hat; und wenn man eine neue Kraft anwenden muß, einem bereits in Bewegung befindlichen Körper eine größere Geschwindigkeit mitzutheilen, so kommt solches daher, daß man die innere Stärke der Ursache vermehren muß, wenn man ihre Wirkung vermehren will.

Wenn man der Sache ihren wahren Werth beylegen will, so kann man sich des Ausdruckes Trägheit bedienen, wenn man diejenige Kraft bezeichnen will, welche man anwenden muß, entweder einen in Ruhe befindlichen Körper in Bewegung zu setzen, oder einen bereits in der Bewegung begriffenen Körper noch geschwinder zu bewegen.

Zweyter

Zweyter Abschnitt.
Von der Dynamik.

§. 38.

Erklärung der Dynamik.

Nachdem wir von den allgemeinen Eigenschaften der Materie geredet haben, welche allen Arten von Körpern ohne Unterschied und zu allen Zeiten zukommen, so kommen wir ganz natürlich auf die Betrachtung dererjenigen, welche diesen Körpern nur zufällig eigen sind, und die man eher für zufällige Umstände, als für Eigenschaften der Materie halten kann. Unter diesen verschiedenen zufälligen Umständen, bemerke ich einen, der der vornehmste ist, nämlich, die Bewegung, deren Kenntniß mir unumgänglich nothwendig zu seyn scheinet, wenn man die verschiedenen Erscheinungen, welche die Natur unsern Untersuchungen beständig darbiethet, will kennen lernen. Der berühmte Aristoteles (a) trägt daher kein Bedenken, zu behaupten, daß, wer die Bewegung nicht kennet, auch die Natur nicht kenne.

Die genaue Kenntniß der Bewegung macht die Kenntniß ihrer Natur und ihrer verschiedenen Eigenschaften nothwendig. Wenn diese Kenntniß auf mathematische Grundsätze gegründet ist, so giebt man derjenigen Wissenschaft, welche daraus entstehet, den Namen der Mechanik. Diese Wissenschaft betrachtet zwey Gegenstände, nämlich die Schätzung der wirkenden Kräfte, und die Schätzung der widerstehenden Kräfte. Die Wissen-

(a) *Aristoteles* Phys. L. 1. C. 1.

senschaft, welche von den wirkenden Kräften handelt, heißt die Dynamik, die Wissenschaft der widerstehenden Kräfte aber ist unter dem Namen der Statik bekannt.

§. 39.

Erklärung und Eintheilung der Bewegung.

Die Dynamik, welche der Gegenstand dieses Abschnittes ist, beschäftiget sich also insbesondere mit der Kenntniß der wirkenden Kräfte, das heißt, der Bewegung. Allein was ist die Bewegung? Nichts ist so bekannt, nichts aber ist zu gleicher Zeit auch so schwer zu bestimmen. Der berühmte Bernier mußte nach einem Nachdenken von dreyßig Jahren über diesen Gegenstand endlich doch gestehen, daß die Natur der Bewegung ein Geheimniß sey, welches er noch nicht habe ergründen können. Indessen macht man sich doch einen hinlänglich richtigen Begriff davon, wenn man sie als die Versetzung eines Körpers betrachtet, der aus einem Orte in den andern übergehet.

Diese Versetzung, oder richtiger zu reden, die Bewegung, ist von mancherley Art. Sie ist entweder einförmig, oder nicht einförmig, oder gemischt.

Die einförmige Bewegung ist diejenige, welche macht, daß ein Körper in gleichen Zeiten gleiche Räume zurück leget. Die nicht einförmige Bewegung bestehet darinn, wenn sich der Körper in gleichen Zeiten durch ungleiche Räume beweget. Diese theilet sich in zwey Arten; nämlich in die zunehmende, und in die abnehmende Bewegung. In der ersten durchläuft der Körper in gleichen Zeiten immer mehr Räume, und bey der letztern werden der Räume immer weniger. Die gemischte Bewegung ist aus der einförmigen und nicht einförmigen zusammen gesetzt. Wir wollen von diesen drey Arten der Bewegung besonders handeln.

§. 40.

§. 40.

Eintheilung der einförmigen Bewegung.

Die einförmige Bewegung entstehet von einer einigen Kraft, oder aus der vereinigten Wirkung mehrerer Kräfte, welche sich insgesammt bestreben, den beweglichen Körper nach einen und eben denselben Punkt zu bringen, oder aus der Wirkung zweyer einander entgegengesetzter Kräfte, wovon die eine der andern überlegen ist. Eben diese Bewegung kann auch aus der gleichzeitigen Wirkung mehrerer Kräfte entstehen, welche den Körper antreiben, sich nach verschiedenen Punkten zu bewegen, die indessen einander nicht gerade entgegengesetzet sind. In dem ersten Falle betrachtet man die Bewegung als einfach, in dem zweyten aber als zusammengesetzt. Wir werden von beyden reden.

§. 41.

Geschwindigkeit der einfachen Bewegung.

An der einfachen Bewegung betrachtet man drey Stücke; die Geschwindigkeit des beweglichen Körpers, die Kraft, mit welcher er sich bewegt, und die Gesetze, denen er in seiner Bewegung folget.

Die Geschwindigkeit wird nach dem Raume bestimmt, welchen der Körper in einer gegebenen Zeit durchläuft. Sie ist also um so viel größer, je mehr Raum er in einer gegebenen Zeit zurückleget, oder je weniger Zeit er braucht, eben denselben Raum zurück zu legen. Sie folget also dem geraden Verhältnisse des Raumes, und dem umgekehrten Verhältnisse der Zeit.

§. 42.

Bestimmung der absoluten Geschwindigkeit.

Man unterscheidet zwey Arten der Geschwindigkeit; eine, die man die absolute, und eine andere, die man die relative nennet. Die eine ist das Verhältnis des Raumes zu der Zeit, welche der Körper braucht, den ersten zu durchlaufen. Man findet sie, wenn man diesen Raum durch die Zeit theilet, welches uns folgende allgemeine Formel giebt, wenn man die Geschwindigkeit mit V, den Raum mit E, und die Zeit mit T bezeichnet. $V = \frac{E}{T}$. Aus diesem Ausdrucke entstehen die beyden folgenden: $E = VT$ und $T = \frac{E}{V}$. Hieraus folget nun, daß, wenn von diesen dreyen Stücken, dem Raume, der Zeit und der Geschwindigkeit, zwey bekannt sind, das dritte es gleichfalls ist.

§. 43.

Deren Anwendung auf einzele Fälle.

Diese Formeln geben uns ein Mittel, die verschiedenen Verhältnisse zwischen den absoluten Geschwindigkeiten zweyer oder mehrerer Körper, den Räumen, welche sie durchlaufen, und den Zeiten, welche sie dazu nöthig haben, auf eine so bestimmte, als genaue Art auszudrücken.

1) In Ansehung der Geschwindigkeit, wird ihr Verhältniß überhaupt wie ihre Formeln seyn; das ist, wenn V, die Geschwindigkeit des einen, durch $\frac{E}{T}$, und v, die Geschwindigkeit des andern, durch $\frac{e}{t}$, bezeichnet wird, so wird man folgendes Verhältniß bekommen: $V : v = \frac{E}{T} : \frac{e}{t}$; folglich $\frac{Ve}{t} = \frac{vE}{T}$. Wenn man die Brüche um der Bequemlichkeit der folgenden Arbeiten willen wegläßet, so bekömmt man folgenden allgemeinen Ausdruck: $VeT = vEt$, woraus man das Verhältniß herleiten kann. $V : v = Et : eT$ (§. 41.)

Wenn man nun die vorige Aequation beybehält, so bekömmt man folgende Sätze:

1) Wenn $T = t$, so ist $Ve = vE$, und dieses giebt $V : v = E : e$.

2) Wenn

2) Wenn $E = e$, so ist $VT = vt$, folglich $V : v = t : T$.

3) Hätte man das Verhältniß $E : e = T : t$, so würde $V = v$ seyn. Denn in dem angenommenen Falle ist $Et = eT$; wenn man also diese Aequation von der erstern wegnimmt, so ist $V = v$.

4) Hätte man hingegen $E : e = t : T$, so würde man haben $V : v = t^2 : T^2$, oder $= E^2 : e^2$. Denn in dem angenommenen Falle ist $ET = et$. Wenn man nun die erste Aequation mit der letztern multipliciret, so bekömmt man $VeET^2 = vEet^2$; wenn man sie abkürzet, so bleibt $VT^2 = vt^2$, woraus man denn folgendes Verhältniß herleiten kann: $V : v = t^2 : T^2$.

Allein da in dem angenommenen Falle $ET = et$ ist, so kann man auch das erste Glied der erstern Aequation mit et und das letzte mit ET multipliciren, so bekömmt man $Ve^2Tt = vE^2tT$, und wenn man es abkürzet, $Ve^2 = vE^2$; folglich $V : v = E^2 : e^2$.

II) Was die Räume betrifft, so haben wir (§. 42.) $E = VT$; wir bekommen also auch $e = ut$ und folglich $E : e = VT : vt$.

Wenn man also 1) annimmt, daß $V = v$ ist, so ist $E : e = T : t$.

2) Wenn $T = t$ ist, so bekömmt man $E : e = V : v$.

3) Wenn nun $T : t = V : v$, so ist $E : e = T^2 : t^2$ oder $= V^2 : v^2$. Weil wir in der ersten Formel haben $E : e = VT : vt$, und weil, wenn ein zusammengesetztes Verhältniß aus zwey zusammen setzenden gleichen Verhältnissen entstehet, dieses zusammen gesetzte Verhältniß von einem der beyden zusammen setzenden Verhältnissen verdoppelt wird.

4) Wenn

4) Wenn $T : t = v : V$, so ist $E = e$. In dem angenommenen Falle ist $TV = tv$; folglich ist $E = e$.

III) In Ansehung der Zeiten haben wir (§. 42.) $T = \frac{E}{V}$; wir haben also auch $t = \frac{e}{v}$, und folglich $T : t : \frac{E}{V} :$ Wenn man das Product der äußersten und mittelsten Glieder macht, und die Brüche wegläßet, so bekömmt man eben dieselbe Formel, welche wir bereits für die Geschwindigkeiten gehabt haben, nämlich $TeV = tEv$.

Wenn man also annimmt, 1) daß $E = e$ ist, so bekömmt man $TV = tv$; folglich $T : t = v : V$.

2) Wenn $V = v$ ist, so ist $Te = tE$ und folglich $T : t = E : e$.

3) Hätte man aber $E : e = V : v$, so würde $Ev = eV$ und folglich $T = t$ seyn.

4) Allein, wenn $E : e = v : V$ wäre, so würden $T : t = v^2 : V^2$, oder $= E^2 : e^2$ seyn. In dem angenommenen Falle ist $EV = ev$; wenn man nun die erste Aequation $TeV = tEv$, mit der letztern multipliciret, so bekömmt man $TeEV^2 = tEev^2$. Wenn man sie abkürzt, so bleibet $TV^2 = tv^2$. Ordnet man die Ausdrücke der letztern Aequation, so bekömmt man $T : t = v^2 : V^2$. Multipliciret man noch die Ausdrücke der ersten Aequation mit ev und EV, so bleibt die Aequation, und wir bekommen $Te^2 Vv = tE^2 vV$. Kürzet man sie ab, so bleibt $Te^2 = tE^2$, welches denn giebt $T : t = E^2 : e^2$.

§. 44.

§. 44.

Die respective Geschwindigkeit ist diejenige, mit welcher zwey oder mehrere Körper sich einander nähern, oder sich von einander entfernen. Wenn man ihrer nur zwey annimmt, so können sie entweder alle beyde in Ruhe seyn, oder es beweget sich nur einer von ihnen. Bewegen sie sich aber beyde, so können sie sich nach einer oder eben derselben Richtung, oder nach verschiedenen Richtungen bewegen.

Bestimmung der respectiven Geschwindigkeit.

In diesen dreyen Fällen wird die respective Geschwindigkeit allemal vermittelst einer Perpendicular-Linie gemessen, welche auf beyde bewegliche Körper gezogen wird.

1) Wenn zwey Körper eine und eben dieselbe Linie durchlaufen, und einander begegnen, oder sich von einander entfernen, so wird ihre respective Geschwindigkeit der Summe ihrer absoluten Geschwindigkeiten gleich seyn, weil diese beyde Geschwindigkeiten zur Annäherung oder Entfernung beyder Körper helfen.

2) Wenn zwey Körper, welche eine und eben dieselbe Linie nach einerley Richtung durchlaufen, sich so bewegen, daß die Geschwindigkeit des nachfolgenden Körpers größer ist, als des vorangehenden: so wird ihre respective Geschwindigkeit der Differenz ihrer absoluten Geschwindigkeiten gleich seyn; denn wenn sie sich einander nähern wollen, so ist dazu eine Größe nöthig, die dieser Differenz gleich ist.

3) Wenn ein in Bewegung begriffener Körper sich gegen einen andern beweget, der in Ruhe ist, so kann er sich entweder nach einer Perpendicular-Linie, oder nach einer schiefen Linie bewegen. In dem ersten Falle ist die respective Geschwindigkeit der absoluten Geschwindigkeit des beweglichen Körpers gleich. In dem zweyten Falle ist

ist sie der Perpendicular-Linie gleich, die von dem Schwerpuncte des beweglichen Körpers auf den in Ruhe befindlichen Körper gezogen wird. Gesetzt, daß der bewegliche Körper A (Fig. 3.) sich in der schiefen Richtung AD nach der Fläche BC beweget, so beschreibet der bewegliche Körper alsdann die beyden Linien AE und AF. Allein er nähert sich keinesweges dieser Fläche in der Parallele AF. Er kann sich ihr also nur durch seine Bewegung nach der Perpendicular-Linie AE nähern. Folglich kann seine respective Geschwindigkeit auch nur durch diese Perpendicular-Linie ausgedrückt werden.

Fig. III.

§. 45.

Wie die Quantität der Bewegung zu schätzen ist.

Man schätzet zwar die Geschwindigkeit eines Körpers nach dem Raume, welchen er in einer gegebenen Zeit durchläuft (§. 41.), man sagt auch sehr oft, daß ein Körper so viel Bewegung hat, als ein anderer, wenn er einerley Raum in einerley Zeit durchläuft. Allein man siehet leicht, daß beyde Körper dennoch sehr verschiedene Kräfte haben können.

Ein Körper kann sich nicht bewegen, daß nicht jeder seiner Theile in eben derselben Zeit eben denselben Raum durchlaufen sollte. Damit nun jeder seiner Theile eben denselben Raum durchlaufe, so muß jeder derselben eben dieselbe Geschwindigkeit haben, welche der ganze Körper hat. Da nun die Geschwindigkeit nichts anders ist, als die Wirkung einer dem beweglichen Körper mitgetheilten Kraft, aus der Ruhe in die Bewegung überzugehen: so muß man jedem seiner Theile eben dieselbe Kraft mittheilen, welche man einem einigen derselben mittheilen würde, wenn er eben denselben Raum in eben derselben Zeit durchlaufen sollte. Hieraus folget, daß, wenn man die Kraft schätzen will, welche in einem in

Bewe-

Bewegung begriffenen Körper befindlich ist, und in der Naturlehre die Quantität der Bewegung genannt wird, man auf die Masse des beweglichen Körpers, und auf die Geschwindigkeit, mit welcher er sich beweget, sehen müsse.

Denn je mehr Masse ein beweglicher Körper hat, wenn alle übrigen Umstände gleich sind, desto mehr Theile hat er, deren jeder eben dieselbe Kraft hat. Die Summa der Kräfte wird also desto größer seyn, je grösser die Summe der Theile, oder je größer die Masse ist.

2) Der bewegliche Körper hat eben dieselbe Geschwindigkeit, welche jeder seiner Theile besonders hat. Je mehr Geschwindigkeit also der Körper hat, desto größer wird diese Geschwindigkeit für jeden seiner Theile seyn. Je größer aber die Geschwindigkeit jedes Theiles ist, desto mehr Kraft hat jeder Theil sich zu bewegen. Die Kraft des Körpers wird also eben so zunehmen, wie seine Geschwindigkeit, wenn alle übrigen Umstände gleich sind.

§. 46.

Ob die Masse die Kraft vermehret.

Ob man nun gleich mit auf die Masse des Körpers sehen muß, wenn man die Quantität seiner Bewegung schätzen will: so folgt daraus doch nicht, daß seine Kraft von der Masse vermehret wird. Diese Masse mag zu- oder abnehmen, so wird die Totalkraft, oder die Quantität der Bewegung immer einerley bleiben, wenn anders die bewegende Kraft einerley bleibet. Nur in der Geschwindigkeit wird ein Unterschied statt finden, indem solche nach einem gegenseitigen Verhältnisse der Masse zu- oder abnehmen wird; weil die Kraft, welche der Körper empfängt, unter alle seine Theile gleichförmig vertheilet wird, daher sie in jedem Theile um so viel schwächer wird, und ihnen

nen eine desto geringere Geschwindigkeit mittheilet, je mehr ihrer sind. (§. 45.) Die Masse kommt also bey der Schätzung der Kraft eines bewegten Körpers nur so fern in Betrachtung, als diese Masse die Zahl der Theile dieses Körpers anzeiget, deren jeder eine gewisse Quantität Kraft hat.

Die Quantität der Bewegung eines bewegten Körpers, muß also durch das Product seiner Masse, welche mit seiner Geschwindigkeit multipliciret worden, ausgedrücket werden. Wenn man einen Körper A annimmt, dessen Masse = 3, und dessen Geschwindigkeit = 2 ist; so wird jeder Theil dieses Körpers 2 Grad Geschwindigkeit und folglich auch 2 Grad Kraft haben. Die ganze Kraft des bewegten Körpers wird also e dreymal genommene Grad seyn, oder, welches auf eins hinaus kommt, man wird die ganze Kraft bekommen, wenn man die Masse mit der Geschwindigkeit multipliciret.

§. 47.

Relative Quantität der Bewegung.

Man kann zuweilen die Quantität der Bewegung eines Körpers besonders betrachten; alsdann ist diese Kraft eine absolute Kraft. Oder man vergleicht sie mit der Kraft eines andern Körpers, alsdann ist es eine relative Kraft.

Da die Quantität der Bewegung, oder die absolute Kraft eines Körpers durch das Product seiner mit der Geschwindigkeit multiplicirten Masse ausgedruckt wird (§. 46.), so kann diese Kraft durch die allgemeine Formel $F = MV$, vorgestellet werden, woraus man denn folgende beyde Formeln herleitet: $V = \frac{F}{M}$ und $M = \frac{F}{V}$. Wenn also von diesen dreyen Stücken, der Masse, der Geschwindigkeit und der Kraft, zwey bekannt sind, so ist das dritte es gleichfalls.

§. 48.

§. 48.

Fortsetzung. Vermittelst dieser Formeln kann man die Kräfte zweyer Körper sehr leicht ausdrücken und sie mit einander vergleichen. Denn wenn der Ausdruck der einen ist $F = MV$, so wird der Ausdruck der andern seyn $f = mv$, welches denn das Verhältniß giebt $F : f = MV : mv$. Hieraus lassen sich nun folgende Sätze herleiten:

1) Wenn $M = m$ ist, so bekömmt man $F : f = V : v$.

2) Wenn $V = v$ ist, so ist $F : f = M : m$.

3) Ist aber $M : m = V : v$, so ist auch $F : f = M^2 : m^2$, oder $= V^2 : v^2$; denn nach dem allgemeinen Ausdrucke ist $F : f = MV : mv$. Das Verhältniß von MV zu mv ist also aus gleichen Verhältnissen zusammen gesetzet, folglich wird es in einem doppelten Verhältnisse eines von beyden zusammen setzenden Verhältnissen seyn, und man wird bekommen, $F : f = M^2 : m^2$, oder $= V^2 : v^2$.

4) Ist aber $M : m = v : V$, so ist auch $F = f$. Denn in dem gegenwärtigen Falle ist $MV = mv$, folglich ist $F = f$.

§. 49.

Erstes Gesetz der einfachen Bewegung. Es ist indessen noch nicht genug, daß man die Geschwindigkeit und die Kraft eines bewegten Körpers zu bestimmen wisse; man muß auch die Gesetze angeben können, denen er in seiner Bewegung folgen muß. Diese Gesetze gründen sich auf einen von allen Naturkennern angenommenen Grundsatz, nämlich, daß jeder Körper ein leidendes Ding ist, welches gegen alle Arten von Modificationen gleichgültig, und unfähig ist, diejenigen, welche er bekömmt, selbst zu verändern. Aus diesem Grundsatze fließet nun das erste Gesetz der Bewegung; nämlich:

Jeder bewegter Körper bestrebet sich beständig, sich nach einer geraden Linie zu bewegen.

Jeder Eindruck, welchen ein Körper erhält, bestimmt ihn beständig nach einer geraden Linie, weil er ihn beständig antreibt, sich von einem Puncte zu dem nächsten zu begeben, und man von einem gegebenen Puncte zu einem andern nur eine gerade Linie ziehen kann. Folglich muß sich der bewegte Körper vermöge seiner Geschwindigkeit jederzeit bestreben, der ersten erhaltenen Richtung zu folgen, er muß sich also auch jederzeit bestreben, sich nach einer geraden Linie zu bewegen.

§. 50.

Zweytes Gesetz.

Das zweyte Gesetz der Bewegung lehret uns, daß ein bewegter Körper nach eben derselben Richtung und mit eben derselben Geschwindigkeit so lange in diesem Zustande verbleiben müsse, bis eine fremde Ursache entweder seine Richtung oder seine Geschwindigkeit verändert.

Dieses Gesetz gründet sich auf eben denselben Grundsatz (§. 49.); denn kein Körper kann sich anders als vermöge einer Kraft bewegen, die man ihm mittheilet, und die ihn aus dem Stande der Ruhe in den Stand der Bewegung versetzt. Diese Kraft setzt nicht nur den Körper in Bewegung, sondern sie treibet ihn auch nach einem gewissen Punct. Jede Kraft also, welche einen Körper beweget, theilet ihm auch zugleich eine besondere Richtung mit. So lange nun diese Kraft auf den Körper wirket, so lange muß sie auch eine und eben dieselbe Wirkung haben. Wenn sich also kein fremdes Hinderniß findet, welches die Wirkung, die sie in dem Körper hervorbringet, verändert, so wird derselbe fortfahren, sich mit eben derselben Geschwindigkeit und nach

nach eben derselben Richtung zu bewegen, weil er die empfangene Modification für sich allein nicht hindern kann.

§. 51.

Hindernisse der Geschwindigkeit.

Wenn ein bewegter Körper kein Hinderniß vor sich fände, so würde er fortfahren, sich mit eben derselben Geschwindigkeit, und nach eben derselben Richtung, die er bey dem ersten Anfange seiner Bewegung bekommen hat, in Ewigkeit zu bewegen. Allein dieses findet nicht statt. Wir bemerken beständig, daß ein bewegter Körper nach und nach etwas von seiner Geschwindigkeit verlieret, und daß er in kurzer Zeit wieder in diejenige Ruhe geräth, aus welcher man ihn gerissen hatte. Wir bemerken gemeiniglich, daß er seine Richtung mit jedem Augenblicke ändert. Welches sind nun wohl die Ursachen, die der Geschwindigkeit eines bewegten Körpers schaden, und dessen Richtung verändern?

§. 52.

Fortsetzung.

Bey dem gegenwärtigen Zustande der Dinge, bewegt sich jeder Körper in der Mitte anderer Dinge, welche ihm Widerstand leisten. Will er also fortfahren sich zu bewegen, so muß er diesen Widerstand überwinden. Er kann ihn aber nicht überwinden, wenn er nicht die Theile dieses Zwischenkörpers trennet und entfernet. Nun kann er aber diese Theile nicht entfernen, wenn er nicht einen Theil der zur Bewegung empfangenen Kraft wider sie anwendet. Da nun auf diese Art diese Kraft mit jedem Augenblicke vermindert wird, so muß auch seine Geschwindigkeit in eben dem Maaße abnehmen, und endlich zu Nichts werden.

Außer dem Widerstande, der von dem Zwischenkörper herrühret, welchen der bewegte Körper theilen muß, trifft er auf seinem Wege zuweilen noch andere Körper an, welche sich seiner Bewegung widersetzen. Er kann also nicht fortfahren, sich zu bewegen, wenn er sie nicht mit sich nehmen kann. Allein, er kann sie nicht mit sich nehmen, wenn er ihnen nicht einen Theil der Kraft, die auf ihn wirkt, mittheilet. Und auch dieses vermindert die Geschwindigkeit, mit welcher er sich beweget.

Man setze zu diesen beyden Hindernissen noch die Reibung, welche er erfähret, wenn er sich über andere Körper bewegen muß; ein Hinderniß, von welchem wir nicht eher, als in der Statik handeln können. Wir werden auch von den Ursachen, welche die Richtung eines Körpers verändern, nicht eher handeln, als bis wir die zusammen gesetzte Bewegung betrachtet haben.

§. 53. a.

Schätzung des Widerstandes der Zwischenkörper.

Der Widerstand, welchen ein bewegter Körper von dem Zwischenkörper erfähret, in welchem er sich beweget, muß unter vier verschiedenen Verhältnissen betrachtet werden, von welchen sich zwey auf den Zwischenkörper, zwey aber auf den bewegten Körper beziehen. Die beyden ersten hängen von der Zähigkeit und Dichtigkeit des Zwischenkörpers, die beyden letztern aber von der Oberfläche des bewegten Körpers und von seiner Geschwindigkeit ab.

1) Je zäher ein Zwischenkörper ist, desto mehr hängen auch seine Theile zusammen. Je mehr sie zusammen hängen, desto mehr Kraft ist nöthig, sie zu trennen. Sie thun also dem bewegten Körper einen größern Widerstand, und verzehren einen größern Theil seiner Kraft. Dieser Widerstand, der von der Zähigkeit des Zwischenkörpers herrühret, ist beständig und ein-

einfach; weil alle Theile eines und eben desselben Zwischenkörpers auf einerley Art zusammen hängen, daher auch jeder derselben dem bewegten Körper, so lange er sich in diesem Zwischenkörper befindet, und seine Oberfläche von diesen verschiedenen Theilen umgeben wird, einerley Widerstand leistet. Dieser Widerstand ist also der Zeit gemäß, während welcher sich der Körper in diesem Zwischenkörper beweget.

2) Die Dichtheit des Zwischenkörpers ist gleichfalls ein großes Hinderniß der Bewegung. Newton (a) hat bewiesen, daß das Queckſilber, welches $13\frac{2}{3}$ mal schwerer ist, als das Wasser, blos wegen seiner Dichtheit gerade $13\frac{2}{3}$ mal mehr Widerstand leistet. Dieser Widerstand folget also dem geraden Verhältnisse der Dichtheit der Zwischenkörper.

Will man es auf eine allgemeine Art beweisen, daß der Widerstand der Bewegung großen Theils von der Dichtheit des Zwischenkörpers herrühret, in welchem sich ein Körper beweget, so nehme man einen Kasten, der vermittelst eines Unterschiedes in zwey Theile getheilet ist, man fülle die eine Seite mit Wasser an, und hänge zwey einander vollkommen gleiche Penduln hinein. Man stelle beyde nach einerley Anzahl Grade und überlasse sie zu einer und eben derselben Zeit sich selbst. Wenn sich das eine in der Luft, das andere aber in dem Wasser beweget, so wird das letzte seine Bewegung nach einigen Schwingungen verlieren, dagegen das andere sich noch eine lange Zeit fort bewegen wird.

3) Die Größe des bewegten Körpers muß gleichfalls in Betrachtung gezogen werden, wenn man den Widerstand der Zwischenkörper bestimmen will. Denn je mehr Oberfläche ein bewegter Körper hat, je mehr

(a) *Newton* Princip.

Theile findet er, wenn sonst alle übrigen Umstände völlig gleich sind, die sich seiner Bewegung gleich stark widersetzen. Nun ist aber der ganze Widerstand der Summe der einzeln Widerstände gleich. Folglich wird sich die erstere in eben dem Maaße vermehren, so wie sich die Zahl der letztern vermehret.

Man wird von dieser Wahrheit überzeugt werden, wenn man in einem und eben demselben Zwischenkörper zwey kleine Mühlen aufrichtet, die einander an Maaße völlig gleich, und in gleicher Höhe auf ihren Stäben befestiget sind. Man setze sie mit einerley Kraft in Bewegung, doch so, daß die eine dem Zwischenkörper die Oberfläche ihrer Flügel der Breite nach, die andere aber nur die Schärfe der Flügel darbiethe; so wird die letzte noch fortfahren, sich zu bewegen, wenn die erste ihre ganze Bewegung schon verlohren hat.

4) Die Geschwindigkeit, mit welcher sich ein Körper bewegt, muß bey diesen Umständen gleichfalls nicht aus der Acht gelassen werden. Denn wenn ein Körper, der mehr Oberfläche hat, auch mehr Widerstand findet, weil er zu einerley Zeit mehr Theile trennen und entfernen muß, so sucht ein Körper, der sich geschwinder bewegt, gleichfalls mehr Theile in eben derselben Zeit zu entfernen. Es muß also auch die Geschwindigkeit des bewegten Körpers in Betrachtung gezogen werden. Aber nach was für einem Verhältnisse vermehret sie diesen Widerstand? Desaguilliers (a) beweiset auf eine sehr überzeugende Art, daß dieser Widerstand wächset, wie das Quadrat der Geschwindigkeit. Hier ist das Wesentlichste von seinem Beweise.

Fig. IV. Gesetzt, sagt er, daß der Körper A (Fig. 4.) sich in einem Zwischenkörper bewege,

(a) *Desaguilliers* Cours de Physique expér. T. I.

wege, und zwey Zoll in einer Secunde zurück lege, nämlich von A nach B, und daß er in dieser Zeit vier Theile Materie, H, E, F, G entferne. Gesetzt daß jeder dieser Theile einen Zoll im Durchmesser habe, und daß sich jeder um einen Zoll in einer Secunde entferne, um dem Körper A Platz zu machen; sie werden sich also nach h, e, f, g begeben. Da es nun einerley ist, ob man alle auf einander gehäuften Theile Materie von F nach f beweget, oder ob man sie einzeln beweget, und sie um einen Zoll in einer Secunde entfernet: so ist gewiß, daß der Zoll Raum, den sie in einer Secunde durchlaufen, als ihre gemeinschaftliche Geschwindigkeit angesehen werden muß. Wenn man also ihre Masse 4 mit ihrer gemeinschaftlichen Geschwindigkeit 1 multipliciret, so zeiget uns das Product 4 die Quantität der Bewegung oder die Kraft an, welche der Körper A anwenden muß, wenn er sich von A nach B bewegen will, folglich auch die Kraft, welche er verlieret, wenn er in einer Secunde zwey Zoll zurück legt, und dabey die 4 Theile Materie, denen er begegnet, forttreibet.

Wir wollen nunmehr annehmen, daß die Geschwindigket des Körpers A (Fig. 5.) verdoppelt wird, und daß er 4 Zoll in einer Secunde zurück leget. In diesem Falle wird er statt 4 Theile, deren 8 zu entfernen haben, nämlich, B, C, D, E, F, G, H, f. Da er sich nun zweymal schneller beweget, so wird er auch jeden dieser Theile mit einer doppelten Kraft stoßen. Anstatt daß er also jeden dieser Theile in dem ersten Falle um einen Zoll in einer Secunde forttrieb, wird er sie um zwey Zoll forttreiben. Ihre gemeinschaftliche Geschwindigkeit wird also = 2 seyn. Wird diese mit 8, der Summe der Massen multipliciret, so giebt sie das Product 16. Diese Kraft 16 aber, welche die Kraft anzeiget, die der Körper aufwen-

Fig. V.

det, den Widerstand des Zwischenkörpers zu überwinden, ist wiederum dem Quadrate seiner Geschwindigkeit 4 gleich, wie in dem ersten Falle, wo seine Geschwindigkeit 2 und die verlohrne Kraft 4 war. Hieraus kann man nun schließen, daß der Widerstand, welchen ein Zwischenkörper dem bewegten Körper leistet, vermöge der Geschwindigkeit, mit welcher sich der letztere beweget, sich verhält, wie das Quadrat dieser Geschwindigkeit.

§. 53. b.

Fortsetzung.

Diese Art, den Widerstand eines Zwischenkörpers zu berechnen, kann indessen nur alsdann für genau gehalten werden, wenn der Zwischenkörper in Ruhe ist. Denn wenn er in Bewegung ist, so muß er ganz anders bestimmet werden. Gesetzt, der Zwischenkörper ist in Bewegung, so kann er sich nach der Richtung des bewegten Körpers, oder nach einer entgegen gesetzten Richtung bewegen. In dem erstern Falle wird dieser Widerstand weit geringer, weil die Bewegung des Zwischenkörpers die Bewegung des bewegten Körpers begünstiget. In dem zweyten Falle ist der Widerstand des Zwischenkörpers über das angezeigte Verhältniß (§. 52.), weil der bewegte Körper die Kraft überwinden muß, mit welcher sich dieser Zwischenkörper bewegt, und er überdieß noch eben denselben Widerstand findet, den er finden würde, wenn der Zwischenkörper in Ruhe wäre. Jedermann weiß aus eigener Erfahrung, wie leicht er gehet, wenn er der Richtung des Windes folget, und wie viel Kraft er anwenden muß, wenn ihm der Wind entgegen gehet. Allein hier können wir uns in keine so umständliche Erläuterungen einlassen.

§. 54.

Hinderniß der Bewegung von andern Körpern.

Außer dem Hindernisse der Bewegung von Seiten des Zwischenkörpers, welchen der bewegte Körper durchdringen muß, trifft dieser Körper auf seinem Wege zuweilen noch andere

andere Körper an, welche ein neues Hinderniß abgeben (§. 51.). In diesem Falle überwindet der bewegte Körper entweder dieses neue Hinderniß, oder er kann es nicht überwinden. In beyden Fällen bemerket man verschiedene Erscheinungen, welche von gewissen unveränderlichen Naturgesetzen abhängen, deren Kenntniß die ganze Aufmerksamkeit des Naturkundigen verdienet.

§. 55.

Erzeugen die Gesetze des Stoßes.

Diese Gesetze sind in der Naturlehre unter dem Namen der Gesetze des Stoßes, oder der Collision bekannt. Sie bestimmen dasjenige, was aus dem Stoße der Körper erfolgen muß, und wie sich die Bewegung in dem Stoße mittheilet.

Man theilet die Körper, in Ansehung deren man die Gesetze des Stoßes bestimmen kann, in drey Classen, nämlich in harte, in weiche, und in elastische Körper. Die erstern sind diejenigen, deren Theile so mit einander verbunden sind, daß sie der Kraft, welche sie trennen wollen, nicht nachgeben. Weiche Körper sind diejenigen, deren Theile der geringsten Kraft nachgeben, sich von derselben trennen lassen, und ihre erste Stelle hernach nicht wieder einnehmen. Elastische Körper aber sind diejenigen, welche dem Stoße nachgeben, und ihre Stelle verändern, aber hernach ihren ersten Platz wieder einnehmen.

In der Natur ist kein Körper vorhanden, der vollkommen hart, vollkommen weich, oder vollkommen elastisch wäre. Indessen betrachten wir sie als solche, und abstrahiren dabey von dem Widerstande, den sie von Seiten des Zwischenkörpers, durch den sie dringen müssen, und durch die Reibung erleiden müssen; weil wir hier blos die allgemeinen Gesetze des Stoßes lehren wollen, diese Gesetze aber nicht allgemein seyn können, wenn wir die Dinge nicht in dem höchsten Grade der Vollkommenheit betrachten.

Die Gesetze des Stoßes sind sowohl bey den harten, als bey den weichen Körpern einerley. Wir ziehen die letztern in unsern Versuchen vor, weil sie sich dem Grade der Vollkommenheit, den wir hier annehmen, mehr nähern. Denn wenn sie gleich nicht vollkommen weich sind, so sind sie doch auch nicht merklich elastisch, eine Eigenschaft, welche man bey den harten Körpern nicht findet; welches in den Resultaten einen großen Unterschied macht.

§. 56.

Allgemeiner Grundsatz von dem Stoße.

Ehe ich die Gesetze des Stoßes entwickele, will ich einen allgemeinen Grundsatz fest setzen, der zum Verständnisse der folgenden Versuche nothwendig ist.

Jeder Körper, der bis zu einer gewissen Höhe über der Oberfläche der Erde erhoben, und sich selbst überlassen wird, kehret in der kürzesten Linie, die er nur beschreiben kann, dahin wieder zurück, beschleuniget im Fallen seine Bewegung, und erhält durch seinen Fall eine hinreichende Quantität der Bewegung, um wieder eben so hoch hinauf zu steigen, wenn anders diese Wirkung durch nichts gehindert wird.

Ich werde die Wahrheit dieses Grundsatzes beweisen, wenn ich von der Schwere handeln werde. Hier will ich blos den letzten Theil desselben bestätigen, weil er der einige ist, dessen Kenntniß wir hier nicht entbehren können.

Man hänge einen schweren Körper, z. B. eine Kugel, an einem seidenen Faden auf, ziehe sie aus der senkrechten Linie, indem man sie einen Bogen von einer gewissen

gewissen Anzahl Grade beschreiben lässet; so wird die Kugel um die ganze Höhe der Sehne dieses Bogens erhöhet werden. Ueberlässet man sie nunmehr sich selbst, so wird man finden, daß sie im Niederfallen eben diesen Bogen beschreiben, und, wenn sie an den niedrigsten Punct gekommen ist, auf der andern Seite wieder hinauf steigen, und einen Bogen beschreiben wird, der dem ersten ähnlich ist. Sie wird sich also zu eben der Höhe wieder erheben, von welcher sie gefallen ist. Folglich wird sie im Fallen eine hinreichende Quantität Bewegung erhalten haben, um wieder bis zu eben derselben Höhe hinauf zu steigen.

Wenn gleich der Bogen, den sie im Hinaufsteigen beschreibet, nicht gerade eben so groß ist, als der, den sie im Niederfallen machte, so wird doch der Unterschied so gar merklich nicht seyn. Man muß ihn indessen dem Widerstande zuschreiben, den sie von dem Zwischenkörper, in welchem sie sich beweget, erhalten hat, und der Reibung, welche sie an dem Puncte, wo sie aufgehänget worden, erleidet; Widerstände, die man nicht vermeiden kann, von welchen wir aber in den folgenden Versuchen, wie schon angezeiget worden (§. 55.), abstrahiren werden.

§. 57.

Verschiedene Arten des Stoßes.

Jeder Stoß gehet unter Körpern vor, die einander an Masse entweder gleich, oder ungleich sind. In beyden Fällen kann der gestoßene Körper entweder in Ruhe oder in Bewegung seyn. In dem letztern Falle kann er sich entweder nach der Richtung des stoßenden Körpers, oder nach einer entgegen gesetzten Richtung bewegen.

§. 58.

Gesetze des Stoßes zwischen weichen Körpern.

Aus dem Stoße der weichen Körper in allen diesen verschiedenen Verhältnissen, ergeben sich nunmehr folgende allgemeine Gesetze, welche den Erfolg von allen diesen Arten des Stoßes bestimmen.

1) Die durch den Stoß zwischen weichen Körpern hervor gebrachte Bewegung, theilet sich nur nach und nach mit.

Wenn man diese Arten von Körpern nach dem Stoße betrachtet, so siehet man, daß ihre Figur verändert ist, und daß diejenigen Theile ihrer Oberflächen, welche sind berühret worden, mehr oder weniger platt geworden sind, nachdem der Stoß mehr oder weniger heftig war. Nun ist aber dieses Plattwerden, diese Veränderung der Figur ein sehr überzeugender Beweis von der Wahrheit des jetzt angezeigten Gesetzes.

Dieses Plattwerden zeiget nämlich an, daß die vordern Theile dieser Körper nach ihren Mittelpunkten gewichen sind. Was sich aber dem Mittelpunkte nähert, das muß nothwendig einen Raum durchlaufen, und jeder durchlaufene Raum erfordert nothwendig eine bestimmte Zeit, in welcher die Bewegung geschiehet. So kurz man nun auch diese Zeit annehmen mag, so bestehet sie doch nothwendig aus Theilen, die auf einander folgen. Die Veränderung der Figur der weichen Körper geschiehet also in einer auf einander folgenden Zeit, und da diese Veränderung der Figur die unmittelbare Wirkung der mitgetheilten Bewegung ist, welche nothwendig so lange dauern muß, als diese Wirkung dauert, so muß man daraus schließen, daß die Bewegung in und bey dem Stoße weicher Körper nur nach und nach mitgetheilet wird.

Ob-

Obgleich die Gesetze des Stoßes bey weichen und harten Köpern einerley sind; so geschiehet doch die Mittheilung der Bewegung bey beyden auf eine verschiedene Art. Sie gehet bey dem Stoße harter Körper nicht nach und nach vor. Die Theile, welche sich berühren, weichen dem Eindrucke des Stoßes nicht, verlassen auch ihre Stelle nicht, weil wir uns diese Körper hier als vollkommen hart vorstellen. Der gestoßene Körper weichet also der Kraft des stoßenden vollkommen, und entfernet sich auch in eben dem Augenblicke.

2) Wenn ein weicher Körper auf seinem Wege einen andern Körper von eben der Art antrifft, der aber in Ruhe ist, so verlieret der stoßende Körper etwas von seiner Geschwindigkeit. Dieser Verlust dauert so lange fort, so lange er sich geschwinder beweget, als der gestoßene Körper. Nach dem Stoße aber bewegen sie sich beyde mit einerley Geschwindigkeit.

Wenn ein in Bewegung begriffener Körper einen antrifft, der sich ihm entgegen stellet, so kann der erste nicht fortfahren, sich zu bewegen, wenn er dieses Hinderniß nicht aus dem Wege geräumet hat. Er kann es aber nicht aus dem Wege räumen, wenn er demselben von seiner empfangenen Kraft nicht einen gewissen Grad mittheilet. Er muß also etwas von seiner Kraft, folglich auch von seiner Geschwindigkeit verlieren. Da nun die Mittheilung der Bewegung zwischen weichen Körpern nur nach und nach geschiehet (N. 1.), so fähret er so lange fort, ihm von seiner Kraft mitzutheilen, und an seiner Geschwindigkeit zu verlieren, bis er ihn aus dem Wege geräumet hat. Sobald aber der gestoßene Körper eine Geschwindigkeit erhalten hat, die der Geschwindigkeit des stoßenden Körpers gleich ist, so höret er auf, sich ihm zu wider-

widersetzen. Es höret also auch der Stoß zwischen diesen beyden Körpern auf, und sie bewegen sich nunmehr beyde mit einerley Geschwindigkeit; der erste nämlich mit der empfangenen, und der andere mit der übrig behaltenen Geschwindigkeit.

Hieraus folget nun, daß die Mittheilung der Bewegung nach dem Verhältnisse der Massen geschehen müsse; indem es ausgemacht ist, daß, wenn man zwey an Masse ungleiche Körper in eine gleiche Bewegung setzen will, man mehr Kraft anwenden müsse, die größere Masse zu bewegen, als zur Bewegung der kleinern, und daß diese Mehrheit der Kraft, mit dem Uebermaaße der Masse in Verhältnisse stehen müsse.

3) Wenn der gestoßene Körper in Bewegung ist, und sich nach der Richtung des stoßenden Körpers beweget, so wird die Geschwindigkeit des gestoßenen Körpers nach dem Stoße zunehmen. Die Geschwindigkeit des stoßenden Körpers wird nach eben dem Maaße abnehmen, und beyde werden sich nach dem Stoße mit einerley Geschwindigkeit bewegen.

Da sich beyde Körper nach einerley Richtung bewegen, so können sie sich nicht stoßen, wenn nicht die Bewegung des vorangehenden geringer angenommen wird, als des nachfolgenden. Der stoßende Körper kann also nur vermittelst seiner größern Geschwindigkeit den andern einholen, und ihn stoßen. Man kann sie daher, in Ansehung des Stoßes, auf eben die Art betrachten, als wenn der gestoßene Körper in Ruhe wäre, und der stoßende Körper weiter nichts als das Uebermaaß der Geschwindigkeit hätte; da man denn wieder auf das vorige Gesetz zurück kömmmt.

4) Wenn beyde Körper, welche sich stoßen, sich nach einer entgegengesetzten Richtung bewegen,

gen, so sind ihre Kräfte entweder gleich, oder nicht. In dem erstern Falle werden sie in Ruhe bleiben. In dem zweyten Falle werden sie sich nach der Richtung des stärkern, und zwar mit dem Uebermaaße der Kraft des letztern, so nach dem Verhältnisse der Massen vertheilet ist, bewegen.

In dem ersten der jetzt gedachten beyden Fälle sind die Kräfte gleich und einander entgegen gesetzet. Nun heben sich dergleichen Kräfte nothwendig auf. Sie verlieren also beyde ihre Kraft sich zu bewegen; folglich bleiben sie nunmehr in Ruhe.

In dem zweyten Falle werden die gleiche Kräfte einander aufheben, weil sie einander entgegen gesetzt sind. Eine von beyden wird also in Ruhe versetzet werden, und die andere wird mit dem Uebermaaße ihrer Kraft auf sie wirken; da denn wieder der erste Fall (N. 2.) statt finden wird.

5) Nach dem Stoße zweyer Körper, wovon der eine in Ruhe ist, oder welche sich beyde nach einer und eben derselben Richtung bewegen, findet man eben dieselbe Quantität Bewegung wieder, welche sie vor dem Stoße hatten. Wenn sie sich aber nach entgegen gesetzten Richtungen bewegten, so ist die Quantität Bewegung nach dem Stoße dem Unterschiede der Kräfte vor dem Stoße gleich.

In dem ersten Falle bekömmt der eine Körper die Kraft, welche der andere verlieret (N. 2.). In dem zweyten Falle heben die gleichen Kräfte einander auf, und wenn in einem von beyden Kraft übrig bleibet, so wird sie unter ihnen, nach dem Verhältnisse ihrer Massen vertheilet (N. 4.).

§. 59.

§. 59.

Anwendung dieser Gesetze. Da nun diese Gesetze voraus gesetzet und bewiesen worden, so kann man nunmehr alle Erscheinungen erklären, welche uns der Stoß weicher Körper darbietet.

1) Wenn die Massen gleich sind. Gesetzt, 1) daß die Massen gleich sind, und daß eine von beyden in Ruhe ist.

Man hänge zwey thönerne Kugeln an einen Faden auf, so, daß sich ihre Mittelpunkte in einer und eben derselben Linie befinden. Man ziehe die eine in einem Bogen, von z. B. 6 Graden in die Höhe, und überlasse sie hernach sich selbst, so wird sie in eben denjenigen Bogen niederfallen, in welchem man sie erhoben hatte. Sie wird auf ihrem Wege die in Ruhe befindliche Kugel antreffen; sie wird sie stoßen, und beyde werden sich nach dem Stoße nach der Richtung der stoßenden Kugel bewegen, und einen Bogen von drey Graden beschreiben.

Hätte die stoßende Kugel in ihrer Bewegung keinen Widerstand gefunden, so würde sie, wenn sie den niedrigsten Punkt erreichet hätte, ihre Bewegung fortgesetzet, und auf der andern Seite eben denselben Bogen beschrieben haben, den sie machte, als man sie in die Höhe zog (§. 56.). Allein sie trifft auf ihrem Wege eine Masse an, die der ihrigen gleich ist, die sie nicht aus dem Wege räumen kann, um ihre Bewegung fortzusetzen, wenn sie ihr nicht eine Geschwindigkeit mittheilet, die der ihrigen gleich ist (§. 58. N. 2.). Sie muß ihr also die Hälfte ihrer Kraft mittheilen. Folglich können sie nach dem Stoße nur einen Bogen durchlaufen, der halb so groß, als derjenige gewesen seyn würde, den die stoßende Kugel beschrieben hätte, wenn dieses Hinderniß nicht da gewesen wäre.

Die

Die Quantität der Bewegung ist nach dem Stosse noch eben dieselbe, die sie vor dem Stoße war, weil die Masse verdoppelt wird, wenn die Geschwindigkeit um die Hälfte vermindert wird (§. 46.)

Gesetzt, 2) daß die Massen gleich sind, daß die stoßende Kugel in einem Bogen von sechs Grad, die gestoßene Kugel aber in einem Bogen von zwey Grad in die Höhe gezogen würden. Da beyde Kugeln an gleich lange Fäden aufgehänget, sie auch einander an Masse gleich sind, so stellen sie Penduln vor, die einander völlig gleich sind, deren Schwingungen also auch in einer und eben derselben Zeit geschehen müssen, wie wir im Folgenden beweisen werden. Sie werden sich also in dem niedrigsten Punkte begegnen. Sie werden sich daselbst stoßen, und nach dem Stoße, in einer und eben derselben Richtung einen Bogen von vier Grad beschreiben.

In diesem Falle kann die stoßende Kugel die vor ihr hergehende nur durch ihr Uebermaaß von Geschwindigkeit, so $= 4$ ist, erreichen und stoßen. Da die Massen gleich sind, so theilet sie ihr auch die Hälfte derjenigen Kraft mit, mit welcher sie selbige stößet (N. 1.). Die gestoßene Kugel erhält also zwey neue Grade von Geschwindigkeit, welche nebst den zweyen, die sie schon vor dem Stoße hatte, $= 4$ sind. Da nun die stossende Kugel durch diesen Stoß von ihren sechs Graden Kraft nur zwey verlieret, so behält sie deren noch vier übrig. Beyde bewegen sich also nach dem Stoße mit einer Geschwindigkeit von vier Graden.

Die Summe der Kräfte vor dem Stoße war $= 6 + 2 = 8$. Nach dem Stoße ist sie $= 4 + 4 = 8$.

Gesetzt, 3) daß beyde Kugeln sich mit gleichen Geschwindigkeiten nach entgegengesetzten Richtungen bewegen, so werden sie nach dem Stoße in Ruhe bleiben. Denn da die Geschwindigkeiten und Massen gleich sind, so werden auch ihrer beyde Kräfte gleich seyn, folglich werden sie einander aufheben.

Da die Kräfte vor dem Stoße gleich waren, so ist ihr Unterschied = 0. Beyde Kugeln bleiben nach dem Stoße in Ruhe, folglich ist die Summe ihrer Kräfte gleichfalls = 0.

Gesetzt endlich, 4) daß eine von beyden Kugeln nach einem Bogen von sechs Graden, die andere aber in entgegengesetzter Richtung nach einem Bogen von zwey Graden in die Höhe gehoben worden; so werden sie nach dem Stoße beyde einen Bogen von zwey Grad beschreiben, und zwar nach der Richtung derjenigen Kugel, welche vor dem Stoße die größte Geschwindigkeit hatte.

Denn in dem ersten Falle heben die gleichen und einander entgegengesetzten Kräfte einander auf. Die Kugel, welcher nur zwey Grad Kraft mitgetheilet worden, wird ihre ganze Kraft in dem Stoße verlieren. Diejenige, welche deren sechs Grad hatte, wird folglich zwey davon verlieren. Sie werden sich daher nunmehr in eben demselben Falle befinden, als wenn eine von beyden in Ruhe wäre, und die andere die ruhende Kugel mit vier Grad Kraft gestoßen hätte. Da nun die Massen gleich sind, so wird sich diese Kraft = 4 in zwey Theile theilen (N. 1.). Sie werden also beyde einen Bogen von zwey Graden beschreiben, und zwar nach der Richtung der stärksten Kugel.

In diesem Falle war der Unterschied der Kräfte vor dem Stoße = 4. Die Summe der Kräfte nach dem Stoße ist = 2 + 2 = 4.

§. 60.

§. 60.

2) Wenn die Massen ungleich sind.

Gesetzt nunmehr, daß die Massen ungleich sind, und daß die eine, z. B. noch einmal so groß ist, als die andere. Um der Bequemlichkeit der Berechnung der Kräfte willen, wollen wir annehmen, daß die eine ein Drittheil, die andere aber zwey Drittheil eines Ganzen ausmache.

In diesem Falle kann entweder die größere, oder die kleinere Masse der stoßende Körper seyn; welches uns denn verschiedene Erscheinungen zu betrachten darbiethet. Gesetzt also, 1) daß die größere Masse um sechs Grad erhöhet wird, und die kleinere in Ruhe befindliche Masse stößt. Beyde Kugeln werden nach dem Stoße einen Bogen von vier Graden beschreiben, und zwar nach der Richtung des stoßenden Körpers.

Eine Masse = 2, welche mit 6 Grad Geschwindigkeit belebet wird, bekömmt 12 Grad Kraft (§. 46.). Nun wird bey dem Stoße weicher Körper die Bewegung nach dem Verhältnisse der Massen mitgetheilet (§. 58. N. 2.). Die stoßende Kugel muß also derjenigen, welche sie stößet, 4 Grad von ihrer Kraft, folglich auch 4 Grad Geschwindigkeit mittheilen, und von den 12, die sie hatte, bleiben ihr daher 8 übrig. Allein 8 Grad Kraft, die auf eine Masse = 2 wirken, bringen nur 4 Grad Geschwindigkeit hervor. Sie müssen sich also auch nach dem Stoße mit einer gemeinschaftlichen Geschwindigkeit von 4 Grad bewegen.

Gesetzt, 2) daß diese beyden Kugeln in Bewegung sind, daß die kleinere, welche voran gehet, drey Grad Geschwindigkeit hat, und daß die größere ihn mit sechs Graden Geschwindigkeit folget. Da die letzte die kleinere nur allein durch ihr Uebermaaß von Geschwindigkeit einholet, so muß sie eben so betrachtet werden, als wenn sie nur drey Grad Geschwindigkeit, und folglich sechs Grad Kraft hätte, die kleinere aber in Ruhe wäre; welches wieder auf den vorigen Fall hinaus läuft. Der gestoßene Körper wird also zwey neue Grad Kraft erhalten, welche seine Geschwindigkeit um zwey Grad vermehren werden. Er wird also in eben derselben Richtung einen Bogen von fünf Graden beschreiben. Der stoßende Körper, der ihm folget, und dessen Masse = 2 ist, wird gleichfalls einen Bogen von fünf Grad beschreiben, weil er nur zwey Grad Kraft verloren hat, seine Geschwindigkeit also nur um einen Grad vermindert worden.

Gesetzt, 3) daß die Kugel, deren Masse = 1 ist, und welche mit sechs Grad Geschwindigkeit beseelet worden, die andere in Ruhe befindliche Kugel, deren Masse = 2 ist, stößet; so werden beyde Kugeln nach dem Stoße einen Bogen von zwey Grad beschreiben.

Eine Masse = 1, welche sechs Grad Geschwindigkeit besitzet, hat auch nur sechs Grad Kraft. Da sich aber beyde Kugeln nach dem Stoße mit einer gemeinschaftlichen Geschwindigkeit bewegen müssen (§. 58. N. 2.): so wird die stoßende Kugel in diesem Stoße $\frac{2}{3}$ ihrer Kraft, d. i. vier Grad mittheilen. Da aber diese vier Grad Kraft eine Masse = 2 zu bewegen haben, so können sie ihr nur zwey Grad Geschwindigkeit mittheilen, und die stoßende Kugel behält von ihren sechs Graden gleichfalls nur zwey. Beyde Kugeln können also nach dem Stoße nur einen Bogen von zwey Grad beschreiben.

Gesetzt, 4) daß die größere um drey, die kleinere aber um sechs Grad erhöhet würde, so wird die letzte, welche diejenige, welche vor ihr hergehet, blos durch ihr Uebermaaß von Geschwindigkeit = 3 einholet, ihr $\frac{2}{3}$ derjenigen Kraft mittheilen, mit welcher sie dieselbe stoßen wird; nämlich zwey Grad, welche die Geschwindigkeit der gestoßenen Kugel nur um einen Grad vermehren wer-

werden. Die gestoßene Kugel wird also nach dem Stoße vier Grad Geschwindigkeit haben. Die stoßende Kugel, welche in dem Stoße zwey Grad Kraft, folglich auch zwey Grad Geschwindigkeit verloren hat, wird nur vier übrig behalten; daher beyde nach dem Stoße einen Bogen von vier Graden beschreiben werden.

Gesetzt endlich, 5) daß sich beyde Kugeln nach entgegengesetzten Richtungen bewegen, so können sie sich entweder mit gleichen oder mit ungleichen Geschwindigkeiten bewegen.

Wenn die Geschwindigkeiten gleich sind, so werden sich die Kräfte verhalten, wie die Massen (§. 48.), und folglich wird die eine noch einmal so groß seyn, als die andere. Eine von beyden Kugeln wird daher ihre ganze Kraft verlieren (§. 59. N. 3.), dagegen die andere die Hälfte der ihrigen behalten wird. Sie werden sich also nach dem Stoße beyde nach der Richtung der stärkern bewegen, und zwar vermöge der Kraft, welche die letztere übrig behalten hat, und welche nach dem Verhältnisse der Massen vertheilet worden.

Wenn man also diese beyden Kugeln in entgegen gesetzten Richtungen um sechs Grad in die Höhe ziehet, so wird die Kraft der kleinen Kugel = 6, und der grossen = 12 seyn. Der Stoß wird diese Kugeln um sechs Grad Kraft bringen. Die kleine wird also in Ruhe gerathen, und die große wird noch sechs Grad Kraft übrig behalten. Zwey Grad wird sie der kleinen mittheilen, welche sie mit zwey Grad Geschwindigkeit nach der entgegengesetzten Richtung treiben werden, und da die größere nur noch vier Grad Kraft übrig behalten hat, so wird sie ihre Bewegung nur noch mit zwey Grad Geschwindigkeit fortsetzen.

Wenn beyde Kugeln sich mit ungleichen Geschwindigkeiten bewegen, und sich diese Geschwindigkeiten z. B.

verhalten, wie die Massen; so werden sie nach dem Stoße in Ruhe bleiben, weil ihre Kräfte gleich und einander entgegen gesetzt sind (§. 48.).

§. 61.

Allgemeine Formeln für diese Erscheinungen.

Man kann alle jetzt angeführten Erscheinungen durch drey allgemeine Formeln ausdrücken, deren Anwendung sehr leicht ist, die wir aber aus Mangel des Raumes hier nicht umständlich erklären können.

1) Wenn der gestoßene Körper in Ruhe ist, der stoßende mag ihm nun an Masse gleich seyn oder nicht, so bekömmt man die gemeinschaftliche Geschwindigkeit nach dem Stoße, wenn man die Kraft des stoßenden Körpers mit der Summe der Massen dividiret. Wenn also die gemeinschaftliche Geschwindigkeit, die man sucht X ist, M und m die Massen und V und v die Geschwindigkeiten sind, so ist $X = \frac{MV.}{M+m.}$

2) Wenn sich die stoßenden Körper nach einer und eben derselben Richtung bewegen, so erhält man die gemeinschaftliche Geschwindigkeit nach dem Stoße, wenn man die Summe der Kräfte mit der Summe der Massen dividiret. Folglich ist $X = \frac{MV + mv.}{M + m.}$

3) Wenn sich aber die Körper nach entgegengesetzten Richtungen bewegen, so findet man die gemeinschaftliche Geschwindigkeit, wenn man den Unterschied der Kräfte mit der Summe der Massen dividiret; welches giebt $X = \frac{MV - mv.}{M + m.}$

§. 62.

§. 62.

Gesetze des Stoßes elastischer Körper.

Wir haben noch den Stoß elastischer Körper zu betrachten. Unter der Elasticität oder Schnellkraft verstehet man diejenige Eigenschaft, kraft welcher ein zusammengedrückter oder ausgedehnter Körper sich wieder in seinen vorigen Zustand versetzet, sobald als die zusammendrückende oder ausdehnende Kraft aufhöret, auf ihn zu wirken. Hier betrachten wir blos die Wirkungen der Elasticität, welche von der zusammendrückenden Kraft hervorgebracht werden. Von den Wirkungen der ausdehnenden Kraft werden wir in der Lehre von dem Schalle handeln.

§. 63.

Die Figur der elastischen Körper wird durch den Stoß verändert.

Die elastischen Körper, deren Elasticität durch eine zusammendrückende Kraft in Bewegung gesetzet wird, kommen darinn mit den weichen Körpern überein, daß ihre Theile dem Stoße, der auf sie wirket, weichen, ihren Platz verlassen, und sich nach dem Mittelpuncte ziehen. Allein sie sind darinn von ihnen unterschieden, daß die Theile der weichen Körper in der Stellung bleiben, in welche sie durch den Stoß versetzet worden, und daß die Figur dieser Körper verändert bleibt (§. 58. N. 1.); welches man aber an den elastischen Körpern nicht bemerket, deren Theile nach dem Stoße ihren ersten Platz wieder einnehmen, und dem gestoßenen Körper die Figur wieder geben, welche er vor dem Stoße hatte.

Ob man gleich die Veränderung gemeiniglich nicht gewahr wird, welche in dem Stoße mit der Figur des elastischen Körpers vorgehet, weil sie sogleich wieder hergestellet wird: so ist es doch möglich, die Natur auszuspähen, sie auf frischer That zu überraschen, und durch Versuche zu zeigen, daß die Figur dieser Körper verändert worden, ob sie gleich noch eben dieselbige zu seyn scheinet, welche sie vor dem Stoße war. Um diesen Versuch auf eine leichte Art anzustellen und zu erklären, wollen wir von der Elasticität des Hindernisses, an welches ein elastischer Körper stößet, abstrahiren. Wir wollen uns also eine harte und glatte Fläche vorstellen, auf welcher eine Kugel ruhet, die wir gleichfalls als vollkommen elastisch und rund annehmen. In Ansehung der Figur dieser beyden Oberflächen, können sich beyde Körper nur in einem einigen Puncte berühren, wie man in der Geometrie beweiset. Wenn aber diese Kugel auf die Fläche aufstößet, und die Figur der Kugel durch diesen Stoß verändert wird, so nähern sich ihre vordere Theile dem Mittelpuncte, und machen durch diese Entfernung ein Segment, dessen Oberfläche der Zahl der verdrängten Theile gemäß ist. Die Kugel und die Fläche werden sich also nicht mehr in einem einigen Puncte, sondern in einer Fläche von einem gewissen Umfange berühren. Den ganzen Umfang dieser Fläche, folglich auch die ganze Veränderung, welche die Kugelfläche erlitten hat, erkennt man, wenn man die Oberfläche des ebenen Körpers mit etwas Fetten überziehet; weil diejenigen Theile der Kugel, welche diese Oberfläche berühren, die unter ihnen befindlichen fetten Theilchen mit wegnehmen, und die glatte Oberfläche des ebenen Körpers entblößen. Man wird daher auf diesem ebenen Körper einen kleinen glatten Zirkel sehen, der von verschiedener Größe ist, nachdem die Oberfläche der Kugel durch den Stoß mehr oder weniger eingedrücket worden.

Ich nehme zur Wiederholung dieses Versuches gemeiniglich eine glatte Platte von schwarzen Marmor, auf welche ich meinen Athem hauche. Ich lasse eine elfenbeinerne Kugel auf dieselbe fallen, und sehe alsdann, daß der glatte Zirkel, welcher in dem Stoße entstehet, desto größer ist, je höher ich die Kugel habe herunter fallen lassen. Die Figur der elastischen Körper erleidet also einige

nige Veränderung, wenn sie an harte Körper anstoßen, welche ihnen widerstehen, welches von dem Zusammendrücken herrühret, welches sie alsdann erfahren. Da nun dieses Zusammendrücken eine Wirkung des Widerstandes ist, den der gestoßene Körper thut, so muß jeder Körper, der ihnen widerstehet, sie zusammen drücken, und ihre Figur verändern. Da aber ein elastischer Körper an und für sich selbst widerstehet, so müssen auch zwey Körper dieser Art, welche an einander stoßen, einander gegenseitig widerstehen, sich zusammendrücken, und ihre beyderseitige Figur verändern.

§. 64.

Und nach demselben wieder hergestellet.

Wir haben angemerket (§. 63.), daß die Figur eines elastischen Körpers nach dem Stoße nicht verändert bleibet, weil seine Theile ihre erste Stelle wieder einnehmen. **Ein elastischer Körper muß sich also wieder herstellen, wenn die zusammendrückende Kraft aufhöret, auf ihn zu wirken.**

In dem Zusammendrucke nähert sich sein Mittelpunct dem Hindernisse. In der Wiederherstellung entfernet sich dieser Mittelpunct von dem Hindernisse. **Er muß sich also in entgegengesetzter Richtung wieder herstellen.** Wenn also zwey elastische Körper auf einander stoßen, so nähern sich ihre Mittelpuncte einander, und entfernen sich in der Wiederherstellung von einander nach entgegengesetzten Richtungen.

§. 65.

Wie die Bewegung bey diesen Körpern mitgetheilet wird.

Weil die Theile der elastischen Körper, welche einander stoßen, sich zusammendrücken, und sich ihrem Mittelpuncte nähern, wie bey den weichen Körpern: so geschiehet **der Zusammendruck nach und nach und in bey-**

den Arten von Körpern auf einerley Art. Die Mittheilung der Bewegung, welche die Wirkung des Zusammendruckes ist, muß also auch auf eben dieselbe Art geschehen, und außer der elastischen Kraft, welche sie unterscheidet, werden die Wirkungen des Stoßes vollkommen einerley seyn.

Um also die verschiedenen Erscheinungen, welche der Stoß elastischer Körper uns darbiethet, gehörig zu erkennen, muß man zwey Zeiten in dem Stoße solcher Körper unterscheiden; nämlich die Zeit des Zusammendruckes und die Zeit der Wiederherstellung. Wenn man dasjenige, was in diesen beyden Zeiten vorgehet, aufmerksam betrachtet, so findet man: 1) daß während des Zusammendruckes der stoßende Körper etwas von seiner Kraft verlieret, und daß der gestoßene eben so viel gewinnet. 2) Daß der stoßende Körper in seiner Wiederherstellung wieder etwas von seiner Kraft verlieret, dagegen der gestoßene etwas in der seinigen bekömmt.

Da der Zusammendruck bey den mit Schnellkraft versehenen Körpern auf eben die Art geschiehet, wie bey den meisten Körpern (§. 63.), so muß sie auch auf beyde einerley Wirkung hervor bringen. Wir haben aber bewiesen (§. 58. N. 2.), daß in dem Zusammendrucke weicher Körper der stoßende Körper etwas von seiner Kraft verlieret, und solches in eben dem Verhältnisse dem gestoßenen Körper mittheilet. Wir müssen also den elastischen Körpern eben dieselbe Wirkung zuschreiben. Es ist also nur noch zu beweisen übrig, daß die Wiederherstellung gleichfalls der Bewegung des stoßenden Körpers entgegen wirket, und die Bewegung des gestoßenen Körpers begünstiget.

Die Wiederherstellung dieser Körper macht, daß ihre zusammengedruckten und nach ihren Mittelpuncten getrie-

getriebenen Theile ihre erste Stelle wieder einnehmen. Diese Bewegung macht, daß beyde Körper sich von einander entfernen (§. 64.). Nun können sie sich aber nicht entfernen, wenn nicht der stoßende Körper eine Richtung bekömmt, die derjenigen entgegen gesetzt ist, die er, außer dem in dem Stoße erlittenen Drucke und der verlornen Kraft, zu seiner Bewegung übrig behält, und wenn nicht der gestoßene Körper nach eben derselben Richtung getrieben wird, die er von dem stoßenden Körper erhalten hat. Die Wiederherstellung ihrer Schnellkraft begünstiget also die Schnellkraft des gestoßenen Körpers, und widersetzet sich hingegen der Bewegung des stoßenden.

§. 66.

Fortsetzung.

Da wir diese Körper hier als vollkommen elastisch annehmen, so giebt ihnen die Wiederherstellung eben so viele Kraft, als ihnen der Zusammendruck in dem Stoße mittheilet. Folglich verlieret der stoßende Körper durch seine Schnellkraft eben so viel Kraft, als er mittheilet, und der gestoßene Körper erhält durch seine Wiederherstellung eben so viele Kraft, als er durch den Stoß bekommen hat.

§. 67.

Bestätigung dieser Gesetze durch Versuche.

Nachdem diese Grundsätze voraus gesetzet worden, so ist es leicht, die verschiedenen Erscheinungen zu erklären, welche aus dem Stoße zweyer oder mehrerer elastischer Körper erfolgen, die wir nunmehr nach den verschiedenen bey den weichen Körpern (§. 57.) angeführten Verhältnissen betrachten wollen.

1) Wir dürfen daher nur die Mittheilung der Bewegung in dem Stoße auf eben die Art betrachten, wie wir

wir sie in Ansehung der weichen Körper betrachtet haben (§. 58.).

2) Da wir diese Körper als vollkommen elastisch ansehen, und die Wiederherstellung die Bewegung des gestoßenen Körpers begünstiget (§. 65.), so dürfen wir nur die Wirkung der Mittheilung der Bewegung in Ansehung dieses Körpers verdoppeln.

3) Da die Wiederherstellung des stoßenden Körpers auf Kosten seiner Bewegung geschiehet (§. 65.), so dürfen wir von der Kraft, welche er behält, außer der Mittheilung, nur eben so viel Kraft wegnehmen, als er in dem Stoße mitgetheilet hat.

§. 68.

Fortsetzung.

Gesetzt also, 1) zwey elastische Körper, sind einander an Masse gleich; der eine wird in einem Bogen von 6 Grad in die Höhe gezogen, und stoßet auf den andern in Ruhe befindlichen Körper. In diesem Falle wird der gestoßene Körper nach dem Stoße eben so viele Kraft haben als der stoßende Körper, und sich nach der Richtung des letztern bewegen, und dabey einen Bogen von 6 Grad beschreiben; dagegen der stoßende Körper nach dem Stoße in Ruhe bleiben wird.

Da diese Körper an Masse gleich sind, und der eine von ihnen in Ruhe ist, so theilet der stoßende Körper dem letztern die Hälfte seiner Kraft mit. Hätten sie nun keine Schnellkraft, so würden sie nach einer und eben derselben Richtung einen Bogen von 3 Grad beschreiben (§. 59. N. 1.). Allein die Wiederherstellung giebt ihnen eben so viele Kraft, als in dem Stoße mitgetheilet wird (§. 66.). Der gestoßene Körper erhält also durch seine Schnellkraft drey neue Grade Kraft, welche ihn mit drey Graden Geschwindigkeit nach der Richtung des stoßenden Körpers treiben, welches in al-

lem

lem 6 Grad Geschwindigkeit macht; dagegen eben diese Wiederherstellung den stoßenden Körper zurück stößt, und ihn um die zwey Grad Kraft bringt, die er behalten hatte, seine Bewegung nach eben der Richtung fortzusetzen, daher er denn in Ruhe kommet.

Gesetzt, 2) man hänget in einerley Höhe eine Reihe Kugeln auf, welche einander berühren und von einerley Masse sind; z. B. sieben: A, B, C, D, E, F, G. Ziehet man die Kugel A um eine gewisse Anzahl Grade in die Höhe, und überlässet sie hernach sich selbst, so stösset sie die Kugel B, und alle Kugeln bleiben in Ruhe, bis auf die Kugel G, welche sich aus der Ruhe absondern, und einen Bogen von eben so vielen Graden durchlaufen wird, als die Kugel A beschrieben hatte.

Die Ursache dieser Erscheinung folget nothwendig aus derjenigen, die wir schon bey dem vorigen Falle angeführet haben. Denn indem die Kugel A die Kugel B stößet, welche ihr an Masse gleich ist, so muß sie ihr die Hälfte derjenigen Kraft mittheilen, welche sie vor dem Stoße hatte. Die Wiederherstellung ihrer Schnellkraft, die sie mit eben so vieler Kraft, als sie der Kugel B mitgetheilet hatte, nach der entgegengesetzten Seite treibet, muß sie nothwendig in den Stand der Ruhe versetzen. Da aber die Kugel B in dem Stoße die Hälfte von der Kraft der Kugel A, und durch die Wiederherstellung ihrer Schnellkraft wieder eben so viel erhalten hat, so muß sie sich bestreben, sich mit eben so vieler Kraft zu bewegen, als die Kugel A vor dem Stoße hatte. Allein sie trift auf ihrem Wege die Kugel C an, die ihr an Masse gleich ist. Es muß also zwischen diesen zweyen Kugeln eben dasselbe vorgehen, was wir zwischen den Kugeln A und B bemerkt haben. Aus eben dieser Ursache verhalten sich die Kugeln C und D gegen einander auf eben dieselbe Art, und so auch die übrigen, bis endlich die Kugel G, welche eben so viele Kraft

Kraft bekömmt, als die Kugel F hatte, aber keinen Widerstand mehr findet, sich von den übrigen absondert, und sich mit eben so vieler Kraft beweget, als die Kugel A vor dem Stoße hatte.

Gesetzt, 3) man ziehe zu gleicher Zeit zwey Kugeln A und B gleich hoch in die Höhe, und überlasse sie hernach sich selbst. In diesem Falle wird man bemerken, daß sich die beyden letzten Kugeln nach dem Stoße von den übrigen absondern, und einen eben so großen Bogen beschreiben werden, als die beyden ersten Kugeln A und B machten.

Diese Wirkung ist genau eben dieselbe, die wir schon erkläret haben. Denn, obgleich die Kugeln F und G sich zu einer und eben derselben Zeit von ihrer Reihe abzusondern scheinen, so muß man doch bemerken, daß diese Absonderung nur nach und nach geschiehet. Allein, da diese Wirkung in einer außerordentlich schnellen Zeit erfolget, so kann das Auge sie nicht so wahrnehmen, wie sie wirklich ist. In dem gegenwärtigen Falle gehet also folgendes vor.

Die Kugeln A und B haben einerley Geschwindigkeit, sie hindern also einander auch nicht, wenn sie im Herabfallen den Bogen durchlaufen, in welchem man sie aufgezogen hatte. Allein, so bald die Kugel A, welche voran gehet, die Kugel C berühret und gestoßen hat, bleibet die erstere in Ruhe; dagegen die Kugel C sich bemühet, sich mit eben so vieler Kraft zu bewegen, als sie empfangen hat (§. 68. N. 1.). So bald nun die Kugel B in Ruhe ist, wird sie ein Hinderniß für die Kugel A, welche ihr folget. Diese letztere stößet also die Kugel B, dagegen die Kugel C die Kugel D stößet. A und C bleiben nach diesem Stoße in Ruhe; dagegen die Kugel B durch die Bewegung, welche sie theils von der Kugel A, theils aber auch von ihrer Schnellkraft erhalten

hat,

hat, belebet wird, und von neuem auf die Kugel C, die Kugel D aber auf die Kugel E wirket. B und D bleiben in Ruhe; allein nunmehr bestreben sich die Kugeln C und E sich zu bewegen, und stoßen zu einerley Zeit auf die Kugeln D und F, und bleiben nach diesem Stoße in Ruhe. Die Kugeln D und F, welche eben so viele Kraft bekommen haben, als die Kugeln hatten, die sie stießen, wirken zu gleicher Zeit auf die folgenden Kugeln. Die Kugel D stößt die Kugel E, und bleibt hierauf in Ruhe. Die Kugel F stößet die Kugel G, und bleibt gleichfalls in Ruhe. Allein da die Kugel G kein Hinderniß vor sich findet, so sondert sie sich von der Reihe ab, dagegen die Kugel E die Kugel F stößet, und in Ruhe bleibt. Da auch diese Kugel F kein Hinderniß antrift, weil sich die Kugel G abgesondert hat, so trennet sie sich gleichfalls von der Reihe, und folget mit eben derselben Geschwindigkeit der vorhergehenden Kugel.

Man siehet aus diesem Versuche leicht, daß, wenn man die drey ersten Kugeln A, B, C, aufhebet, sich die drey letzten E, F, G, absondern, und sich mit eben derselben Geschwindigkeit, als die drey ersten, bewegen werden.

Gesetzt, 4) daß die Massen gleich bleiben, daß aber die zwey ersten Kugeln, derer wir uns zu dem ersten Versuche bedienet haben (N. 1.), in Bewegung sind; in diesem Falle können sie sich nach einerley Richtung, oder nach entgegengesetzten Richtungen bewegen. Bewegen sie sich nach einer und eben derselben Richtung, und man ziehet die eine in einem Bogen von 6, die andere aber in einem Bogen von 2 Grad in die Höhe, so wird man bemerken, daß sie nach dem Stoße ihre Geschwindigkeit vertauschen werden. Die gestoßene Kugel wird also fortfahren, sich in einem Bogen von 6 Grad zu bewegen, dagegen die stoßende Kugel nur einen Bogen von 2 Grad beschreiben wird.

Die

Die stoßende Kugel erreicht die andere, welche sie stoßen will, nicht anders, als vermittelst ihres Uebermaaßes von Geschwindigkeit = 4. Da sie einander an Masse gleich sind, so wird die Kraft, mit welcher die erste stößet, zur Hälfte unter sie getheilet. Sie theilet ihr also zwey Grad Kraft, folglich auch zwey Grad Geschwindigkeit mit. Allein durch die Wiederherstellung der Schnellkraft, bekömmt die gestoßene Kugel zwey neue Grade Geschwindigkeit. Diese Kugel beweget sich also nach dem Stoße, sowohl mit den zweyen Graden Geschwindigkeit, die sie vor dem Stoße besaß, als auch mit den vier Graden, die sie durch den Stoß und durch ihre Schnellkraft bekömmt. Dies macht nun, daß sie sich eben so geschwinde beweget, als die stoßende Kugel vor dem Stoße. Die letzte hatte von den sechs Graden, die sie besaß, deren nur zwey abgegeben; sie behielt also nach dem Stoße noch vier. Allein da die Wiederherstellung ihrer Schnellkraft sie mit zwey Graden zurück stößet, so heben diese zwey Grad von den vier behaltenen Graden zwey auf. Sie kann sich also nur noch mit zwey Graden Geschwindigkeit bewegen.

Gesetzt, 5) daß sich beyde Kugeln nach entgegengesetzten Richtungen bewegen. In diesem neuen Falle können sie sich mit gleichen oder mit ungleichen Geschwindigkeiten bewegen.

In dem ersten Falle werden sie sich beyde rückwärts bewegen, und dabey eben dieselben Bögen beschreiben, mit welchen sie einander gestoßen haben.

Da auf beyden Seiten die Massen und Geschwindigkeiten gleich sind, so sind auch die Kräfte, mit welchen beyde Kugeln einander stoßen, sich gleich (§. 48.), und heben sich folglich auf. Sie müssen also in dem Stoße ihre directe Richtung verlieren. Allein, da wir sie als vollkommen elastisch annehmen, so spannet der Druck, den sie in dem Stoße bekommen, ihre Schnellkraft, mit eben so vieler Kraft, als sie vor dem Stoße hatten, und die Wiederherstellung treibet sie also auch mit eben so vieler Kraft zurück.

Gesetzt, 6) daß ihre Geschwindigkeit ungleich ist. Wir wollen z. B. die eine Kugel um vier, die andere aber um zwey Grad in die Höhe ziehen. Nach dem Stoße werden sie mit vertauschter Geschwindigkeit zurück gehen.

Gleiche und einander entgegengesetzte Kräfte, heben sich auf. Diejenige von den beyden Kugeln also, welche zwey Grade Kraft hat, verlieret sie in dem Stoße, und bringet auch diejenige, welcher sie begegnet, und die sie mit vier Graden Kraft stößet, um zwey Grad. Diese letztere muß also so betrachtet werden, als wenn sie nur zwey Grad Kraft besäße, und als wenn diejenige, welche sie stößet, sich in Ruhe befände. In diesem Falle wird, in Betrachtung der Gleichheit der Massen, die Kraft dieser Kugel zur Hälfte vertheilet werden. Jede von beyden Kugeln hat also kraft des Stoßes einen Grad Kraft, und einen Grad Geschwindigkeit. Allein in dem Stoße wird die Schnellkraft beyder Kugeln mit einer Kraft = 3 gespannet; nämlich zwey, in Beziehung auf die Grade Kraft, welche durch den Widerstand der Kräfte auf beyden Seiten verloren gehen, und eins in Rücksicht auf den Grad Kraft, welchen die eine der andern mittheilet. Die Wiederherstellung der Schnellkraft treibet also beyde Kugeln mit einer Kraft = 3, und folglich auch mit drey Grad Geschwindigkeit nach der entgegen gesetzten Richtung. Diejenige also, welche ihre ganze Bewegung in dem Stoße verloren hat, muß mit einer Geschwindigkeit = 4 zurück gehen; nämlich mit einem Grade, den sie von der andern Kugel erhält, und mit drey Graden, welche ihre Schnellkraft ihr mittheilet. Die andere hingegen kann auf ihrem Rückwege nicht mehr als einen Bogen von zwey Graden beschreiben, weil von den drey Graden Kraft, mit welcher ihre Schnellkraft sie zurück treibet, ein Grad dadurch verloren gehet, daß sie den Grad Kraft vernichtet, den sie behalten hatte, um sich nach eben derselben Richtung fort zu bewegen.

Der Stoß zwischen elastischen Körpern, welche an Masse ungleich sind, liefert uns gleichfalls Erscheinungen, welche sich theils aus demjenigen erklären lassen, was wir bereits von den weichen Körpern gesaget haben, theils aber auch aus den von der Schnellkraft entwickelten Grundsätzen. Diese Erscheinungen sind, eigentlich zu reden, bloße Folgesätze aus der bisher erwiesenen Theorie. Hr. Carre' (a) war der erste, der diese Theorie annahm, und sie in ihr ganzes Licht setzte. Er erfand allgemeine Formeln, woraus man nicht nur alle diejenigen Erscheinungen erklären kann, welche der scharfsichtige Hughens bemerket hatte, sondern auch alle übrigen nur möglichen Erscheinungen, die von unendlich verschiedenen Verbindungen abhängen können. Diese Formeln lassen sich sehr leicht anwenden, und bestätigen das berühmte von Hughens erfundene Bewegungsgesetz augenscheinlich (b); nämlich daß ein Körper einem andern immer mehr Geschwindigkeit mittheilet, wenn er ihn vermittelst eines zwischen beyden befindlichen Körpers stößet, dessen Masse zwischen den Massen des stoßenden und des gestoßenen Körpers das Mittel hält. Die Zeit erlaubet uns nicht, diesen Gegenstand noch weiter zu untersuchen; wir haben ihn so deutlich entwickelt, daß ihn jedermann wird verstehen können.

§. 69.

Stoß, wo der gestoßene Körper unbeweglich bleibt.

Alles, was wir bisher von dem Stoße der Körper gesaget haben, setzet den Fall voraus, daß das Hinderniß, oder der gestoßene Körper, dem stoßenden weichen kann. Wir

(a) Mém. de l'Acad. des Sciences, 1706.
(b) Oeuvres posthumes de *Hughens*.

Wir haben daher noch zu untersuchen, was geschehen muß, wenn das Hinderniß dem stoßenden Körper unüberwindlich widerstehet, und dieser dasselbe nicht aus dem Wege räumen kann. In diesem neuen Falle kann der stoßende Körper entweder ein weicher, oder ein harter, oder auch ein elastischer Körper seyn. Um dasjenige desto leichter zu begreifen, was in diesen dreyen verschiedenen Fällen geschehen muß, so wollen wir annehmen, daß das Hinderniß ein vollkommen harter Körper ist, der sich folglich nicht zusammen drücken lässet.

§. 70.

Gesetze dieses Stoßes.

Gesetzt, 1) daß ein weicher Körper in einer beliebigen Richtung, einen vollkommen harten Körper stößet; so wird der stoßende Körper nach dem Stoße platt werden, und alle Bewegung verlieren. Das Plattwerden des stoßenden Körpers ist die unmittelbare Wirkung der Bemühung, welche er anwendet, das Hinderniß aus dem Wege zu räumen, und des Widerstandes, welchen ihm dieses letztere thut. Es wird also der Kraft gemäß seyn, mit welcher sich der stoßende Körper bewegen wird. Wir sehen daher auch, daß die letzten Kugeln, welche aus einer Windbüchse auf ein Hinderniß geschossen werden, welches sie nicht überwinden können, weit weniger platt werden, als die ersten; wie wir bey der Lehre von der Schnellkraft der Luft bemerken werden. Da nun das Hinderniß dem weichen stoßenden Körper auf eine unüberwindliche Art widerstehet, so verzehret der letzte seine ganze Kraft bey der Bemühung, es aus dem Wege zu räumen; folglich bleibt er in Ruhe.

Wenn 2) der stoßende Körper hart ist, so wird er gleichfalls seine Bewegung verlieren, weil er eben denselben Gesetzen unterworfen ist, als der vorhin gedachte weiche Körper. Allein, da wir ihn als vollkommen hart annehmen, so werden auch seine Theile nicht aus ihrer

Stelle gebracht werden, und seine Figur wird unverändert bleiben.

Wenn aber 3) der stoßende Körper vollkommen elastisch ist, so wird sich seine Figur in dem Stoße verändern (§. 63.), und er wird sich mit eben derselben Kraft, mit welcher er das Hinderniß gestoßen hatte, nach der entgegengesetzten Richtung bewegen (§. 66.).

§. 71.

Gesetz des Zurückprallens.

Jeder vollkommen elastischer Körper also, welcher einen vollkommen harten Körper stößet, den er nicht überwinden kann, gehet also mit eben so vieler Kraft wieder zurück, als er vor dem Stoße besaß, und sein Reflexions-Winkel im Zurückgehen ist seinem Incidenz-Winkel gleich.

Der stoßende Körper stößet auf das Hinderniß, auf welches er wirket, entweder in einer senkrechten, oder in einer schiefen Richtung. In beyden Fällen findet ein und eben dasselbe Gesetz statt.

1) Wenn er nach einer Perpendicular-Linie auf dasselbe wirket, so geschiehet der Zusammendruck, den er erfähret, nach der Incidenz-Linie. Da nun die Wiederherstellung der Schnellkraft nach eben der Linie geschiehet, nach welcher der Zusammendruck geschahe, so treibet sie ihn in eben derselben Perpendicular-Linie nach der entgegengesetzten Richtung. Er beschreibet also im Zurückgehen eben dieselbe Linie, die er beschrieb, als er sich dem Hindernisse näherte, und macht in diesen beyden Fällen mit dem Hindernisse zwey Winkel, welche beyde rechte Winkel sind.

2) Wenn der bewegliche Körper schief auf das Hinderniß stößet, so findet eben dieselbe Erscheinung statt. Wir haben gesehen (§. 44. N. 3.), daß sich die Bewegung eines Körpers, welcher sich nach einer schiefen Linie bewe-

beweget, in zwey Bewegungen vertheilen wird, deren eine der Fläche, auf welche sie gerichtet ist, parallel ist, die andere aber senkrecht auf sie gehet. Wir haben außerdem schon angemerket, daß sich der bewegliche Körper keinesweges kraft seiner parallelen, sondern blos vermöge seiner perpendiculären Bewegung dieser Fläche nähert; ein Satz, den wir bey der zusammengesetzten Bewegung umständlicher entwickeln werden. Der Körper, auf welchen der bewegliche Körper wirket, widersetzet sich also auch seiner parallelen Bewegung nicht, sondern blos seiner perpendiculären. Da wir nun diesen Körper als ein unüberwindliches Hinderniß betrachten, so verlieret der bewegliche Körper in dem Stoße seine ganze perpendiculäre Bewegung, und behält blos die parallele, kraft welcher er seine Bewegung fortsetzen würde, wenn seine Elasticität, die wir als vollkommen annehmen, ihm nicht nach dem Stoße die ganze perpendiculäre Bewegung, die er in dem Stoße verloren hat, nach der entgegengesetzten Richtung wiedergäbe. Es gehet also eine neue der ersten entgegengesetzte Zusammensetzung der perpendiculären Bewegung vor, welche sich mit der parallelen Bewegung verbindet, die der bewegliche Körper behalten hat, und welche ihn nothwendig nach der entgegengesetzten Richtung treibet, indem sie ihn eine eben so schiefe Linie beschreiben lässet, und folglich seinen Reflexions-Winkel dem Incidenz-Winkel gleich macht.

Will man sich durch die Erfahrung von der Wahrheit dieses Satzes überzeugen, so setze man eine marmorne Tafel A B (Fig. 6.), unter einem bekannten Winkel c o B, der auf einer Fläche D C B E gezeichnet ist, auf welcher die Tafel sich beweget. Auf diese Tafel lässet man eine elfenbeinene Kugel R perpendiculär fallen, so wird sie unter dem Winkel, nach welchem man die marmorne Tafel gerichtet hat, auf die Fläche stoßen. Man stelle eine Art von Kasten

Fig. VI.

S an das Ende eines Winkels c o s, der dem Winkel c o B gleich, demselben aber entgegengesetzet ist, so wird die Kugel in den Kasten S gehen. Ich setze hier voraus, daß die Maschine mit dem Horizonte parallel stehet. Man bringt sie in diese Lage vermittelst dreyer Schrauben, die ihr statt der Füße dienen, und vermittelst des Bleylothes V D.

§. 72.

Hindernisse, welche die erste Richtung eines Körpers verändern.

Außer dem bisher betrachteten Hindernisse der Bewegung, welches die Bewegung eines bewegten Körpers vernichtet, und ihm eine andere nach der entgegengesetzten Richtung mittheilet, haben wir noch diejenigen Hindernisse zu erwägen, welche die erste Richtung, die man einem beweglichen Körper giebet, verändern. Ich bemerke besonders zwey solcher Hindernisse. 1) Den Durchgang eines beweglichen Körpers aus einem Zwischenkörper in den andern von verschiedener Dichtigkeit, oder von verschiedener Art. 2) Die Wirkung der Schwere, welcher alle Körper unterworfen sind. Allein von diesem letztern Hindernisse und von dessen Wirkungen werden wir erst gegen das Ende dieses Abschnittes reden.

§. 73.

Gesetz der Refraction.

Wenn sich ein beweglicher Körper durch verschiedene Zwischenkörper beweget, so erfähret er von denselben einen verschiedenen Widerstand, indem er von einigen mehr oder weniger angezogen wird, als von andern. Es mag nun der Widerstand, oder die anziehende Kraft dieser Zwischenkörper verschieden seyn, so erfolget aus beyden sehr oft eine Veränderung in der Richtung des beweglichen Körpers, welche in der Naturlehre unter dem Namen der Refraction bekannt ist.

Diese Refraction hat nicht immer statt, weil sie von einer besondern Bedingung abhänget, die sich auf die

die Bewegung des beweglichen Körpers beziehet. Jeder bewegliche Körper, welcher durch verschiedene Zwischenkörper gehet, kann sich in Betrachtung dieser Zwischenkörper in einer perpendiculären oder schiefen Linie bewegen. In dem erstern Falle leidet er keine Refraction, sondern er fähret fort, sich nach eben derselben Richtung zu bewegen; welches man vermittelst des folgenden Versuches sehr leicht beweisen kann. Man setze ein gläsernes Gefäß A B (Fig. 7.) auf eine Fläche C D, welche mit dem Horizonte parallel gehet. Auf den Boden des Gefäßes fülle man etwa zwey bis drey Zoll hoch sehr feine Thonerde, und lasse durch eine kleine Röhre F, welche auf den Mittelpunct des Gefäßes gehet, eine bleyerne Kugel E fallen. Diese Kugel wird in demjenigen Theile der Thonerde, welche sich perpendiculär unter der Rinne F befindet, eine kleine Höhlung machen. Man nehme die Kugel weg, fülle das Gefäß mit Wasser oder einem andern flüßigen Körper, und wiederhole den vorigen Versuch, so wird die Kugel mitten durch die Masse Wasser wieder in eben dieselbe Höhlung fallen. Sie wird also in ihrer Richtung nicht verändert werden, ob sie gleich durch Zwischenkörper von verschiedener Dichtigkeit gehet. Fig. VII.

Allein anders verhält es sich, wenn sich der bewegliche Körper nach einer schiefen Linie durch die Zwischenkörper beweget. Er erfähret alsdann eine Refraction, die ihn von der Perpendicular-Linie entfernet, oder derselben nähert, nachdem die verschiedenen Zwischenkörper, durch welche er gehet, ihm mehr oder weniger Widerstand leisten.

§. 74.

Fortsetzung.

Wenn ein beweglicher Körper, z. B. eine Kugel, nach einer schiefen Richtung aus einem Zwischenkörper, der ihm weniger widerstehet, in einen andern Zwischenkörper gehet, der mehr widerste-

 het,

het, z. B. aus Luft in Wasser: so wird der bewegliche Körper von seiner Richtung abgebracht, und von der Perpendicular-Linie entfernet werden. Hingegen wird er sich derselben nähern, wenn er nach einer schiefen Linie aus dem Wasser in die Luft gehet.

Fig. VIII.

Gesetzt, ein beweglicher Körper beweget sich nach der Linie a M, die mit der Oberfläche des Wassers B c (Fig. 8.) einen schiefen Winkel macht. Der Körper folget alsdann zu einer und eben derselben Zeit zweyen Richtungen, deren eine ihn nach V, die andere aber nach A treiben würde. Wenn er an den Punct F kommt, und daselbst die Oberfläche des Wassers berühret, so erfähret er von diesem zweyten Zwischenkörper einen größern Widerstand, und in Betrachtung der schiefen Richtung seiner Bewegung lässet sich dieser größere Widerstand bey seiner perpendiculären Richtung mehr spüren, als bey der Richtung, die mit dem Horizonte parallel gehet. Um diesen letztern Satz deutlicher zu machen, wollen wir annehmen, daß die ganze Halbkugel des beweglichen Körpers H, L, X, Z, sich in dem Wasser befinde. In diesem Falle widersetzen sich alle Wassersäulen, die sich unter dieser Halbkugel befinden, ihrer perpendiculären Richtung, und nur die einigen Säulen unter ihrer Mitte X Z widersetzen sich der horizontalen Richtung. Die Kraft, welche die Kugel horizontal treibet, findet also weniger Widerstand, und muß daher auch über diejenige das Uebergewicht bekommen, welche sie perpendiculär treibet. Der bewegliche Körper muß also mehr nach der Richtung Q c, als nach der Richtung M H fortgehen. Folglich muß er, anstatt der Richtung M E zu folgen, welche die Fortsetzung der schiefen Linie A M ist, die er in der Luft beschrieben hatte, die Linie M D beschreiben, welche von der Perpendicular-Linie M H weiter entfernet ist. Hingegen, wenn er sich aus dem Wasser in die Luft beweget,

get, und die schiefe Linie D M beschreibet, so wird er, anstatt nach F, dem äußersten Puncte der schiefen Linie D M zu kommen, nach a gelangen, und sich also der Perpendicular-Linie M A nähern.

Man kann hierbey anmerken, daß, obgleich ein Körper, welcher in schiefer Richtung aus einem Zwischenkörper in einen andern übergehet, der einen verschiedenen Widerstand leistet, sich von der Perpendicular-Linie entfernet, oder sich derselben nähert, beydes doch nicht immer in einem und eben demselben Maaße geschiehet; das heißt, er beschreibet nicht eine gerade Linie, welche mit der schiefen Linie, die er beschrieb, ehe er in diesen zweyten Zwischenkörper kam, einen Winkel macht, sondern eine krumme Linie, deren Krümme nach dem Maaße seiner Eintauchung verschieden ist, so lange bis er völlig in dem zweyten Zwischenkörper befindlich ist, da er denn eine wahre gerade Linie beschreibet (a).

§. 75.

Wichtigkeit dieser Lehre von der Refraction.

Ist aber die Refraction, welche ein beweglicher Körper erleidet, wenn er nach einer schiefen Linie aus einem Zwischenkörper in einen andern von verschiedener Dichtigkeit gehet, wohl merklich, und verdienet sie wohl einige Aufmerksamkeit? Ist es, z. B. wohl nothwendig, daß ein Jäger, welcher in das Wasser schießen will, das Ziel unter dem Ort nehme, wo er den Gegenstand, nach welchem er zielet, erblicket? Viele Naturlehrer bejahen solches, und zwar aus zweyen Ursachen. Die eine gründet sich auf die Refraction, welche der Schuß leidet, wenn er aus der Luft in das Wasser gehet, wodurch er von der Perpendicular-Linie entfernet wird und über die Linie des Kornes getrieben werden würde. Die zweyte Ursache beruhet auf der Refraction des Lichts in diesem Falle, wel-

(a) Mém. de l'Acad. des Sciences, 1705.

che nach der entgegengesetzten Richtung, als bey festen Körpern geschiehet, wie wir im folgenden bemerken werden, und uns daher den Gegenstand über seinem wahren Orte sehen lässet. Ob nun gleich diese beyde Ursachen sehr gegründet zu seyn scheinen, man sie auch der geometrischen Schärfe nach, allerdings in Betrachtung ziehen sollte: so haben doch geschickte Schützen mich versichert, daß diese Vorsicht in der Uebung unnütz sey.

Ob gleich dieses Urtheil von der Theorie abzuweichen scheinet, so gründet es sich doch auf entscheidende Erfahrungen, welche Hr. Carre' (a) anführet. Er berichtet uns nämlich, er habe einem seiner Freunde aufgetragen, die Refraction zu untersuchen, welche die Flintenkugeln erleiden, wenn sie aus der Luft in das Wasser gehen. Dieser habe daher ein Behältniß von zehen Fuß im Quadrate mit Wasser angefüllet, und zwey Breter, die sowohl unter einander, als mit dem Horizonte parallel waren, und einen Fuß von einander abstanden, in demselben befestiget. In einiger Entfernung darüber war ein Stück Pappe perpendicular auf den Horizont angebracht. Er schoß hierauf in einer Entfernung von fünf bis sechs Schritt unter einem Winkel von 20 Grad. Die Flinte war mit 3 Denar und 20 Gran Pulver geladen; die Kugel hielt 7 Linien im Durchmesser, und wog 17 Denar und 20 Gran. Er bemerkte nach dem Schusse, daß die Kugel durch die Pappe, durch das erste Bret, und durch die Masse Wasser in das zweyte Bret gegangen war.

Nachdem er das Wasser in dem Behältnisse hatte ausschöpfen lassen, fand er, daß die drey Löcher mit der Mündung des Gewehres eine vollkommen gerade Linie machten. Hieraus scheinet augenscheinlich zu erhellen, daß diejenigen Körper, welche wir unter einer schiefen Linie

(a) Mém. de l'Acad. des Sciences, 1705.

nie und mit großer Geschwindigkeit in das Wasser treiben, keine merkliche Refraction leiden.

Die in dieser Schrift angeführen weitern Versuche lehren uns, daß man sich keiner starken Ladung von Pulver bedienen müsse, wenn man in Wasser schießen will. Denn in diesem Falle werden die Kugeln platt oder springen, und dringen nicht tief in das Wasser ein. Aus der Erfahrung erhellet ferner, daß man nicht allzuschief auf die Oberfläche des Wassers schießen müsse, wenn die Lage des Ortes so beschaffen ist, daß man für die dem Schießstande gegen über gelegene Seite etwas zu befürchten hat. Denn es geschiehet oft, daß die Kugeln, anstatt in das Wasser zu gehen, abprallen, und auf der andern Seite sogar in großen Entfernungen sehr gefährliche Wirkungen hervorbringen.

§. 76.

Erklärung der zusammengesetzten Bewegung.

Die verschiedenen bisher abgehandelten Hindernisse der Bewegung, setzen zum Theil die Kenntniß der zusammen gesetzten Bewegung voraus, von welcher wir gegenwärtig reden wollen. Unter der zusammengesetzten Bewegung verstehet man diejenige, welche durch die gleichzeitige Wirkung verschiedener Kräfte hervor gebracht wird, welche sich insgesammt bestreben, den beweglichen Körper nach verschiedenen Puncten zu treiben, die aber einander eben nicht gerade entgegengesetzet sind. Die Gesetze dieser Art von Bewegung, lassen sich auf ein einiges einschränken, welches sich auf den allgemeinen Satz gründet, den wir schon bey den Gesetzen der einfachen Bewegung voraus gesetzet haben (§. 49.); nämlich, daß jeder Körper ein leidendes und gegen alle Arten von Modificationen gleichgültiges Ding ist. Jeder Körper, der der Wirkung mehrerer Kräfte ausgesetzt ist, muß also auch nothwendig dem Bestreben einer jeden derselben nach-

nachgeben. Allein, wie ist es möglich, daß ein Körper zu einer und eben derselben Zeit mehrern verschiedenen Eindrücken nachgeben könne? Folgendes wird dieser Frage eine Genüge thun.

§. 77.

Gesetz dieser Bewegung. Jeder Körper, welcher durch die gleichzeitige Wirkung mehrerer Kräfte angetrieben wird, sich zu bewegen, nimmt die mittlere Richtung zwischen denjenigen, nach welchen jede dieser Kräfte ihn zu bestimmen sucht, und beweget sich mit einer Geschwindigkeit, welche den Kräften, welche auf ihn wirken, gemäß ist.

Da er sich gegen jede dieser Kräfte gleich leidend verhält, so hat man keinen Grund zu glauben, daß er einer mehr als der andern nachgeben werde. Er muß also allen nachgeben, und eine Richtung nehmen, die etwas von denjenigen Richtungen an sich hat, welche jede Kraft ihm zu geben sucht. Er muß überdieß die ganze Intensität der Kraft empfangen, welche in jeder dieser wirkenden Kraft, außer ihren Widerständen befindlich ist. Denn diese Widerstände sind zwar nicht gerade entgegengesetzet, daher sie sich selbst schaden; allein sie verlieren doch nur einen Theil der Kraft, mit welcher sie wider den beweglichen Körper zu wirken sich bestreben. Die Erfahrung stimmet mit dieser Theorie überein. Um solches auf eine desto leichtere und thunlichere Art zu zeigen, wollen wir hier nur zwey Kräfte annehmen, welche zu einer und eben derselben Zeit nach einem rechten Winkel auf einen beweglichen Körper wirken. In diesem Falle nun können die beyden Kräfte einander entweder gleich seyn, oder nicht.

In dem ersten Falle wird der bewegliche Körper die Diagonallinie eines Quadrates beschreiben, dessen zwey anstoßende Seiten die Richtungen und die Kräfte der beyden wirkenden Ursachen vorstellen werden; und zwar wird er diese Diagonallinie in eben derselben Zeit beschreiben, welche er gebrauchen würde, eine von den beyden Seitenlinien zu durchlaufen, wenn eine von den beyden Kräften allein auf ihn wirkte.

Gesetzt, der Körper A (Fig. 9.) wird angetrieben, sich nach den Richtungen AB und AC zu bewegen. Ich behaupte, daß er alsdann die Diagonallinie AD des Quadrates ABCD durchlaufen wird, und zwar in eben derselben Zeit, in welcher er die Seiten AB oder Ac eben dieses Quadrates beschrieben haben würde, wenn eine von beyden Kräften allein auf ihn gewirket hätte. Wir wollen um der Deutlichkeit willen annehmen, daß die Kräfte, welche auf ihn wirken, ihn in einem einigen Augenblicke nach B oder nach c zu treiben suchen. Wenn die Kraft, welche ihn nach B zu treiben sucht, allein auf ihn wirkte, so würde er am Ende des ersten Augenblickes nach B gelangen. Allein indem diese Kraft ihn nach B zu treiben sucht, so widersetzt sich diejenige, welche ihn nach c bringen will, mit der ganzen Intensität ihrer Macht, seiner Gelangung nach B. Damit nun der Körper zu gleicher Zeit dieser zweyten Kraft eine Genüge thue, so muß er am Ende dieses Augenblickes so weit von dem Puncte B entfernet seyn, als es die durch AC ausgedruckte Kraft erfordert. Eben so, wenn diese letzte Kraft allein auf den Körper A wirkte, so würde er am Ende des ersten Augenblickes nach C gelangen. Allein diejenige, welche ihn nach B haben will, wirket zu eben derselben Zeit, und widersetzet sich gleichfalls mit der ganzen Intensität ihrer Kraft, daß er nicht nach C komme. Er muß also, um auch dieser letzten Kraft nachzugeben, am Ende eben desselben Augenblickes eben so weit von dem Puncte c entfernet seyn, als es die Kraft erfordert, welche ihn nach B treibet. Nun thut das Ende

Fig. IX.

de D der Diagonallinie AD allein diesen beyden Bedingungen eine Genüge. Denn wenn der Körper nach D gekommen ist, so ist er um BD = AC von dem Puncte B entfernet. Eben so ist er um CD = AB von dem Puncte C entfernet. Der Körper A wird sich also am Ende des ersten Augenblickes in D befinden. Nun kann er aber nicht nach D gelangen, wenn er nicht die Diagonallinie AD durchläuft. Folglich u. s. f. Um diese Wahrheit durch die Erfahrung zu bestätigen, so befestige man zwey Stücke Drath mit der Seite AB (Fig. 9.) und unter sich selbst parallel, zwischen welchen sich eine Rolle ungehindert bewegen könne, durch deren Rinne man eine Schnur ziehet, welche mit dem einen Ende an dem Puncte A befestiget ist, und an dem andern Ende ein beliebiges Gewicht hat. Man setze die Rolle gegen das Ende des Quadrats B, und lasse die gedachte Schnur um die Oberfläche dieser Rolle längst der Seite BD hingehen, so wird das daran befestigte Gewicht in den Punct D kommen. Wenn man nun die Rolle nach der Richtung BA fortrücken lässet, so wird das gedachte Gewicht zu einer und eben derselben Zeit zwey gleiche Eindrücke erhalten, deren eine sie nach B, die andere aber nach C bestimmen wird. Denn da die Schnur, woran es befestiget ist, in B fest ist, und um die Rolle gehet, so kann die Rolle nicht von B nach A gehen, wenn nicht die Schnur verkürzet, und zu gleicher Zeit nach der Richtung der Bewegung der Rolle getrieben wird. Daher wird man finden, daß auf Antrieb dieser zwey herrschenden Kräfte das Gewicht die Diagonallinie DA durchlaufen wird.

In diesem Versuche verlassen die Kräfte, welche den Körper bestimmen, denselben nicht eher, als bis er an dem Orte seiner Bestimmung angelanget ist. Es würde eine gleiche Bewandniß haben, wenn sich der Körper vermöge zweyer Eindrücke oder Stöße bewegete, welche

welche ihn von zwey gleichen und in einem rechten Winkel entgegengesetzten Kräften ertheilet würden. Man kann dieses leicht in das Werk richten, wenn man gegen eine der Ecken einer Art Billiards zwey einander an Masse gleiche Hämmer anbringet, und sie zu gleicher Zeit und aus einer und eben derselben Höhe gegen eine in diese Ecke gestellte Kugel fallen lässet. Die Kugel, welche nach dem Stoße der beyden Hämmer den angränzenden Banden des Billiards folgen sollte, wird die Mittelstraße zwischen diesen beyden Richtungen nehmen, und die Diagonallinie des Quadrats durchlaufen, welches vermittelst den Richtungen, die ihr die Hämmer zu geben suchen, beschrieben wird.

§. 78.

Fortsetzung.

Wenn aber eine der beyden hier gedachten Kräfte der andern überlegen ist, so wird der Körper mehr der ersten, als der zweyten Kraft folgen, und zwar nach dem Verhältnisse ihrer Ueberlegenheit. Er wird daher die Diagonallinie eines Parallelogramms beschreiben, dessen beyde aneinander stoßende Seiten die Richtung und Intensität jeder dieser beyden Kräfte vorstellen werden. Man kann dieses mit der vorigen Maschine gleichfalls beweisen; nur mit dem Unterschiede, daß man den einen Hammer aus einer größern Höhe herunter fallen lässet, und zwar aus einer desto größern Höhe, je mehr die eine von beyden Kräften vor der andern den Vorzug haben soll.

§. 79.

Ungleichförmige Bewegung.

Nachdem wir bisher von der gleichförmigen Bewegung gehandelt, und sie sowohl einfach, als auch zusammengesetzt betrachtet haben, müssen wir auch noch von der ungleichförmigen und gemischten Bewegung handeln. Die erste dieser beyden Bewegungen begreift, wie wir schon angemerket haben, zwey Arten unter sich, die zunehmende und die abnehmende. Beyde können in Ansehung des Horizontes entweder nach einer perpendiculären oder nach einer schiefen Richtung geschehen. Wir wollen von jeder dieser beyden Arten besonders reden.

§. 80.

Erklärung der Schwere.

Wenn ein Körper von einer Kraft in Bewegung gesetzet worden, und diese aufhöret, auf ihn zu wirken, so setzet er vermöge der ihm eingedrückten Kraft seine Bewegung fort, und leget gleiche Räume in gleichen Zeiten zurück, wenn seine Bewegung durch nichts gehindert wird. Wenn aber die Kraft, welche den Körper bestimmt, fortfähret, auf ihn zu wirken, so nimmt seine Bewegung zu, weil er in jedem Augenblicke neue Grade der Kraft erhält, welche sich mit den bereits empfangenen vereinigen. Wenn die Kraft, welche auf den Körper zu wirken fortfähret, immer einerley bleibet, und jeden Augenblick auf eine und eben dieselbe Art auf ihn wirket, so nimmt die Bewegung des Körpers gleichförmig zu. Wenn hingegen ein Körper durch eine ihm mitgetheilte Kraft in Bewegung gesetzet worden, und er in jedem Augenblicke seiner Bewegung ein Hinderniß antrifft, welches sich seiner Bewegung auf eine immer gleichförmige Art widersetzt, so nimmt seine Bewegung auf eine gleichförmige Art ab.

Wir finden von diesen beyden Arten der Bewegung ein Beyspiel in der Natur. Jeder Körper, den man über der Oberfläche der Erdkugel sich selbst überlässet, fällt auf die Oberfläche und beschleuniget seine Bewegung während des Falles auf eine gleichförmige Art. Hingegen nehmen diejenigen, welche man in die Höhe wirft, auf eine gleichförmige Art in ihrer Bewegung ab. Die Ursache, welche diese Wirkung hervorbringet, ist unter dem Namen der Schwere bekannt.

Um die Eigenschaften dieser Ursache so deutlich, als es in diesem Werke möglich ist, zu entwickeln, wollen wir fünf Fragen untersuchen: 1) Ob alle Körper eine Schwere haben. 2) Ob alle Körper einerley Schwere haben, oder ob sie ihr alle auf eine und eben dieselbe Art gehorchen. 3) Ob diese Schwere in allen Gegenden der Erdkugel auf einerley Art wirket. 4) Was für Wirkungen sie auf die Körper hervorbringet. Und 5) worinn sie bestehet.

§. 81.

Ob alle Körper schwer sind.

Die Art, nach welcher Aristoteles (a) und mit ihm die Alten, die verschiedenen Körper auf dem Erdboden in schwere und leichte eintheileten, giebt uns Gelegenheit zur Untersuchung der ersten Frage, nämlich, ob alle Körper schwer sind? Wenn wir dem Zeugnisse unserer Sinne folgen, so nimmt jedermann den Unterschied der Alten an, und hält alle diejenigen Körper für leicht, welche den Mittelpunct der Schwere gleichsam von selbst zu fliehen scheinen. Daher werden das Feuer, der Rauch, die Luft, die Dünste und viele andere Körper dieser Art für leicht gehalten. Wir werden in der Hydrostatik die Ursachen dieser Erscheinung angeben. Hier wollen wir nur beweisen, daß diese Körper wirklich schwer sind.

Man stelle auf den Teller einer Luftpumpe ein angezündetes Licht mit einem dicken Dachte, damit es desto mehr Rauch gebe. Man bedecke es mit einer engen aber sehr hohen Vorlage, und pumpe die Luft aus. Wenn man einige Stöße mit dem Stämpel gethan hat, wird das Licht auslöschen, und der Rauch wird wegen seiner eigenthümlichen Schwere auf den Teller fallen, ehe er noch bis an die Spitze des Recipienten steigen können.

(a) *Aristoteles* L. 4. C. 1.

Man hänge an den einen Arm einer sehr empfindlichen Wage ein mit Wasser angefülltes Gefäß, welches breit, aber nicht tief ist. Man bringe es mit den nöthigen Gewichten in das Gleichgewicht, und lasse es eine Zeitlang so stehen, so wird man sehen, daß die Gewichte in der andern Schale das Uebergewicht bekommen werden. Das Gefäß mit dem Wasser wird also leichter, und dieses kann von nichts anderm, als der Ausdünstung des Wassers herrühren. Hieraus erhellet also augenscheinlich, daß die Dünste schwer sind, weil sie vor ihrer Zerstreuung ein größeres Gewicht machten.

Diese beyden Versuche beweisen hinlänglich, daß diejenigen Körper, welche man für leicht halten könnte, wirklich schwer sind.

§. 82.

Ob sie alle auf einerley Art schwer sind.

Alle Körper sind also schwer, aber sind sie es alle auf einerley Art? Um diese Frage aufzulösen, muß man vorher bemerken, daß wir hier nicht von dem Gewichte der Körper handeln, und nicht fragen: ob alle Körper einerley Gewicht haben; sondern ob sie der Wirkung der Schwere alle auf einerley Art unterworfen sind, das heißt, wenn man sie gleich hoch über der Oberfläche der Erdkugel erhebet, und sie hierauf sich selbst überlässet, ob alsdann die Schwere sie insgesammt mit einerley Geschwindigkeit nach dem Mittelpuncte der Schwere treibet. Man muß aber auch hier wider dem Zeugniß der Sinne auf seiner Huth seyn. Denn wenn wir den Fall mehrerer Körper von verschiedener Art betrachten, so finden wir deren nicht zwey, welche gleich geschwinde fallen, welches uns denn beweget, zu glauben, daß die Schwere verschieden auf sie wirket. Dieß verführete auch unsere Vorfahren. Sie glaubten, daß die Schwere der Körper in einem geraden Verhältnisse mit ihren Massen stünde, und daß ein Körper, welcher zweymal mehr Masse hat, auch zweymal mehr Schwere besitzen müsse. Epikur und Lucrez (a) ließen sich von der gemeinen Meynung nicht verführen, sondern vermutheten das Gegentheil. Galiläus war gleichfalls dieser Meynung, indem er über den Fall verschiedener Kugeln von verschiedener Materie, als von Gold, Bley, Porphyr, Kupfer, Wachs, u. s. f. nachdachte. Er bemerkte, daß, wenn er diese Kugeln von einerley Höhe herunter fallen ließ, die Kugel von Wachs fast eben so geschwinde als die andern auf die Erde kam, und daß der Unterschied nur vier Finger betrug (b). Der berühmte Desaguilliers (c) bestätigte diesen Satz durch eine Menge von Versuchen, welche er von der Kuppel der S. Paulskirche in London anstellete, wo er Körper von verschiedener Art herunter fallen ließ. Ich will von seinen vielen Versuchen nur diesen anführen. Er ließ unter andern zwey Kugeln herunter fallen. Die eine war von Glas und wog 2610 Gran; die andere war eine aufgeblasene Blase, welche $13\frac{1}{2}$ Gran wog. Die erste fiel in $6\frac{1}{4}''$, und die zweyte in $18\frac{3}{4}''$ auf die Erde. Ihre Geschwindigkeit verhält sich also wie 3 : 1; ihre Masse hingegen wie 19 : 1. Hieraus folget nun augenscheinlich, daß die Geschwindigkeit fallender Körper sich nicht wie ihre Masse verhält. Die Alten hatten also Unrecht, wenn sie die Masse mit der Schwere verwechselten. Denn die Masse eines Körpers ist nichts anders, als die Summe der schweren Theile, woraus er bestehet. Die Schwere hingegen bestehet in dem Bestreben dieses Körpers nach den Mittelpunct der Sphäre, zu welcher er gehöret. Jeder Theil dieses Körpers hat freylich ein Bestreben nach diesen Mittelpunct; allein die Summe aller dieser Bestrebungen vermehret das Bestreben des ganzen Körpers nicht.

(a) *Lucret.* L. 2. p. 238.
(b) Mechan. Dial. 1.
(c) *Desaguilliers* Cours de Phys. expérim. T. 1.

Es verhält sich damit so, wie mit der Geschwindigkeit, welche man einem Körper mittheilet. Obgleich, z. B. ein Körper viele Theile hat, deren jeder einen Grad Geschwindigkeit besitzet; so ist doch die Geschwindigkeit der ganzen Masse von der Geschwindigkeit seiner Theile nicht verschieden. Die Schwere ist für alle Körper einerley, sie mögen nun aus viel oder wenig schweren Theilen bestehen. Galiläus muthmaßete diese Wahrheit nur, und Newton war der erste, der sie bewies (a). Warum gehorchen nun aber nicht alle Körper auf einerley Art einer und eben derselben Kraft, und warum fallen sie nicht alle mit einerley Geschwindigkeit?

Dieß rühret von dem verschiedenen Widerstande her, den die Zwischenkörper, durch welche sie fallen, ihrer Bewegung leisten. Nimmt man diesen Widerstand weg, so werden sie alle gleich geschwinde fallen.

Man thue in eine gläserne Röhre Körper von einerley Größe, aber von ungleicher Masse, z. B. ein Stückchen Bley, und ein Stückchen Papier, und verschließe sie an beyden Enden sehr genau. Wenn man sie mehrmals umkehret, so daß das unterste oben kommt, so wird man finden, daß das Bley allemal geschwinder fällt, als das Papier. Allein bringt man die Röhre an die Luftpumpe, und pumpt die Luft so rein, als möglich ist, aus, so wird man diesen Unterschied in dem Falle nicht mehr bemerken, wenn man den Versuch wiederhohlet.

Um den Grund dieser Erscheinung desto deutlicher einzusehen, so nehme man an, daß das Bley zwölfmal schwerer ist, als das Papier. Man kann also sagen, daß die Masse des Bleyes = 12 Grad, die Masse des Papiers aber nur = 1 Grad ist. Nun hat aber jeder Grad Masse auch einen Grad Schwere, der ihn mit eben demselben Grade Geschwindigkeit zu bewegen sucht. Allein das Bley, welches 12 Grad Schwere hat, fällt nicht geschwinder als das Papier, welches deren

(a) Newton Princip. Phil. p. 481.

ren nur 1 Grad hat, wenn anders die Bewegung beyder Körper durch nichts gehindert wird; weil die 12 Grad Schwere des Bleyes beschäftiget sind, 12 Grad Masse zu bewegen, dagegen der einige Grad Schwere in dem Papiere auch nur einen Grad Masse fortzuschaffen hat, welches denn einander aufhebet. Warum bemerket man aber dieses nicht auch in der Luft? Folgendes ist die Ursache davon.

Gesetzt, daß die beyden Körper, wenn sie die oben gedachte Röhre der Länge nach durchlaufen sollen, von Seiten der Luft, welche sie zu theilen haben, einen Widerstand finden, der einen halben Grad Kraft verzehret. In diesem Falle wird das Papier, welches nur 1 Grad Kraft hat, die Hälfte desselben verlieren, dagegen das Bley, welches 12 Grad Schwere, folglich auch 12 Grad Kraft besitzet, nur $\frac{1}{24}$ der seinigen einbüßen wird; weil es von seinen 12 Graden nur $\frac{1}{2}$ Grad verlieret. Seine Geschwindigkeit wird also weit weniger verhindert werden, und folglich wird es sich auch geschwinder bewegen, als das Papier.

§. 83.

Ob die Wirkung der Schwere in allen Gegenden des Erdbodens einerley ist.

Aus dem, was bisher gesagt worden, erhellet nun, daß alle Körper schwer sind, und daß sie es auch alle auf einerley Art sind. Ist aber die Wirkung der Schwere in allen Gegenden des Erdbodens einerley? Erst Ao. 1672. muthmaßete man, daß diese Kraft nicht in allen Gegenden des Erdbodens auf einerley Art wirkte. Folgendes gab Gelegenheit dazu. Richer (a) wurde um diese Zeit nach der Insel Cayenne geschickt, welche im 5° Breite lieget. Er nahm Penduluhren mit, welche zu Paris mit aller nur möglichen Sorgfalt waren verfertiget worden. Allein er merkte, daß die Penduln die Zeit zu Cayenne verlängerten; daher er sie um $1\frac{1}{4}$ Linie

(a) Hist. de l'Acad. des Sciences, 1679.

Linie kürzer machen mußte, wenn sie die Secunden genau halten sollten. Dehayes, Varin, und Halley bestätigten nachmals diese Beobachtung (a). Da nun die Bewegung des Penduls eine Wirkung der Schwere ist, so folgt daraus, daß diese Kraft gegen dem Aequator nicht so wirksam ist, als zu Paris. Newton trieb seine Untersuchungen in dieser Absicht sehr weit, und berechnete sogar die Grade des Wachsthumes, welche die Kraft der Schwere bekömmt, je weiter sie sich von dem Aequator entfernet. Er fand, daß die Schwere der Körper unter den Polen sich zu der Schwere der Körper unter dem Aequator verhält, wie 230 : 229. Aus den Berechnungen dieses geschickten Naturkündigers wissen wir nunmehr auch, wie lang die Penduln seyn müssen, wenn sie an verschiedenen Orten die Secunden genau halten sollen. Nach dieser Rechnung verhält sich der Wachsthum der Schwere, wenn man von dem Aequator nach den Polen zugehet, beynahe so wie das Quadrat des Sinus der Breite. Wenn also ein Secunden-Pendul zu Paris 3 Fuß und $8\frac{5}{9}$ Linie lang ist, so darf es unter dem Aequator nur 3 Fuß und $7\frac{393}{2107}$ Linie lang seyn.

§. 84.

Fortsetzung.

Man hat diese Verschiedenheit aus der Vi centrifuga herzuleiten gesucht, welche unter dem Aequator größer seyn muß, als in einer jeden andern Breite. Da nun die Wirkung dieser Kraft der Schwere gerade entgegengesetzt ist, und die Vis centrifuga von den Polen nach dem Aequator zunimmt, so hat man geglaubt, daß auch die Wirkung der Schwere nach eben diesem Maaße von den Polen nach dem Aequator zu abnehmen müsse. So sinnreich auch diese Vorstellung ist, so ist sie doch durch die Beobachtungen des Hrn. Bouguer widerleget worden. Dieser geschickte Astronom hat die Wirkung der Vis centrifugæ in

(a) Hist. de l'Acad. des Sciences, 1700.

in verschiedenen Breiten mit aller nur möglichen Sorgfalt berechnet, und sehr genaue Tafeln davon heraus gegeben; woraus denn augenscheinlich erhellet, daß die Wirkungen der Schwere dieser Kraft nicht gemäß sind. Ich läugne indessen nicht, daß der Unterschied, welchen man in der Vi centrifuga unter verschiedenen Breiten beobachtet, nicht etwas zu dem Unterschiede in der Wirkung der Schwere sollte beytragen können. Allein man muß auch gestehen, daß die Schwere selbst von dem Aequator nach den Polen zu vermehret wird, welches von der ovalen Gestalt der Erde, und von den verschiedenen Entfernungen der Körper von ihrem Mittelpuncte herrühret.

§. 85.

Wirkungen der Schwere. Zunehmende Bewegung.

Worinn bestehen aber die Wirkungen der Schwere? Wie wirket sie auf die Körper, die ihr unterworfen sind? Dieß wollen wir jetzt so genau als möglich ist, untersuchen.

Jedermann gestehet, daß die Schwere eine beständige Kraft ist, welche unaufhörlich auf die Körper wirket. Wenn man nun von allen Hindernissen abstrahiret, welche sich der Wirkung dieser Kraft entgegen stellen können, so kann man sie in einer gewissen bestimmten Zeit, als eine unendliche Zahl auf einander gehäufter kleiner Grade von Kraft betrachten.

1) Jeder Körper, der der Wirkung der Schwere unterworfen ist, muß also im Fallen an Geschwindigkeit zunehmen, weil er in einem jeden unendlich kleinen Augenblicke einen neuen Eindruck erhält, der sich mit den bereits empfangenen vereiniget, wobey man zugleich ein jedes Hinderniß als nicht vorhanden ansiehet.

2) Die Grade der Geschwindigkeit, welche ein Körper im Fallen erhält, verhalten sich also wie die

unendlich kleinen Augenblicke, welche während seines Falles verstreichen.

3) Man kann daher diese Grade der Geschwindigkeit durch die Reihe der natürlichen Zahlen, 0, 1, 2, 3, 4, 5, u. s. f. vorstellen; weil diese Grade der Geschwindigkeit sich verhalten wie die vorhin gedachten Augenblicke, und diese Augenblicke selbst nach eben derselben Progreßion wachsen.

4) Man kann folglich die Summe der in einem endlichen und bestimmten Augenblicke erhaltenen Geschwindigkeiten durch den Flächeninhalt eines rechtwinkeligen Triangels vorstellen.

Fig. X. Der rechtwinkelige Triangel sey BAD (Fig. 10.); dessen Höhe BA sey in Theile getheilet, die wir als unendlich klein und einander gleich annehmen, B 1, 2, 3, 4, u. s. f. Wenn man nun aus allen Theilungspuncten die Ordinaten 11, 22, 33, 44 ziehet: so wird

1) Jeder in der Höhe BA genommene Theil die unendlich kleinen Augenblicke der endlichen und durch die Höhe BA bestimmten Zeit ausdrücken.

2) Jede Ordinate wird die in jedem unendlich kleinen Augenblicke bekommene Geschwindigkeit vorstellen. Denn so wie eine zunehmende Geschwindigkeit gleichförmig wächset, so wächset auch jede Ordinate gleichförmig nach eben derselben Progreßion: 0, 1, 2, 3, 4, u. s. f. Denn da die Triangel B 11, B 22, ähnlich sind, so ist $11 : 22 = B1 : B2$. Die Summe der Ordinaten, oder der Flächeninhalt eines rechtwinkeligen Triangels stellet also vollkommen die Summe der in einer endlichen und bestimmten Zeit bekommenen zunehmenden Geschwindigkeiten vor.

3) Hier-

3) Hieraus folget, daß eine in einem endlichen und bestimmten Augenblicke bekommene Geschwindigkeit, wenn sie sich selbst gleichförmig bleibet, in dem zweyten, dem ersten ähnlichen Augenblicke doppelt so groß ist, als eine bekommene zunehmende Geschwindigkeit in einem und eben demselben Augenblicke.

Wir haben bewiesen, daß eine zunehmende Geschwindigkeit, welche in einem endlichen Augenblicke erlangt worden, durch den Flächeninhalt eines rechtwinkeligen Triangels BAD (Fig. 10.) vorgestellet werden könne, so wie die verschiedenen Grade der in allen unendlich kleinen Augenblicken, welche diesen endlichen Augenblick ausmachen, erlangten Geschwindigkeit durch die Ordinaten dieses Triangels ausgedrücket werden kann. Nun wird der letzte Grad der zunehmenden Geschwindigkeit, der am Ende dieses endlichen Augenblickes erlanget wird, durch die Grundlinie AD eben dieses Triangels BAD ausgedruckt, und bleibt, wie wir hier annehmen, beständig einerley in einem zweyten dem ersten ähnlichen Augenblicke, das heißt, der aus eben so vielen unendlich kleinen Augenblicken bestehet. Die Geschwindigkeit dieses zweyten Augenblickes muß also durch die Ordinaten eines Rectanguli ACDE, von eben der Grundlinie und Höhe als der Triangel BAD vorgestellet werden. Nun beweiset man aber in der Geometrie, daß ein jeder Triangel die Hälfte eines Rectanguli von eben der Grundlinie und Höhe ist. Folglich ist eine in einem endlichen und bestimmten Augenblicke erlangte Geschwindigkeit, welche sich selbst gleichförmig bleibet, doppelt so groß, als eine in eben demselben Augenblicke erlangte zunehmende Geschwindigkeit.

4) Der Raum, welchen ein Körper, kraft einer in einem endlichen und bestimmten Augenblicke erhaltenen Geschwindigkeit, welche in diesem Augenblicke gleichförmig bleibet, durchläuft, ist also doppelt so groß, als der

Raum, welchen eben dieser Körper, in eben derselben Zeit, kraft einer zunehmenden Geschwindigkeit durchlaufen wird, die er nur nach und nach erhält.

Wenn die Zeiten gleich sind, so verhalten sich die durchlaufenen Räume, wie die Geschwindigkeiten (§. 43.). Nun sind in dem gegenwärtigen Falle die Zeiten gleich, folglich müssen sich die Räume verhalten wie die Geschwindigkeiten. Wir haben aber bewiesen, daß eine gleichförmige Geschwindigkeit doppelt so groß ist, als eine zunehmende, wenn sie in einerley Augenblicke erhalten werden. Folglich wird auch der vermöge einer gleichförmigen Geschwindigkeit durchlaufene Raum doppelt so groß seyn, als der Raum, der in eben derselben Zeit vermittelst einer zunehmenden Geschwindigkeit zurück gelegt wird.

5) Hieraus folget ferner, daß, wenn die Schwere, welche auf einen Körper wirket, und ihn fallen macht, aufhöret, auf ihn zu wirken, z. B. am Ende des ersten endlichen und bestimmten Augenblickes, so wird dieser Körper einen zweyten, dem ersten ähnlichen Augenblick fortfahren, sich zu bewegen, und zwar vermöge der Kraft, welche er nach und nach in dem ersten Augenblicke erhalten hat. Er wird zugleich einen noch einmal so großen Raum durchlaufen, als er in dem ersten Augenblicke zurück geleget hat.

6) Jeder Körper, der sich kraft seiner Schwere mehrere Augenblicke hindurch beweget, beweget sich also vermöge zweyer Kräfte, deren eine gleichförmig, die andere aber zunehmend ist. Denn in dem zweyten Augenblicke beweget er sich, sowohl vermöge der in dem ersten Augenblicke nach und nach erhaltenen Kraft, welche in dem zweyten Augenblicke gleichförmig ist, als auch vermöge derjenigen, welche er in diesem zweyten Augenblicke nach und nach erhält.

7) Die Räume, welche ein Körper in seinem Falle verschiedene Augenblicke hinter einander durchläuft, müssen also eben so wachsen, wie die natürliche Folge der ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7, 9, u. s. f. Das heißt, in dem zweyten Augenblicke wird er dreymal, in dem dritten fünfmal, u. s. f. so vielen Raum zurück legen, als in dem ersten Augenblicke.

In dem zweyten Augenblicke beweget sich der Körper sowohl vermöge der im ersten Augenblicke, als auch vermöge der im zweyten Augenblicke bekommenen Kraft. Da nun die in dem ersten Augenblicke erhaltene Kraft den ganzen zweyten Augenblick hindurch gleichförmig und anhaltend ist, so macht sie, daß er doppelt so vielen Raum zurück leget, als in dem ersten Augenblicke. Allein in dem zweyten Augenblicke bekömmt er noch einen Grad Kraft, der demjenigen ähnlich ist, welchen er in dem ersten Augenblicke erhalten hat. Dieser neue Grad Kraft macht, daß er in dem zweyten Augenblicke noch einen ähnlichen Raum durchläuft, als in dem ersten. Er leget also in dem zweyten Augenblicke dreymal so vielen Raum zurücke, als in dem ersten. Die in dem ersten und zweyten Augenblicke erhaltenen Kräfte vereinigen sich mit einander, und machen zwey Grad gleichförmiger Kraft aus, welche den Körper während des dritten Augenblickes bestimmen. Nun macht jeder dieser zwey Grade Kraft, daß er noch einmal so vielen Raum durchläuft, als in dem ersten Augenblicke. Er leget also, vermöge dieser zwey Grade gleichförmigen Kraft, viermal so vielen Raum zurück, als in dem ersten. Da er nun auch in diesem dritten Augenblicke einen Grad zunehmender Kraft bekömmt, welcher ihn eben so vielen Raum zurück legen lässet, als in dem ersten Augenblicke: so durchläuft er in dem dritten Augenblicke fünfmal so vielen Raum, als in dem ersten.

8) Die vermittelst einer gleichförmig beschleunigten Bewegung durchlaufenen Räume, von dem ersten Raume an zu zählen, verhalten sich, wie die Quadrate der Zeiten, welche der Körper braucht, sie zurück zu legen. Galiläus war der erste, der die Wahrheit dieses Satzes entdeckte und bewies; Grimaldi und Riccioli bestätigten ihn durch Versuche. Er folget augenscheinlich aus demjenigen, was wir in dem vorigen bewiesen haben. Denn ein Körper, welcher nach einer beschleunigten Bewegung fällt, durchläufet Räume, welche sich unter einander verhalten, wie die ungleichen Zahlen 1, 3, 5, 7, u. s. f. Folglich wird er am Ende des zweyten Augenblickes einen Raum 4, das Quadrat von 2, am Ende des dritten Augenblickes einen Raum 9, das Quadrat von 3, u. s. f. durchlaufen haben.

9) Wir haben oben bewiesen, daß die erlangten Geschwindigkeiten einer gleichförmig zunehmenden Bewegung sich verhalten, wie die Zeiten, in welchen sie erlanget werden. Man kann also auch sagen, daß die durchlaufenen Räume, von dem ersten an zu rechnen, sich unter einander verhalten, wie die Quadrate der Geschwindigkeiten.

§. 86.

Abnehmende Bewegung.

Jeder Körper, welcher sich der Richtung der Schwere gerade entgegen beweget, nimmt nothwendig in seiner aufsteigenden Bewegung ab, und zwar aus eben derselben Ursache, aus welcher die Bewegung eines nach der Richtung der Schwere absteigenden Körpers beschleuniget wird; weil eben diejenige Ursache, welche ihn niederwärts zu treiben sucht, sich mit der ganzen Kraft, welche sie ihm nach der entgegengesetzten Richtung mitzutheilen bemühet ist, seiner Erhebung widersetzet. Man kann daher alles, was wir von der zunehmenden Bewegung gesagt haben, auch auf die abnehmende de anwenden, nur mit dem Unterschiede, daß die vermöge einer gleichförmig abnehmenden Bewegung durchlaufenen Räume, nach der Progreßion der Zahlen 9, 7, 5, 3, 1, u. s. f. abnehmen.

§. 87.

Schiefe Richtung der ungleichförmigen Bewegung.

Wir haben bemerket (§. 79.), daß die ungleichförmige ab- oder zunehmende Bewegung entweder eine senkrechte, oder auch eine schiefe Richtung auf den Horizont haben kann. Wir haben bisher nur von der ersten dieser beyden Arten der Bewegung geredet, daher wir nun auch die ungleichförmige Bewegung betrachten, sofern sie schief auf den Horizont gerichtet ist. Diese Art der Bewegung läßt sich sehr gut vorstellen durch die Bewegung eines Körpers, welcher sich längst einer schiefen Fläche E G (Fig. XI.) hinunter beweget. Jede Fläche, welche mit dem Horizonte einen Winkel macht, wird eine schiefe Fläche genannt. Diese Fläche kann mehr oder weniger schief seyn, nachdem der Winkel, den sie mit dem Horizonte macht, mehr oder weniger spitzig ist. Man betrachtet an einer schiefen Fläche drey Stücke; die Länge EG, die Höhe EF, und die Grundlinie FG.

Fig. XI.

§. 88.

Wirkung der Schwere in diesem Falle.

Jeder Körper, welcher sich längst einer schiefen Fläche bewegt, nimmt in seiner Bewegung auf eben dieselbe Art zu, als wenn er frey und senkrecht auf den Horizont fiele; weil er der Wirkung der Schwere unterworfen ist, welche ihn längst dieser Fläche hinunter treibt.

Man kann daher auch sagen, daß diejenigen Räume, welche ein Körper, der sich längst einer schiefen Fläche bewegt, jeden Augenblick durchläuft, wachsen, wie die

die ungleichen Zahlen 1, 3, 5, 7 u. s. f. und daß sich diese Räume, von dem ersten an zu zählen, verhalten, wie die Quadrate der Zeiten, welche gebraucht worden, sie durchzulaufen.

Indessen muß man doch bemerken, daß die Geschwindigkeit in diesem Falle geringer ist, als bey einem Körper, der sich frey und senkrecht auf den Horizont bewegt.

Der Körper A (Fig. 11.) sey auf die schiefe Fläche EG gesetzt. Die Bemühung der Schwere, welche ihn niederwärts treibet, bestimmt ihn nach der senkrechten Richtung ARP, nach welcher er sich auch bewegen würde, wenn er nicht in R ein unüberwindliches Hinderniß anträfe, nämlich die Fläche, auf welcher er lieget.

Um zu sehen, was das Hinderniß hervorbringen muß, welches die schiefe Fläche diesem Körper in den Weg leget, so ziehe ich aus seinem Mittelpuncte der Schwere die Linie AS, senkrecht auf die Fläche EG. Ich ziehe ferner AX, mit eben dieser Fläche parallel, und verfertige das Parallelogramm ASRX, wovon AR die Diagonallinie ist; und schließe nunmehr so: Wenn die Wirkung der Schwere macht, daß der Körper A in einer gegebenen Zeit die Linie AR durchläuft, so ein Theil der Linie ARP ist: so bringet diese Wirkung vollkommen eben dasselbe bey diesem Körper hervor, als wenn er von der gleichzeitigen Wirkung zweyer Kräfte bestimmet würde, deren eine ihn nach der Richtung AS, und die andere nach AX treiben würde. Nun wird von den zwey gleichzeitigen Kräften AS und AX die Kraft AS völlig aufgehoben, und zwar durch den unüberwindlichen Widerstand der Fläche EG, auf welche sie senkrecht wirket. Der Körper behält also nur noch die von AX ihm mitgetheilte Kraft übrig, vermöge welcher er in eben derselben Zeit, in welcher er AR durchlaufen würde, nur den Raum = AX durchlaufen kann. Nun verhalten

sich

sich die Geschwindigkeiten zweyer Körper, welche sich in gleichen Zeiten bewegen, unter einander, wie die durchlaufenen Räume (§. 43.). Folglich verhält sich die Geschwindigkeit des Körpers A, wenn er frey fallen würde, zu der Geschwindigkeit eben dieses Körpers, wenn er sich in eben dieser Zeit auf einer schiefen Fläche EG beweget, wie AR : AX. Nun aber ist AR > AX; weil AR die Hypothenuse eines rechtwinkeligen Triangels AXR ist, wovon AX die eine Seite ausmacht. Folglich ist der Raum, den ein Körper längst einer schiefen Fläche durchläuft, kleiner, als derjenige, den er in eben derselben Zeit zurücklegen würde, wenn er sich frey und senkrecht nach dem Horizonte zu bewegen könnte.

§. 89.

Fortsetzung.

Die Geschwindigkeit, mit welcher ein Körper frey und senkrecht von der Höhe einer schiefen Fläche auf den Horizont fällt, verhält sich gegen die Geschwindigkeit, mit welcher er sich längst dieser Fläche beweget, wie sich die Länge dieser Fläche zu ihrer Höhe verhält.

Nach dem vorigen Beweise verhält sich die absolute Geschwindigkeit eines Körpers, kraft welcher er sich frey beweget, zu seiner relativen Geschwindigkeit, nach welcher er sich auf einer schiefen Fläche beweget, wie AR : AX. Wenn wir nun AR bis nach P verlängern, so bekommen wir die ähnlichen Triangel ARX und RGP, welche uns geben AR : AX = RG : RP. Allein die Triangel GRP und GEF sind gleichfalls ähnlich; wir bekommen also ferner RG : RP = EG : EF, woraus man folgern muß AR : AX = EG : EF. Nun stellet EG die Länge der Fläche vor, wovon EF die Höhe anzeiget. Folglich verhält sich die Geschwindigkeit, mit welcher ein Körper frey und ungehindert nach der Höhe einer schiefen Fläche fällt, zu derjenigen, mit welcher

cher er sich nach der Länge dieser Fläche beweget, wie sich die Länge dieser Fläche zu ihrer Höhe verhält. Man kann also auch die Proportion umkehren und sagen, die Geschwindigkeit, mit welcher er sich nach der Länge dieser Fläche beweget, verhält sich zu derjenigen, mit welcher er frey nach der Höhe derselben fällt, wie sich die Höhe dieser Fläche zu ihrer Länge verhält.

Man kann vermittelst dieser Proportion den Raum bestimmen, den ein Körper auf einer gegebenen schiefen Fläche in eben derselben Zeit durchlaufen wird, in welcher er die Höhe eben dieser Fläche durchlaufen würde, wenn er frey und nach einer Verticallinie fiele.

Fig. XII. AD (Fig. XII.) sey eine schiefe Fläche, deren Höhe durch die Linie AB vorgestellet wird. Wir haben bewiesen, daß die Geschwindigkeit, mit welcher sich ein Körper längst einer schiefen Fläche AD beweget, sich zu derjenigen verhält, mit welcher er sich frey nach der Höhe AB bewegt, wie sich diese Höhe AB zu ihrer Länge AD verhält. Nun verhalten sich, wenn die Zeiten gleich sind, die durchlaufenen Räume unter einander wie die Geschwindigkeiten (§. 43.). Folglich müssen die in dem gegenwärtigen Falle durchlaufenen Räume sich unter sich verhalten, wie sich die Höhe der Fläche zu ihrer Länge verhält.

Wenn man also aus dem Fuße dieser Fläche auf ihre Länge AD eine Perpendicular-Linie BE ziehet, so wird man finden, daß ein Körper, der die Länge der schiefen Fläche AD durchläuft, genau zu eben derselben Zeit nach E kommen wird, in welcher er nach B gelangen würde, wenn er sich frey nach der Höhe dieser Fläche bewegen könnte.

Vermöge des vorigen Beweises, verhält sich der Fall eines Körpers, oder der Raum, welchen er nach der Länge AD durchläuft, zu demjenigen, den er frey und nach der

der Höhe AB zurück leget, = AB : AD. Nun giebt uns die Perpendicular-Linie BE zwey ähnliche Triangel, ABE, und ADB, woraus man die Proportion bekömmt, AB : AD = AE : AB. Folglich verhält sich der Raum, den ein und eben derselbe Körper nach der Länge AD der schiefen Fläche ADB durchläuft, zu dem Raume, welchen er frey nach ihrer Höhe AB zurück legt, = AE : AB. Folglich wird dieser Körper, wenn er der Länge dieser Fläche folgt, in eben derselben Zeit nach E kommen, in welcher er nach B gelangen würde, wenn er frey nach der Höhe AB fiele.

Wenn eben diese Fläche noch schiefer würde, wie z. B. AC, so würde der Körper den Theil AF ihrer Länge in eben derselben Zeit zurück legen, in welcher er ihre Höhe AB durchlaufen würde. Durch die Perpendicular-Linie BF bekommen wir zwey ähnliche Triangel ABF und ACB. Folglich ist AB : AC = AF : AB. Folglich u. s. f.

Wenn also drey einander an Masse gleiche Körper zu einer Zeit von einem und eben demselben Puncte A (Fig. XII.) ausgehen, der eine nach der Richtung AB, der zweyte nach der Richtung AD, und der dritte nach der Richtung AC, so werden sie zu einer Zeit, der erste nach B, der zweyte nach E, und der dritte nach F kommen.

Hieraus folget nun, daß, wenn man auf der gemeinschaftlichen Höhe der zwey jetzgedachten schiefen Flächen einen Zirkel beschreibet, von welchem diese Höhe AB der Durchmesser ist (Fig. XIII.): so werden sich die Puncte E und F der Perpendicular-Linien BE und BF in dem Umkreiße dieses Zirkels befinden, und folglich werden die Theile dieser beyden Flächen AE und AF zwey Sehnen dieses Zirkels seyn, welche in eben derselben Zeit, als der Durchmesser AB werden

Fig. XIII.

durchlaufen werden. Eben dieses lässet sich von einer jeden andern Sehne dieses Zirkels beweisen; woraus denn folget, daß jeder Körper, der sich nach irgend einer Sehne eines Zirkels beweget, die Länge dieser Sehne in eben derselben Zeit durchläuft, in welcher er den senkrechten Durchmesser eben dieses Zirkels frey und ungehindert durchlaufen würde.

§. 90.

Fortsetzung.

Ein Körper, welcher sich längst einer schiefen Fläche beweget, hat, wenn er an das Ende dieser Fläche gekommen ist, eben so viele Geschwindigkeit erhalten, als wenn er frey nach der Höhe dieser Fläche gefallen wäre

Fig. XIV.

ACB (Fig. XIV.) sey die schiefe Fläche, deren Länge AC noch einmal so lang seyn soll, als ihre Höhe AB. BD sey eine Perpendicular-Linie. Wir haben bewiesen (§. 89.), daß ein Körper den Theil AD einer schiefen Fläche ACB in eben derselben Zeit durchläuft, in welcher er ihre senkrechte Höhe AB durchlaufen würde. Da nun auf beyden Seiten die Zeiten gleich sind, so werden sich auch die in B und D erhaltenen Geschwindigkeiten unter sich verhalten, wie die durchlaufenen Räume (§. 43.); das ist wie AB: AD. Nun ist AB doppelt so groß als AD; denn AC ist doppelt so lang als AB gemacht worden, und vermöge der ähnlichen Triangel ACB und ABD, ist AC: AB = AB : AD. Ferner ist die Geschwindigkeit, die ein Körper erhält, welcher AC durchläuft, noch einmal so groß, als diejenige, die er bekömmt, wenn er AD zurückleget. Denn wir haben (§. 85. N. 2.) gefunden, daß die Geschwindigkeiten derjenigen Körper, welche sich senkrecht auf den Horizont bewegen, sich verhalten, wie die halben durchlaufenen Räume. Wir haben überdies bemerket (§. 88.), daß man eben diese Wirkungen auch

an

an denjenigen Körpern gewahr wird, welche sich auf schiefen Flächen bewegen. Da nun der Raum AC viermal so groß ist, als der Raum AD, so muß die Geschwindigkeit, welche der Körper bekömmt, indem er AC durchläuft, noch einmal so groß seyn, als die, welche er erhält, wenn er AD zurückleget. Die Geschwindigkeit, welche er bekömmt, indem er AC durchläuft, ist folglich derjenigen gleich, welche er erhält, wenn er frey nach der Höhe AB fällt. Folglich u. s. f.

§. 91.

Von der Bewegung der Pendeln.

Wenn sich ein Körper mehrere Flächen hinunter beweget, welche eine verschiedene Neigung gegen den Horizont haben, aber an einander stoßen, so ist seine bekommene Geschwindigkeit am Ende des Falles derjenigen gleich, welche er bekommen haben würde, wenn er eine senkrechte Höhe, welche der Höhe aller dieser Flächen gleich ist, ungehindert hinunter gefallen wäre.

Ein Körper bewege sich zum Beyspiel längst der schiefen und an einander stoßenden Flächen AB, BC und CD (Fig. XV.). Vermöge des vorigen Beweises erhält der Körper, indem er die Fläche AB durchläuft, eben so viele Geschwindigkeit, als wenn er vertical nach der Höhe dieser Fläche AE fiele. Ferner, wenn er die Fläche BC durchläuft, so ist seine erworbene Geschwindigkeit eben so groß, als wenn er die Höhe dieser Fläche BF = EH durchlaufen hätte. Endlich erhält er, indem er die Fläche CD zurück leget, eine Geschwindigkeit, welche eben so groß ist, als wenn er CG = HI durchliefe. Folglich sind die Geschwindigkeiten, welche er erhält, indem er die drey angezeigten Flächen durchläuft, denjenigen gleich, die er würde erhalten haben, wenn er die Höhen AE + EH + HI frey und ungehindert hätte durchlaufen können, welche

Fig. XV.

zusammen genommen, die Höhe aller dieser Flächen ausmachen.

Hieraus folget nun, daß, wenn sich ein Körper in einem Zirkel niederwärts beweget, er am Ende seines Falles eben so viele Geschwindigkeit wird erhalten haben, als wenn er senkrecht eben dieselbe Höhe herunter gefallen wäre; weil eine Zirkellinie ein unendliches Vieleck ist, welches man als unendlich viele an einander stoßende kleine gerade Linien betrachten kann, welche eben so viele kleine schiefe Flächen ausmachen.

Hieraus folget weiter, daß, wenn ein Körper an das Ende eines Fadens aufgehänget wird, der mit dem andern Ende an einem Puncte fest ist, und dieser Körper Zirkelbögen beschreibet, derselbe als ein Körper betrachtet werden kann, der sich auf der einen Seite, mehrere schiefe an einander stoßende Flächen hinab, und auf der andern Seite mehrere solche schiefe Flächen hinauf beweget. Der Körper erhält also, indem er den Zirkelbogen niederwärts beschreibet, eben so viele Geschwindigkeit, als er erhalten würde, wenn er von einer eben so hohen senkrechten Höhe hinunter fiele. Er bekömmt also in seinem Falle hinreichende Kraft, auf der entgegengesetzten Seite noch einmal so hoch hinaufzusteigen, als er gefallen war (§. 85. N. 5.). Indessen wird er doch nur eben so hoch hinaufsteigen, und in der entgegengesetzten Richtung einen nur eben so großen Bogen durchlaufen, als er im Herabfallen beschrieben hatte. Denn da er, alle andere Hindernisse jetzt bey Seite gesetzt, der Wirkung der Schwere unterworfen ist, so kann er den zweyten Bogen nicht anders, als mit einer gleichförmig abnehmenden Bewegung beschreiben (§. 86.).

§. 92.

Erklärung des Penduls.

Jeder Körper, welcher auf diese Art an das eine Ende eines Fadens oder einer metallenen Ruthe aufgehänget ist, und sich an dem andern Ende

Ende als um einen Mittelpunct bewegen kann, wird ein Pendulum genannt. Die Bewegung eines solchen Körpers heißet seine Oscillation; diejenige Bewegung aber, nach welcher ein Pendulum einen Zirkelbogen oder eine andere krumme Linie beschreibt, es mag nun solches im Hinauf- oder im Hinabsteigen geschehen, seine Vibration oder Schwingung.

§. 93.

Dessen Schwingungen sind isochronisch.

Alle Schwingungen eines und eben desselben Penduls, es mag nun große oder kleine Bögen beschreiben, wenn sie nur nicht allzugroß sind, alle diese Schwingungen sind merklich isochronisch; das ist, sie geschehen insgesammt merklich zu einer und eben derselben Zeit.

Wir haben bewiesen (§. 89.), daß alle Sehnen eines und eben desselben Zirkels in einerley Zeit durchlaufen werden. Nun sind die kleinen Zirkelbögen von ihren Sehnen sehr wenig unterschieden. Folglich sind alle Schwingungen eines Penduls, welches kleine Bögen beschreibt, merklich isochronisch.

Man hänge zwey elfenbeinene oder andere Kugeln an zwey gleich lange Fäden auf, so hat man zwey gleiche Penduln. Man ziehe jede dieser Kugeln nach der entgegengesetzten Richtung in die Höhe, die eine in einem Bogen von sechs, die andere aber in einem Bogen von drey Graden. Man überlasse sie zu einer Zeit sich selbst, so werden sie sich in dem niedrigsten Puncte begegnen und stoßen.

§. 94.

Penduln von verschiedener Materie.

Die Materie des Penduls trägt nichts zu der Länge der Zeit bey, die es zu seinen Schwingungen braucht. Denn wenn ein Pendul, so aus einer eigenthümlich leichtern Materie als ein

ein anderes bestehet, von Seiten des Zwischenkörpers, welchen es durchdringen muß, mehr Verlust in seiner Bewegung erleidet, so folget daraus weiter nichts, als daß seine Geschwindigkeit vermindert wird, daß es kleinere Bögen beschreiben wird, und daß die Weite seiner Schwingungen kleiner seyn wird. Allein es wird zu jeder seiner Schwingungen immer eben so viele Zeit brauchen, als wenn es aus einer schwerern Materie wäre verfertiget worden.

Man hänge zwey Kugeln von einerley Durchmesser, deren eine aber schwerer ist als die andere, an zwey gleich lange Fäden auf, so hat man zwey Penduln von einerley Länge. Man stelle sie einander parallel, ziehe jede Kugel nach ähnlichen Bögen in die Höhe, und überlasse sie zu einer Zeit sich selbst, so werden ihre Schwingungen zu einer und eben derselben Zeit geschehen, obgleich die Weite der Schwingungen des einen in kurzer Zeit weit mehr abnimmt, als die Weite der Schwingungen des andern.

§. 95.

Penduln von verschiedener Länge.

Die Schwingungen der Penduln sind also isochronisch, wenn die Penduln gleich lang sind. Allein, wenn sie verschiedener Länge sind, so wird auch die Dauer ihrer Schwingungen verschieden. Denn die Schwingungen mehrerer Penduln von verschiedener Länge verhalten sich unter einander, in Ansehung ihrer Dauer, wie die Quadratwurzeln der Länge der Penduln.

Fig. XVI.

Der Radius AB des großen Zirkels (Fig. XVI.) ist viermal so groß, als der Radius des kleinen Zirkels. Folglich wird ein Körper, welcher einen Augenblick braucht, um frey und senkrecht die Höhe des Radii DB des kleinen Zirkels hinab zu fallen,

len, deren zwey nöthig haben, um frey und senkrecht die Höhe AB des Radii des großen Zirkels zurück zu legen; weil sich diese Zeiten unter sich verhalten, wie die halben durchlaufenen Räume (§. 85.). Allein wir haben bewiesen (§. 89.), daß ein Körper, welcher die Sehne eines Zirkels durchläuft, dazu eben so viele Zeit braucht, als wenn er vertical von der Höhe seines Durchmessers herabfiele. Folglich wird ein Körper, der die Sehne GB des großen Zirkels durchlaufen will, dazu zweymal mehr Zeit brauchen, als zu der Sehne FB des kleinen Zirkels. Da nun die kleinen Bögen von ihren Sehnen nicht merklich unterschieden sind, so wird ein Pendul, welches den Bogen eines Zirkels durchläuft, dessen Durchmesser viermal größer ist, als der Durchmesser eines andern Zirkels, noch einmal so viel Zeit nöthig haben, diesen Bogen zu durchlaufen. Nun aber verhalten sich die Längen der Penduln, wie die Durchmesser der Zirkel, in welchen sie sich bewegen. Folglich verhalten sich die Schwingungen mehrerer Penduln von verschiedener Länge, so viel nämlich ihre Dauer betrift, wie die Quadratwurzeln ihrer Längen.

Es wäre bey diesem Gegenstande freylich noch sehr vieles anzumerken, vornehmlich was die Unvollkommenheit der Penduln betrift, und die verschiedenen Mittel, welche man zu verschiedenen Zeiten erdacht hat, derselben abzuhelfen. Allein diese Untersuchung würde uns zu weit führen. Man kann indessen dasjenige nachlesen, was Huygens, Le Roi und einige andere in den Schriften der Königlichen Akademie der Wissenschaften davon gesagt haben.

§. 96.

Natur der Schwere. Cartesii Meynung.

Nachdem wir nun die verschiedenen Wirkungen der Schwere entwickelt haben, müssen wir nunmehr die Natur und Beschaffenheit dieser Kraft untersuchen. Dies ist die fünfte Fra-

Frage, die wir uns zu beantworten vorgesetzet hatten (§. 80.). Die Naturkundigen sind in diesem Stücke nicht miteinander einig. Einige halten sie für die Wirkung des Antriebes einer flüßigen Materie, welche unsere Erdkugel umgiebt. Andere aber betrachten sie als ein beständiges Gesetz der Natur, welches keine andere Ursache erkennet, als den höchsten Willen des Schöpfers.

Wenn man diese Frage näher untersucht, so scheinet es unmöglich zu seyn, die Wirkungen der Schwere von dem Antriebe eines flüßigen Körpers herzuleiten, der unsere Erdkugel umgiebt, und sich zwischen ihr und der Sonne befindet. Denn wie Hr. Bouguer (a) sehr wohl bemerket, so bleiben die Wirkungen der Schwere in einerley Gegend immer einerley, die Erde mag der Sonne nahe oder ferne von ihr seyn, sie mag sich in der Nachtgleiche oder in den Sonnenwenden befinden. Wenn aber die Wirkungen der Schwere von einem zwischen der Sonne und der Erde befindlichen flüßigen Wesen herkämen, so würden sie nothwendig größer seyn, wenn die Erde der Sonne am nächsten ist, als wenn sie am weitesten von ihr stehet.

Dessen ungeachtet findet diese Meynung sehr berühmte Verfechter, welche sich nach dem Cartesius auf eine an und für sich unstreitige Wahrheit gründen, welche wir im folgenden beweisen werden, nämlich, daß, wenn sich mehrere Körper in einem und eben demselben Raume, aus welchem sie nicht entfliehen können, im Kreiße bewegen, so verursachet das Uebermaaß der Vis centrifugæ einiger Körper die Vim centripetam anderer.

Nach diesem Grundsatze nimmt Cartesius einen Wirbel flüßiger Materie an, welche sich in der Richtung des Aequators um unsere Erdkugel im Kreiße beweget. Er behauptet, daß dieses flüßige Wesen eine weit grös-sere

(a) *Bouguer* Figure de la Terre, p. 336.

sere Geschwindigkeit besitzet, als diejenige ist, welche mit der Erde alle zu ihrer Oberfläche gehörigen, oder in einiger Höhe über dieser Oberfläche erhabenen Körper mit sich hinwegnimmt. Da nun dieses Uebermaaß von Geschwindigkeit ihm mehr Vim centrifugam ertheilet, so verursachet es, ihm zu Folge, die Vim centripetam dieser Körper.

Dieser geschickte Naturkenner war von der Wahrheit seines Lehrgebäudes so überzeugt, daß er auch die Erfahrung aufforderte, es zu widerlegen. Er that sogar den Vorschlag, eine hohle gläserne Kugel mit Wasser oder einem andern flüßigen Körper anzufüllen, und in die Kugel einige Körper zu thun, welche eigenthümlich leichter wären, als der flüßige Körper. Er behauptete, daß, wenn man hierauf die Kugel sehr schnell um ihre Achse drehete, der mit mehr Masse versehene flüßige Körper im Herumdrehen mehr Vim centrifugam erhalten, und die leichten Körper, welche man mit ihm herumdrehet, nach dem Mittelpuncte der Kugel treiben würde.

Huyghens bewies die Unrichtigkeit dieser Vorstellung, noch ehe er den Versuch wiederholet hatte. Dieser geschickte Kenner der Natur sahe wohl ein, daß die leichten Körper in die Achse, nicht aber in den Mittelpunct fallen müßten, wie wir sogleich beweisen wollen.

Fig. XVII.

Man stelle sich eine hohle mit Wasser angefüllte Kugel ABCD (Fig. XVII.) vor, in welcher man ein klein wenig Luft übrig gelassen. Die Luft, als ein leichterer Körper, wird sich in dem obern Theile der Kugel aufhalten, und daselbst ein kleines Segment der Kugel B einnehmen. Spannet man nun die Kugel zwischen die Docken einer Drechselbank, und drehet sie sehr schnell um ihre Achse EC, so wird die kleine Luftmasse durch die Stöße, die sie von den durch die Umdrehung der Kugel in Bewegung gesetzten Theilen des flüßigen Körpers erhält, in viele kleine Kügelchen getheilet werden. Diese kleinen Kügelchen werden sich durch den ganzen Umkreis der Wassermasse vertheilen, wenn anders die Achse der Kugel mit dem Horizonte parallel ist. Nun kann diese Masse Wasser wie eine Menge auf einer Achse befindlicher Zirkel, die mit dem Aequator parallel gehen, angesehen werden. Folglich werden die Kügelchen, welche sich in diesen verschiedenen Zirkeln befinden, von dem Uebermaaße der Vis centrifugæ dieser flüßigen Zirkel dahin gerissen, und in den Mittelpunct ihres besondern Kreislaufes getrieben werden. Sie werden also insgesammt in die Achse, nicht aber in den Mittelpunct der Kugel fallen.

§. 97.

Fortsetzung.

Cartesii Meynung war zu sinnreich, als daß man sich so bald hätte entschließen können, sie fahren zu lassen, ob man gleich von ihrer Unrichtigkeit überzeugt war. Hughens selbst nahm sie mit Beyfall an. Allein er erdachte statt eines einigen Wirbels deren viele, und ließ sie sich nach verschiedenen Richtungen bewegen, nachdem er es für nöthig hielt, um von allen Erscheinungen, die davon herrühren sollten, Rechenschaft zu geben. Da aber seine Hypothese zu sehr verwickelt, und augenscheinlichen Widersprüchen ausgesetzet war, so konnte sie sich auch nicht lange in Ansehen erhalten. Indessen schreckte solches die Naturkundigen nicht ab, und man verließ deswegen Cartesii Meynung noch nicht. Denn die Akademie der Wissenschaften gab noch A. 1728. die Preisfrage auf: Wie die Wirkungen der Schwere nach des Cartesii Meynung zu erklären wären. Unter den verschiedenen eingegangenen Schriften wurde Bülfingers Schrift gekrönet, nicht als wenn sie die Frage vollkommen beantwortet hätte, sondern vielmehr weil sie außerordentlich sinnreich war. Dieser geschickte Naturlehrer nimmt nur zwey Wirbel

um

um die Erde an, deren einer sich von Abend nach Morgen, der andere aber von Mittag nach Mitternacht beweget. Nach dieser Meynung werden die Körper, welche über die Oberfläche der Erde erhaben, und sich selbst überlassen werden, von zweyen Kräften bestritten, deren eine, nämlich der Wirbel, der sich von Abend nach Morgen beweget, sie nach der Erdachse zu bestimmet, und der andere, nämlich der Wirbel von Mittag nach Mitternacht, sie nach dem Aequator treibet; diese Körper, sage ich, welche bestimmet werden, sich nach zwey verschiedenen Richtungen zu bewegen, können der Wirkung beyder Kräfte auf keine andere Art nachgeben, als daß sie zwischen denjenigen Richtungen, welche beyde Wirbel ihnen zu geben bemühet sind, einer mittlern Richtung folgen (§. 77.), die sie denn nach den Mittelpunct der Erde treibt.

Um diese Meynung desto deutlicher zu machen, soll der Zirkel ABCD (Fig. 18.) die Erdkugel vorstellen. Die Linie BD soll die Erdachse, die Linie AC der Aequator, die Linie RS aber einer der Wendekreise seyn. Wenn nun ein Körper in dem Punte R sich selbst überlassen wird, so wird der Wirbel, der von Mittag nach Mitternacht gehet, ihn nach den Punct F des Aequators AC treiben. Eben so wird der Körper durch den Wirbel, der sich von Abend nach Morgen drehet, nach den Punct G der Achse BD gebracht werde. Allein da er in diesem Falle der mittlern Linie RZ zwischen diesen beyden Richtungen folget, so kommt er nach einer senkrechten Linie nach den Mittelpunct der Erde Z (a). Fig. XVIII.

Die Unrichtigkeit dieser Hypothese ist sehr leicht einzusehen. Denn ein jeder begreift gar bald, daß zwey Wirbel flüßiger Materie, deren Bewegungen sich nach rechten Winkeln durchschneiden, sich nothwendig schaden, ja

(a) Mém. de l'Acad. des Sciences, 1741.

ja nach einer gewissen Zeit sich aufheben müssen, wenn sie mit gleichen Kräften wirken. Wenn sie aber mit ungleichen Kräften wirken, so muß derjenige, der die größte Kraft hat, seinen Gegner nothwendig aufreiben. Der erste kann sich alsdann nur vermittelst seines Uebermaasses an Kraft bewegen; folglich kann die gedachte Wirkung alsdann nicht mehr statt haben.

Alle Verbesserungen, die man bisher mit Cartesii Hypothese vorgenommen hat, sind daher nicht hinreichend, die Wirkungen der Schwere auf eine befriedigende Art von dem Drucke eines um unsere Erdkugel befindlichen flüßigen Wesens herzuleiten.

§. 98.

Anziehende Kraft der Körper.

Diejenigen, welche ihre Zuflucht zu der anziehenden Kraft nehmen, können die Beschaffenheit dieser Ursache eben so wenig erklären. Sie gestehen auch ihre Unwissenheit in diesem Stücke unverhohlen. Sie behaupten blos, daß sie ein allgemeines Gesetz ist, weil sie sich in allen Fällen die wir gewahr werden, zeiget; ein Satz, den man so lange gar wohl zugeben kann, bis wir einmal das Gebieth unserer Erkänntniß erweitern, und ein Geheimniß ergründen, welches bisher den scharfsinnigsten Untersuchungen der berühmtesten Naturlehrer entgangen ist. Ueberdieß kann man vermittelst dieses Satzes die Entdeckungen in der Naturlehre schon sehr weit treiben, weil man vermittelst derselben nicht allein die innere Stärke dieser Ursache, und die Gesetze, nach welchen sie wirket, bestimmen kann. Alle Erscheinungen ordnen sich vermittelst dieses Satzes gleichsam von sich selbst, nach der ihnen eigenthümlichen Ordnung und Verbindung, und alle Schwierigkeiten, welche mit einem jeden andern Lehrgebäude unzertrennlich verbunden sind, verschwinden bey dem ersten Anblicke.

§. 99.

Ob wir nun gleich das Wesen dieser Ursache noch nicht kennen, so müssen wir doch einräumen, daß alle Körper eine anziehende Kraft gegen einander ausüben. Außer dem, was wir schon (§. 5.) hiervon beygebracht haben, wollen wir hier noch eine Beobachtung anführen, welche die Herren la Condamine und Bouguer gemeinschaftlich machten (a), und welche das Daseyn dieser Ursache beweiset. Diese beyden Gelehrten, welche ein Pendul neben dem Berge Chimboraßo in Peru aufgestellet hatten, bemerkten, daß sich dieses Pendul von der Perpendicular-Linie entfernete, und mit derselben einen Winkel von 7 bis 8 Min. machte; ein deutlicher Beweis, daß die anziehende Kraft des Berges eine überwiegende Gewalt über das Pendul hatte.

Allgemeines Gesetz dieser Kraft.

Wir schränken uns hier blos auf das Daseyn dieser Kraft ein, und wollen daher nur noch das allgemeine Gesetz anführen, nach welchem sie auf die Körper wirket, die sie in einiger Entfernung bestimmet. Es ist dieses. Die anziehende Kraft verhält sich wie die Massen, und umgekehrt, wie die Quadrate der Entfernungen.

Der berühmte Kanzler Baco (b), dessen unermüdeter Geist für die Vollkommenheit der Künste und Wissenschaften jedermann bekannt ist, hatte schon einige Spur von dieser anziehenden Kraft, und vermuthete, daß ihre innere Stärke zunehmen müsse, je mehr sie sich dem Mittelpuncte ihrer Wirksamkeit näherte. Er that daher den Vorschlag, daß man sowohl auf den erhabensten, als auch in den tiefsten Orten Penduln anbrächte, und die Zahl ihrer Schwingungen in einer gegebenen Zeit, und an diesen von einander so sehr entfernten

(a) Figure de la Terre, Sect. 7.
(b) *Baco* novum Scientiarum Organon.

fernten Orten auf das sorgfältigste bemerken möchte. Dieses thaten die Herren de la Condamine und Bouguer, obgleich in einer andern Absicht. Der erste trug ein Pendul auf verschiedene Höhen, und zählete die Schwingungen, welche es in 24 Stunden machte. Der zweyte betrachtete die verschiedenen Längen, die man einem Pendul in allen diesen verschiedenen Stellungen geben müsse, und obgleich die Resultate dem von uns angegebenen Gesetze nicht vollkommen gemäß waren, so waren sie doch sehr wenig davon entfernet, und man muß diesen Unterschied der Ungleichheit der Oberfläche der Erdkugel, und dem Mangel einer gleichförmigen Festigkeit in ihrem Innern zuschreiben. Vielleicht hat auch die Witterung, welche an solchen Orten nothwendig sehr verschieden seyn muß, etwas zu diesem Mangel der Genauigkeit beygetragen.

§. 100.

Fortsetzung.

Die Bewegung des Mondes um die Erde, seine Annäherung gegen dieselbe in einer gegebenen Zeit, in Vergleichung mit dem Raume, welchen die Körper auf der Oberfläche der Erde durchlaufen, wenn sich der Mond derselben nähert, ist eine neuer Beweis von der Wahrheit des jetzt gedachten Gesetzes.

Es ist bekannt, daß die mittlere Entfernung des Mondes von dem Mittelpuncte der Erde 60 halbe Erddurchmesser beträgt, und daß die auf ihrer Oberfläche befindlichen Körper nur um einen einigen halben Durchmesser von eben demselben Mittelpuncte entfernet sind. Ihre Entfernungen von diesem Mittelpuncte verhalten sich also wie 60 zu 1, wovon 3600 und 1 die Quadrate sind. Nun aber nähert sich der Mond in einer gegebenen Zeit dem Mittelpuncte der Erde wirklich 3600 mal schwächer, als ein Körper, der in einer kleinen Entfernung über ihre Oberfläche sich selbst überlassen wird.

Aus

Aus der Beobachtung des Hrn. Hughens ist bekannt, daß in unserm Erdstriche die Körper in der ersten Secunde ihres Falles sich nur um 15 Fuß dem Mittelpuncte der Erde nähern. Man weiß ferner aus einer Berechnung, welche sehr leicht angestellet werden kann, daß der Mond eine Minute oder 60″ braucht, wenn er sich dem Mittelpuncte unserer Erdkugel um 15 Fuß nähern will. Da sich nun die vermittelst der Schwere durchlaufenen Räume verhalten, wie die Quadrate der Zeiten, in welchen sie zurück geleget werden (§. 86. N. 10.): so durchläuft ein Körper, der in der ersten Secunde seines Falles 15 Fuß zurück leget, in 60 Secunden oder einer Min. deren 54000. Denn wenn man nach diesem Grundsatze eine Proportion anstellet, so findet man $1'' + 1'' : 60'' + 60'' = 15 : x$, und in benannten Größen, $1 : 3600 = 15 : 54000$. Ein Raum von 54000 Fuß ist also 3600 mal größer als ein Raum von 15 Fuß. Der Mond nähert sich also dem Mittelpuncte der Erde in einer gegeben Zeit 3600 mal schwächer, als ein Körper, welcher in seiner Freyheit nach der Oberfläche der Erde zufällt. Folglich folget die Kraft der Schwere, welche beyde Körper bestimmet, in Ansehung ihrer Intensität, dem umgekehrten Verhältnisse des Quadrates ihrer Entfernungen, zu ihrem Mittelpuncte der Wirksamkeit.

§. 101.

Gemischte Bewegung.

Ehe wir dasjenige schließen können, was wir von der Dynamik zu sagen uns vorgenommen haben, müssen wir noch von der gemischten Bewegung handeln. Diese Bewegung hat etwas von der gleichförmigen und ungleichförmigen, sowohl zu- als abnehmenden Bewegung an sich. Man bemerket sie an allen denjenigen Körpern, welche man in einer mit dem Horizonte parallelen oder schiefen Richtung wirft, ingleichen in allen denjenigen, welche sich in einer krum-

men

men Linie bewegen. Wir wollen hier von denjenigen Körpern handeln, die sich in diesen beyden Arten von Umständen befinden.

§. 102.

Jeder geworfene Körper beschreibt eine krumme Linie.

Wir bemerken beständig, daß ein Körper, der mit dem Horizonte parallel geworfen wird, nicht die Richtung behält, die man ihm giebt. Eben so verhält es sich mit denjenigen, welche schief auf den Horizont geworfen werden. Beydes kömmt daher, weil diese Körper alsdann der Wirkung der Schwere unterworfen sind, welche sie beständig nach den Mittelpunct der Erde zu treiben sucht. Die Kraft, durch welche man sie in Bewegung zu setzen sucht, ist unter dem Namen der Vis projectilis oder des Wurfes bekannt.

Hieraus folget nun, daß ein Körper, der vermittelst eines Wurfes in Bewegung gesetzet worden, der ihn nach einer in Ansehung des Horizontes parallelen oder schiefen Bewegung bestimmet, nothwendig eine krumme Linie beschreiben muß; indem er in jedem Augenblicke seiner Bewegung zwey verschiedenen Kräften nachgeben muß, deren eine ihn bestimmet, sich in einer mit dem Horizonte parallelen oder schiefen Richtung gleichförmig zu bewegen, (ohne auf den Widerstand des Zwischenkörpers zu sehen) die andere aber ihn zu einer ungleichförmigen Bewegung in einer senkrechten Richtung zu bestimmen sucht.

Fig. XIX.

Ein Körper soll vermittelst eines Wurfes bestimmet werden, sich nach der Richtung AB (Fig. 19.) zu bewegen, so daß er in jedem Augenblicke die gleichen Räume AC, CP, und PQ durchlaufen soll. Sobald dieser Körper sich selbst überlassen wird, wird er auch der Wirkung der Schwere ausgesetzt, die ihn in der senkrechten Linie AZ nach den Mittelpunct der Erde zu treibet. Gesetzt nun, daß sich diese letzte Kraft bestrebet, ihn in dem ersten Augenblicke durch den Raum AD zu treiben; so wird er alsdenn der Wirkung zweyer Kräfte ausgesetzet seyn, deren eine ihn nach C, die andere aber nach D treiben wird. Er wird also eine zusammengesetzte Bewegung erhalten, und die Linie AE beschreiben, welches die Diagonallinie des Parallelogrammes ist, welches vermittelst der beyden Richtungen AC und AD beschrieben wird. Wenn er nun nach E gekommen ist, und die Schwere aufhörete, auf ihn zu wirken, so würde er fortfahren, sich nach eben derselben Richtung zu bewegen, und die Linie EH = AE beschreiben. Allein indem er am Ende des ersten Augenblickes nach E gekommen ist, so wirket die Kraft der Schwere auch noch in dem zweyten Augenblicke auf ihn, und bestimmt ihn, sich von E nach F = 3 AD zu bewegen (§. 85.). Die Bewegung dieses Körpers wird also wiederum aus den zweyen Richtungen EG = CP = AC wegen der Kraft des Wurfes, und EF vermöge der Schwere zusammen gesetzt. Er muß also in dem zweyten Augenblicke die Diagonallinie EI beschreiben. Wenn die Wirkung der Schwere in dem Augenblicke, da er nach I gekommen ist, vernichtet würde, so würde er eben derselben Richtung folgen, und in dem dritten Augenblicke die Linie IM = EI beschreiben. Allein, da die Schwere ihn wiederum beherrschet, und ihn antreibet, sich von I nach N = 5 AD zu bewegen, so muß seine Bewegung aus den beyden Richtungen IL = PQ = PC = CA, wegen des Wurfes, und IN wegen der Schwere, von neuem zusammen gesetzt werden. Er muß folglich in dem dritten Augenblicke die Diagonallinie IO durchlaufen, u. s. f.

Die Diagonallinien AE, EI, und IO sind insgesammt gegen einander geneiget, und jede derselben stellet die Bewegung des Körpers in einer endlichen und bestimmten Zeit, vermöge der verschiedenen Wirkung der zwey Kräfte vor, welche auf ihn wirken. Allein, jeder endliche und bestimmte Augenblick ist wieder aus einer unendlichen Zahl unendlich kleiner Augenblicke zusammengesetzt, während welcher die beyden Kräfte sich unaufhörlich mit einander vereinigen. Die Bewegung dieses Körpers muß also durch eine unendliche Anzahl unendlich kleiner, an einander stoßender und gegen einander geneigter Diagonallinien vorgestellet werden. Nun entstehet aus dergleichen unendlich kleinen Diagonallinien eine krumme Linie. Folglich beschreibet ein Körper, der zu einer und eben derselben Zeit von der Kraft des Wurfes, und von der Kraft der Schwere bestimmet wird, eine krumme Linie.

§. 103.

Beschaffenheit dieser krummen Linie.

Fast alle Mathematici behaupten, daß die krumme Linie, welche ein Körper in dergleichen Umständen beschreibet, eine wahre Parabel ist. Sie beweisen, daß die Quadrate der Ordinaten auf der Achse dieser krummen Linie, sich verhalten, wie ihre Abscissen.

Wenn man AS für die Achse dieser krummen Linie annimmt, so werden AD, AR und AS die Abscissen, und DE, RI und SO die Ordinaten seyn. Nun ist $AD : AR : AS = DE^2 : RI^2 : SO^2$, vermöge der Verfertigung. Folglich u. s. f.

§. 104.

Fortsetzung.

Ist aber die krumme Linie, welche Körper, die mit dem Horizonte entweder parallel oder schief geworfen werden, beschreiben, in dem strengsten Verstande eine Parabel? Hierüber sind die Naturlehrer nicht einig.

1) Die

1) Die Linien AD, IF und IN, welche die Richtungen der zunehmenden Kraft vorstellen, müßten alsdann unter einander parallel seyn; welches aber wider die Natur dieser Kraft ist, welche die Körper nach dem Mittelpunct der Schwere treibet, daher diese Linien nothwendig nach den Mittelpunct der Vereinigung geneigt seyn müssen.

2) Die kraft des Wurfes durchlaufenen Räume, müßten alsdann einander gleich seyn; welches aber im strengsten Verstande nicht wahr seyn kann, indem jeder Zwischenkörper die Bewegung des Körpers zu hindern sucht.

3) Die vermöge der zunehmenden Kraft durchlaufenen Räume, müßten sich alsdann verhalten, wie die Quadrate der Zeiten; eine Bedingung, der sich der Widerstand der Zwischenkörper noch mehr entgegen setzet.

Der berühmte Newton behauptet daher, daß die krumme Linie, welche die Körper auf Antrieb der jetztgedachten zwey Kräfte beschreiben, sich mehr der Hyperbel, als der Parabel nähert (a).

Wenn indessen der Fall der Körper von keiner allzugroßen Höhe geschiehet, so wollen diese drey Hindernisse nur sehr wenig sagen; da der Mittelpunct der Erde um 1500 franz. Meilen von ihrer Oberfläche entfernet ist, so ist der Mangel des Parallelismus der Linien AD, IF und IN viel zu unmerklich, als daß er in der Ausübung in Betrachtung kommen könnte. Blondel (b) hat diese Abweichung berechnet, und gefunden, daß sie nur einen Irrthum von $5\frac{1}{2}$ Zoll in einer Weite von 2500 Toisen beträgt, welche ein auf den Gipfel eines Berges, der 100 Toisen hoch ist, horizontal gepflanztes Geschütz eine Kugel treiben muß. Die beyden andern durch den Widerstand der Zwischenkörper verursachten Abweichungen,

(a) *Newton* Princip. L. I

(b) Memoires de l'Acad. 1718.

wollen bey dergleichen Arten des Falles, als alle übliche Geschütze verursachen, gleichfalls sehr wenig sagen.

Wenn man diesen Versuch im Kleinen wiederholet, und eine metallene Kugel aus einer Rinne fallen lässet, deren unteres Ende sich bey dem Puncte A befindet (Fig. 19.), so wird man finden, daß sie in ihrem Falle eine wirkliche Parabel beschreiben wird.

§. 105.

Kreisförmige Bewegung.

Obgleich die Kraft des Wurfes in Vereinigung mit der zunehmenden Kraft, die Körper, welche auf diese Art bestimmet werden, Parabeln beschreiben lässet, so können doch diese beyden Kräfte so mit einander verbunden seyn, daß sie die Körper eine krumme Linie von ganz anderer Art beschreiben lassen. Wir bemerken solches an denjenigen Körpern, welche sich im Kreise um einen Mittelpunct bewegen. Wir bemerken solches an den Himmelskörpern, welche Ellipsen um die Sonne beschreiben, u. s. f. Hier bleiben wir nur bey der Bewegung derjenigen Körper stehen, welche sich in einer Zirkellinie bewegen.

§. 106.

Gesetz derselbē.

Jeder Körper, welcher den Umfang eines Vieleckes durchläuft, verändert seine Richtung so viele male, weniger eines, als das Vieleck Seiten hat.

Fig. XX.

Ein Körper soll sich nach der Seite AB des Vieleckes ABCDE (Fig. 20.) bewegen. Wenn er in den Punct B gekommen ist, so wird er ganz natürlich fortfahren, sich nach der Richtung Bb zu bewegen, weil jeder Körper sich beständig bestrebt, sich nach einer geraden Linie zu bewegen (§. 49.). Er kann daher die Richtung BC der zweyten Seite nicht nehmen, wenn er nicht durch eine fremde Ursache dazu bestimmt

bestimmt wird, welche ihn von der Richtung B b abbringt. Wenn der Körper in den Punct c gekommen ist, so wird er fortfahren, sich nach der Richtung C c zu bewegen, wenn er nicht eine zweyte Ursache antrifft, die ihn nach der Seite C D treibet, u. s. f. Er kann also den Umkreis dieses Vieleckes nicht durchlaufen, wenn er nicht seine Richtung viermal ändert. Folglich kann ein Körper den Umkreis eines Vieleckes nicht beschreiben, wenn er seine Richtung nicht eben so viele male, weniger eins, verändert, als das Vieleck Seiten hat. Hieraus folget nun:

1) Ein Körper kann den Umkreis eines Vieleckes nicht durchlaufen, wenn er nicht am Ende einer jeden Seite, von der Richtung, der er zu folgen sucht, abgebracht wird.

2) Ein Körper kann den Umkreis eines Zirkels nicht durchlaufen, wenn er nicht jeden Augenblick von der geraden Linie, der er zu folgen sucht, abgebracht wird; weil ein Zirkel ein Vieleck von unendlich vielen Seiten ist, dessen aneinander stoßende Seiten insgesammt unendlich klein sind.

3) Jeder Körper, der sich im Kreise um einen Mittelpunct beweget, sucht sich also jeden Augenblick von dem Mittelpuncte seines Kreislaufes zu entfernen, und zwar vermittelst einer Tangente, bey jedem Puncte des Zirkels, den er beschreibet; weil er sich beständig bestrebet, der Richtung jeder unendlich kleinen Seite des Zirkels zu folgen.

§. 107.

Centrifugal- und Centripetal-Kraft.

Diese Kraft, welche einen Körper, der sich im Kreise beweget, bestimmet, sich vermittelst einer Tangente zu entfernen, nennet man die Centrifugal-Kraft. Sie ist derjenigen entgegengesetzet, welche sich beständig bemühet, den Körper nach den Mittelpunct seines Kreislaufes zu bringen, und welche man daher die Centripetal-Kraft nennet. Beyde einander entgegengesetzte Kräfte sind indessen in allen Körpern vorhanden, welche sich in einem Kreise, oder nach einer jeden einwärts gehenden krummen Linie bewegen. Sie sind es, welche durch ihren Widerstand die Harmonie der Himmelskörper erhalten, und jeden Planeten in der Bahn einschränken, welche er durchlaufen soll.

§. 108.

Daseyn der Centrifugal-Kraft.

Wir können es mit vielen Versuchen beweisen, daß alle Körper, welche sich in einem Kreise bewegen, vermittelst einer Tangente in jedem Puncte des Zirkels, welchen sie beschreiben, sich von dem Mittelpuncte ihres Kreislaufes zu entfernen suchen.

1) Man befestige an das Ende einer Schleuder ein offenes und mit Wasser angefülltes Gefäß, und bewege es in einem Kreise. Wann gleich das Gefäß, wenn es in das Zenith seines Kreislaufes gekommen ist, mit seiner Oeffnung senkrecht auf den Horizont stehet, und das Wasser vermöge seiner Schwere aus dieser Oeffnung zu fallen sucht, so wird doch die Centrifugal-Kraft, welche es durch den Kreislauf des Gefäßes erhalten hat, dasselbe zurückhalten und es an den Boden des Gefäßes drücken.

Fig. XXI.

2) Man reihe zwey elfenbeinene Kugeln A und B (Fig. 21.) auf einen Drath, der zwischen die beyden Enden C und D eines auf einer Rolle G angebrachten Trägers E F gespannet ist. Man stelle die beyden Kugeln auf jeder Seite jenseit des Mittelpunctes H der Rolle, und bewege den Träger vermittelst eines horizontal liegenden Rades I im Kreise: so

so werden die beyden Kugeln an der kreisförmigen Bewegung der Maschine Theil nehmen, und, vermöge der Centrifugal-Kraft, welche sie in dieser Bewegung erhalten, von dem Mittelpuncte ihres Kreislaufes entfliehen, und an die beyden Enden C und D des Trägers stoßen.

3) Man befestige auf einem ähnlichen Träger eine Art eines Beckens A (Fig. 22.) an dessen Seiten zwey Röhren BD und CE angebracht worden, welche an ihren Enden D und E erweitert sind. Man fülle das Becken A mit Wasser, und drehe es im Kreiße herum, so wird das darinn befindliche Wasser durch die kreisförmige Bewegung eine Centrifugal-Kraft erhalten, aus den Oefnungen an der Seite abfließen, und sich in die Kugeln D und E an den Enden der beyden Röhren begeben. Fig. XXII.

Jeder feste oder flüßige Körper erhält also eine Centrifugal-Kraft, wenn man ihn im Kreiße beweget.

§. 109.

Diese Centrifugal-Kraft ist jederzeit der Masse des bewegten Körpers gemäß. Sie nimmt auch zu, wenn dessen Geschwindigkeit vermehret wird. Verhältniß dieser Kraft.

Man reihe zwey elfenbeinene Kugeln von verschiedenen Massen auf einen Draht (Fig. 21.), und verbinde sie mit einander vermittelst eines Fadens Seide oder Zwirn. Man entferne sie gleich weit von dem Mittelpuncte ihrer Bewegung, und stelle sie an die Enden gleicher Radiorum, so, daß sie eine gleiche Geschwindigkeit bekommen: so wird die größere Kugel eine größere Centrifugal-Kraft bekommen, als die kleinere, weil sie das Bestreben der letztern, sich an das Ende ihres Radii zu begeben, überwinden, und sie nach sich ziehen wird.

Man wiederhole diesen Versuch, stelle aber die große Kugel näher an den Mittelpunct der Bewegung, die kleine aber weiter von demselben, so werden beyde Kugeln Geschwindigkeiten erhalten, welche sich, wie ihre Entfernungen von dem Mittelpuncte des Kreislaufes verhalten werden, und die kleinere wird die größere nach sich ziehen; woraus denn das Uebergewicht ihrer Centrifugal-Kraft erhellet, und folglich auch, daß diese Kraft vermehret wird, wenn die Geschwindigkeit des im Kreisse laufenden Körpers zunimmt.

§. 110.

Dessen nähere Bestimmung.

Allein, nach welchem Verhältnisse wird die Centrifugal-Kraft von der Masse und der Geschwindigkeit vermehret? Dies wollen wir jetzt so genau untersuchen, als nur möglich seyn wird.

Die Centrifugal-Kraft eines Körpers, der sich im Kreiße beweget, wächset, wie dessen Masse; das heißt, wenn sich zwey oder mehrere Körper im Kreiße bewegen, und sie blos in Ansehung ihrer Massen von einander unterschieden sind, so werden sich ihre Centrifugal-Kräfte verhalten, wie ihre Massen. Folglich werden die Centrifugal-Kräfte zweyer Körper, welche einerley Geschwindigkeit und Masse haben, einander gleich seyn. Der Beweis dieses Corollarii führet den Beweis des allgemeinen Satzes mit sich, aus welchem es fließet. Ich ziehe hier den Beweis des Corollarii blos darum vor, weil er sich leichter vermittelst eines Versuches führen lässet.

Man reihe auf ein Stück Draht (Fig. 21.) zwey Kugeln von einerley Masse, und verbinde sie mit einem etwas langen Faden mit einander. Hierauf stelle man sie gleich weit von dem Mittelpuncte der Bewegung, so werden, wenn man anfängt zu drehen, beyde Kugeln sich

sich bestreben, nach den beyden Enden des Trägers zu entfliehen. Da aber der Faden, der sie verbindet, sie daran verhindert, so werden sie in gleichen Entfernungen von dem Mittelpuncte der Bewegung unbeweglich bleiben.

Wenn die Centrifugal-Kraft eines Körpers, der sich im Kreiße beweget, genau so wie seine Masse wächset, wenn nämlich alle übrige Umstände gleich sind, so verhält sie sich doch nicht auf eben diese Art in Ansehung seiner Geschwindigkeit. Denn diese Kraft verhält sich wie das Quadrat der Geschwindigkeit, dividirt durch den Durchmesser des Zirkels, welchen der Körper beschreibet.

Um die Wahrheit dieses Satzes zu beweisen, muß man den Satz voraus setzen, daß die Centrifugal-Kraft eines Körpers, welcher den Umkreis eines Zirkels durchläuft, seiner Centripetal-Kraft gleich ist.

Die Zirkel-Linie ist in ihrem ganzen Umfange gleichförmig. Ein Körper, welcher den Umkreis eines Zirkels durchläuft, bleibt also in allen Puncten dieses Umkreißes gleichweit von dessen Mittelpuncte entfernet. Die Centrifugal- und die Centripetal-Kraft stehen daher auch beständig im Gleichgewichte. Beyde Kräfte sind also auch einander gleich. Nun ist aber die Centripetal-Kraft, gleich dem Quadrate der Geschwindigkeit, dividirt durch den Durchmesser des Zirkels.

Wir wollen auf einen Augenblick die Schwere als eine gleichförmige Kraft annehmen, ungeachtet sie von Natur eine zunehmende Kraft ist. Wenn man sie nun als gleichförmig betrachtet, so ist sie gleich dem Quadrate der Geschwindigkeit, dividirt durch den Radius. Da aber diese Kraft von Natur eine zunehmende Kraft ist, so wird sie in der That nur halb so groß, und also dem Quadrate der Geschwindigkeit, dividirt durch den Diameter, gleich seyn.

Man stelle sich den Umfang des Zirkels durch das Achteck BCEGHIK (Fig. 23.) vor, und ziehe die Radios AC und AE. Man verlängere die Seite BC bis nach D, so, daß CD = BC ist. Man ziehe aus dem Ende D die Linie DE, mit dem Radio CA parallel, und ziehe endlich aus dem Puncte E, die Linie EF, mit CD parallel.

Dies vorausgesetzt, wird die Centripetal-Kraft des Körpers, der den Umkreis des Zirkels, welcher durch das angezeigte Achteck vorgestellet wird, durch CF = DE, und die Geschwindigkeit eben dieses Körpers durch die Seite CE ausgedrückt werden. Man wird also bekommen $CF = \frac{CE^2}{CA}$, weil die gleichschenkeligen Triangel ACE und CDE einander ähnlich sind. Ihre gleichnamigen Seiten stehen also mit einander im Verhältniß. Man bekömmt daher CA : CE = CE : DE. Nun ist vermöge der Construction DE = CF. Wenn man nun dieses substituirt, so bekömmt man, CA : CE = CE : CF. Folglich $CF = \frac{CE^2}{CA}$. Allein die Centripetal-Kraft ist, wie wir bereits bemerket haben, eine zunehmende Kraft, welche also auch nur die Hälfte von dem jetzt gefundenen Werthe ist. Ihr Ausdruck ist also $CF = \frac{CE^2}{2CA}$. Da nun in einem Zirkel die Centrifugal-Kraft der Centripetal-Kraft gleich ist, so lässet sich ein und eben derselbe Ausdruck von beyden Kräften brauchen.

§. 111.

Geschwindigkeit der kreisförmigen Bewegung.

Man weiß die Geschwindigkeit eines Körpers, der den Umkreis eines Zirkels durchläuft, wenn man den Durchmesser dieses Zirkels weiß. Denn Hughens hat bewiesen, daß die Geschwindigkeit eines Körpers, welcher den Um-

Umkreis eines Zirkels durchläuft, derjenigen gleich ist, die er erhalten haben würde, wenn er von einer Höhe gefallen wäre, welche dem vierten Theile des Diameters dieses Zirkels gleich ist.

Zu desto besserer Verständlichkeit dieses Beweises wollen wir den Radium des Zirkels mit dem Anfangsbuchstaben R bezeichnen;

die Geschwindigkeit mit V
die zunehmende Kraft mit F
die Zeit mit T.

1) Der vermöge einer zunehmenden Kraft durchlaufene Raum stehet in einem zusammengesetzten Verhältnisse gegen die zunehmende Kraft und das Quadrat der Zeit; das heißt, $\frac{1}{2} R = FTT$, oder $R = 2 FTT$.

2) Die am Ende der mit T bezeichneten Zeit, oder am Ende des mit $\frac{1}{2} R$ ausgedruckten Raumes erhaltene Geschwindigkeit ist noch einmal so groß, als die Geschwindigkeit, kraft welcher der Körper $\frac{1}{2} R$ in eben derselben Zeit durchläuft. Daher ist $V = \frac{R}{T}$; oder nach der Substitution $V = 2 FT$. Also ist $T = \frac{V}{2F}$, und folglich $TT = \frac{VV}{4FF}$. Wenn also in der Formel $R = 2 FTT$ ist, und man den Werth von TT substituiret, so ist $\frac{1}{2} R = \frac{FVV}{4FF}$; oder noch kürzer $\frac{1}{2} R = \frac{VV}{4F}$. Also ist $VV = 2 FR$. Folglich ist V, oder die am Ende des durch $\frac{1}{2} R$ ausgedruckten Raumes erlangte Geschwindigkeit $= \sqrt{2 FR}$. Es ist nun noch zu beweisen, daß ein Körper, welcher den Umkreis eines Zirkels beschreibet, eine Geschwindigkeit besitzet, welche durch $\sqrt{2 FR}$ ausgedruckt werden muß. Nun ist aber die

die Centripetal-Kraft, welche einen Körper in der Zirkel-Linie erhält, oder $F = \frac{VV}{2R}$ (§. 110.). Folglich $VV = 2FR$. Folglich ist auch $V = \sqrt{2FR}$.

Hieraus folget nun, daß die Geschwindigkeit eines Körpers, welcher eine Zirkel-Linie durchläuft, derjenigen gleich ist, welche er erlangt haben würde, wenn er von der Höhe des halben Radii dieses Zirkels gefallen wäre.

§. 112.

Fortsetzung.

Die Centrifugal-Kraft in einem Zirkel war $F = \frac{VV}{2R}$. Wenn sich nun zwey Körper in zwey ungleichen Zirkeln und mit ungleichen Geschwindigkeiten bewegen, so drückt man die Centrifugal-Kraft des einen mit $F = \frac{VV}{2R}$, und die Centrifugal-Kraft des andern mit $f = \frac{vv}{2r}$ aus; ihre Kräfte aber werden sich gegen einander verhalten, wie ihre Formeln. Also ist $F : f = \frac{VV}{2R} : \frac{vv}{2r}$. Da aber $2R$ den Durchmesser vorstellet, so wollen wir uns dafür des Buchstaben D bedienen, um die Rechnung bequemer zu machen.

Hieraus folget nun, 1) daß, wenn man die Central-Kräfte zweyer Körper, welche sich nach Zirkel-Linien bewegen, mit einander vergleicht, und $D = d$ ist, so ist auch $F : f = VV : vv$.

2) Wenn $V = v$ ist, so ist $F : f = d : D$; weil die Quotienten zweyer gleichen Größen sich verhalten, wie die Divisores.

3) Wenn

3) Wenn $VV : vv = D : d$, so ist auch $F = f$. Denn man bekömmt alsdann alternando, $VV : D = vv : d$. Folglich ist $F = f$.

4) Wenn $VV : vv = d : D$, so ist auch $F : f = d^2 : D$. In dem angenommenen Falle ist das Verhältniß VV zu vv, gleich dem Verhältnisse d zu D. Man kann sie also in dem allgemeinen Ausdrucke für einander setzen, und da bekömmt man $F : f = \frac{d}{D} : \frac{D}{d}$. Schaffet man die Brüche weg, so ist $FDd : fDd = d^2 : D^2$; oder noch kürzer $F : f = d^2 : D^2$.

5) Wenn $V : v = d : D$, so ist $F : f = d^3 : D^3$. Denn in dem angenommenen Falle war $V : v = d : D$. Folglich ist $VV : vv = d^2 : D^2$. Wenn man dieses letzte Verhältniß in dem allgemeinen Ausdrucke statt des erstern setzet, so ist $F : f = \frac{d2}{D} : \frac{D2}{d}$, oder nach Aufhebung der Brüche und verkürzt, $F : f = d^3 : D^3$.

6) Wenn $V : v = \sqrt{d} : \sqrt{D}$, so ist $F : f = d^2 : D^2$. Denn nach der Hypothese war $V : v = \sqrt{d} : \sqrt{D}$; folglich ist $VV : vv = d : D$; welches denn auf den N. 4. angeführten Fall hinaus kömmt. Man könnte hieraus noch verschiedene zur Kenntniß der Bewegungen der Himmelskörper sehr nützliche Verhältnisse herleiten; allein hier können wir uns darauf nicht einlassen.

§. 113.

Bestätigung des Grundsatzes von den Central-Kräften.

Wir wollen nunmehr dasjenige, was wir von den Central-Kräften beyzubringen gehabt, mit einem Versuche beschließen, welcher die Richtigkeit des Grundsatzes von Cartesii Theorie von der Schwere, welche wir (§. 96.) blos

blos angeführet haben, bestätigen wird; nämlich, wenn sich mehrere Körper zu einer und eben derselben Zeit in einem Raume kreisförmig bewegen, aus welchem sie nicht entfliehen können, so wird das Uebermaaß der Centrifugal-Kraft einiger Körper die Centripetal-Kraft der andern verursachen.

Man stelle auf einen Träger vier schiefliegende Röhren AB, CD, EF, und GH, (Fig. 24.). Man fülle die Röhre AB mit gleichen Theilen gefärbten Weingeistes und zerflossenen Weinsteinsalzes, die Röhre CD mit gleichen Theilen Wassers und Terpentin-Oeles, die beyden andern EF und GH aber mit Wasser. In die eine stecke man eine kleine Kugel von Kork, und in die andere eine Kugel von Kupfer. Man befestige den Träger wie die vorigen (Fig. 21. 22.). Da das Terpentin-Oel leichter ist als das Wasser, und der Weingeist leichter als das zerflossene Weinsteinsalz, so werden der Weingeist und das Terpentin-Oel die obern Theile der Röhren AB und CD einnehmen. Eben so wird, wegen der verschiedenen eigenthümlichen Schwere beyder Kugeln, die von Kork sich in dem obern Theile ihrer Röhre aufhalten, dagegen die von Kupfer auf den Boden der ihrigen fallen wird. Wenn man nun den Träger im Kreiße beweget, so werden der Weingeist und das Terpentin-Oel in den untern Theil ihrer Röhren getrieben werden, die kupferne Kugel wird in der ihrigen in die Höhe steigen, die Kugel von Kork aber wird in ihrer Röhre zu Boden fallen.

Fig. XXIV.

Wenn man über diesen Versuch nachdenkt, so siehet man leicht, daß die Centripetal-Kraft, welche man an einigen dieser Körper bemerket, blos durch das Uebermaaß der Centrifugal-Kraft derjenigen, mit welchen sie eingeschlossen sind, verursachet wird.

Wenn

Wenn man dasjenige erwäget, was in der mit Weingeist und Weinsteinöl angefüllten Röhre vorgehet, so siehet man, daß die letzte Oberfläche des Weingeistes die erste Oberfläche des Weinsteinöles berühret, und folglich, daß in der kreisförmigen Bewegung, die man ihnen mittheilet, beyde Oberflächen beynahe einerley Geschwindigkeit erhalten. Allein da das Weinsteinöl weit dichter ist, als der Weingeist, und die Centrifugal-Kraft der sich in einem Kreiße bewegenden Körper, wenn alle übrigen Umstände gleich sind, sich verhält, wie ihre Massen: so ist die Centrifugal-Kraft, welche die erste Lage des Weinsteinöles bekömmt, weit größer, als diejenige, welche durch eben diesen Kreislauf die letzte Lage Weingeist erhält. Die erste Lage Weinsteinöl hat also ein stärkeres Bestreben, sich in die Höhe der Röhre zu begeben, und sich von dem Mittelpuncte ihres Kreislaufes zu entfernen. Sie stürzt also die letzte Lage Weingeist, welche sie berühret. Aus eben diesem Grunde stürzet sie auch die folgende, so, daß sich die ganze Masse des Weinsteinöles in die Höhe der Röhre begiebt, und die ganze Masse Weingeistes zwinget, die untere Stelle einzunehmen, und sich dem gemeinschaftlichen Mittelpuncte ihres Kreislaufes zu nähern. Eben diesem Mechanismo muß man auch dasjenige zuschreiben, was in der andern mit Terpentinöl und Wasser angefüllten Röhre vorgehet.

Eben diese Ursache zwinget ferner die kupferne Kugel, in die Höhe der Röhre zu steigen, und die Kugel von Kork, auf den Boden zu fallen; weil das Kupfer weit dichter ist, als eben so viel Wasser, das Wasser aber wiederum dichter ist, als der Kork.

Dritter Abschnitt.
Von der Geostatik.

§. 114.

Eintheilung der Statik. Wir haben die Mechanik in zwey Theile getheilet (§. 38.); nämlich in die Dynamik und in die Statik. Dieser letztere Theil, von welchem wir noch zu handeln haben, theilet sich in drey andere Theile; nämlich in die Geostatik, in die Hydrostatik und in die Aerostatik. In gegenwärtigem Abschnitte betrachten wir von diesen dreyen Theilen nur den ersten.

§. 115.

Eintheilung der Maschinen. Die Geostatik ist derjenige Theil der Statik, welcher sich mit Betrachtung der Gesetze des Gleichgewichtes zwischen verschiedenen Kräften beschäftiget, welche vermittelst einiger Maschinen wider einander wirken. Man giebt diesen Maschinen den Namen der bewegenden Kräfte, weil wir durch ihre Hülfe Körper bewegen, fortschaffen oder unterstützen, die wir ohne selbige nicht würden bewegen, fortschaffen oder unterstützen können. Man theilet die Maschinen in zwey Arten, in einfache und zusammengesetzte. Alle einfache Maschinen lassen sich auf zwey zurück führen; nämlich den Hebel und die schiefe Fläche. Hr. Desaguilliers (a) beweiset sogar, daß man sie insgesammt auf den Hebel einschränken könne. Die zusammengesetzten Maschinen entstehen aus der Verbindung mehr oder weniger einfacher Maschinen.

§. 116.

(a) *Desaguilliers* Cours de Phys. expériment. T. 1.

§. 116.

An einer Maschine unterscheidet man sechs Stücke; die Kraft, den Widerstand, den Ruhepunct, der auch das Hypomochlium genannt wird, die Geschwindigkeit, die Directions-Linie und den Schwerpunct. Theile einer Maschine.

§. 117.

Die Kraft ist das Vermögen, welches man anwendet, den Widerstand zu unterstützen, ihm das Gegengewicht zu halten, oder ihn zu überwinden. Deren Erklärung.

Der Widerstand ist das Hinderniß, wider welches eine Kraft vermittelst einer Maschine wirket.

Der Ruhepunct ist ein Punct, um welchen sich die Kraft und der Widerstand bewegen, oder zu bewegen sich bestreben.

Die Geschwindigkeit wird nach dem Raume bestimmt, welchen die Kraft und der Widerstand in einerley Zeit durchlaufen, oder nach demjenigen Raume, den sie durchlaufen würden, wenn sie in Bewegung wären.

Die Directions-Linie ist eine Linie, welche aus dem Mittelpuncte der Schwere der Kraft und des Widerstandes, bis zu dem Mittelpuncte der schweren Körper gezogen wird. Wir nehmen hier die Kraft noch als unwirksam an; denn wenn sie wirket, so bestehet ihre Directions-Linie jederzeit in derjenigen Linie, nach welcher sie wirket.

Der Schwerpunct ist ein Punct, um welchen alle Theile eines Körpers, oder eines Systems mehrerer Körper im Gleichgewichte sind, oder in welchem sich die ganze Kraft der Schwere dieses Körpers vereiniget.

§. 118.

Unterschied des Schwerpunctes von dem Mittelpuncte der Figur.

Wenn alle Körper regelmäßig und gleichartig wären, so würde ihr Mittelpunct der Figur, d. i. derjenige Punct, der das Mittel ihrer Masse anzeigen würde, allemal auch ihr Schwerpunct seyn. Allein, alle Körper sind nicht regelmäßig, und diejenigen, welche es sind, sind deswegen noch nicht gleichartig. Daher befindet sich der Schwerpunct in allen diesen Körpern auch immer an einer andern Stelle. Allein, da es sehr wichtig ist, daß man den Schwerpunct eines Körpers, oder einer Verbindung mehrerer Körper wisse, so wollen wir einige Methoden anzeigen, wie man ihn finden könne.

§. 119.

Wie der Schwerpunct eines Körpers gefunden wird.

Man kann den Schwerpunct eines Körpers, oder mehrerer mit einander verbundener Körper, auf eine doppelte Art finden; nämlich, entweder auf eine mathematische, oder auf eine mechanische Art. Ich ziehe hier die letztere vor, weil sie der Experimental-Physik gemäßer ist.

Wenn man also den Schwerpunct eines Körpers finden will, so durchbohret man ihn an einem Puncte seines Umfanges, und steckt eine Achse in dieses Loch, so, daß sich der Körper frey um diese Achse bewegen kann. Da nun der Schwerpunct ein Punct ist, in welchem die ganze Schwere des Körpers vereiniget ist (§. 117.), so wird der Körper so weit niedergehen, als ihm möglich seyn wird. Der Schwerpunct wird sich also in einem Puncte befinden, welcher senkrecht unter dieser Achse stehet. Wenn man also aus dem Mittelpuncte dieser Achse ein Bleyloth vor der Oberfläche des Körpers fallen lässet, so wird dieses Bleyloth die Linie zeich-

zeichnen, mit welcher der in der Dicke des Körpers befindliche Schwerpunct überein kommen wird. Allein es ist noch nicht genug, daß man diese Linie wisse, man muß überdieß auch denjenigen Punct dieser Linie finden, in welchen der Schwerpunct fällt. Will man ihn finden, so durchbohret man den Körper an einem andern Orte seines Umfanges, der aber dem ersten nicht gerade entgegengesetzet seyn darf, und wiederholet die vorige Arbeit, so wird das Bleyloth eine andere Linie geben, welche die erste in einem Puncte durchschneiden wird. Dieser Punct nun, der beyden Linien gemeinschaftlich ist, ist der wahre Punct, in welchem sich der Schwerpunct befindet.

§. 120.

Wie er bey einem System von Körpern gefunden wird.

Wenn der Schwerpunct mehrerer mit einander verbundener Körper gefunden werden soll, so stellet man diese Körper auf ein Bret, und leget dasselbe der Länge nach auf die scharfe Ecke eines Prisma, und rücket es so lange, bis es im Gleichgewichte ist. Da nunmehr die Last auf beyden Seiten gleich ist, so wird sich der Schwerpunct dieses Systems von Körpern in derjenigen Linie befinden, welche mit der Ecke des Prisma übereinstimmt. Man ziehe diese Linie, und lege das Bret auf eben die Art der Breite nach auf die Ecke des Prisma. Man rücke es so lange, bis es auch hier in das Gleichgewicht kömmt, da sich denn der Schwerpunct in derjenigen Linie befinden wird, welche sich gerade über der Ecke des Prisma befindet. Man ziehe diese Linie, so wird sie die erste nach einem rechten Winkel durchschneiden, und der Punct des Durchschnittes wird zugleich der Schwerpunct dieses Systems von Körpern seyn. Durch ein ähnliches Verfahren hat man gefunden, daß der Schwerpunct eines Menschen sich gemeiniglich in dem Becken befindet.

§. 121.

Eigenschaften des Schwerpunctes.

Nachdem wir die Art gezeiget haben, wie man den Schwerpunct sowohl eines Körpers, als auch mehrerer mit einander verbundenen Körper findet, so scheinet es mir nicht undienlich zu seyn, hier mit wenig Worten die Eigenschaften dieses Schwerpunctes anzuführen.

Der Schwerpunct ist, wie wir bereits angemerket haben (§. 117.), ein Punct, in welchem sich die Kraft der Schwere aus allen Theilen eines Körpers vereiniget. Er hat also ein natürliches Bestreben, denjenigen Körper, welchem er zugehöret, nach dem Mittelpuncte der schweren Körper zu bestimmen. Er ist daher beständig bemühet zu fallen, und er fällt wirklich, wenn er kein Hinderniß antrift, welches sich seinem Falle widersetzet.

Man hat vermöge dieser Eigenschaft des Schwerpunctes verschiedene Maschinen verfertiget, welche theils nützlich sind, theils blos zur Belustigung dienen. Wir wollen von beyden ein paar Worte sagen.

§. 122. a

Deren Erläuterung.

1) Man befestiget zwischen zwey Speichen eines Kutschrades ein Räderwerk, dessen erstes Triebwerk eine ziemlich dicke kupferne Platte ist, welche über ihrem Schwerpuncte an einer Spindel befestiget worden, die sich in einem Gehäuse frey umdrehen kann. Das Wagenrad kann sich also nicht um sich selbst umdrehen, ohne zugleich die Maschine, und folglich auch die gedachte Kupferplatte umzudrehen. Allein diese Platte kann sich nicht im Kreiße bewegen, ohne von ihrem Schwerpuncte in den niedrigsten nur möglichen Punct gebracht zu werden. Der Kreislauf der Platte drehet also auch die Spindel herum, an welche

sie befestiget ist. Diese Spindel hat an ihrem andern Ende ein Triebrad, welches in ein Rad eingreifet, welches sich an einer andern Spindel befindet, die durch ein Zifferblatt gehet, welches an dem Gehäuse angebracht ist. An dem Ende der zweyten Spindel befindet sich ein Zeiger; der beständige Fall des Schwerpunctes der Platte drehet nun die daran befindliche Spindel und ihr Triebrad herum; dieses Triebrad drehet das Kammrad, und dieses letzte leitet die zweyte Spindel, und folglich auch den Zeiger. Nun verhalten sich die Zähne des Triebrades in Vergleichung mit den Zähnen des Kammrades, wie 1 : 4. Das Triebrad drehet sich also viermal herum, indem das Kammrad nur einmal herumläuft. Der Zeiger leget daher nur den vierten Theil eines Umlaufes zurück, wenn die Maschine einen ganzen Umlauf macht.

Allein die Spindel des ersten Rades hat wieder ein Triebrad, welches in ein zweytes Kammrad eingreifet, so sich an einer dritten Spindel befindet, welche gleichfalls durch das Zifferblat gehet, und ihren eigenen Zeiger hat. Dieses Triebrad verhält sich zu seinem Kammrade eben so, wie das erste Triebrad zu seinem Kammrade. Der zweyte Zeiger leget also nur den vierten Theil eines Umlaufes zurück, wenn der erste Zeiger einen ganzen Umlauf macht, d. i. wenn sich die ganze Maschine viermal umdrehet. Eben dieser Mechanismus findet auch bey den übrigen Zeigern dieser Maschine statt, deren an der Zahl sieben sind, und die man nach Belieben vermehren oder vermindern kann. Der siebente Zeiger vollendet also in dem gegenwärtigen Falle seinen Umlauf nicht eher, als bis sich die ganze Maschine oder das Kutschenrad, woran sie befestiget ist, 16384 mal umgedrehet hat.

Ein Kutschenrad hat gemeiniglich sechs Fuß im Durchmesser, und folglich ungefähr 18 Fuß im Umfanfange. Es misset also bey einem jeden Umlaufe 18 Fuß Land ab. 16384 Umläufe messen also 294912 Fuß Land ab, welche mit 6 dividiret, 49152 Toisen machen. Wenn man diese letzte Zahl mit 2000 dividiret, als so viele Toisen eine gemeine französische Meile hält, so ist der Quotient $24\frac{1}{2}$ und etwas darüber.

Da jeder Zeiger auf einer Büchse steckt, so kann man leicht sehen, welcher von ihnen sich zuletzt verrücket hat, und da die Zahlen von den Umläufen des Rades auf dem Zifferblatte bemerket sind, so kann man jeden Augenblick sehen, wie viele Umläufe die Räder des Wagens gemacht haben, und folglich auch, wie vielen Weg man zurück geleget hat.

2) Eben dieser Eigenschaft des Schwerpunctes bedienet man sich auch, Licht in einem Gefäße zu erhalten, welches den Meereswellen ausgesetzet ist. Man hat zu dem Ende eine Lampe erdacht, welche ungefähr $\frac{2}{3}$ einer am Boden sehr schweren Kugel ausmacht, und an zwey Zapfen hänget, welche über ihrem Schwerpuncte angebracht, und in einem metallenen Halbzirkel beweglich sind, der wiederum in einem andern Halbzirkel beweglich ist, welcher den ersten nach rechten Winkeln durchschneidet. Dieser zweyte Halbzirkel hat eine Dülle, vermittelst deren man diese Lampe auf ihren Fuß setzen kann. Man mag nun diese Maschine bewegen, wie man will, so versetzet der Schwerpunct der Lampe sie doch immer in eine auf dem Horizont senkrechte Lage, verhindert das Oel auszulaufen, und erhält das Licht brennend.

3) Eben dieses Bestreben des Schwerpunctes hat verschiedene Maschinen veranlasset, welche blos zur Belustigung dienen.

Die Chineser haben eine kleine bewegliche Figur erdacht, deren Schwerpunct alle Augenblicke verändert wird,

wird, und zwar vermittelst einer kleinen Quantität Quecksilber, welches sich in einer schlangenweise gekrümmten Röhre befindet, so in dem Innern der Figur verborgen ist. Wenn man diese Figur oben auf eine schiefe Fläche setzet, welche in verschiedene Stufen abgetheilet ist, so neiget sie sich vorwärts, und fällt über die gleich darunter befindliche Stufe; worauf sie sich aufrichtet, und über die folgende Stufe fällt, und auf diese Art die Sprünge der Seiltänzer nachahmet. Muschenbroek hat die Verfertigung dieser Maschine angegeben (a).

4) Man nehme ein Stück eines Cylinders AB (Fig. 25.), dessen Grundfläche ungefähr drey Zoll im Halbdurchmesser hat, und versetze den Schwerpunct a nach den Umkreis hin, indem man einen kleinen bleyernen Cylinder o hinein treibet. Wenn man diesen Cylinder unten an einer schiefen Fläche CD setzet, so wird er die Fläche hinauf rollen, und bis nach D gehen. Fig. XXV.

Obgleich dieser Körper in seinem ganzen Umfange genommen, bergauf gehet, und vertical nach dem obern Theil der schiefen Fläche hinauf steiget, so beweget sich doch dessen Schwerpunct wirklich niederwärts. Denn dieser Schwerpunct befindet sich in Betrachtung des bleyernen Cylinders in a. Dessen Bestreben nach den Mittelpunct der Erde wird also durch die senkrechte Linie ap ausgedruckt. Allein, da dieser Körper die schiefe Fläche jetzt nur in f berühret, so setzet sie dem Falle seines Schwerpunctes a nicht das geringste Hinderniß entgegen. Er fällt also um die Weite ai, indem er den Bogen aa beschreibet, wobey sich der ganze Körper um die Weite gr = ai von f nach g erhebet. Wenn der Körper in g angekommen ist, so setzet die Fläche dem fernern Falle des Schwerpunctes, der sich nach der senkrechten Linie aq zu bewegen sucht, wieder kein Hinderniß

(a) Introd. ad Phil. nat. T. 1. §. 508.

niß entgegen, folglich fähret er fort zu fallen, dagegen der ganze Körper fortfähret, bergauf zu steigen.

5) Man nehme einen festen Körper, der aus zwey Kegeln bestehet, welche an der Grundfläche AB (Fig. 26.) zusammen gefüget sind. Man lege ihn auf zwey Lineale CD und ED, welche mit einander einen Winkel machen, und gegen ihre Enden CE ein wenig erhöhet sind. Der Körper wird alsdann längst dieser Lineale hinrollen, und bis zu ihrem obern Theil hinauf steigen.

Fig. XXVI.

Fig. XXVII.

Um diese Erscheinung zu erklären, wollen wir nur die Fläche ABb (Fig. 27) betrachten, worinn sich der Schwerpunct des Körpers a befindet. Dieser Schwerpunct ist um die Weite ab = pF über den Horizont erhoben. Wenn man nun auf die Neigung dieser Zirkel siehet, so lieget der Körper nur in dem Puncte r auf die Stütze, welche sie ihm gewähren. Dieser Punct r befindet sich jenseit des Endes b der senkrechten Linie ab, welche das Bestreben des Schwerpunctes a ausdrücket. Es widersetzet sich also nichts dem Falle dieses Schwerpunctes. Er fällt daher wirklich, und im Fallen wälzet sich der Körper auf den Linealen DC und DE (Fig. 26.) fort. Da diese Lineale gegen einander geneigt sind, und sich beständig von einander entfernen, so stützet sich der Körper auf die Puncte, welche sich der Achse mn immer mehr und mehr nähern. Der Schwerpunct sinket also zwischen den beyden Linealen immer tiefer herab, so wie sich der Körper nach dem Puncte C zu (Fig. 27.) erhebet. Wenn er also in C angelanget ist, so ist sein Schwerpunct wirklich um die Weite pC gefallen.

§. 122. b

Aus dem, was bisher gesaget worden, folget nun, daß man den Schwerpunct eines Körpers unterstützen müsse, wenn der Körper unbeweglich bleiben soll. Sein Schwerpunct ist aber unterstützet, sobald dessen Directions-Linie durch die Grundfläche des Köpers gehet.

Wie der Schwerpunct unterstützet wird.

Blos vermöge der Anwendung dieses Grundsatzes stehen die berühmten Thürme zu Pisa und Bologna fest, ob sie gleich mit dem Horizonte einen schiefen Winkel machen. Der zu Pisa ist rund, hat eine Höhe von 138 Fuß, und neiget sich um 15 Fuß. Der zu Bologna ist viereckig, 130 Fuß hoch, und neiget sich 9 Fuß. Der Baumeister hat sie mit so vieler Geschicklichkeit aufgeführet, daß, ungeachtet dieser Neigung, ihre Directions-Linie dennoch durch ihre Grundflächen gehet.

§. 123.

Wenn es zur Festigkeit der Körper unumgänglich nothwendig ist, daß die Directions-Linie durch ihre Grundfläche gehe, so kann doch diese Bedingung einige Einschränkungen in Ansehung der lebendigen Körper leiden. Die Directions-Linie des menschlichen Körpers ist eine senkrechte Linie, welche aus einem Puncte seines Beckens auf die Grundfläche seiner Füße fällt. Diese Linie kann nun zuweilen außerhalb dieser Grundfläche fallen, ohne daß der Mensch fällt, weil die Biegsamkeit seines Körpers diesen Fehler ersetzet; indessen ist doch auch wahr, daß diese Linie eben nicht sehr merklich weit außerhalb der Grundfläche fallen darf. Wir sehen daher, daß diejenigen, welche große Lasten auf dem Rücken tragen, sich unter der Last krümmen. Denn der Mensch und die Last machen beyde ein System von Körpern, deren Schwerpunct sich hinterwärts außerhalb des Schwer-

Besonders bey lebendigen Körpern.

punctes befindet. Der Träger krümmet sich daher, um die Directions-Linie innerhalb seiner Grundfläche zu bringen. Aus der entgegengesetzten Ursache bieget sich eine schwangere Frau, oder jeder, der eine Last aufhebet oder träget, rückwärts. Aus eben dieser Ursache bedienen sich die Seiltänzer einer Balancirstange, d. i. einer langen Stange, die an ihren beyden Enden mit Bley ausgegoßen ist. Wegen der Biegsamkeit des Seiles muß der Leib des Seiltänzers allerley Biegungen machen, welche den Schwerpunct alle Augenblicke außerhalb des Seiles bringen, welches ihm zur Stütze oder Grundfläche dienet. Wenn er nun merket, daß das Gewicht seines Körpers ihn auf die eine Seite zu ziehen sucht, so wirft und verlängert er die Balancirstange auf die andere Seite, um dem Bestreben nach der entgegengesetzten Seite das Gleichgewicht zu halten.

§. 124.

Festigkeit eines Körpers ohne Unterstützung des Schwerpunctes.

Man kann hier anmerken, daß, obgleich der Schwerpunct aller Arten von Körpern beständig bemühet ist, sich niederwärts zu bewegen, und sich wirklich niederwärts beweget, wenn er nicht unterstützet wird, es dennoch geschehen kann, daß ein Körper fest stehet, wenn gleich sein Schwerpunct nicht unterstützt zu seyn scheinet.

Fig. XXVIII.

Man befestige einen Stock AB (Fig. 28.) dergestalt in einem Eimer voll Wasser, daß er mit dem einen Ende an dem Boden des Eimers in B, und mit dem andern Ende in A an dem Bügel FD fest anstehet. Zwischen dem Stocke und dem Bügel stecke man die Klinge eines Messers HI, und lege das Heft des Messers auf einen Tisch, so wird der Eimer fest und unbeweglich an demselben hangen bleiben.

Gesetzt, daß der Schwerpunct dieses Systems von Körpern in K wäre, so müßte das Messer, wenn der Eimer

Eimer fallen sollte, den Bogen HL, folglich auch der Schwerpunct K den Bogen KM beschreiben. Nun kann er aber diesen Bogen nicht beschreiben, ohne sich aufwärts zu bewegen. Der Eimer wird also in dieser Stellung unbeweglich hangen bleiben, und nicht fallen.

Vermöge eben dieses Grundsatzes siehet man kleine Figuren von Elfenbein auf einem Fuße stehen, und allerley Bewegungen auf ihrer Grundfläche machen. Man stecket nämlich einen eisernen Drath in den Leib dieser Figuren. An jedes Ende dieses Drathes, welches unter sich gekrümmet ist, befestiget man eine bleyerne Kugel; wodurch der Schwerpunct dieses Systems von Körpern unter die Grundfläche gebracht wird. Die Figur kann also nicht fallen, ohne einen Bogen zu beschreiben, wobey der Schwerpunct nothwendig einen andern Bogen auf der entgegengesetzten Seite beschreiben muß, welches ihn denn nöthigen würde, sich aufwärts zu bewegen.

§. 125.

Eintheilung der einfachen Maschinen.

Nachdem wir die verschiedenen Stücke betrachtet haben, welche man bey einer Maschine überhaupt antrift, so gehen wir nunmehr zu den einfachen Maschinen fort, und erwägen den Nutzen, den man von ihnen haben kann. Wir haben diese Maschinen auf zwey Arten eingeschränket, auf den Hebel und die schiefe Fläche (§. 115.); allein es giebt verschiedene Maschinen, welche eben so einfach sind, aber dennoch zu einer von diesen beyden Arten gerechnet werden. Zu dem Hebel rechnet man die **Wage**, die **Rolle**, und das **Rad um eine Welle**, so auch Axis in peritrochio genannt wird; zu der schiefen Fläche aber, den **Keil** und die **Schraube**. Wir wollen von einer jeden Maschine besonders handeln.

Von

Von dem Hebel.

§. 126.

Erklärung und Eintheilung des Hebels.

Der Hebel ist eine mechanische Kraft, die man sich als eine unbiegsame Linie ohne eigene Schwere vorstellet. Allein in der Ausübung ist es ein Körper, dessen Schwere man nicht aus der Acht lassen darf. Um der Bequemlichkeit der Beweise willen, wollen wir hier davon abstehen. An einem Hebel kommen drey Stücke zu betrachten vor, die Kraft, der Ruhepunct, und der Widerstand, von welchem letztern bereits geredet worden (§. 116.).

Nachdem diese drey Stücke auf verschiedene Art mit einander verbunden sind, bekömmt der Hebel verschiedene Namen. Der Hebel der ersten Art ist derjenige, der so eingerichtet ist, daß sich der Ruhepunct zwischen der Kraft und dem Widerstande befindet. Für einen Hebel der zweyten Art hält man denjenigen, bey welchem sich der Ruhepunct an einem, die Kraft an dem andern Ende, und der Widerstand zwischen beyden befindet. Ein Hebel der dritten Art endlich ist derjenige, wenn sich der Ruhepunct an einem, die Last an dem andern Ende, und die Kraft zwischen beyden befindet.

§. 127.

Grundgesetze des Hebels.

Von welcher Art nun auch der Hebel seyn mag, so bestehet sein gewöhnlichster Gebrauch darinn, daß er der Kraft den Vortheil verschaffet, einen gegebenen Widerstand zu überwinden. Man erreichet diesen Endzweck, wenn das Bestreben der Kraft dem Bestreben des Widerstandes überlegen wird. Um den Vortheil zu beurtheilen, den die Kraft vermittelst eines Hebels über die Last haben kann, muß man nur den

Fall

des Gleichgewichtes zwischen beyden zu bestimmen suchen. Nun aber werden die Kraft und die Last, welche wider einander wirken, vermittelst des Hebels, jederzeit mit einander im Gleichgewichte stehen, wenn sich ihre Massen gegenseitig so gegen einander verhalten, wie ihre Entfernungen von dem Ruhepuncte.

Zwischen gleichen und einander entgegengesetzten Kräften findet jederzeit ein Gleichgewicht statt. Nun aber wirken in dem angezeigten Falle die an einem und eben demselben Hebel befindliche Kraft und Last mit gleichen Kräften gegen einander; denn die Kraft eines Körpers ist jederzeit dem Producte seiner Masse gleich, welche mit seiner Geschwindigkeit multipliciret worden (§. 46.), oder mit derjenigen Geschwindigkeit, welche er haben würde, wenn er in Bewegung wäre. Nun drücken aber die Entfernungen von dem Ruhepuncte die Geschwindigkeit aus, welche die Kraft und der Widerstand haben würden, wenn sie in Bewegung wären; denn diese Entfernungen müssen wie die Radii der Bögen betrachtet werden, welche sie in einerley Zeit beschreiben würden; da sich nun die Bögen verhalten, wie ihre Radii, so drücken auch diese Entfernungen ihre Geschwindigkeiten aus. Nun verhalten sich in dem gegenwärtigen Falle die Geschwindigkeiten gegenseitig wie die Massen. Die Kräfte sind also auf beyden Seiten gleich (§. 48.), folglich müssen sie auch im Gleichgewichte stehen.

§. 128.

Dessen Anwendung.

Nunmehr wollen wir diese Theorie weiter entwickeln, und sie auf die verschiedenen Fälle anwenden, die sich uns darbiethen können.

Fig. XXIX.

1) AB (Fig. 29.) sey ein Hebel der ersten Art, dessen Ruhepunct C gleich weit von den Enden A und B entfernet ist, an welchem die Kraft

Kraft P und der Widerstand R sich befinden. Wenn beyde Massen im Gleichgewichte stehen sollen, so müssen sie einander gleich seyn.

Wenn beyde Massen an die Enden A und B des Hebels gehänget worden, so werden ihre Entfernungen von dem Ruhepuncte C nach den Längen der Arme CA und CB des Hebels bestimmet, d. i. nach den senkrechten Linien, die aus dem Ruhepuncte C auf die Directions-Linien AP und BR gezogen werden. Nun ist in dem gegenwärtigen Falle $CA = CB$; folglich $P = R$, welches giebt: $P : R = CB : CA$. Folglich $P \times CA = R \times CB$; folglich sind sie auch im Gleichgewichte.

Fig. XXX. 2) Man stelle den Hebel AB (Fig. 30.) so, daß sein Ruhepunct C noch einmal so weit von dem Ende A entfernet sey, als von dem Ende B. Die Gewichte P und R werden einander das Gleichgewicht halten, wenn $R = 2P$ ist. Vermöge der Verfertigung ist $CA = 2CB$; folglich, wenn $R = 2P$ ist, so ist auch $P : R = CB : CA$. Folglich $P \times CA = R \times CB$.

Fig. XXXI. 3) Gesetzt, daß viele Personen sich vereinigen, eine Last vermittelst eines Hebels AB (Fig. 31.) zu halten, dessen Ruhepunct C viermal so weit von A entfernet ist, als von B. Gesetzt, daß jede dieser Personen mit einerley eigenthümlichen Kraft wirket, so wird die Summe der gegen die Last angewendeten Kräfte gleich seyn der Summe der Producte aller eigenthümlichen Kräfte, multipliciret durch die Entfernung von dem Ruhepuncte, in welcher jede dieser Personen wirket.

Wenn wir uns hier die eigenthümliche Kraft jeder Person als eine Masse vorstellen, so können wir nach den vorigen Beweisen sagen, daß die Bemühung jeder Kraft gegen den Widerstand gleich ist dem Product ihrer

rer Masse, multipliciret mit der Entfernung von dem Ruhepuncte. Da nun in diesem Falle die Massen sich in verschiedenen Puncten des Hebels befinden, so wirket auch jede Kraft auf verschiedene Art gegen den Widerstand. Man bekömmt also die ganze Kraft, wenn man die Summe aller einzelen Kräfte suchet. Man stelle sich ferner vor, daß der Arm des Hebels CA, der viermal so groß ist, als CB, in vier Theile getheilet würde, deren jeder gleich CB ist, und daß in jedem Theilungspunct eine Masse von 10 Pfund gehänget würde. Da nun der Theil C 1 = CB ist, so wird die Kraft des Gewichtes P, welches an den ersten Theilungspunct gehänget worden, seyn = 10 Pfund × 1 = 10 Pfund; die Kraft des im zweyten Theilungspuncte befindlichen Gewichtes P wird seyn = 10 Pf. × 2 = 20 Pf. die Kraft des im dritten Theilungspuncte befindlichen Gewichtes P wird seyn = 10 Pf. × 3 = 30 Pf. und endlich die Kraft des im vierten Puncte angehängten Gewichtes P wird seyn = 10 Pf. × 4 = 40 Pf. Die Summe der Kräfte wird also seyn = 10 + 20 + 30 + 40 = 100 Pf. die folglich auch einer Masse von 100 Pfund, die an das Ende des Hebels B gehänget worden, das Gleichgewicht halten werden.

Hieraus folget, daß, wenn ein an dem Ende eines Hebels befindlicher Mensch, der alle seine Kraft anwendet, einer an dem andern Ende befindlichen Last von 1000 Pf. das Gleichgewicht halten kann, vier Menschen, welche insgesammt einerley Stärke haben, deswegen noch nicht einer Last von 4000 Pfund das Gleichgewicht halten können, wenn sie an einem und eben demselben Arme des Hebels wirken; weil sie nicht alle vier in einerley Entfernung von dem Ruhepuncte werden wirken können.

§. 129.

§. 129.

Fortsetzung. Man kann eben diese Beweise auch auf die Hebel von der zweyten und dritten Art anwenden. A B sey ein Hebel von der zweyten Art (Fig. 32.), dessen Ruhepunct an dem einen Ende A, die Kraft P an dem andern Ende B und die Last R zwischen dem Ruhepuncte C und der Kraft P sich befindet.

Fig. XXXII.

Auch hier werden Kraft und Last im Gleichgewichte stehen, wenn ihre Massen sich gegenseitig so gegen einander verhalten, wie ihre Entfernungen von dem Ruhepuncte. Gesetzt also, daß die Entfernung der Kraft von dem Ruhepuncte CB viermal so groß ist, als die Entfernung C I, in welcher die Last R wirket. Wenn sich nun die Kraft und die Last bewegen, so beschreibet die Kraft einen Bogen, der viermal so groß ist, als derjenige, welchen die Last in eben derselben Zeit beschreibet. Die Masse der Last muß also viermal so groß seyn, als die Masse der Kraft, wenn ihr beyderseitiges Bestreben einander gleich seyn soll. Folglich müssen sich ihre Massen gegenseitig verhalten, wie ihre Entfernungen von dem Ruhepuncte, wenn Kraft und Last im Gleichgewichte stehen sollen.

Was wir von dem Hebel der zweyten Art gesaget haben, gilt auch von dem Hebel der dritten Art. Es ist hier weiter nichts nöthig, als dasjenige Kraft zu nennen, was in dem vorigen Falle Last war, und so auch umgekehrt.

Man muß dabey bemerken, daß der Hebel der dritten Art allein die Last begünstiget; weil diese vermöge seiner Natur weiter von dem Ruhepuncte entfernet seyn muß, als man die Kraft von demselben entfernen kann. Aus einem entgegengesetzten Grunde, gehet der ganze Vortheil des Hebels der zweyten Art der Kraft zu gute. Der Hebel der ersten Art ist beyden ähnlich, weil er er ohne Unterschied die Kraft oder auch die Last begünstigen kann, wenn nur seine Arme ungleich sind.

§. 130.

Fernere Anwendung dieses Grundsatzes.

Man kann vermittelst dieser Theorie die Last bestimmen, welche zwey Personen an einem Hebel tragen, wenn sich jede derselben an einem Ende des Hebels befindet. A B (Fig. 33.) sey ein Hebel, an dessen Mitte C eine Last R gehänget worden. In diesem Falle haben die beyden in A und in B befindlichen Kräfte nur die Hälfte der Last zu tragen; denn man kann diesen Hebel wie einen doppelten Hebel von der zweyten Art ansehen, dessen beyde Ruhepuncte sich in A und in B befinden. Wenn man nun bedenket, daß die in B angebrachte Kraft die Stelle eines Ruhepunctes vertritt, so darf die Kraft, welche in A wirket, nur die Hälfte der Last $= \frac{1}{2}R$ tragen; weil vermöge der Aufgabe die Entfernung von A nach B noch einmal so groß ist, als die von R nach eben demselben Ruhepuncte. Es kann also hier nicht eher ein Gleichgewicht statt finden, als bis man die Proportion hat, $P : R = CB : AB$. Nun ist aber in diesem Falle $CB = \frac{1}{2}AB$; folglich muß P seyn $= \frac{1}{2}R$.

Fig. XXXIII.

Aus eben dieser Ursache findet man auch, wenn man A als einen zweyten Ruhepunct betrachtet, eben dieselbe Aehnlichkeit zwischen P und R. Folglich träget jede Kraft nur die Hälfte der in diesem Falle angegebenen Last.

Wenn sich aber die Last R näher an A als an B, oder näher an B als an A befindet, so wird jede Kraft einen Theil der Last tragen, der sich verhalten wird, wie die Entfernung jeder dieser Kräfte von dem Ruhepuncte, in Vergleichung mit der Entfernung der Last von dem andern Ruhepuncte. Zum Beyspiele, die Last R befände sich in D, so daß AB viermal so groß ist, als AD.

Die in B angewendete Kraft wird alsdann nur $\frac{1}{4}$ von R tragen. Denn wenn man den Punct A als den Ruhepunct betrachtet, so muß P : R = A D : A B seyn, wenn ein Gleichgewicht statt finden soll. Nun ist aber in diesem Falle A D = $\frac{1}{4}$ von A B. Folglich ist P = $\frac{1}{4}$ R. Die Kraft p träget alsdann die $\frac{3}{4}$ von R. Denn wenn man B für einen Ruhepunct annimmt, so ist p : R = B D : B A. Vermöge der Aufgabe ist B D = $\frac{3}{4}$ B A; folglich ist p = $\frac{3}{4}$ von R.

Desaguilliers (a) bemerket dabey, daß man vermittelst dieses Grundsatzes machen könne, daß zwey Pferde von ungleicher Stärke gleich ziehen müssen. Man dürfe nur die Wage so einrichten, daß das stärkste Pferd an dem kürzesten Arme derselben ziehe; indem diese Verkürzung das Uebermaaß seiner Kräfte wegnehmen würde.

§. 131.

Schwere und Biegsamkeit des Hebels.

Bisher haben wir die Schwere und Biegsamkeit des Hebels nicht mit in Betrachtung gezogen. Allein, wenn man die jetzt vorgetragene Theorie durch die Erfahrung bestätigen will, so muß man auf beyde Umstände nothwendig mit Acht haben. Um der ersten Unbequemlichkeit abzuhelfen, muß man den Hebel vorher mit sich selbst in das Gleichgewicht setzen, sowohl wenn einer seiner beyden Arme länger als der andere ist, als auch, wenn die Kräfte dem Hebel wechselsweise zum Ruhepuncte dienen, wie in dem letzten angezeigten Falle. Will man der zweyten Unbequemlichkeit vorbeugen, so muß man die Versuche nur mit kleinen Lasten anstellen, und Sorge tragen, daß der Hebel, dessen man sich bedienet, von gutem Stahle, und bis auf einen gewissen Grad gehärtet sey.

§. 132.

(a) Cours de Phys. expérim. T. I. p. 104.

§. 132.

Wenn man in der Ausübung die Schwere und Biegsamkeit des Hebels in Betrachtung ziehen muß, so muß man auch auf den Umstand Acht haben, daß der Hebel den Ruhepunct nur vermittelst einer sehr kleinen Fläche berühre, wenn er auf demselben ruhet. Zu dem Ende muß dieser Ruhepunct eine sehr scharfe Ecke haben; sonst würden die Kraft und die Last, wenn der Hebel in Bewegung ist, ihr Verhältniß, welches der Entfernung von dem Ruhepuncte gleich seyn soll, verändern, wie in folgendem Falle sehr deutlich erhellet. Behutsamkeit in Ansehung des Ruhepunctes.

Gesetzt, daß der Ruhepunct ein Cylinder A sey (Fig. 34.), und daß der Hebel BC, der von der ersten Art ist, in D auf einem der Puncte des Umkreißes des Cylinders ruhe. Die Last soll sich in B und die Kraft in C befinden. In dem Falle des Gleichgewichtes verhält sich die Kraft zur Last wie BD : DC. Allein, wenn die Kraft den Hebel von C nach G niederdrückt, so wird sich der Ruhepunct in F, die Last in E und die Kraft in G befinden. Die Kraft wird sich alsdann zur Last verhalten, wie EF zu FG. Nun ist FE um die ganze Weite DH größer als DB. Folglich wirket die Last in diesem Falle in einer weit größern Entfernung von dem Ruhepuncte, die Kraft aber in einer geringern Entfernung. Die letztere verlieret daher auch einen Theil des Vortheiles, welchen sie gegen die Last hatte. Fig. XXXIV.

Eben diesen Beweis kann man auch auf den Fall anwenden, wo der Hebel eine Achse hat, welche sich in einem Gehäuse beweget; welches zu geschehen pfleget, wenn der Hebel die Stelle eines Wagebalkens vertritt. Um deßwillen pfleget man der Achse alsdann auch eine schneidende Schärfe zu geben, anstatt sie rund wie eine Walze zu machen.

Von der Wage.

§. 133.

Theile der Wage. Man kann die Wage zu dem Hebel rechnen. Diese Maschine ist von gedoppelter Art. Man nennet sie eine **Wage** schlechthin, wenn sich der Ruhepunct gleich weit von den beyden Enden befindet. Hingegen nennet man sie eine **Schnellwage**, wenn ihr Ruhepunct von dem einen Ende weiter entfernet ist, als von dem andern.

Bey der gewöhnlichen Wage heißet derjenige Theil welcher den Hebel vorstellet, der **Balken**. Die beyden Theile des Balkens von der Achse an, bis an die beyden Enden, an welchen die Kraft und Last angehänget werden, werden die **Arme** genannt. Die Achse theilet die Wage in zwey gleiche Theile. Sie ruhet in zwey Aushöhlungen, welche man die **Augen** nennet, und sich in einem **Gehäuse** befinden, welches die ganze Maschine träget. An den beyden Enden des Balkens hängen zwey Schüsseln, welche man die **Wageschalen** nennet. Ueber der Achse bemerket man eine Art einer Nadel, welche das **Zünglein** heißt, und anzeiget, ob sich der Balken in einem wagerechten Stande befindet oder nicht.

Ich werde hier nichts von der Verfertigung dieses Werkzeuges sagen, welche viele Aufmerksamkeit und Fleiß erfordert. Man kann sich deshalb fast bey allen Schriftstellern Raths erholen, welche von der Mechanik geschrieben haben, vornehmlich aber bey dem Hrn. **Desaguilliers** (a).

(a) Cours de Phys. expérim. T. 1.

§. 134.

Man siehet aus den jetzt angeführten Theilen, daß eine Wage weiter nichts ist, als ein Hebel von der ersten Art, und daß alles, was wir von dem Gleichgewichte zwischen der Kraft und Last, welche vermittelst eines Hebels gegen einander wirken, gesagt haben, auch auf die Wage angewendet werden müsse. Ich werde hier also blos von dem Gebrauche dieses Werkzeuges reden.

Die Wage ist ein Hebel.

§. 135.

Die Länge der Ketten oder Schnüre, woran sich die Schalen befinden, thut nichts zu dem Gleichgewichte, welches man zwischen den Körpern, die man in diese Schalen leget, finden will. Wenn der Körper D (Fig. 35.) z. B. der in der Entfernung dA in der Schale d lieget, mit dem Körper E, der in der Entfernung eB in der Schale e lieget, im Gleichgewichte ist: so werden beyde Körper immer im Gleichgewichte bleiben, wenn gleich die Schnüre verlängert, und die Schalen dadurch weiter von den Enden der Arme entfernet werden, wie z. B. in FA und GB.

Länge der Schnüre an den Schalen.

Die Wirkung beyder Körper gegen einander hänget von ihrer Masse und von ihrer Entfernung von dem Ruhepuncte C ab. Wenn also die Massen gleich bleiben, so verhalten sich ihre Kräfte wie ihre Entfernungen von dem Ruhepuncte. Diese Entfernungen bleiben aber einerley, sie mögen nun höher oder tiefer unter den Enden des Balkens aufgehänget werden; weil diese Entfernungen durch die senkrechten Linien CA und CB bestimmet werden, die man aus dem Ruhepuncte auf die Directions-Linien ziehet (§. 128.), die letztern mögen nun lang oder kurz seyn. Man kann dieses durch die Erfahrung beweisen, wenn man einerley Gewicht in verschiedenen Höhen unter dem Wagebalken abwieget.

§. 136.

Nöthige Vorsicht bey dem Gebrauche der Wage.

Man muß Sorge tragen, daß die Schnüre, an welchen die Schalen hängen, unter einander parallel sind; sonst wird eines von beyden Gewichten schief auf den Wagebalken wirken, und nicht im Stande seyn, dem andern Gewichte das Gleichgewicht zu halten, ungeachtet es demselben an Masse gleich ist, dessen Schale sich auch gleich weit von der Achse des Balkens befindet.

Fig. XXXVI.

Gesetzt, daß die Gewichte P und p (Fig. 36.) von gleicher Masse sind, und im Gleichgewichte stehen, wenn sie in die Schalen c und d geleget werden, welche unter einander parallel an den Enden A und B des Wagebalkens ACB hängen, dessen Achse sich gleich weit von diesen beyden Enden befindet. Wenn man nun eine Rolle r auf die Art anbringet, daß die Schnur der Schale d über diese Rolle gehet, und macht, daß nunmehr Br die Linie des Zuges wird, so wird dadurch das Gleichgewicht zwischen den Gewichten P und p gehoben werden, und das Gewicht P wird das Uebergewicht bekommen. Wann die Schnur eben dieses Beckens um die Rolle S gehet, so wird das Gewicht P gleichfalls den Ausschlag bekommen. Die Ursache davon ist folgende.

Man verlängere die Zuglinie auf eine unbestimmte Art, so daß sie rBF wird, so wirket alsdann das Gewicht p^1 nach der Richtung rF auf den Wagebalken. Nun haben wir bewiesen (§. 128.), daß die wahre Entfernung eines an den Arm eines Hebels angebrachten Gewichtes von dem Ruhepuncte, durch eine senkrechte Linie bestimmet wird, die man aus dem Ruhepuncte auf die Direction dieses Gewichtes ziehet. Man ziehe also die

die senkrechte Linie CE, welche uns die wahre Entfernung von der Achse, oder von dem Ruhepuncte, auf welchen das Gewicht p^2 wirket, geben wird. Um nun diese Enfernung mit derjenigen zu vergleichen, nach welcher es wirken würde, wenn es senkrecht unter dem Punte B hienge: so beschreibe man aus dem Puncte C, als dem Centro, und mit der Oeffnung des Zirkels CE, die Achse Eb, so ist $Cb = CE$, weil beyde Radii eines und eben desselben Zirkels sind. Die Entfernung des Gewichtes p^2 von der Achse ist also nur $Cb < CB$; folglich muß P das Uebergewicht haben. Wenn man nun wissen will, wie viel das Gewicht p von seiner Kraft verlieret, wenn es nach der Richtung Br wirket, so mache man folgende Formel: $p^2 : P = CA : Cb$.

Eben so, wenn man eine senkrechte Linie CD aus der Achse C auf die Richtung des Gewichtes p ziehet, und aus dem Puncte C als dem Mittelpuncte, mit der Oeffnung CD, den Bogen Da beschreibet, so wird Ca die Entfernung bezeichnen, in welcher das Gewicht p auf den Wagebalken wirket. Man bekömmt also das Verhältniß von p^1 zu P, durch die Formel: $p^1 : P = CA : Ca$.

§. 137.

Fortsetzung.

Wenn gleich die Schalen gleich weit von der Achse entfernet und unter einander parallel sind, so ist es doch möglich, daß gleich schwere Gewichte zuweilen nicht im Gleichgewichte stehen. Dieß kann sich zutragen, wenn die Schalen nicht frey hängen, und in den Puncten, in welchen sie aufgehänget sind, einer allzustarken Reibung ausgesetzet sind. Alsdann können zwey gleich schwere Gewichte, wenn sie in die Wageschalen geleget werden, nicht eher im Gleichgewichte stehen, als bis sich der Balken in einem wagerechten Stande befindet. Schwanket er aber nur ein wenig, so wird eines von beyden Gewichten das Uebergewicht bekommen, nachdem die Umstände, die wir jetzt anführen wollen, es mit sich bringen werden.

Um diesen Beweis desto deutlicher zu machen, wollen wir annehmen, daß die eine Schale frey hänge, und daß unter dem andern Arme des Wagebalkens ein Gewicht befestiget worden, welches die Schale, die nicht frey hänget, vorstellen soll. Wenn nun der Wagebalken mit dem Horizonte parallel stehet, so hat man vermöge der Hypothese, zwey gleiche Massen, welche in einerley Entfernung von der Achse des Balkens wirken, und folglich im Gleichgewichte stehen werden. Wir wollen nunmehr annehmen, daß der Wagebalken (Fig. 37.) seinen Stand ändert, und sich so neiget, daß AB, EG wird. Die frey hängende Schale bekömmt alsdann die Richtung Ed, und das Gewicht d wird eben so auf den Wagebalken wirken, als wenn es in e, in der Entfernung Ce von der Achse aufgehänget wäre. Hingegen wird das feste Gewicht P, dessen Schwerpunct sich in a befindet, seine Wirkung nach der senkrechten Linie ac richten, und eben so auf den Wagebalken wirken, als wenn es in c, in der Entfernung Cc von der Achse befestiget wäre. Es werden sich also die Kräfte, mit welchen die Gewichte P und d gegen einander wirken, verhalten, wie cC zu Ce. Nun ist Cc $>$ Ce; folglich wird das Gewicht P das Uebergewicht bekommen.

Fig. XXXVII.

Wenn aber der Balken seine Richtung ändert, und sich nach HI neiget, so wird das Gewicht P, welches in B im Gleichgewichte, in G aber überwiegend war, in I leichter werden. Denn dessen Schwerpunct a wirket nach der senkrechten Linie af auf den Wagebalken wie er thun würde, wenn er sich in dem Puncte f, in der Entfernung Cf von der Achse befände. Hingegen wirket die Schale r, nach der Richtung Hr auf den Wagebalken, eben so, als wenn sie in g in der Entfernung Cg von der Achse sich befände. Es verhalten sich also die Kräfte, mit welchen die

die Gewichte P und r auf einander wirken, wie Cf zu Cg. Nun ist Cf < Cg. Folglich wird das Gewicht P schwächer werden.

Eben diesen Beweis kann man auf die Wirkung einer lebendigen Kraft, oder auch eines Gewichtes anwenden, welches man an das Ende eines Hebels anbringet, mit welchem man eine Last bewegen will; doch mit diesem Unterschiede, daß die Kraft das Uebergewicht bekömmt, wenn das Ende des Hebels, an welchem sie angebracht ist, unter die Horizontal-Linie gebracht wird; dagegen sie schwächer wird, wenn sich dieses Ende über derselben befindet.

Fig. XXXVIII.

Denn gesetzt, daß die Last R, und die Kraft P an die Enden des Hebels AB (Fig. 38.) angebracht worden, dessen Ruhepunct sich in C befindet, so, daß der Schwerpunct a sowohl der Kraft, als auch der Last gleich weit davon entfernet ist. Wenn die Massen der Kraft und der Last gleich sind, so werden sie im Gleichgewichte bleiben, so lange der Hebel eben diese Stellung behalten wird. Allein wenn die Kraft Stärke genug erhält, das Gleichgewicht zu unterbrechen, und den Arm des Hebels, an welchem sie sich befindet, niederzudrücken: so wird sie immer wenigern Widerstand empfinden, je tiefer sie den Arm des Hebels niederdrücken wird. Gesetzt, er komme nach G, und nehme die Richtung FG. In diesem Falle wird der Schwerpunct der Kraft mit dem Puncte b überein kommen, der dem Ruhepuncte C freylich näher ist. Allein der Schwerpunct a der Last R, wird gleichfalls mit dem Puncte C überein kommen, der noch näher an C ist. Die Kraft wird also in einer größern Entfernung von dem Ruhepuncte wirken, als vorher. Man wird das Gegentheil erfahren, wenn der Hebel die Richtung DE bekömmt. Denn alsdann nimmt der Schwerpunct der Kraft seine Richtung nach d, und der Schwerpunct der Last nach e. Nun ist die Entfernung e C $>$ C d. Folglich bekömmt alsdann die Last das Uebergewicht über die Kraft. Alle diese Fälle lassen sich so wie die vorhergehenden sehr gut aus der Erfahrung beweisen.

Von der Rolle und dem Kloben.

§. 138.

Nutzen der Rolle.

Die Rolle oder runde Scheibe ist gleichfalls eine einfache Maschine, welche zu dem Hebel gerechnet werden kann. Sie ist eine zirkelrunde Fläche, welche man als eine Verbindung mehrerer Hebel von der ersten Art betrachten kann, deren gemeinschaftlicher Ruhepunct die Achse ist, um welche sich die Scheibe herum drehet.

In dieser Betrachtung gehöret dieses Werkzeug, eigentlich zu reden, nicht unter die mechanischen Kräfte. Denn es wird dadurch die Bemühung der Kraft gegen die Last nicht vermehret, weil beyde immer in einerley Entfernung von dem Ruhepuncte wirken.

Fig. XXXIX.

ADB (Fig. 39.) sey eine feststehende Rolle, über welche die Schnur a b c gehet, an dessen Enden a und c sich die Gewichte P und R befinden, welche gegen einander wirken sollen. Da die Rolle eine zirkelrunde Fläche ist, so sind alle Puncte ihres Umkreißes gleich weit von dem Mittelpuncte C oder der Achse entfernet. Folglich befinden sich auch alle Theile der Schnur, welche über diesen Umkreis gehen, jederzeit gleich weit von ihrer Achse. Allein, wir betrachten hier nur die Puncte A und B, auf welchen die Schnur anliegt. Die Gewichte P und R, welche an die

die beyden Enden der Schnur aufgehänget sind, wirken also auf eben die Art gegen einander, als wenn sie gerade in A und B gehänget wären. Nun ist CA = CB. Sie wirken also beyde in einerley Entfernung von dem Ruhepuncte; folglich müssen sie von gleicher Masse seyn, wenn sie sich das Gleichgewicht halten sollen.

Der einige Vortheil, welchen man von dieser Art Rolle hat, bestehet darinn, daß man die Richtung der Kraft ändern, und sie auf eine bequemere Art anbringen kann. Ein Mensch, z. B. der eine Last von der Erde aufheben soll, wird nicht auf eine vortheilhafte Art wirken können, wenn er sie von unten aufwärts heben soll. Er wird alsdann nicht seine ganze Kraft brauchen können, die er gegen diesen Widerstand anzuwenden im Stande ist. Denn da er nach einer Richtung wirken muß, welche der Richtung der Schwere entgegengesetzet ist, so kommt alsdann noch ein Theil von dem Gewichte seines Körpers zu der Last, die er aufheben soll; und gesetzt, daß diese Last sich zwischen seinen Füssen befände, so kann er wider dieselbe blos die Kraft seiner Lendenmuskeln brauchen, welche, nach der Beobachtung des de la Hire (a), nicht mehr als 170 Pfund heben können. Nun muß er in Betrachtung seiner Stellung alsdann die Hälfte von der Schwere seines Körpers zugleich mit tragen, welche 70 Pfund gleich ist. Er kann also nur mit einer Kraft von 100 Pfund gegen diese Last wirken. Allein, wenn eben dieser Mensch von oben niederwärts wirket, wie geschiehet, wenn er vermittelst einer festen Rolle wirket, so kann er, sowohl vermöge der Schwere seines Leibes, welche 140 Pfund ausmacht, und die ihm alsdann zu Hülfe kömmt, als auch vermöge der Muskeln seiner Arme und seiner Schultern, eine Last von 160 Pf. das Gleichgewicht halten. Er gewinnet also 60 Pf. Kraft, wenn er von oben

(a) Mém. de l'Acad. des Sciences, 1699.

oben niederwärts wirket, und diesen Vortheil hat er der festen Rolle zu danken.

Aber die thierischen Kräfte sind es nicht allein, welche Vortheil aus der festen Rolle ziehen können. Man kann auch leblose Kräfte brauchen, Lasten vermittelst dieser Rolle in die Höhe zu heben; weil die Direction der Kraft alsdann der Richtung der Last gleichförmig wird, welches man nicht bewerkstelligen könnte, wenn die Kraft von unten aufwärts wirken müßte.

§. 139.

Eigenschaften dieser Rolle.

Wir haben die feste Rolle als eine Verbindung vieler Hebel von der ersten Art betrachtet, welche insgesammt einen gemeinschaftlichen Ruhepunct haben. Die Eigenschaften dieses Hebels müssen also auch von dieser Art Rolle gelten, wovon man sich leicht aus folgendem Versuche überzeugen kann.

Fig. XL.

Man lasse auf eine runde Scheibe ABD (Fig. 40.) drey Rinnen aushöhlen, so, daß ihre Entfernung von der Achse C, welche ihnen zum gemeinschaftlichen Mittelpuncte dienet, wachse, wie die Zahlen 1, 2, 3, oder nach einer andern beliebigen Proportion (a). Auf einem der Puncte des Umkreißes jeder dieser Rollen befestige man Schnüre, so, daß jede Schnur den vierten Theil ihrer Rolle bedecket. Wenn das Gewicht R an das Ende derjenigen Schnur gehänget wird, welche um die kleine Rolle gehet, so wird ihre Entfernung von dem Ruhepuncte oder von der Achse Ca seyn, und die Entfernung des Gewichtes P, welches sich an dem Ende der Schnur der zweyten Rolle befindet, ist Cb. Allein vermöge der Hypothese, ist Cb = 2 Ca. Ihre Entfernung von dem Mittelpuncte verhält sich also wie 1 zu 2. Da nun eine solche Rolle die Stelle eines Hebels von der ersten Art vertritt, so müssen, wenn beyde

(a) *Nollet* Leçons de Phys. T. 3. p. 83.

beyde Gewichte im Gleichgewichte stehen sollen, ihre Massen sich gegenseitig verhalten, wie ihre Entfernungen von der Achse, und es muß seyn P : R = 1 : 2. Nun zeiget die Erfahrung, daß, wenn das Gewicht R 6 Unzen wiegt, so muß das Gewicht P, welches ihm das Gleichgewicht halten soll, 3 Unzen haben. Die Erfahrung lehret ferner, daß das am Ende der Schnur um die große Rolle befindliche Gewicht p zwey Unzen haben muß, wenn es das Gewicht R von 6 Unzen im Gleichgewichte halten soll. Nun verhalten sich die Entfernungen dieser beyden letzten Gewichte von dem Ruhepuncte C, wie 3 : 1. Die Gewichte stehen also im Gleichgewichte, wenn ihre Massen sich gegen einander gegenseitig verhalten, wie ihre Entfernungen von dem Ruhepuncte.

§. 140.

Verbindung mehrerer Rollen.

Durch die Verbindung mehrerer Rollen, von welchen einige beweglich, die andern aber fest sind, kann man wahre mechanische Kräfte hervorbringen, welche die Bemühung vermindern, die die Kraft gegen den Widerstand anwenden muß. Die auf solche Art verbundene Rollen werden zwar zusammengesetzte Maschinen; allein wir wollen doch hier davon reden, damit man den ganzen Vortheil, den man von den Rollen zu erwarten hat, auf einmal übersehen könne.

§. 141.

Wirkung des Klobens.

Wir wollen zuförderst nicht mehr als zwey Rollen betrachten, von welchen die eine fest, die andere aber beweglich seyn soll; welches System von Rollen in der Mechanik unter dem Namen des **Klobens** oder des **Flaschenzuges** bekannt ist. Man muß alsdann die bewegliche Rolle als einen Hebel von der zweyten Art ansehen, dessen Ruhepunct noch einmal so weit von der Last entfernet ist, als von der Kraft.

Fig. XLI. Wir wollen zwey Rollen C und c annehmen (Fig. 41.), wovon die erste in dem Puncte A fest, die zweyte aber mit ihrer perpendiculär unter ihrer Achse c aufgehängten Last R beweglich ist. Die Kraft, welche an das Ende der Schnur um die feste Rolle C angebracht wird, wirket auf eben die Art, als wenn sie unmittelbar in dem Puncte G, dem Ende des Durchmessers GH wäre angebracht worden. Allein, da die feste Rolle weiter nichts thut, als daß sie die Richtung der Kraft ändert, so kann diese Kraft mit nicht mehr Vortheil auf den Punct G wirken, als wenn sie in dem Puncte H dem andern Ende eben dieses Durchmessers wäre angebracht worden, und die Last R, welche sie erheben will, von unten aufwärts zöge. Gesetzt, die Kraft wirke auf diese letzte Art, so wird sich ihre Wirkung an dem Puncte D, dem Ende des Durchmessers DE der beweglichen Rolle äußern. Der in F befindliche Ruhepunct, an welchem das andere Ende der Schnur befestiget ist, kann durch den Punct E, dem andern Ende des Durchmessers DE, vorgestellet werden. Endlich kann man sich vorstellen, daß der Schwerpunct der Last R und der beweglichen Rolle, welche einen Theil dieser Last ausmacht, sich in dem Puncte C, dem Mittelpuncte dieser Rolle, befände. Dies nun vorausgesetzt, und wenn man den Durchmesser DE als einen Hebel betrachtet, so wird sich der Ruhepunct an einem seiner Enden, die Kraft an dem andern, und die Last zwischen beyden befinden.

Diese bewegliche Rolle wird also die Stelle eines Hebels von der zweyten Art vertreten. Allein vermöge ihrer Verfertigung wird die Last von dem Ruhepuncte um die Länge des Radii dieser Rolle, die Kraft aber um die Länge des Durchmessers entfernet seyn. Sie werden daher mit einander im Gleichgewichte stehen, wenn man folgendes Verhältniß hat: $P:R = cE:DE$.

Nun

Nun ist vemöge der Verfertigung $cE = \frac{1}{2} DE$. Folglich muß $P = \frac{1}{2} R$ seyn. Die Erfahrung bestätiget diese Wahrheit. Denn ein Gewicht von 8 Loth hält, wenn es die Stelle der Kraft vertritt, eine Last von 16 Loth im Gleichgewichte, das Gewicht der beweglichen Rolle und ihres Gehäuses mit darunter begriffen.

Man kann den Vortheil der Rollen noch weiter ausdehnen, wenn man sie so mit einander verbindet, daß man mehr bewegliche Rollen bewegt. (Fig. 42.) (Tab. X) soll ein solches System von Rollen seyn, worunter allein die Rolle A fest ist, die drey andern aber B, C, D, beweglich und an einander befestiget sind. Die Last R hänget an dem Gehäuse der letzten Rolle B. Wenn nun die Kraft, welche diese Last zu erheben sucht, in a angebracht würde, so würde sie nur die Hälfte der Last zu tragen haben, wie bereits bewiesen worden. Wenn nun die Last R und die Rolle B 100 Pfund wögen, so würden 50 Pf. in a angebrachter Kraft denselben das Gleichgewicht halten. Die Achse der zweyten Rolle C trägt also nur eine Last von 50 Pfund. Allein, da diese Rolle C mit der Rolle D auf eben die Art verbunden ist, als die Rolle B mit C, so wird die in b angebrachte Kraft nur die Hälfte von den 50 Pf. das ist 25 Pf. zu tragen haben. Hierzu muß man aber noch die Hälfte der Schwere der Rolle C setzen, welche einen Theil dieser Last ausmacht. Gesetzt also, daß diese Rolle 6 Pfund wiegt, so wird eine Kraft von 28 Pf. in b der ganzen Last das Gleichgewicht halten. Der Punct b trägt daher von der Last R und von der Schwere der Rollen B und C nicht mehr als 28 Pfund. Folglich wird eine in c angewendete Kraft von 14 Pfund, die Schwere der Rolle D nicht mitgerechnet, die Last im Gleichgewichte halten. Nimmt man nun an, daß die Rolle D auch 6 Pf. wieget, so wird eine in c angebrachte Kraft von

Fig. XLII.

17 Pf. im Stande seyn, der ganzen Last das Gleichgewicht zu halten. Da nun die Kraft P, welche an das Ende derjenigen Schnur, welche um die feste Rolle geht, angebracht wird, auf eben die Art gegen den Widerstand wirket, als wenn sie in e angebracht wäre: so wird diese Kraft von 17 Pf. die ganze Schwere der Last R und der beweglichen Rollen, so 112 Pf. beträgt, erhalten können.

Wir sehen hier noch nicht auf das Reiben der Rollen und ihrer Achsen, und auf die rauhe Beschaffenheit der Schnüre, welche Umstände den Widerstand gar sehr vermehren, wie wir an einem andern Orte zeigen werden.

§. 142.

Eine andere Erklärung derselben.

Viele Mechanici geben einen sehr natürlichen Grund von den Vortheilen der beweglichen Rollen an, ohne dabey auf die Art des Hebels zu sehen, den diese Rollen vorstellen. Sie schließen so. Die Rolle c (Fig. 41.) und die an ihrer Achse befindliche Last werden von zwey Kräften getragen, deren eine die (§. 140.) schon angezeigte Kraft ist, nämlich die Kraft P, welche an dem Ende der Schnur, welche um die feste Rolle C gehet, angebracht wird. Die andere Kraft aber ist der Ruhepunct F. Da man sich nun vorstellen kann, daß beyde Kräfte in D und E wirken, so sind sie gleichweit von der Last entfernet, welche sie tragen. Jede derselben trägt also die Hälfte davon (§. 130.)

Diese Art, den Vortheil zu erklären, den die Kraft bey einer beweglichen Rolle findet, hat Gelegenheit gegeben, das Verhältniß der Kraft zur Last in solchen Umständen zu bestimmen, und ihn als eine Einheit anzusehen, die mit der Zahl der Schnüre, welche um die beweglichen Rollen gehen, im Verhältniß stehet. So gehen, (Fig. 41.) zwey Schnüre, nämlich HD und FE

um

um die bewegliche Rolle C. Folglich verhält sich die Kraft zu dem Widerstande in dem Falle des Gleichgewichtes, wie 1 zu 2.

Hieraus folget, daß, wenn man die Zahl der festen Rollen mit der Zahl der beweglichen Rollen multipliciret, wie man gemeiniglich zu thun pfleget, man auf einmal den Vortheil findet, welchen die Kraft von der Vervielfältigung der Rollen erhält. Gesetzt, man hätte drey feste und drey bewegliche Rollen, welche in den beyden Gehäusen AB (Fig. 43.) befestiget sind: so wird man das Verhältniß der Kraft P zur Last R bekommen, wenn man die Proportion macht, P : R = 1 : 6, welches die Zahl der Seile ist, welche um die in dem Gehäuse B befindlichen beweglichen Rollen gehen. Die Erfahrung bestätiget diese Berechnung.

Es giebt noch mehrere Arten, die Rollen in dem Kloben zu ordnen, die man bey den Schriftstellern finden kann, welche von der Mechanik gehandelt haben.

§. 143.

Allgemeine Berechnung des Klobens.

Wir haben bisher angenommen, daß die Seile, deren man sich bey dergleichen Maschinen bedienet, an den Enden eines und eben desselben Durchmessers jeder Rolle angebracht worden. Allein in der Uebung wird man diese Stellung sehr selten antreffen. Vor dem Varignon hatte niemand als Wallis (a) diese Anmerkung gemacht, welches den erstern bewegte, eine allgemeine Methode für alle Fälle zu finden, die Seile mögen parallel seyn oder nicht. Hier ist seine Auflösung (b).

Man ziehe eine Linie durch die Puncte M und N (Fig. 44. 45.), in welchen die Fig. XLIV. XLV.

Seile

(a) Propos. 2. Cap. 8. pars 3.
(b) Republ. des Lettr. May 1687.

Seile MP und NR die Rolle A berühren, und ziehe aus dem Puncte M die Linie MK senkrecht auf NH. Hieraus erhellet, selbst nach den gewöhnlichen Grundsätzen, daß die Last D und die Kraft R in diesem Zustande im Gleichgewichte bleiben; eben so, als wenn sie beyde an einem und eben demselben Hebel MN wären angebracht worden, dessen Ruhepunct M ist, nämlich die Last D in G, nach OH, und die Kraft R in N nach NR. Folglich stehen sie beyde im gegenseitigen Verhältnisse der Linien MK und MO, welche senkrecht aus dem Puncte M auf ihre Directions-Linien NH und HA fallen. Weil nun die Directions-Linie der Last D, wie wir gesehen haben, durch den Punct H gehet, wo die auf dieser Seite verlängerten Sehnen PM und RN zusammen kommen: so sind die Linien MK und MO die Sinus der Winkel MHN und MHO. Folglich verhält sich die Last D zur Kraft R gegenseitig, wie sich diese Sinus verhalten; das ist, da MH und NH Tangenten sind, wie sich der Sinus des Winkels, den sie mit einander machen, zu dem Sinus seiner Hälfte verhält.

Ich habe diese Aufgabe in zwey Figuren vorgestellet, um zu zeigen, daß dieser Beweis statt findet, die Seile mögen einen stumpfen oder einen spitzigen Winkel vorstellen. In der vorhin angeführten Stelle wird man verschiedene Folgerungen finden, vermittelst deren man diese allgemeine Regel auf alle nur mögliche Fälle, selbst auf diejenigen, da man sich mehrerer Rollen bedienen will, wird anwenden können.

Man kann es daher als einen allgemeinen Grundsatz ansehen, daß, wenn man bey beweglichen Rollen die Seile so weit verlängert, bis sie in einem Puncte zusammen stoßen, sich die Last zur Kraft verhält, wie sich der Sinus des von den Seilen gemachten Winkels zu dem Sinus seiner Hälfte verhält; der Winkel, welchen die Seile

Seile mit einander machen, mag übrigens beschaffen seyn, wie er will.

§. 144.

So allgemein auch die gewöhnliche Art ist, das Verhältniß der Kraft zur Last in einem Kloben zu berechnen, wenn die Seile parallel gehen: so kann man sich ihrer, wie Hr. Desaguilliers (a) sehr richtig angemerket, doch nur alsdann bedienen, wenn die beweglichen Rollen in einem und demselben Gehäuse befestiget sind, und insgesammt zugleich aufwärts steigen. Denn der Vortheil, welchen die Kraft über die Last erhält, wenn die beweglichen Rollen eine andere Stellung haben, wie z. B. (Fig. 42.), wächset nach einem weit größern Verhältniße; weil der Vortheil der Kraft bey jeder folgenden Rolle verdoppelt wird. Man kann also in diesem Falle behaupten, daß sich die Kraft zur Last verhält, wie sich verhält die Zahl 1 zur Zahl 2, welche zu einer Dignität erhoben worden, deren Exponent der Zahl der beweglichen Rollen gleich ist. So ist (Fig. 42.) die Zahl der beweglichen Rollen drey; die Kraft verhält sich also zu der Last, wie $1 : 2^3 = 1 : 8$. Wenn man von der Schwere der beweglichen Rollen absiehet, so findet man wirklich, daß wenn $R = 100$ Pf. ist, die Kraft in a nur 50, in b nur 25, und in c nur $12\frac{1}{2}$ Pf. zu tragen hat. Nun ist $12\frac{1}{2} \times 8 = 100$.

Einschränkung der gewöhnlichen Methode.

§. 145.

Ehe ich dasjenige schließe, was ich hier von den Rollen habe sagen wollen, wird es nicht undienlich seyn, eine Schwierigkeit aufzulösen, welche sich diejenigen machen können, welche vermittelst der beyden angeführten Methoden das Verhältniß der Kraft zur Last in den beyden verschiedenen Systemen von Rollen, welche (Fig. 42. und 43.) vorgestellet worden, erklären wollen. Diese Schwierigkeit bestehet darinn:

Hebung einer Schwierigkeit.

(a) Cours de Phys. expér. T. 1. p. 107.

Jedermann gestehet, daß, wenn die Rollen nicht unmittelbar zusammenhängen, (Fig. 42.), es so viele Hebel von der zweyten Art sind, welche auf einander folgen, und in Betrachtung ihrer Stellung den Vortheil der Kraft beständig verdoppeln. Allein man fragt, warum diese Wirkung nicht (Fig. 43.) statt hat, wo die beweglichen Rollen in einem und eben demselben Gehäuse befestiget sind; da doch jede derselben die Stelle eines Hebels von der zweyten Art vertritt, und da, wenn man nur zwey Rollen a und b annimmt, von welchen die erste beweglich, die andere aber fest ist, die Kraft nur die Hälfte der Last zu tragen hat (§. 141. Fig. 41.), da ferner die übrigen Rollen c, d, e und f, wenn man sie paarweise nimmt, auf eben die Art gestellet sind, wie die beyden ersten, und daher auch paarweise eben denselben Vortheil bringen sollten, welches denn das Verhältniß $P : R = 1 : 8$, und nicht $= 1 : 6$ geben würde. Ein Unterschied, der desto mehr in Betrachtung zu ziehen ist, da er sehr weit gehet, wenn man die Zahl der Rollen auf beyden Seiten vermehret. Denn wenn (Fig. 43.) der beweglichen Rollen an der Zahl 5 wären, so würde man, nach der Art das Verhältniß der Kraft zu der Last zu schätzen, haben $P : R = 1 : 10$, anstatt daß man nach Fig. 42. $P : R = 1 : 32$.

Diese Schwierigkeit hat vielen Schein vor sich; allein sie ist doch leicht zu heben, wenn man bedenket, daß in Fig. 43. alle Schnüre von der Last und von der Schwere der beweglichen Spulen gleich stark angezogen werden. Da sich also der Widerstand unter diese Schnüre gleich stark vertheilet, so muß jede gleichviel von der Last tragen. Da sich nun in dem gegenwärtigen Falle sechs Schnüre befinden, welche sechs Kräfte vorstellen, so trägt eine jede $\frac{1}{6}$ von der Last. Folglich bekömmt man $P : R = 1 : 6$.

Hingegen sind Fig. 42. die Schnüre, welche die Kräfte vorstellen, ungleich beladen. Von den Schnüren a d und d e trägt jede nur die Hälfte der Last R und der Rolle B. Es geschiehet also auf die Achse C der zweyten Rolle nur die Hälfte der Wirkung, welche auf die erste geschahe. Von den Schnüren b a und a f hat jede nur die Hälfte dieser Wirkung zu tragen; jede trägt also nur $\frac{1}{4}$ von der ganzen Wirkung, welche sich nur in B äußert, und so ferner.

Von dem Rade um einer Welle.

§. 146.

Das Rad um eine Welle, welches auch Axis in peritrochio genannt wird, ist gleichfalls eine einfache Maschine, welche einen Hebel vorstellet. Erklärung und Eintheilung dieses Rüstzeuges.

Dieses Rüstzeug ist ein Cylinder, der um die beyden Enden seiner Achse, deren jedes die Stelle eines Ruhepunctes vertritt, beweglich ist.

Da es verschiedener Einrichtungen und Stellungen fähig ist, so bekömmt es auch verschiedene Namen. Wenn es mit dem Horizonte parallel lieget, so behält es den Namen eines Rades, oder es wird auch eine Haspel oder eine Winde genannt. Wenn es perpendicular auf dem Horizonte stehet, heißet es gleichfalls eine Winde. In dem ersten Falle dienet es, Lasten aufzuheben. In dem zweyten Falle braucht man es, Lasten, entweder in paralleler oder schiefer Richtung mit dem Horizonte fortzurücken.

Man mag nun dieses Rüstzeug einrichten, wie man will, so findet die Kraft dabey allemal einerley Vortheil; wenn anders die übrigen Umstände gleich sind.

§. 147.

Vortheil der Kraft bey diesem Rüstzeuge. Fig. XLVI.

Eigentlich zu reden, muß die Welle AB (Fig. 46.), welche Stellung man ihr auch giebet, als eine Menge von Rollen betrachtet werden, welche insgesammt an einer und eben derselben Achse stecken. Wenn also ein Seil, an dessen einem Ende sich die Last R befindet, über den Umkreis der Welle gehet, und die Kraft P an dem andern Ende dieses Seiles angebracht wird, so hat man eben dieselbe Proportion, welche man bey der festen Rolle hatte. Die Kraft muß alsdann der Last gleich seyn, wenn sie selbige im Gleichgewichte halten soll. Denn beyde wirken auf den Umkreis der Welle, dessen Puncte gleichweit von der Achse entfernet sind. Folglich wirken Kraft und Last in einerley Entfernung von dem Ruhepuncte.

Um der Kraft zu Hülfe zu kommen, welche sich dieses Rüstzeuges bedienet, bringet man an dem einen Ende der Achse der Welle zuweilen eine Kurbel an; zuweilen versiehet man beyde Enden damit. In diesen beyden Fällen ist das Seil an einem Puncte des Umkreises der Welle befestiget, und die Kraft wird in d an der Kurbel angebracht. Da nun der Radius der Kurbel cd größer ist, als der Radius der Welle ab, so gewinnet die Kraft dadurch einigen Vortheil über die Last, und für den Fall des Gleichgewichtes bekömmt man alsdann $P : R = ab : cd$.

Allein, wenn dieses Rüstzeug große Lasten heben sollte, so würde die Hülfe, welche die Kraft von einer oder auch zweyen Kurbeln haben kann, nicht hinreichend seyn, und ein an jeder Kurbel befindlicher Mensch, würde nicht vermögend seyn, den Widerstand zu überwinden.

den. In diesem Falle bringt man an dem Umkreise der Welle in das Kreutz die Hebel ef, eg, eh und ei an, welche weit länger sind, als der Radius dieser Maschine ab. Die an dem Ende dieser Hebel angebrachte Kraft, wirket alsdann in einer noch größern Entfernung von dem Ruhepuncte, und auf den Fall des Gleichgewichtes findet alsdann die Proportion statt: P R = ab: ef; eg; eh: ei.

Wenn die Lasten, welche man vermittelst eines solchen Rüstzeuges, welches gemeiniglich ein Haspel genennet wird, heben will, noch größer sind, dergleichen z. B. die großen Steinmassen sind, die man aus den Steinbrüchen herausziehet, so sind auch diese Hebel nicht mehr zureichend. Denn wenn man sie so sehr verlängern wollte, als nöthig seyn würde, der Kraft allen Vortheil zu verschaffen, den sie in diesem Falle haben muß, so würden sie zu weit von einander entfernet werden, als daß eine Person, wenn sie den einen Hebel niedergedrücket hat, den folgenden Hebel erreichen könnte. Man muß alsdann nothwendig seine Zuflucht zu einem andern Hülfsmittel nehmen, um seinen Endzweck zu erlangen. Zu dem Ende umgiebt man die Hebel ef, eg, eh und ei, nachdem man sie so sehr, als nöthig ist, verlängert hat, mit einem Rade, dessen Umkreis man von außen mit Zapfen versiehet. Dieses Rad, welches in Frankreich in den Steinbrüchen am häufigsten gebraucht wird, ist von einem Haspel eigentlich nicht verschieden; daher findet für den Fall des Gleichgewichtes auch eben dieselbe Proportion statt, P : R = der Radius des Haspels : Radio des Rades.

§. 148.

Wir setzen hier voraus, daß die Kraft senkrecht an dem Ende des Radii des Rades angebracht wird; weil sonst die jetzt angezeigte Proportion nicht statt finden würde. Der Zirkel ABC Fortsetzung.

Fig. XLVII. (Fig. 47.) sey das Rad um eine Welle, und der kleine Zirkel DEF die Welle. Wenn die Kraft P, welche in H dem Ende des Radii OH wirket, die Richtung HP hat, welche auf diesem Radio perpendiculär stehet: so wird sie die ganze Intensität ihrer Kraft vollständig besitzen, und man bekömmt: P:R = OE:OH. Allein, wenn die Richtung der Kraft verändert wird, und sie anstatt der senkrechten Stellung eine schiefe bekömmt, sie mag nun mit ihr einen spitzigen oder stumpfen Winkel machen, so wird ihre Intensität vermindert werden. Gesetzt, 1) daß sie mit dem Radio OH den spitzigen Winkel OHG macht, und die Richtung GH nimmt. In diesem Falle verhält sich die Kraft, welche nach der Richtung HG wirket, zu der vorhergehenden, welche nach der senkrechten Linie HP wirkte, wie sich der Sinus des Directions-Winkels zu dem Radius oder zu dem Total-Sinus verhält. Denn eine in dem Puncte H angebrachte Kraft, deren Richtung durch HG ausgedruckt wird, ist einerley mit der, welche in dem Puncte G nach der Richtung GI angebracht wird; dagegen diejenige, welche gegen eben diesen Punct H nach der Richtung HP wirket, so betrachtet werden kann, als wenn sie senkrecht auf dem Puncte I, nach der Richtung IP angebracht würde, weil OI = OH ist. Gesetzt also auf einen Augenblick, daß die senkrecht in H angebrachte Kraft, senkrecht in I nach der Richtung Ip angebracht würde, und daß diejenige, welche schief in H angebracht wird, senkrecht in G nach der Richtung GH wirkete. In diesem Falle wird sich die in G angebrachte Kraft zu der in I angebrachten verhalten, wie OG : OI. Nun ist OG der Sinus des Directions-Winkels, GHO und OI ist der Radius oder Total-Sinus. Beyde Kräfte verhalten sich gegen einander, wie der Sinus des Directions-Winkels zu dem Total-Sinus.

Eben dieser Beweis findet auch in dem zweyten Falle statt, wo die Kraft mit dem Radius, an dessen Ende

Ende sie wirket, einen stumpfen Winkel macht. P sey die in dem Puncte H nach der Richtung HP angebrachte Kraft (Fig. 48.), so, daß sie mit dem Radius OH den stumpfen Winkel PHO macht. Fig. XLVIII. Wenn man die Directions-Linie PH unbestimmt verlängert, und von der Achse des Haspels die Perpendicular-Linie OA ziehet, so begegnet diese senkrechte Linie in A der verlängerten Richtungs-Linie. Beschreibet man nun aus dem Mittelpuncte O und mit einer Oefnung des Zirkels, welche der senkrechten Linie OA gleich ist, einen Bogen, so wird er in B den Radius OH beschreiben, und man bekömmt (§. 136.) folgenden Satz: Die in dem Puncte H nach der Richtung HP angebrachte Kraft = eben derselben Kraft, wenn sie senkrecht in dem Puncte B angebracht wird. Folglich verhält sich die in dem Puncte H nach der Richtung HP angebrachte Kraft, zu eben derselben Kraft, wenn sie senkrecht in H angebracht wird, wie OB = OA : OH. Wenn man nun OH, welches die Hypothenuse des rechtwinkeligen Triangels HAO ist, als den Total-Sinus betrachtet, so ist OA der Sinus des Directions-Winkels PHO; weil es der Sinus seines Erfüllungs-Winkels OHA ist. Folglich verhält sich die schief in dem Puncte H, nach der Richtung HP angebrachte Kraft, zu eben derselben Kraft, wenn sie senkrecht in eben demselben Puncte angebracht wird, wie der Sinus des Directions-Winkels zu dem Total-Sinus.

Von der schiefen Fläche.

§. 149.

Vortheil den sie der Kraft gewähret.

Man nennet diejenige Fläche eine schiefe Fläche, welche mit dem Horizonte einen Winkel macht (§. 87.). Wir haben bereits angemerket (§. 88.), daß die Wirkung der Schwere gegen einen Körper, der sich auf einer schiefen Fläche beweget, durch die Neigung dieser Fläche langsamer gemacht wird, und eben in diesem Umstande findet die Kraft den Vortheil, welchen ihr eine solche Fläche verschaffet, Lasten auf- oder niederwärts zu bewegen. Denn, wenn z. B. ein Körper ohne Hülfe einer Maschine zu einer gewissen Höhe hinauf gebracht werden soll, so muß die Kraft in Stand gesetzt werden, die Wirkung der Schwere, welche diesen Körper nach der entgegengesetzten Richtung treibet, zu überwinden. Da nun diese Wirkung der Summe der Theile dieses Körpers gleich ist: so muß die Kraft in den Stand gesetzet werden, die Last dieses Körpers zu überwinden. Da aber der Trieb eines Körpers nach dem Mittelpuncte aller schweren Dinge durch die Neigung einer Fläche vermindert wird, so kann die Kraft, welche alsdann gegen ihn wirket, mit einer Stärke, welche geringer ist, als das Gewicht dieses Körpers, eben dieselbe Wirkung hervorbringen. Es ist daher nur noch die Kraft zu bestimmen, welche sie zur Hervorbringung dieser Wirkung anwenden muß. Man findet diese Kraft, sobald man den Fall des Gleichgewichtes zwischen der Kraft und Last, welche vermittelst einer schiefen Fläche gegen einander wirken, bestimmen kann.

Um dieses Gleichgewicht zu finden, muß man in der Last zwey Kräfte unterscheiden, die absolute und relative Kraft. Die erste ist diejenige, welche die Last haben würde, wenn man die Fläche wegnähme. Die zweyte ist diejenige, welche ohne auf die Neigung der Fläche zu sehen, in dem Körper vorhanden ist. Nun hat die Kraft in dem gegenwärtigen Falle es allein mit dieser letztern zu thun. Es wird also ein Gleichgewicht zwischen der Kraft und Last vorhanden seyn, wenn sich die Kraft zu dem Widerstande verhält, wie die

die relative Kraft zu der absoluten. Da sich nun diese beyden Kräfte gegen einander verhalten, wie das Product eben derselben Masse, multiplicirt mit den Geschwindigkeiten, welche sie in jedem dieser beyden Fälle haben würde: so müssen sich auch beyde Kräfte verhalten, wie die Geschwindigkeiten. Nun haben wir bewiesen (§. 89.), daß sich die relative Geschwindigkeit zu der absoluten verhält, wie sich die Höhe der Fläche zu ihrer Länge verhält. Die relative Kraft verhält sich also zu der absoluten, wie die Höhe der Fläche zu ihrer Länge. Folglich muß, wenn ein Gleichgewicht statt finden soll, die Kraft sich zu dem Widerstande verhalten, wie die Höhe der Fläche sich zu ihrer Länge verhält.

§. 150.

Wird durch die Erfahrung bestätiget.

Fig. XLIX.

Um die Wahrheit dieses Satzes durch die Erfahrung zu bestätigen, so verfertige man eine schiefe Fläche AB (Fig. 49.), welche an dem Bogen yx beweglich, und so gestellet ist, daß ihre Höhe Bd die Hälfte der Länge BA ausmacht. Man lege die Last R auf die Länge dieser Fläche, so daß sie durch die Gewichte P und P auf derselben erhalten wird, welche an die Enden zweyer Schnüre befestiget worden, deren andere Enden an dem Gehäuse fest sind, in welchem sich die Last R beweget. Die Schnüre laufen mit der schiefen Fläche AB parallel, und gehen über die Rollen a und b, welche sich an den Seiten des Bogens yx befinden. Kraft und Last werden alsdann im Gleichgewichte stehen, wenn die Masse der beyden Gewichte P und P die Hälfte der Last R ausmacht; weil man alsdann hat, $P + P : R = Bd : BA$.

Allein, wenn sich die Neigung der Fläche verändert, und die Richtung AC nimmt, so daß die Höhe der Fläche wächset, ihre Länge aber einerley bleibet: so wird

wird auch die relative Kraft von R größer. Die beyden Gewichte P und P werden alsdann nicht mehr im Stande seyn, der Last R das Gewicht zu halten; es wird daher nach dem Ende der Fläche zu niederfallen, und die beyden Gewichte nach sich ziehen.

Wenn hingegen die Höhe der Fläche abnimmt, und niedriger wird, als die Hälfte der Länge austräget, wenn sie z. B. die Neigung AD bekömmt: so wird die relative Kraft der Last weniger als die Hälfte ihrer absoluten Kraft betragen, und die beyden Gewichte P und P werden sie der Länge der Fläche nach, in die Höhe ziehen.

Von dem Keile.

§. 151.

Dessen Beschreibung. Der Keil ist ein einfaches Werkzeug, welches eine gedoppelte schiefe Fläche vorstellet, die man als eine Art von Prisma ansehen kann, dessen einander entgegengesetzte Grundflächen zwey gleichschenkelige Dreyecke ausmachen. Die gemeinschaftliche Höhe dieser beyden Dreyecke stellet die Höhe des Keiles vor.

Fig. L. So druckt (Fig. 50.) DC die Höhe dieses Werkzeuges aus, die Grundfläche AB bezeichnet die Dicke des Keiles, ce aber dessen Schärfe. Diese Linie vereiniget die Gipfel der beyden gleichschenkeligen Dreyecke, welche die Seiten des Keiles ausmachen. Das Parallelogramm aABb endlich stellet den Kopf des Keiles vor.

Der Gebrauch dieses Werkzeuges wird schon durch dessen Figur bezeichnet, und man siehet von selbst, daß es bequem ist, vornehmlich Holz zu spalten, oder stark ver-

verbundene Körper zu theilen, ja zuweilen auch Lasten zu einer gewissen Höhe zu erheben.

§. 152.

Die Mechanici sind in der Schätzung der Kraft des Keiles nicht einig. In der gegenwärtigen Anweisung können wir diesen Streit nicht untersuchen, weil wir dadurch weit über die Grenzen geführet werden würden, welche uns die einmal angenommene Art, die Geostatik vorzutragen, vorschreibet. Wir wollen daher nur die verschiedene Meynungen hierüber kürzlich erzählen.

Art dessen Kraft zu berechnen.

Descartes und andere nach ihm haben geglaubt, daß man, wenn man die Kraft dieses Werkzeuges berechnen wolle, genau auf den Raum Acht haben müsse, welchen die Kraft und die Last in einer und eben derselben Zeit durchlaufen. Da nun ein jeder Keil, der bis an seinen Kopf zwischen die Theile, welche er spalten soll, getrieben, oder unter die Last, welche er heben soll, geschoben worden, einen Raum durchlaufen hat, welcher seiner Länge gleich ist, d. i. der = DC (Fig. 51.) ist, dagegen die Last in eben derselben Zeit nur einen Raum durchlaufen hat, der dessen Grundfläche, d. i. AB gleich ist: so haben sie geglaubt, daß alsdann zwischen der Kraft und Last, welche vermittelst eines solchen Werkzeuges gegen einander wirken, ein Gleichgewicht statt finde, wenn man die Proportion habe: $P : R = AD : DC$.

Fig. LI.

Andere glauben, daß, da der Keil als eine doppelte schiefe Fläche betrachtet werden müsse, nicht eher ein Gleichgewicht zwischen der Kraft und Last statt finden könne, als bis sich die Kraft zu dem Widerstande verhält, wie sich die halbe Grundfläche des Keiles zu dessen Länge, oder wie sich die ganze Grundfläche zur Summe seiner beyden Seiten verhält.

Diese

Diese letztere Meynung findet die meisten Vertheidiger, und scheinet sehr gründlich bewiesen zu seyn. Das Dreyeck ACD (Fig. 51.) soll einen Keil vorstellen. Man ziehe aus der Spitze C des Winkels ACD die Linie CB senkrecht auf die Grundlinie AD, so wird sie den Winkel C in zwey gleiche Theile theilen. Ziehet man nun aus dem Puncte B die Linie BE senkrecht auf den Schenkel DC, so wird diese senkrechte Linie der Sinus des halben Winkels C seyn. Nun findet aber ein Gleichgewicht zwischen der Kraft und Last statt, wenn sich die Kraft zu der Last verhält, wie der Sinus des halben Winkels C zu der Höhe des Keiles, d. i. wenn man die Proportion bekömmt: $P : R = BE : BC$.

Wenn der Keil ACD den Raum BC durchläuft, so wirket er auf die Last nach der schiefen Linie BC. Seine Wirkung muß sich also theilen, und er kann über die Last nicht anders einige Gewalt haben, als nach der Perpendicular-Linie. Diese Perpendicular-Linie aber ist BE, der Sinus des halben Winkels C. Da wir hier nun ein Gleichgewicht zwischen der Kraft und Last annehmen, so kann man diese letztere durch eben dieselbe Linie BE bezeichnen, welche die Wirkung der Kraft ausdrücket. Es wird also in diesem Falle ein Gleichgewicht statt finden, wenn man hat $P : R = BE : BC$, das heißt, wie sich der Sinus des halben Winkels C zur Höhe des Keiles verhält. Nun sind aber die Triangel BCE und DCB ähnlich; man bekömmt also $BE : BC = BD : DC$, folglich durch Substitution auch $P : R = BD : DC$.

Wir haben bisher nur den halben Widerstand betrachtet, nämlich denjenigen, der in dem Puncte E empfunden wird, und den wir durch BE ausgedrücket haben. Da sich aber die Wirkung der durch BC bezeichneten Kraft nicht allein in BE theilet, welche auf dem Schenkel DC senkrecht stehet, sondern auch in BF, so auf

auf dem Schenkel A C senkrecht ist: so folget daraus, daß, wenn man das Gleichgewicht zwischen der Kraft und Last genau bestimmen will, man die vorhin angeführte Proportion verdoppeln müsse. Man erhält alsdann: $P : R = BE + BF : 2\,BC$; oder $P : R = BD + BA : CD + AC$. Die Kraft verhält sich also zu der Last, wie die Grundfläche des Keiles zu der Summe seiner beyden Seiten.

Von der Schraube.

§. 153.

Die Schraube ist ein Cylinder, um welchen sich eine gleich geneigte schiefe Fläche in Gestalt einer Spiral-Linie, längst der Achse dieses Cylinders herum drehet. Es giebt also zwey Stücke an einer Schraube zu betrachten; das Gewinde und dessen Gang. Das Gewinde der Schraube ist die schiefe Fläche, welche sich um den Cylinder beweget; der Gang aber die Entfernung, welche das eine Gewinde von dem folgenden absondert. Erklärung einer Schraube.

Wenn man die Schraube als eine schiefe Fläche betrachtet, welche um einen Cylinder geführet worden, so bezeichnet jedes Gewinde der Schraube die Länge der schiefen Fläche, der Gang aber ihre Höhe.

Man beweiset dieses, wenn man ein Schraubengewinde von Pergament, so um einen Cylinder gewunden worden, entwickelt. Man siehet alsdann, daß die Linie, welche die Länge des Umkreises bestimmet, das Gewinde der Schraube vorstellet, und daß diejenige, welche mit der Achse des Cylinders parallel gehet, den Gang ausdrücket; die Entwickelung aber giebt eine schiefe Fläche.

Ein

Ein mit einer Spiral-Fläche umgebener Cylinder, behält den Namen der Schraube. Wenn aber die Spiral-Fläche inwendig in der hohlen Fläche eines Loches eingeschlossen ist, so daß die Gänge der Schraube nach und nach zwischen die in der Höhlung befindlichen Flächen dringen können, so wird solches eine Schraubenmutter genannt.

§. 154.

Grundgesetz der Schraube.

Diese Art von Rüstzeugen wird sehr häufig gebraucht, wenn sehr stark gegen einem Widerstand gedrücket, oder wenn eine Last nach einer jeden beliebigen Richtung fortgerücket werden soll. In allen diesen Fällen ist der Kopf der Schraube mit einem Hebel bewaffnet, an dessen Ende man die Kraft anbringet. Es findet alsdann ein Gleichgewicht zwischen der Kraft und Last statt, wenn sich die Kraft zu der Last verhält, wie die Höhe des Ganges der Schraube zu dem Umkreis, den das Ende des Hebels, an welchem die Kraft angebracht ist, beschreibet.

Denn indem die an dem Ende des Hebels angebrachte Kraft eine Zirkellinie beschreibet, deren Radius der Länge des Hebels, von dem Mittelpuncte des Cylinders der Schraube an gerechnet, gleich ist, so durchläuft die Last einen Raum, der der Höhe des Schraubenganges gleich ist. Die Geschwindigkeiten der Kraft und der Last verhalten sich also gegen einander, wie der Umkreis des gedachten Zirkels zu dem Schraubengange. Wenn also ein Gleichgewicht statt finden soll, so müssen ihre Massen sich gegenseitig verhalten, wie ihre Geschwindigkeiten; folglich muß sich die Kraft zur Last verhalten, wie der Umkreis des Zirkels, den die erste beschreibet, sich zu der Höhe des Schraubenganges verhält, den sie in Bewegung setzet.

§. 155.

Starke Reibung bey der Schraube.

Obgleich nach dem metaphysischen Begriffe, den man sich von den Rüstzeugen macht, eine sehr geringe Kraft im Stande ist, das Gleichgewicht zwischen der Kraft und Last zu heben, so trifft solches doch bey dem Gebrauche der Schraube nicht ein. Außer der für den Fall des Gleichgewichtes bereits angezeigten Kraft, muß man nothwendig noch eine sehr beträchtliche Kraft anwenden, wenn die Kraft den Widerstand überwinden soll. Dieses rühret von dem Baue der Schraube her, indem derselbe so beschaffen ist, daß sie sich nicht in ihrer Mutter bewegen kann, ohne eine sehr starke Reibung zu erfahren, welche die Kraft um einen Theil der Wirkung bringet, welche sie wider die Last anwenden könnte.

Wenn diese Reibung der Kraft auf der einen Seite nachtheilig ist, so gewinnet sie auf der andern dabey, weil vermittelst dieser Reibung die Schraube im Stande ist, die ganze Stärke der Last zu ertragen, wenn die Kraft aufhöret zu wirken, welches die Erfahrung täglich bestätiget. Denn wenn man eine hinlängliche Kraft angewendet hat, ein gegebenes Hinderniß vermittelst einer Schraube fortzurücken, und die Kraft höret auf zu wirken, so bleibet die Schraube in dem Gange stehen, in welchen die Kraft sie versetzet hat; ein Vortheil, den man so vollständig nur allein bey diesem Rüstzeuge findet.

§. 156.

Verbindung der Schraube mit einem Stoße.

Die Schraube, welche wir als eine um einen Cylinder geführte schiefe Fläche betrachtet haben, kann auch als ein einfacher um einen Cylinder geführter Keil angesehen werden, weil diese Art des Keiles in nichts von einer schiefen Fläche unterschieden ist. So wie nun die Wirkung des Keiles durch einen Stoß vermehret werden kann, wie man siehet, wenn man ihn zum Spalten des Holzes gebraucht, eben so kann auch die Wirkung der Schraube durch eine Art von Stoße vermehret werden. Man bemerket solches in verschiedenen Künsten, besonders aber an der Schwingstange, deren man sich zu Prägung der Münzen bedienet.

Ohne hier dieses Werkzeug zu beschreiben, welches ich meinen Zuhörern zu zeigen pflege, will ich nur bemerken, daß der Kopf der Schraube, welcher eigentlich das Stück präget; von einem Schwängel geführet wird, der an seinen Enden mit Gewichten beschweret ist. Die Schwere dieses Schwängels gehet, wie Desaguilliers (a) anmerket, vermittelst einer zunehmenden Bewegung niederwärts, aber nach einer schiefen Spiral-Fläche. Wenn er nun das Reiben der Schraubengänge, so wie er niedersteiget, durch dieses Mittel überwunden hat, so stößet er sein Ende mit großer Heftigkeit gegen diejenigen Körper, welche gedrückt werden sollen.

§. 157.

Archimedische Schraube.

Wir müssen hier noch einer Art von Schraube gedenken, welche in der Naturlehre schon seit sehr langer Zeit bekannt ist, nämlich der Archimedischen Schraube, welche diesen Namen von ihrem Erfinder führet. Diese Schraube bestehet, eigentlich zu reden, aus einer biegsamen Röhre, die um einen Cylinder geführet worden, welchen man schief auf seine Achse stellet, so daß das eine Ende in dem Wasser stehet. Wenn man diese Maschine umdrehet, so steiget das in die Röhre getretene Wasser nach und nach in alle Schraubengänge, und fließet aus dem andern Ende der

(a) Cours de Phys. expérim. T. 1. p. 124.

der Röhre heraus, wo es in ein oben an der Maschine befindliches Behältniß fällt.

In Holland bedienet man sich dieser Schraube sehr häufig, besonders zur Austrocknung der Moräste. In andern Fällen, wo das Wasser sehr hoch gehoben werden soll, würde man sie nicht bequem gebrauchen können, weil man sie, in Betrachtung der Neigung, die sie haben muß, sehr lang machen müßte, da denn ihre eigene Last und die Schwere des Wassers, welches sie träget, sie beugen würde.

Um die Erhebung des Wassers vermittelst einer solchen Maschine auf eine bequeme Art vorzustellen, kann man die Spiral-Gänge dieser Schraube um ihren Cylinder offen lassen, und statt des Wassers einen festen Körper, z. B. eine metallene Kugel, vermittelst derselben heben. Man wird alsdann bey ihrer Umdrehung sehen, daß dieser Körper, indem er aufsteiget, auf den schiefen Flächen, welche auf einander folgen, unaufhörlich niedersteiget.

Von den zusammengesetzten Rüstzeugen.

§. 158.

Die zusammengesetzten Rüstzeuge entstehen, wie wir bereits angemerket haben (§. 115.), aus der Verbindung mehrerer oder wenigerer einfacher Maschinen. Die Anzahl dieser Arten von Maschinen, vermehret sich täglich; allein, die Kenntniß der einfachen Maschinen ist hinlänglich, den Vortheil, den man von den zusammengesetzten haben kann, auf eine gründliche Art zu berechnen. Ich werde daher nur etwas weniges

Wie sie entstehen.

davon sagen, und zu dem Ende die Häufung der Hebel und die Schraube ohne Ende wählen.

§. 159.

Verbindung mehrerer Hebel. Fig. LII. (Fig. 52.) soll also eine Verbindung mehrerer Hebel von der ersten Art vorstellen. Diese Hebel sind so mit einander verbunden, daß die Last R, welche an dem Ende A des Hebels A a wirket, sich nicht bewegen kann, ohne zugleich die beyden andern Hebel in Bewegung zu setzen, und folglich auch das Gewicht P zu heben, welches die Kraft vorstellet. Da nun diese Hebel so gestellet sind, daß sich die Länge ihrer Arme verhält, wie 1 zu 8, so darf die Masse der Kraft nur $\frac{1}{512}$ von der Masse der Last seyn; indem diese Hebel vermittelst der kleinen Massen o, o, o, an ihren kürzesten Armen, unter sich selbst im Gleichgewichte sind.

Gesetzt nun, daß die Last in R bliebe, die Kraft aber in a angebracht würde, so würde man nichts weiter als einen einfachen Hebel haben, und in Betrachtung des Verhältnisses dieses Hebels, würde eine in a angebrachte Kraft a eine Kraft = 8 im Gleichgewichte erhalten (§. 127.). Die Wirkung der Last gegen den Punct a beträgt also nicht mehr als $\frac{1}{8}$ von der ganzen Kraft, und folglich wird eine in b angebrachte Kraft = $\frac{1}{64}$ welche in einer noch achtmal größern Entfernung von dem Ruhepuncte wirket, als diejenige ist, in welcher die Last wirket, diese Last im Gleichgewichte erhalten. Ihre Wirkung gegen den Punct b gleicht also nur $\frac{1}{64}$ der ganzen Kraft. Da nun eben dasselbe Verhältniß zwischen den Armen des letzten Hebels statt findet, so wird eine Kraft = $\frac{1}{512}$ von R, hinlänglich seyn, das Gleichgewicht zu verschaffen.

Ueberhaupt findet zwischen der Kraft und der Last, welche vermittelst einer zusammengesetzten Maschine gegen

gen einander wirken, allemal ein Gleichgewicht statt, wenn die Kraft mit der Last in einem Verhältniß stehet, welches aus allen einzelen Verhältnissen zwischen beyden, in allen einfachen Maschinen, aus welchen die zusammengesetzte bestehet, zusammengesetzet ist.

Von dem Stirnrade.

§. 160.

Man kann das Stirnrad gleichfalls als eine Verbindung mehrerer Hebel von der ersten Art betrachten. Fig. 53. stellet drey Räder vor, welche mit ihren Drillingen oder Getrieben versehen sind, deren Durchmesser sich zu dem Durchmesser der Räder verhält, wie 1 zu 4. Die an dem Ende der Schnur, welche zum Theil um die Rolle TB gehet, befindliche Last, wird mit der Kraft P, an dem Ende einer andern Schnur, welche um das dritte Rad SV gehet, im Gleichgewichte seyn, wenn $P = \frac{1}{64}$ von R ist.

Wie es die Kraft erleichtert. Fig. LIII.

Um die Verbindung dieser Maschine, und den Vortheil, welchen sie der Kraft gewähret, desto leichter einzusehen, wollen wir zuerst nur das erste Rad CD und die an dessen Achsen befindliche Rolle betrachten. Gesetzt, auf einen Augenblick, daß die Kraft P an einem der Zähne des Rades angebracht würde, so wird diese erste Maschine von dem Rade, dessen wir (§. 147.) gedacht haben, nicht verschieden seyn. Es wird daher ein Gleichgewicht zwischen der Kraft und Last statt finden, wenn sie sich unter einander gegenseitig verhalten, wie ihre Entfernungen von dem Ruhepuncte A, und folglich wenn $P : R = AB : AC$. Nun ist vermöge der Construction AB = $\frac{1}{4}$ von AC, folglich muß P = seyn $\frac{1}{4}$ von R. Jeder Zahn des ersten Rades CD hat also nur $\frac{1}{4}$ von R zu tragen. Da nun die Zähne dieses Rades in die Zähne des Getriebes, oder in die Stäbe des Drillinges b e eingreifen, welcher sich mit dem zweyten Rade f e auf einer und eben derselben Spindel befindet, so ist es eben so, als wenn $\frac{1}{4}$ von R, so die Last vorstellet, an einen Zahn dieses Getriebes, oder an einen Stab dieses Drillinges gehänget würde. Wenn man also die Kraft in c auf einen der Zähne des zweyten Rades versetzet, so bekömmt man das Gleichgewicht, wenn P : R = ad : ac. Nun ist vermöge der Construction ad = $\frac{1}{4}$ von ac; folglich muß P einem Viertel von R gleich seyn. R ist aber auf $\frac{1}{4}$ herabgesetzet, P ist daher in diesem zweyten Falle = $\frac{1}{16}$. Jeder Zahn des zweyten Rades fc träget also nur $\frac{1}{16}$ der Last, und da dieses zweyte Rad das Getriebe oder den Drilling g h des dritten Rades S V führet: so trägt dieser Drilling nur $\frac{1}{16}$ von R, so in B an der Rolle FB hänget. Da nun die an dem Ende der Schnur des dritten Rades befindliche Kraft P eben dieselbe Wirkung hervorbringet, als wenn sie in L dem Ende des Radii Li befestiget wäre, so hat man das Gleichgewicht, wenn P : R = ig : il. Nun ist ig = $\frac{1}{4}$ von il. Folglich muß P einem Viertel von R gleich seyn; und da, wie angenommen worden R = $\frac{1}{16}$ ist, so ist auch P = $\frac{1}{64}$. Folglich wird in dem gegebenen Falle eine Masse, so $\frac{1}{64}$ von R ist, wenn sie in L an dem dritten Rade VS wirket, die Last R = 1, so sich an dem Ende der Schnur um die Rolle TB befindet, im Gleichgewichte erhalten.

Wenn man hier die allgemeine Regel, die wir (§. 159.) gegeben haben, anwendet, so kann man sagen, daß man bey einer Verbindung mehrerer Stirnräder ein Gleichgewicht hat, wenn sich die Kraft so zu der Last verhält, wie sich das Product des Diameters der Getriebe

triebe oder Drillinge zu dem Producte des Diameters der Räder verhält. Folglich ist in dem vorhergegangenen Falle $P : R = 1 \times 1 \times 1 : 4 \times 4 \times 4 = 1 : 64$.

Von der Schraube ohne Ende.

§. 161.

Die Schraube ohne Ende ist eine Art Schraube, deren Spindel BC (Fig. 52.) sich vermittelst zweyer Zapfen a und b beständig nach einer und eben derselben Richtung drehet. Sie greifet in die Zähne eines Stirnrades DEF ein, an dessen Achse A die Rolle GH befestiget ist, über welche eine Schnur gehet, welche die Last R träget. Die Kraft, welche diese Maschine in Bewegung setzet, und an die Kurbel bd angebracht wird, hat einen desto größern Vortheil, je größer das Rad DEF ist. Ob man nun gleich das Verhältniß der Kraft zur Last nach der allgemeinen Regel, welche wir (§. 159.) gegeben haben, bestimmen könnte, so wollen wir solches doch auf eine Art anzeigen, welche einem jeden verständlicher seyn wird. Ihr Verhältniß gegen die Kraft und Last. Fig. LII.

Bey dieser ganzen Maschine findet ein Gleichgewicht zwischen der Kraft und Last statt, wenn ihre Massen sich gegenseitig verhalten, wie ihre Geschwindigkeiten. Nun verhalten sich ihre Geschwindigkeiten wie die Räume, welche sie in einer und eben derselben Zeit durchlaufen. Wenn wir hier also das Verhältniß der Kraft zu der Last beurtheilen wollen, so müssen wir die Räume untersuchen, welche sie in einerley Zeit durchlaufen. Gesetzt, z. B. daß die Rolle GH einen Zoll im Durchmesser hätte; so wird ihr Umkreis ungefähr drey Zoll halten. Die Last wird also bey jeder Umdrehung der Rolle um drey Zoll steigen. Allein, da sie mit dem Rade DEF nur eine und eben dieselbe Achse hat, so muß sich dieses Rad mit ihr zugleich herum drehen. Da nun dieses Rad von einer Schraube ohne Ende getrieben wird, so wird diese Schraube durch jeden Umlauf nur einen einigen Zahn des Rades fortrücken. Wenn also das Rad 100 Zähne hat, so muß sich die Schraube 100 mal umdrehen, ehe das Rad und dessen Rolle ein einiges mal umlaufen kann, und folglich auch ehe die Last um drey Zoll erhoben werden kann. Wir wollen nunmehr den Raum untersuchen, den die Kraft in der Zeit durchläuft, in welcher die Last um drey Zoll gehoben wird. Gesetzt, daß der Arm der Kurbel bd sechs Zoll lang ist; so wird die Kraft bey jedem Umlaufe der Kurbel einen Zirkel von einem Fuße im Durchmesser beschreiben, und ungefähr einen Raum von drey Fuß durchlaufen. Folglich muß die Kraft einen Weg von 300 Fuß zurücklegen, ehe die Last um drey Zoll geschoben werden kann. Der Raum, den die Kraft durchläuft, verhält sich also zu dem Raume, den die Last durchläuft, wie 3600 : 3, oder wie 1200 : 1. Folglich kann vermittelst dieses Rüstzeuges eine Masse von einem Pfunde, einer andern von 1200 Pfunden das Gleichgewicht halten.

Von der Reibung.

§. 162.

Nothwendigkeit dieser Lehre.

Wir haben bisher die Maschinen in einem Grade der Vollkommenheit betrachtet, zu welchem man sie nicht bringen kann. Die Reibung,

Reibung, welche mit einer jeden Maschine unzertrennlich verbunden ist, bringet die Kraft um einen Theil der Wirkung, welche sie nach der bisher erklärten Theorie hervorbringeu sollte. Man muß daher nothwendig auf diese Unbequemlichkeit Acht haben, wenn man sich eines Rüstzeuges bedienen will. Die Reibung, der dessen verschiedene Theile ausgesetzet sind, ist sehr veränderlich, nachdem die reibende Theile mehr oder weniger ungleich sind, nachdem sie größer oder kleiner sind, vornehmlich aber, nachdem sie mehr oder weniger beladen sind.

Die Schlüsse, welche man aus den deshalb angestellten Erfahrungen gezogen hat, kommen nicht genug mit einander überein, daß man eine gründliche Theorie von den Reibungen geben könnte, wie viele berühmte Mathematici sich vorgesetzet hatten. Wenn sie eine für den Fortgang der Künste und für das Beste der menschlichen Gesellschaft so nützliche Absicht zu erreichen suchten, so bedachten sie nicht, daß die Reibungen sehr verschieden sind, selbst zwischen zweyen Körpern von einerley Art, deren Oberflächen glatt und die auf einerley Art beladen sind, wie man alle Tage gewahr wird; indem solches von den Ungleichheiten ähnlicher Oberflächen herrühret, welche gemeiniglich aus fremdartigen Theilen bestehen, und von denen einige immer glätter und polirter sind, als andere. Wir wollen daher nur einige allgemeine Grundsätze angeben, welche indessen doch hinreichend seyn werden, die Kraft, welche man anwenden muß, den durch die Reibung verursachten Widerstand zu überwinden, so ziemlich genau zu berechnen.

§. 163.

Damit wir desto ordentlicher verfahren, wollen wir zwey Arten der Reibung annehmen, welche wir die erste und zweyte Reibung nennen wollen. Die erste Art entstehet, wenn zwey

Verschiedene Arten der Reibung.

zwey Flächen über einander hingleiten, oder wenn eine von beyden in Ruhe ist. Die zweyte Art bemerket man, wenn die verschiedenen Puncte eines Körpers sich nach und nach über die verschiedenen Puncte eines andern Körpers hin bewegen. Dahin gehöret die Reibung eines Rades, welches seinen Umkreis nach und nach auf der Fläche entwickelt, die es durchläuft.

§. 164.

Die zweyte Reibung ist von geringerer Art.

Diese letzte Art der Reibung schadet der Bewegung nicht so sehr, als die von der ersten Art, daher sie auch dem bewegten Körper nicht so viel von der ihm zu seiner Bewegung mitgetheilten Kraft benimmt. Jedermann ist von dieser Wahrheit überzeugt, und selbst der einfältigste Bauer übet sie täglich aus, wenn er die Räder seines Wagens hemmet, und die zweyte Reibung mit der Reibung von der ersten Art vertauscht, wenn er befürchtet, daß die Abhängigkeit eines Berges seinem Fuhrwerke eine zu schnelle Bewegung mittheilen möchte. Um indessen diese Wahrheit auf eine befriedigende Art zu beweisen, bediene ich mich folgenden Versuches. AB und AB (Fig. 55.) sind vier Räder, auf jeder Seite zwey, welche an ihren Zapfen a und b sehr beweglich sind. Diese Räder tragen, wenn man es für dienlich befindet, die Achse de eines großen Rades C, welches durch eine Spiral-Feder D in Bewegung gesetzet wird, so mit dem einen Ende an der Achse des großen Rades und mit dem andern Ende an einer Querstange befestiget ist, welche aus dem Gestelle eines Paares der Räder AB herauf gehet. E ist ein Anhalter, welcher auf eine der Speichen des großen Rades fällt. FG ist ein Schwängel, der aus drey einander vollkommen ähnlichen Stücken f, g und h bestehet, welche so gestellet sind, daß man vermittelst der Schraube I entweder das eine Stück g, oder auch die beyden Stücke f und h

Fig. LV.

auf

auf die Achse des großen Rades legen kann. Wenn dieses geschehen, so wird man eine Reibung der ersten Art bekommen, wenn man die beyden Angeln d und e in die durchbohrten Schrauben r und ſ, welche durch die äußern Pfeiler der vier Räder AB gehen, spannet; weil alsdann diese beyden Angeln sich während ihrer Bewegung beständig an den halben untern Umkreis der Löcher in den Schrauben anlegen werden. Hingegen wird man nur eine Reibung der zweyten Art bekommen, wenn man die Schrauben wegnimmt, so daß sich die Angeln nicht mehr in ihren Aushöhlungen bewegen, sondern auf denjenigen Theil der vier Räder AB fallen, wo sie sich durchschneiden; weil die vier Räder durch die Bewegung der Angeln alsdann selbst in Bewegung gesetzet werden, da denn die verschiedenen Puncte dieser Räder beständig verschiedene Puncte dieser Angeln berühren.

Wenn man also die Achse des großen Rades C auf beyde verschiedene Arten nach einander richtet, und die Spiral-Feder auf einerley Art spannet: so wird man in beyden Fällen die Stärke der Reibung beurtheilen können, wenn man die Schwingungen des Rades bey der ersten und zweyten Art der Reibung zählet.

Um diesen Versuch mit aller nöthigen Vorsicht zu machen, muß man den Anhalter E auf eine der Speichen des Rades C setzen. Da dieser Anhalter eine Art eines Schwängels vorstellet, so lässet er das Rad sich nach derjenigen Richtung bewegen, welche zur Spannung der Feder nöthig ist. Man misset alsdann die Spannung ab, welche die Feder bekommen soll, indem man zählet, wie oft man das Rad C dabey umdrehet. Wenn dies geschehen, so wird alles in seinem Zustande bleiben, weil der Anhalter das gespannte Rad nicht zurück laufen lässet. Hierauf drehet man den Anhalter herum, worauf die Feder im Ablaufen verschiedene

Schwingungen machen, und eben diese Bewegung auch dem Rade C mittheilen wird. Man kann also die Zahl der Kreisläufe des Rades nach denjenigen Schwingungen bestimmen, welche man am deutlichsten an der Feder bemerken kann. Meine Maschine ist mit so vieler Genauigkeit verfertiget, daß die vermittelst dreyer Umläufe gespannte Feder bey der ersten Art der Reibung 72, hingegen bey der zweyten Art 560 Schwingungen macht. Hieraus schließe ich nun, daß die Reibung der zweyten Art der Bewegung weit weniger schadet, als die von der ersten Art.

§. 165.

Wirkung der Reibung der ersten Art.

Im gemeinen Leben haben wir am häufigsten mit der Reibung von der ersten Art zu thun. Sie verdienet also vornehmlich die Aufmerksamkeit des Mechanici.

Auch die glatteste Oberfläche der Körper ist uneben und höckerig. Die Oberfläche eines Spiegels z. B. so glatt und polirt er uns auch zu seyn scheinet, ist voller kleiner Ungleichheiten, welche unserm schwachen Gesichte unmerklich sind, die man aber vermittelst eines Vergrößerungsglases sehr bald entdecket. Die Körper können also nicht auf einander hingleiten, ohne daß ihre hervorragenden Theile sich in einander verwickeln, welches denn macht, daß die reibenden Flächen gewissermaßen in einander eingreifen. Wenn sich also ein Körper auf dem andern bewegen soll, so muß von dreyen Dingen nothwendig eines geschehen. Die Kraft, welche den Körper in Bewegung setzet, muß nämlich im Stande seyn, entweder die kleinen aufhaltenden Erhabenheiten nieder zu drücken, oder sie muß sie abbrechen, oder endlich auch die Masse des Körpers, welche sich beweget, in die Höhe heben.

Diese

Diese Ungleichheiten lassen sich niederdrücken, wenn sie eine gewisse Länge haben, und fest an ihrer Oberfläche ansitzen. Dieses geschiehet bey den Haaren einer Bürste, wenn man auf einem Tische damit hin und her fähret.

Hingegen brechen die kleinen Erhabenheiten ab, wenn sie an der Fläche schlecht befestiget sind. Man bemerket solches z. B. wenn man zwey Stücke Zucker an einander reibet, da denn ein feines Pulver entstehet, welches von den abgebrochenen hervorragenden Theilen jeder Oberfläche herrühret.

Endlich muß der Körper gehoben werden, wenn er sich bewegen soll, wenn die Theile nicht sehr hervor stehen, aber dabey unbiegsam sind. Dieses findet z. B. statt, wenn man mit einer metallischen Fläche, oder mit einem andern festen Körper, über einen andern eben so festen Körper fähret.

Jede dieser drey Wirkungen erfordert nun eine Kraft, welche sie hervor bringet. Diese Kraft muß nothwendig von derjenigen, welche den Körper in Bewegung setzet, entlehnet werden. Man kann also keinen Körper auf einem andern bewegen, wenn er nicht einen Theil seiner Kraft verzehren soll, um die Reibung, der er ausgesetzt ist, zu überwinden.

§. 166.

Ungleichheit der reibenden Flächen.

Um hierinn etwas Allgemeines fest zu setzen, nehme ich als den ersten Grundsatz an, daß, je unebener die Oberfläche der reibenden Körper ist, desto stärker auch die Reibung selbst ist; weil alsdann mehr Theile ineinander verwickelt werden, deren jeder sich der Bewegung des Körpers widersetzet. Folglich muß er auch mehr Kraft anwenden, um eine von den drey angezeigten Wirkungen hervor zu bringen.

Um dieser Unbequemlichkeit, so viel als möglich ist, abzuhelfen, pflegen die Künstler und Handwerker diejenigen Flächen, welche sich auf einander bewegen sollen, so sehr als möglich ist, zu poliren. Aus eben dieser Ursache werden auch die Oberflächen derjenigen Körper, welche einer starken Reibung ausgesetzet sind, mit Fett, Oel oder einer andern ähnlichen Materie bestrichen; weil diese Materie sich in die kleinen Höhlen der Flächen einlegen, sie ausfüllen, und daher zum Theil die Ungleichheiten vermindern.

§. 167.

Deren Größe.

Als den zweyten Grundsatz nehme ich an, daß, je größer die Oberfläche des reibenden Körpers ist, desto größer auch, wenn die übrigen Umstände gleich sind, die Reibung seyn muß, ob sie gleich nicht dieser Oberfläche proportionirt ist. Dieser Grundsatz ist der Theorie des Hrn. Amontans (a) und vieler anderer Schriftsteller gerade entgegen, welche behaupten, daß die Oberfläche der Körper zu ihrer Reibung nicht das mindeste beytragen. Ein Körper, der mehr Dicke als Breite hat, muß ihnen zu Folge, auf seiner größten Oberfläche nicht mehr Widerstand in seiner Bewegung empfinden, als in seiner kleinsten, weil der Druck, der von seiner Schwere herkommt, in beyden Fällen einerley bleibet, daher zwar mehr Theile in einander eingreifen, wenn er mit seiner größten Oberfläche reibet, allein sie thun solches nicht so tief (b). Dieser scheinbare Schluß, der sich auf die Erfahrung des Herrn de la Hire gründet, hat bisher viele berühmte Naturlehrer bewogen, die Erwägung der Oberflächen zu vernachläßigen. Allein, da in der Naturlehre das Ansehen eines großen Mannes noch kein hinlänglicher Beweis ist, so habe ich es für nöthig gehalten, diesen Versuch

(a) Hist. de l'Acad. des Scienc. 1699. & 1703.
(b) Ibidem 1699.

Versuch mit aller nöthigen Aufmerksamkeit zu wiederholen. Ich ließ daher ein Bret, welches sechs Zoll lang, vier Zoll breit, und einen Zoll dick war, abhobeln und glätten. In der Mitte der Dicke einer der kleinesten Seiten dieses Parallelipipedi befestigte ich einen Faden Seide. Hierauf legte ich dieses Bret mit seiner kleinen Oberfläche auf ein anderes eben so glattes Bret, von eben demselben Holze, welches funfzehn Zoll lang und sechs Zoll breit war. Ich zog den Seidenfaden über eine Rolle, die an dem einen Ende des langen Bretes angebracht war, so, daß ich sie nach Belieben hoch und niedrig stellen konnte, damit der Faden mit der Oberfläche des größern Bretes beständig parallel gieng. An das Ende des Fadens befestigte ich eine kleine Schaale, worein ich so viele Bleykörner warf, bis diese Last im Stande war, das kleine Bret in Bewegung zu setzen, und es nach sich zu ziehen. Nachdem dieser erste Versuch gemacht war, legte ich das kleine Bret so, daß es mit seiner größten Fläche auf das größere zu liegen kam. Ich stellete die Rolle niedriger, damit die Linie des Zuges parallel gieng, und bemerkte, daß zwar eben dasselbe Gewicht das Bret fortzog, daß es sich aber in dem zweyten Falle doch langsamer bewegte, als in dem ersten geschehen war. Ich habe diesen Versuch selbst in meinen Vorlesungen mehrmals wiederholet, und niemand hat dessen Richtigkeit in Zweifel ziehen können. Die Bewegung und Ueberwindung der Reibung ist also bey einer großen Oberfläche schwerer, als bey einer kleinen, und diejenigen, welche beyde Reibungen für einerley gehalten haben, haben blos auf das Gewicht gesehen, welches nöthig ist, diese Flächen in Bewegung zu setzen, nicht aber auf die Bewegung, welche es ihnen mittheilet.

Man kann die Wahrheit dieses Satzes auch vermittelst der §. 164. beschriebenen Maschine beweisen. Man stelle diese Maschine so, daß die Achse des Rades

C um die beyden Schrauben r und ſ komme, und ſpanne hierauf die Feder, aber blos durch eine zweymalige Umdrehung des Rades. Man laſſe hierauf auf die Achſe des Rades den Schwängel FG fallen, ſo, daß nur die Fläche g die Achſe berühre, und ſelbige reibe. Man nehme hierauf den Anhalter weg, und zähle die Zahl der Schwingungen. Wenn dieſer Verſuch geſchehen, ſo ſpanne man die Feder zum zweytenmale durch zwey Umläufe des Rades, und mache, daß der Schwängel FG die Achſe des Rades mit den beyden Flächen f und h berühre. In dieſem zweyten Falle wird die reibende Fläche noch einmal ſo groß ſeyn. Man laſſe hierauf den Anhalter los, ſo wird man 1 oder $1\frac{1}{2}$ Schwingungen weniger zählen, als bey dem erſten Verſuche. Die Reibung iſt alſo ſtärker, wenn die reibende Fläche größer iſt. Bey dem allen beträgt die Vermehrung der Reibung, welche aus der Vermehrung der Oberflächen entſtehet, wirklich ſo wenig, daß man ſie in der Ausübung gar wohl aus der Acht laſſen kann.

§. 168.

Schwere des reibenden Körpers.

Allein, es verhält ſich ganz anders mit derjenigen Vermehrung der Reibung, welche aus der Vermehrung der Laſt entſtehet. Ob man ſie gleich nicht nach aller Schärfe beſtimmen kann, ſo erhellet doch aus allen Erfahrungen deutlich genug, daß ſie ſich ſo verhält, wie ſich die Vermehrung der Laſt verhält.

Man laſſe die Achſe des Rades a in der vorhin gedachten Maſchine, in den Schrauben r und s. Man ſpanne die Feder durch eine zweymalige Umdrehung des Rades, und lege einen der Arme g des Schwängels FG auf die Achſe. Man nehme hierauf den Anhalter weg, ſo wird man 24 Schwingungen zählen. Allein, wenn man den Verſuch auf eben dieſe Art wiederholet, aber auf

auf das Ende des Armes g ein Gewicht leget, welches die Schwere des Schwängels auf der Achse verdoppelt, so wird man nicht mehr als 12 oder $12\frac{1}{2}$ Schwingungen zählen.

§. 169.

Geschwindigkeit seiner Bewegung.

Man muß endlich auch auf die Geschwindigkeit Acht haben, mit welcher der reibende Körper sich beweget, wenn man die Stärke der Reibung, so genau als möglich ist, schätzen will. Denn je mehr Geschwindigkeit der reibende Körper hat, destomehr eingreifende Theile wird auch die bewegende Kraft in eben derselben Zeit loszumachen haben; weil der Körper in derselben einen größern Raum durchläuft, daher sich seine hervorstehende Theile auch in eine größere Anzahl von Vertiefungen verwickeln werden, welche der Raum, auf welchem er reibet, ihm entgegen stellen wird.

§. 170.

Beschluß.

Man kann also überhaupt sagen, daß die Reibungen sich verhalten, wie sich die Ungleichheiten der Oberflächen, die Größe der letztern, ihre Schwere und die Geschwindigkeiten, mit welcher sie sich auf einander bewegen, zusammen genommen, verhalten.

Vierter Abschnitt.

Von der Hydrostatik.

§. 171.

Eintheilung der flüßigen Körper.

Der zweyte Theil der Statik, welcher ein Gegenstand dieses Abschnittes ist, ist unter dem Namen der Hydrostatik bekannt. Diese Wissenschaft handelt von dem Drucke und dem Gleichgewichte der flüßigen Körper. Die flüßigen Körper sind von zweyerley Art. Einige sind gleichartig, oder von einerley Dichtigkeit, andere aber sind fremdartig, oder von verschiedener Dichtigkeit.

Der Druck der fremdartigen flüßigen Körper ist eben denselben Gesetzen unterworfen, als der Druck der gleichartigen. Allein er hat überdies noch einige besondere Gesetze, die sich auf die Fremdartigkeit ihrer Theile beziehen. In Ansehung des Gleichgewichtes aber hat jede Art flüßiger Körper ihre eigenen Gesetze.

§. 172.

Inhalt dieses Abschnittes.

Um in demjenigen, was wir von diesem Gegenstande zu sagen haben, einige Ordnung zu beobachten, wollen wir handeln: 1) Von den allgemeinen Gesetzen des Druckes flüßiger Körper; 2) Von den Gesetzen des Gleichgewichtes gleichartiger flüssiger Körper; 3) Von den Gesetzen des Druckes und des Gleichgewichtes fremdartiger flüßiger Körper; und 4) Von dem Drucke und dem Gleichgewichte fester Körper, welche sich in flüßigen befinden.

§. 173.

Schwere der Flüßigkeiten in ihrem eigenen Elemente.

Wir haben bereits angemerket (§. 81.), daß alle Körper auf dem Erdboden von einer Kraft beherrschet werden, die sie nach dem Mittelpuncte der Erde treiben würde, wenn sich kein Hinderniß dieser Wirkung widersetzte. Sind die flüßigen Körper eben diesem Gesetze unterworfen? Ich kann mir nicht vorstellen, wie man in diesem Stücke noch einigen Zweifel haben könnte. Indessen glaubten doch die Alten das Gegentheil, und bildeten sich ein, daß die flüßigen Körper aufhöreten, schwer zu seyn, wenn sie in eine Masse eben dieses flüßigen Körpers eingeschlossen würden. Daher rührete denn der berüchtigte Satz der Alten: **Die flüßigen Körper haben in ihrem eigenen Elemente keine Schwere.** Was zu dieser Meynung Gelegenheit gegeben hat, ist dieses, daß sie bemerket hatten, wie ein in einen flüßigen Körper getauchter fester Körper der Kraft, welche ihn heraus zu ziehen bemühet ist, seine Schwere nicht empfinden lässet. Die Hand z. B. darf keine merkliche Kraft anwenden, einen Eimer aus dem Wasser zu ziehen, so lange er sich in diesem Elemente befindet; sie empfindet dessen Schwere nicht eher, als bis er über der Oberfläche des Wassers kommt.

Die Ursache dieser Erscheinung, welche von dem Gleichgewichte des Eimers mit den ihn umgebenden Wassersäulen herrühret, wird deutlicher werden, wenn wir von den festen Körpern reden werden, welche sich in flüßigen befinden. Hier wollen wir nur die Unrichtigkeit dieses Satzes durch eine Erfahrung beweisen, welche sehr deutlich zeiget, daß die flüßigen Körper in ihrem eigenen Elemente allerdings eine Schwere haben.

Man hänge an den einen Arm einer Wage eine mit Bley beschwerte aber luftleere Flasche. Man tauche die Flasche in eine Masse Wasser, und setze sie mit den nöthigen Gewichten, die man in die andere Schale der Wage thut, in das Gleichgewicht. Oefnet man hierauf die Flasche, so wird das Wasser, welches in sie hinein dringet, sie schwerer machen, so, daß man ein neues Gewicht in die andere Schale legen muß, welches der Schwere des Wassers, welches in die Schale gedrungen, gleich ist. Dieses neue Gewicht nun, welches zur Wiederherstellung des Gleichgewichtes nöthig ist, dienet blos, der Schwere des in die Flasche gedrungenen Wassers das Gegengewicht zu halten. Dieses Wasser übet also seine Schwere aus, selbst wenn es in eine Masse eben dieses flüßigen Körpers eingeschlossen ist. Wir können also hieraus schließen, daß die flüßigen Körper in ihrem eigenen Elemente allerdings eine Schwere haben.

§. 174.

Die Theile eines flüßigen Körpers wirken von einander unabhängig.

Die flüßigen Körper sind also eben denselben Gesetzen unterworfen, als die festen. Allein bey ihrem flüßigen Zustande haben sie verschiedene besondere Eigenschaften, die man bemerken muß. Alle Theile der festen Körper sind genau mit einander verbunden, und sie machen nur ein und eben dasselbe Ganze aus. Ihre Kraft vereiniget sich, so zu sagen, in einem einigen Puncte, welchen wir den gemeinschaftlichen Mittelpunct der Schwere genannt haben. Wenn daher ein fester Körper unterstützet werden soll, so darf man nur seinen Schwerpunct unterstützen. Aber bey den flüßigen Körpern verhält es sich anders. Alle ihre Theile sind von einander unabhängig; sie sind außerordentlich beweglich, und geben der geringsten Bemühung, sie zu trennen, nach. Weil nun die Theile der flüßigen Körper äußerst beweglich sind, und kein Band haben, welches sie genau mit einander verbünde, so folget daraus augenscheinlich, daß sie keinen gemeinschaftlichen Schwerpunct haben, durch welchen sie wirken

wirken könnten, sondern daß sie ihre Wirkung, von einander unabhängig, ausüben.

Dieser Schluß, welcher unmittelbar aus der Beschaffenheit der flüßigen Körper folget, lässet sich durch folgenden Versuch sehr wohl beweisen.

AB (Fig. 56.) ist ein großes cylindrisches Gefäß von Glas, welches an seinem Boden eine Oefnung von einem Zolle im Durchmesser hat, an welches eine Dülle C gelöthet ist, welche inwendig sehr genau ausgedrehet seyn muß. In dem obern Theile dieser Dülle und inwendig in dem Gefäße befindet sich eine gläserne Röhre DE, welche vermittelst eines festen dazwischen gelegten Leders genau in die Dülle passet. Hierauf verschließet man die Oefnung der Dülle C, mit einer Art eines Stämpels F, dessen Durchmesser dem innern Durchmesser der Röhre DE gleich ist. Man gießet hierauf Wasser in die Röhre, indem man solches langsam an ihren Wänden hinab laufen lässet. Man gießet so lange, bis es die Reibung des Stämpels überwindet, und ihn hinaus treibet, und bemerket, wie hoch das Wasser in der Röhre stand, als es diese Wirkung hervor brachte. Gesetzt, diese Höhe sey = FG. Man bemerket sie an dem Umkreiße des großen Gefässes, nimmt die Röhre DE weg, und setzet den Stämpel wieder an seinen Ort. Man wird hierauf das grosse Gefäß wieder bis zu eben derselben Höhe mit Wasser füllen müssen, wenn es eben dieselbe Wirkung hervor bringen soll. Fig. LVI.

Wenn die Theile der flüßigen Körper gemeinschaftlich und eben auf die Art wirkten, als die Theile der festen Körper, so müßte eine weit geringere Menge Wassers, als man in diesem zweyten Falle braucht, den Stämpel hinaus treiben. Denn wenn die Kraft aller Theile des flüßigen Körpers sich gegen diesen Stämpel vereinigte, so würde es hinlänglich seyn, wenn man in das große Gefäß eben so viel Wasser füllete, als man in dem ersten Falle in die Röhre DE gefüllet hatte. Da man nun aber das große Gefäß bis zu eben der Höhe G füllen muß, so ist solches ein unstreitiger Beweis, daß allein die einige Wassersäule, welche auf dem Stämpel lieget, und eben denselben Durchmesser hat, als die, welche in der Röhre DE eingeschlossen war, gegen diesen Stämpel wirket. Dagegen die übrigen Wassersäulen ihre Wirkung gegen die übrigen Theile des Bodens des Gefäßes auslassen. Folglich üben die Theile eines und eben desselben flüßigen Körpers ihren Druck aus, ohne von einander abhängig zu seyn.

§. 175.

Richtung dieses Druckes.

Doch dieses ist nicht der einige Unterschied, den man zwischen dem Drucke der flüßigen und festen Körper bemerket. Diese wirken blos nach der Richtung der Schwere, dagegen die Wirkung der flüßigen Körper nach allen Seiten gehet. Indessen rühret diese Wirkung dennoch von der Schwere her, welche sie, so wie jeden andern Körper, antreibet, sich niederwärts zu bewegen. Folgender Versuch wird diese Wahrheit in ein völliges Licht setzen.

Fig. LVII.

Man nehme eine gekrümmte Röhre AB CD (Fig. 57.), welche eine Linie im Durchmesser hält, und an beyden Enden offen ist. Man halte mit dem Daumen die Oefnung A zu, und tauche den kleinen Arm CD in eine Masse Wasser. Das Wasser wird alsdann nicht in diesen Arm dringen können, weil die Masse Luft, welche undurchdringlich ist, bereits im Besitze des innern Raumes dieser Röhre ist. Man nehme den Daumen weg, und öfne die Mündung A, so wird das Wasser nicht allein in die Röhre dringen, sondern sogar in den langen Arm steigen, bis es der Masse Wasser gleich stehet. Wenn man nun diese Wirkung genau betrachtet, so wird man in derselben einen unläugbaren Beweis von dem Drucke des Wassers nach allen Seiten gewahr werden, und sehen, daß dieser Druck von dem Bestreben des Wassers, sich niederwärts zu bewegen, herrühret.

Denn die Wassersäule ab, welche über der Mündung der Röhre D stehet, bemühet sich, wegen ihrer eigenen Schwere, niederwärts zu steigen, und treibet daher die Luftsäule DC vor sich her. Der Platz, welchen diese Säule verlässet, indem sie in den kleinen Arm der Röhre tritt, wird sogleich von den zufließenden Seitensäulen eingenommen, welche alsdenn keine Stütze mehr haben, dem Drucke der Nebensäulen nachgeben, und diesen Raum ausfüllen. Diese neue Säule ab drücket also auf diejenige, welche sich des Raumes CD bemächtiget hat. Da diese letzte sehr beweglich ist, und von Seiten der Luftmasse, welche den Theil CB der Röhre ausfüllet, wenigern Widerstand findet, so treibet sie diese Luftmasse vor sich her, und bemächtiget sich ihres Platzes. Sie drücket also nunmehr von der Seite, und füllet den Theil der Röhre DCB aus. Der Fall der zweyten Säule ab macht ein neues Leere, welches von den Seitensäulen ausgefüllet wird. Die Wassersäule CB wird daher von dem niederwärts gerichteten Drucke der Säule aDC nochmals gedrücket, und genöthiget, in den langen Arm der Röhre aufwärts zu steigen, und die darinn befindliche Luftsäule aufwärts zu treiben, bis die Schwere der in die Höhe gestiegenen Wassersäule, mit der Schwere der Säule aDC, von welcher sie gedrücket wird, im Gleichgewichte stehet.

§. 176.

Man kann den Druck der flüßigen Körper nach verschiedenen Seiten, auch durch verschiedene besondere Versuche bestätigen. Fortsetzung.

 1) Man

1) Man lasse in den Umkreis einer Flasche ein Loch von drey Linien im Durchmesser bohren, fülle die Flasche mit Wasser, und verstopfe sie mit dem Stöpsel. So lange die Flasche verstopft ist, wird auch das Wasser in derselben bleiben, weil die Luftsäule, welche von außen über der Oefnung des Gefäßes stehet, vollkommen hinreichend ist, den Seitendruck des Wassers gegen die Wände der Flasche zu überwinden, wie wir in der Aerostatik zeigen werden. Allein, wenn man sie öfnet, so wird der Widerstand dieser Luftsäule von dem Drucke derjenigen, welche durch den Hals der Flasche eindringet, zum Theil gehoben werden. Das Uebermaaß des Seitendruckes des Wassers wird alsdenn seine Wirkung thun, und man wird es durch das an dem Umkreiße der Flasche angebrachte Loch herausspritzen sehen.

Fig. LVIII.

2) Man nehme ein gläsernes cylindrisches Gefäß AB (Fig. 58.), welches an beyden Enden offen ist. Man verschließe die untere Oefnung durch eine dicke meßingene Scheibe ab, welche mit einem angefeuchteten Leder bedecket ist. Man halte diese Scheibe vermittelst eines Fadens cd, der an ihrem Mittelpuncte befestiget ist. Man setze dieses Gefäß in eine Masse Wasser, welches sich in einem großen Gefäße CD befindet, und hänge es vermittelst zweyer Ohren f und e, die an dem Umkreiße des Gefäßes AB fest sind, an den Rand des erstern. Man lasse hierauf den Faden fahren, so wird die meßingene Platte an dem Boden des Cylinders sitzen bleiben.

Damit man die Ursache dieser Erscheinung desto leichter einsehe, wollen wir uns vorstellen, daß die in einem cylindrischen Gefäße AB (Fig. 59.) befindliche Masse Wasser in viele Flächen ab, cd, ef, gh, getheilet sey, welche mit dem Boden dieses Gefäßes parallel gehen. In diesem Falle wird die Fläche ab, welche von der Schwere des über ihr befind-

Fig. LIX.

befindlichen Theiles der Atmosphäre gedrückt wird, sowohl mit ihrem eigenen Gewichte, als auch mit dem Drucke, den sie von der über ihr befindlichen Luft erhalten hat, auf die unmittelbar unter ihr befindliche Fläche cd drücken. Die Fläche ef wird also sowohl von der Schwere der Atmosphäre, als auch von der Last der beyden Flächen ab und cd gedrückt und so ferner. Der Boden des Gefäßes muß daher die ganze Last aller darüber befindlichen gedachten Flächen nebst der Schwere der Atmosphäre tragen. Folglich werden alle Theile einer und eben derselben Fläche von dem gerade über ihnen befindlichen Theilen auf gleiche Art gedrücket.

Nunmehr wollen wir uns vorstellen, daß eben diese Masse Wasser in viele Säulen getheilet würde, welche unter einander parallel sind, und senkrecht auf dem Boden des Gefäßes stehen; nämlich in die Säulen 1, 1; 2, 2; 3, 3; 4, 4; 5, 5; 6, 6; 7, 7. Jeder in der Höhe jeder dieser Säulen genommene Theil wird auf eben die Art gedrücket werden, als jeder in eben derselben Fläche darneben befindliche Theil in den benachbarten Säulen. Wir wollen uns nun auf einen Augenblick vorstellen, daß ein Theil des Wassers, welches die Säule 4, 4 ausmacht, von oben an bis nach R weggenommen würde, so wird der übrige Theil dieser Säule von R an bis an den Boden des Gefäßes nicht mehr so sehr gedrücket werden, als die daneben befindlichen Theile der benachbarten Säulen in eben denselben Flächen. Da diese letztern äußerst beweglich sind, und dem Uebermaße des Druckes, welchen sie empfinden, nachgeben, so werden sie sich in die kleine Säule R begeben, und dieselbe erheben, bis sie mit ihnen einerley Höhe hat, und in allen ihren Theilen eben so sehr gedrücket wird, als alle Theile der Nebensäulen, welche in einerley Nebenflächen befindlich sind.

Wenn man nun das cylindrische Gefäß AB (Fig. 58.), an dessen untern Oefnung man die meßingene Platte ab angeleget hat, in das Wasser tauchet, so verkürzet man dadurch die unter dieser Platte befindliche Wassersäule. Die Seitensäulen, welche sich um die Wände dieses Cylinders befinden, werden länger, und bestreben sich daher, die unter der Meßingplatte befindliche Säule zu heben, und ihr eben die Höhe zu geben, die sie selbst haben. Da diese Säule angetrieben wird, sich zu heben, so dränget sie die Platte aufwärts, überwindet ihren natürlichen Trieb zu fallen, und hält sie an die Mündung des Gefäßes fest angedrückt.

Diese Wirkung, welche den Druck der flüßigen Körper nach oben zu augenscheinlich beweiset, kann nicht statt finden, wenn nicht die Kraft, mit welcher die Wassersäule sich zu heben sucht, derjenigen Kraft, mit welcher die Platte zu fallen bemühet ist, wenigstens gleich ist. Da nun die Kraft dieser Säule sich zu heben, von dem Uebermaße des Druckes der Nebensäulen herrühret, so muß dieses Uebermaß des Druckes dem Bestreben der Platte zu fallen, wenigstens gleich seyn. Man wird diese Wirkung erreichen, wenn die Seitensäulen neunmal länger sind, als die Meßingplatte dick ist, weil sich die Schwere des Meßinges zur Schwere des Wassers verhält, wie 9:1. Doch wir werden diese Theorie näher entwickeln, wenn wir von dem Gleichgewichte der fremdartigen Körper handeln werden.

§. 177.

Gleichheit dieses Druckes.

Die flüßigen Körper drücken also nach allen Seiten. Ihre Theile wirken beständig gegen einander, und jedes Kügelchen eines flüßigen Körpers empfindet von allen Seiten einerley Druck. Wo nicht, so begeben sie sich auf diejenige Seite, wo sie

sie den geringsten Widerstand finden, bis sie den vorigen Grad der Spannung wieder erlanget haben.

Vermöge dieser Gleichheit des Druckes nach allen Seiten, ist, wie Muschenbroek sehr richtig anmerket, ein Kind vor allem Zusammendrücken von außen sicher, so lange es sich im Mutterleibe befindet, weil es daselbst auf allen Seiten mit Wasser umgeben ist. Er beweiset dieses damit, daß er ein Ey in eine mit Wasser angefüllete Blase verschließet, und eine schwere Last auf dieselbe leget, ohne dadurch das Ey zu zerdrücken.

§. 178.

Druck gegen den Boden der Gefäße.

Was wir von der Art bemerket haben, wie die flüßigen Körper drücken, setzet uns in den Stand, ihren Druck gegen den Boden und die Wände derjenigen Gefäße, worinn sie befindlich sind, zu beurtheilen.

Stevin (a) war der erste, welcher bewies, daß der Druck gegen den Boden zweyer an Gestalt und Gehalt ungleicher Gefäße einerley ist, wenn der Durchmesser ihres Bodens und die senkrechte Höhe des flüßigen Körpers über dem Boden einerley ist. Volder war der erste, welcher Stevins Beweis durch Versuche bestätigte. Paschal (b) bestätigte eben dieselbe Wahrheit, wiederholete diesen Versuch, und zeiget an fünf verschiedenen Gefäßen, daß der Druck immer einerley ist, was für eine Figur und was für einen Gehalt diese Gefäße auch haben mögen, wenn der darinn befindliche flüßige Körper nur einerley Grundfläche und Höhe hat; welches denn zu folgendem allgemeinen Satze Gelegenheit giebet: **der Druck eines flüßigen Körpers gegen den Boden eines Gefäßes, verhält** sich,

(a) Parad. Hydr. L. 2.
(b) Traité de l'Equilibr. des Liqueurs p. 1.

sich, wie die Grundfläche und Höhe des flüßigen Körpers zusammen genommen.

Wenn man also den Druck eines flüßigen Körpers gegen den Boden eines Gefäßes, worinn er enthalten ist, bestimmen will, so muß man, 1) auf die Höhe des flüßigen Körpers Acht haben. Denn wir haben bemerket (§. 176.), daß der Boden eines Gefäßes nicht allein den Druck der unmittelbar auf ihn liegenden Wassertheile auszuhalten hat, sondern auch den Druck der obern Theile. Dieser Druck muß sich also verhalten, wie die Höhe des flüßigen Körpers, wenn die übrigen Umstände gleich sind. Wir bemerken wirklich, daß der Druck eines flüßigen Körpers gegen einen festen desto stärker ist, je tiefer sich derselbe unter dem Wasser befindet. Der Stöpsel, der eine Bouteille genau verstopfet, erträget diesen Druck, wenn man die Bouteille dreyßig Klafftern tief in das Meer hänget, weil man die Bouteille so wieder heraus ziehet, wie man sie hinunter gelassen hatte. Allein, wenn man sie vierzig Klafftern tief untertauchet, so weichet der Stöpsel dem Drucke des Wassers, und fähret in die Bouteille, so daß diese voller Wasser ist, wenn man sie heraus ziehet (a). Dieser Versuch wurde 1740 auf einem Kauffarthey-schiffe, la Sagesse genannt, wiederholet (b); allein man hätte den Stöpsel mit Eisendrathe befestiget, so wie man die Bouteillen mit Cider und englischen Biere zu verstopfen pfleget. Man ließ diese Bouteille bis auf vierzig Klafftern hinunter. Der Stöpsel blieb zwar in eben demselben Zustande, allein der Druck war dennoch so stark, daß das Wasser durch den Stöpsel drang, und die Bouteille bis auf vier Finger unter dem Halse anfüllete.

Wenn

(a) Hist. de l'Acad. des Sciences, 1737.
(b) Journ. de Trevoux, May 1742.

Wenn also die Höhe des flüßigen Körpers in einem Gefäße vermehret wird, so wird nach eben dem Maße nothwendig auch dessen Druck gegen den Boden dieses Gefäßes vermehret. Man hänge an den Arm C einer Wage CD (Fig. 60.) ein bis auf eine gewisse Höhe, z. B. bis ab mit Wasser gefülltes Gefäß AB. Man setze es mit einem Gewichte P, so an den andern Arm gehänget wird, in das Gleichgewicht. Man tauche hierauf in das Wasser ein anderes Gefäß E, welches an eine Art eines Schnellgalgens F befestiget ist. Die Masse Wasser, dessen Platz das Gefäß einnimmt, wird alsdann in die Seitensäulen übergehen, und die Oberfläche des Wassers wird steigen, z. B. bis nach cd, obgleich die Quantität des Wassers einerley bleibet. Nun wird man aber alsdann bemerken, daß das Gefäß AB schwerer werden, und der Wage den Ausschlag geben wird. Fig. LX.

Diese Wirkung kann nicht von der Schwere des Gefäßes E herrühren, wie mir einige eingewendet haben. Denn da dieses Gefäß an dem Schnellgalgen F befestiget ist, dieser aber auf dem Tische stehet, so wird die ganze Kraft seiner Schwere hinlänglich aufgehalten. Allein, um allen Zweifel aus dem Wege zu räumen, habe ich folgenden Versuch erdacht. Man hänge ein neues Gewicht an P, um das Gleichgewicht wieder herzustellen. Wenn das Uebergewicht des Gefäßes AB von der Schwere des Gefäßes E herkommt, so wird dieses Gefäß nicht schwerer werden können, ohne daß das Gefäß AB, wenn es ein neues Gewicht bekömmt, der Wage wiederum den Ausschlag gebe. Wenn man nun das Gefäß E mit klein gehacktem Bleye anfüllet, so wird dessen Schwere dadurch zwar beträchtlich vermehret werden, allein die Wage wird dessen ungeachtet im Gleichgewichte bleiben. Es muß also das Uebergewicht des Gefäßes AB in dem ersten Falle blos von der durch die Eintauchung des Gefäßes

fäßes E vermehrten senkrechten Höhe des Wassers hergeleitet werden.

2) Wenn man auf die Höhe des flüßigen Körpers Acht haben muß, dessen Druck gegen den Boden des Gefäßes zu bestimmen, so muß man auch die Grundfläche dieses flüßigen Körpers oder des Gefäßes in Betrachtung ziehen. Denn so wie wir uns eine flüßige Masse in verschiedene mit der Grundfläche parallele Flächen vorgestellet haben, eben so können wir uns auch vorstellen, daß sie in verschiedene Säulen getheilet sey, welche unter einander parallel gehen, auf dem Boden des Gefäßes aber senkrecht stehen. Da jede dieser Säulen der andern gleich ist, so drücket auch jede auf einerley Art gegen denjenigen Theil des Bodens, worauf sie stehet. Je grösser also der Boden eines Gefäßes ist, je mehr nimmt die Zahl dieser Säulen zu; folglich wächset auch nach eben diesem Maaße die Summe der Drucke gegen den Boden des Gefäßes.

Wenn man also die Summe der Drucke dieser angenommenen Säulen gegen den Boden des Gefäßes bestimmen will, so muß man die Höhe des flüßigen Körpers mit seiner Grundfläche multipliciren, so wird das Product die verlangte Summe seyn.

Die Höhe zeiget uns mit welcher Kraft jede Säule gegen den unter ihr befindlichen Theil des Bodens wirket. Die Grundfläche zeiget uns die Zahl der Säulen an, welche gegen diesen Boden wirken. Da nun der ganze Druck der Summe dem einzeln Drucke gleich ist, so muß man auch den einzeln Druck, das ist, den Druck einer Säule so oft nehmen, als Säulen auf der Grundfläche befindlich sind; oder, welches auf eines hinausläuft, man muß die Höhe mit der Grundfläche multipliciren.

§. 179.

§. 179.

Verschiedene Gefäße, was für Figur und Größe sie auch haben, müssen also einerley Druck gegen ihren Boden empfinden, wenn sie einerley Grundfläche haben, und wenn der flüssige Körper in ihnen von einerley senkrechter Höhe ist. Um diese Wahrheit durch einen Versuch zu bestätigen, bediene ich mich dreyer verschiedener Gefäße. Das erste A (Fig. 61.) ist cylindrisch. Das zweyte B ist beträchtlich ausgeschweifet. Das dritte C ist ein Stück einer Röhre. Alle drey haben unten Ringe von einerley Durchmesser, vermittelst deren sie nach einander auf die Dülle ND geschraubet werden können, welche vermittelst eines Dreyfußes in dem Becken F befestiget ist. Die Dülle ND ist inwendig sorgfältig ausgedrehet, und bekömmt einen Stämpel E, welcher leicht in dieselbe gehet, ohne doch so wenig Wasser als möglich ist, durchzulassen. Der Stämpel ist an einer Stange GH fest, an deren obern Ende sich zwey Schnüre befinden, die an die Enden I und K zweyer Schwängel befestiget sind, welche an ihrem andern Ende zwey Wageschaalen P und P tragen. Man stecke das cylindrische Gefäß A auf die Dülle, und lege zwischen beyde ein Stück fettes Leder, damit das Wasser nicht durchdringen könne. Hierauf gieße man Wasser in das Gefäß bis auf eine gewisse Höhe, z. B. bis a, welche Höhe an der Stange des Stämpels bemerket ist. Man leget nunmehr in die Schaalen P und P so viel Gewichte, als nöthig sind, den Stämpel, und die darüber befindliche Masse Wassers zu heben. Wenn dieser erste Versuch gemacht ist, so nehme man das Gefäß A ab, und stecke das Gefäß B an dessen Stelle auf die Dülle. Wenn der Stämpel wieder in der vorigen Lage sich befindet, so gießet man Wasser in das zweyte Gefäß, und zwar wiederum bis zu der Höhe a, und bemerket, daß, wenn die vorigen Gewichte wiederum in die

Wird durch einen Versuch bestätiget.

Fig. LXI.

Schaa-

Schaalen gethan werden, sie noch hinreichend sind, den Stämpel zu heben, obgleich über viermal mehr Wasser in diesem Gefäße befindlich ist, als in dem Gefäße A war. Man nimmt hierauf auch dieses zweyte Gefäß weg, und setzet das Gefäß C an dessen Stelle. Man bringet den Stämpel an seinen Ort, und füllet auch dieses Gefäß bis zur Höhe a mit Wasser an. Obgleich in diesem Gefäße weit weniger Wasser befindlich ist, als in dem cylindrischen Gefäße war, so sind doch alle vorigen Gewichte nöthig, den Stämpel zu heben. Folglich ist der Druck gegen den Boden dieser drey Gefäße einerley, sobald die Höhe des flüßigen Körpers in denselben einerley ist.

§. 180.

Erklärung dieses Versuches.

Wenn man indessen die Schlüsse mit der Erfahrung verbinden will, so wird es nicht schwer seyn zu begreifen, wie es möglich ist, daß eine so große Menge Wassers, als in dem Gefäße B befindlich war, nicht mehr Wirkung auf den Stämpel hat, als die Masse Wassers in dem cylindrischen Gefäße A, und wie das wenige Wasser in dem Gefäße C eben so viel Wirkung hervorbringen könne, als die beyden übrigen Wassermassen. Um die erste Frage zu beantworten, wollen wir uns vorstellen, daß die in dem Gefäße B (Fig. 61.) befindliche Masse Wasser, in viele unter einander parallele Säulen getheilet sey. Zum andern wollen wir uns erinnern, daß die Theile der flüßigen Körper von einander unabhängig drücken (§. 174.), und folglich, daß allein die Säulen aa, bb, cc, dd, und ee, welche senkrecht auf dem Stämpel oder auf dem Boden des Gefäßes stehen, gegen denselben wirken. Da nun der Durchmesser dieses Stämpels in dem ersten und zweyten Gefäße einerley ist, so sind auch in beyden Fällen gleich viel Säulen von einerley Höhe vorhanden, welche auf den Boden dieser Gefäße wirken, und gegen denselben

ben drücken, folglich muß auch der Druck einerley seyn. Die Seitensäulen, welche sich um die senkrecht auf dem Boden stehenden Säulen befinden, stützen sich auf die Wände des Gefäßes B (Fig. 61.), drücken gegen diese Wände, und halten blos die senkrechten Säulen, in deren Betrachtung sie die Stelle des cylindrischen Gefäßes A vertreten.

Was nun das Gefäß C betrifft, so muß man sich die Wirkung des darinn befindlichen flüßigen Körpers folgender Gestalt vorstellen. Gesetzt, dieser flüßige Körper sey in mehrere Säulen von einerley Durchmesser getheilet, welche auf dem Boden des Gefäßes senkrecht stehen, von welchen aber nur die einige Säule IK (Fig. 61.) mit den Säulen des cylindrischen Gefäßes gleiche Länge hat, indem die Seitensäulen ab, cd, ef und gh weit kürzer sind. Da die Grundfläche dieses Gefäßes den Grundflächen der vorigen Gefäße gleich ist, so werden auch hier eben so viel senkrechte Säulen vorhanden seyn, als in dem cylindrischen Gefäße. Wenn man also beweisen kann, daß jede der Seitensäulen ab, cd, ef und gh, gegen die unter ihnen befindliche Theile des Bodens eben so sehr drücket, als die Säule IK auf den Theil des Bodens drücket, der sie träget, so ist auch bewiesen, daß die Drücke gegen die Böden der Gefäße A und C gleich sind. Nun ist der Druck jeder dieser Säulen einerley; denn die mittlere Säule IK übet als ein flüßiger Körper ihren Druck nach allen Seiten aus (§. 175.). Sie drücket also eben so stark auf den Boden des Gefäßes, als auf die um sie befindlichen Seitensäulen. Ihr Druck gegen die Seitensäulen sucht sie zu heben, und ihnen eben die Höhe zu geben, die sie selbst hat (§. 176.). Jede dieser kleinen Säulen bestrebet sich also, zu der Höhe zu steigen, welche die mittelste Säule hat, und sie würden wirklich so hoch steigen, wenn die Fläche rs (Fig. 61.) ihrer Erhebung nicht ein unüberwindliches

Hinderniß wäre. Dieses Hinderniß macht aber, daß die kleinen Säulen einen Grad der Spannung erhalten, der dem Drucke der Säule IK gleich ist; sonst würde diese letztere fortfahren, sie noch mehr zu drücken. Da sie aber nach allen Seiten zuwirken, so reagiren sie gegen den Boden des Gefäßes kraft der erhaltenen Spannung. Die Wirkung jeder dieser Säulen gegen die unter ihr befindlichen Theile des Bodens ist daher derjenigen gleich, welche die mittlere Säule IK gegen den Theil des Bodens ausübet, der sie träget. Es befinden sich daher in dem Gefäße C eben so viele Säulen, als in dem Gefäße A, und jede der Säulen des Gefäßes C wirket mit eben so vieler Kraft auf den Boden des Gefäßes, als jede Säule des Gefäßes A. Folglich muß der Druck gegen den Boden in beyden Gefäßen einerley seyn.

§. 181.

Druck gegen die Wände des Gefäßes.

Wir haben nunmehr noch von dem Drucke der flüßigen Körper auf die Wände der Gefäße, worinn sie sich befinden, zu reden. Wir wollen blos einen hinlänglichen Begriff davon geben, damit man diesen Druck auf alle vorkommende Fälle berechnen, und den Irrthum einiger Naturlehrer vermeiden könne, welche glauben, daß dieser Druck, bey gleichen Oberflächen, mit dem Drucke gegen den Boden des Gefäßes einerley ist.

Fig. LXII.

ABCDEF (Fig. 62.) sey ein cubisches mit Wasser gefülltes Gefäß, welches senkrecht auf dem Horizonte stehet. Der Druck des Wassers gegen jede Seite dieses Gefäßes ist nur halb so stark, als der Druck gegen dessen Boden.

Wenn man auf eine der Seiten die Diagonal-Linie AE ziehet, so wird man diese Seite in zwey gleiche gleichschenkelige Triangel theilen. Wenn man hierauf ver-

verschiedene Perpendicular-Linien auf die Seite AF ziehet, welche sich insgesammt auf diese Diagonal-Linie endigen, so wird jede dieser Perpendicular-Linien der zu ihr gehörigen Höhe gleich seyn. Folglich bekömmt man ad = Aa, be = Ab, cf = Ac, und FE = AF. Da sich nun der Druck eines flüßigen Körpers gegen einen gegebenen Punct verhält, wie die Höhe des flüßigen Körpers, so werden die verschiedenen Puncte a, b, c und F von Kräften gedruckt werden, welche durch die Perpendicular-Linien ad, be, cf und FE vorgestellet werden. Allein, alle Theile eines flüßigen Körpers, welche sich in einer und eben derselben Fläche befinden, empfinden einerley Druck (§. 176.). Alle diese Theile drücken also auf gleiche Art gegen alle unter ihnen befindliche Puncte der festen Oberflächen. Wenn man nun annimmt, daß die Perpendicular-Linien ad, be, cf u. s. f. bis auf die Seite KE verlängert werden, so werden alle Puncte dieser Oberfläche, durch welche diese Perpendicular-Linien gehen, eben so sehr gedrückt werden, als die Puncte a, b, c und F. Wenn man nunmehr Perpendicular-Linien auf alle Puncte der Seite AF ziehet, so werden solche die Fläche des Triangels AFE ausfüllen, und die Summe aller Drücke gegen die Seite AFEK vorstellen. Eben so, wenn man Perpendicular-Linien auf die Seite FE ziehet, dergleichen Gg, Hh, Ii u. s. f. sind, so wird jede dieser Perpendicular-Linien den Druck des flüßigen Körpers gegen die Puncte G, H, I, und folglich gegen alle darunter befindliche Puncte des Bodens des Gefäßes vorstellen; und wenn man Perpendicular-Linien auf alle Puncte der Linie FE ziehet, so wird die Summe dieser Perpendicular-Linien die Summe der Drücke gegen den Boden dieses Gefäßes vorstellen. Nun aber füllen diese Perpendicular-Linien die Fläche des Quadrates AFEK aus. Der Druck gegen den Boden des Gefäßes kann also durch die Oberfläche eines Quadrates ausgedrucket werden; dagegen der Druck eben dieses flüßigen Körpers gegen die Seite durch den Flächeninhalt des Triangels AFE vorgestellet wird. Nun ist die Oberfläche dieses Triangels die Hälfte von der Oberfläche des Quadrates AFEK. Folglich ist der Druck gegen die Seite dieses Gefäßes die Hälfte von dem Drucke eben dieses flüßigen Körpers gegen dessen Boden.

§. 182.

Gleichgewicht unter den Theilen eines flüßigen Körpers.

Bey dem Beweise, daß die kleinen Seitensäulen des Gefäßes C (Fig. 61.) gegen den Boden des Gefäßes eben so stark drücken, als die Mittelsäule, sagten wir (§. 180.), daß die letztere sich bestrebe, die Seitensäulen zu eben der Höhe zu erheben, die sie selbst hat. Die Erfahrung bestätiget diesen Satz. Man darf nur ein Loch in den Boden rs bohren, und in demselben eine Communications-Röhre anbringen. Alsdann wird die unter dieser Mündung befindliche Säule in der Röhre in die Höhe steigen, und sich eben so hoch erheben, als die Mittelsäule ist.

Diese Wirkung rühret von dem beständigen Bestreben her, welches die Säulen eines flüßigen Körpers beweget, sich unter einander in das Gleichgewicht zu setzen. Dieses Gleichgewicht erfordert, daß alle Säulen eines und eben desselben flüßigen Körpers einerley senkrechte Höhe haben. Denn da sie aus Theilen von einerley Dichtigkeit bestehen, so können sie sich nicht das Glegenwicht halten, wenn die Zahl der Theile, welche gegen einander wirken, nicht auf beyden Seiten gleich ist, oder wenn sie nicht einerley Höhe haben. Wir bemerken daher auch beständig, daß alle Säulen eines und eben desselben in einerley Gefäße befindlichen flüßigen Körpers so lange in Bewegung sind, bis ihre Oberfläche wagerecht ist, und bis alle diese Säulen gleich lang sind.

Wir sehen gleichfalls, daß, wenn man einen flüssigen Körper in eine Röhre gießet, welche mit einer andern Gemeinschaft hat, dieser flüßige Körper in der zweyten Röhre in die Höhe steiget, und sich das Gegengewicht hält, bis er in beyden Röhren eine und eben dieselbe Höhe hat.

Diese Erscheinung hat auch statt, wenn man diesen Versuch mit zusammenhängenden Gefäßen von verschiedenem Gehalte, von verschiedener Figur und von verschiedenen Stellungen macht. Man kan sich durch folgenden Versuch davon überzeugen.

A (Fig. 63.) ist ein sehr weites Gefäß, welches in seinem Boden ein Loch hat, in welches man die Communications-Röhre B C verküttet, welche mit zwey Hähnen D und E versehen ist; den einen D, die Gemeinschaft zwischen dem großen Gefäße A und der geraden cylindrischen Röhri F, welche auf eine Art eines Ansatzes gestecket ist, nach Belieben zu eröffnen oder zu verschließen; und die andere E, um das Wasser aus der Röhre abzuzapfen, indem der Hahn D geschlossen ist. Wenn man nun das große Gefäß A bis auf eine gewisse Höhe, z. B. a mit Wasser füllet, und den Hahn D öffnet, so wird das Wasser durch die Röhre B C fließen, in der cylindrischen Röhre F in die Höhe steigen, und in der Höhe b stehen bleiben. Wenn man hierauf den Hahn D schließet, das Wasser aus der Röhre F abzapfet, und an ihrer Stelle eine andere cylindrische Röhre, welche mit dem Horizonte einen schiefen Winkel macht, aufstecket, so wird das Wasser in dieser zweyten Röhre, wenn der Hahn D geöffnet worden, bis in c steigen. Wenn man endlich statt dieser Röhre die gewundene Röhre H nimmt, und den Hahn D nochmals öffnet, so wird das Wasser in derselben bis in d steigen; so daß es in allen drey Röhren eben dieselbe senkrechte Fig. LXIII.

Höhe erreichen wird, welche es in dem großen Gefäße A hat.

Man kann die Ursache dieser Erscheinung leicht einsehen, wenn man sich an dasjenige erinnert, was wir (§. 174.) gesaget haben, nämlich, daß die Theile der flüßigen Körper von einander unabhängig wirken, und daß folglich von der ganzen in dem Gefäße A befindlichen Masse des flüßigen Körpers nur allein die Säule ef gegen die Säulen wirket, welche in den drey gedachten Röhren in die Höhe steigen. Da diese Säule ef eben den Durchmesser hat, als jede dieser Säulen, so können sie nicht im Gleichgewichte seyn, wenn nicht ihre Höhe von beyden Seiten gleich ist.

§. 183.

Fortsetzung.

Man muß es also als einen allgemeinen Satz ansehen, daß flüßige Körper von einerley Dichtigkeit, welche vermittelst mehrerer Gefäße mit einander zusammen hängen, in denselben bis zu einer und eben derselben Höhe steigen müssen. Man wird dieses täglich in der Natur gewahr, und wenn man einige Ausnahmen von diesem allgemeinen Gesetze wahrnehmen sollte, so rühren solche von andern besondern Gesetzen her, welche nicht in die Classe der itzt gedachten Erscheinungen gehören. Diese Ausnahmen haben nur alsdann statt, wenn man diese Versuche mit Haarröhren wiederholet.

§. 184.

Entdeckung der Haarröhren.

Unter **Haarröhren** verstehet man solche Röhren, deren innerer Durchmesser zuweilen so klein ist, daß man kaum ein Haar hineinbringen kann. Wenn nun eine Röhre von dieser Art mit einem Gefäße, oder mit einer andern Röhre von einem großen Durchmesser Gemeinschaft hat, so bemerket man, daß

daß der flüßige Körper sich über den wagerechten Stand in der Haarröhre erhebet.

Es ist nicht leicht auszumachen, wem wir die Entdeckung dieser Erscheinungen in den Haarröhren zu danken haben. So viel wissen wir, daß Boyle der erste war, der sie in England bekannt machte, und daß er die Ehre dieser Entdeckung einigen französischen Naturlehrern zuschrieb. Der P. Fabry leget den Florentinischen Naturkundigen diese Ehre bey (a).

Der Urheber dieser Entdeckung mag nun seyn, wer er will, so ist doch gewiß, daß sie in Betrachtung der vielen dazu gehörigen Wirkungen, wie Sigorgne (b) sehr richtig anmerket, für überaus wichtig gehalten werden muß. Wenn die flüßigen Körper, sagt er, welche in geringer Quantität vorhanden sind, sich nicht in den wagerechten Stand versetzen, wenn sie sich an den Rand gewisser Körper ansetzen, und den Rand anderer zu fliehen scheinen, wenn ihre Oberflächen, anstatt eben zu seyn, in manchen Fällen besondere Figuren annehmen, wenn sie sich bis in die obersten Theile eines Schwammes, einer Lunte, eines Stückes Tuch, einer trockenen und thonigen Erde, ja sogar der Berge und Pflanzen erheben: so rühret solches augenscheinlich von eben diesem Grundsatze her.

Der Abt Nollet (c), der eben diese Meynung angenommen hat, glaubet zwar, daß das Steigen des Saftes in den Pflanzen von den kleinen Haarröhren herrühret, welche längst der holzartigen Fibern vertheilet sind; allein die erstaunliche Höhe, zu welcher sich derselbe in einem großen Baume, z. B. einer Eiche, erhebet, lässet ihn, und zwar mit Recht vermuthen, daß diese Wirkung außerdem noch von einer besondern Organisation herrühret.

(a) *Honor. Fabry*, Tract. V.
(b) Institut. Newton. p. 415.
(c) *Nollet* Leçons de Phys. T. 2. p. 437.

Sigorgne gehet noch weiter, und räumet den Haarröhren eine noch größere Herrschaft ein. Er glaubt mit andern, daß die Absonderungen in den Drüsen der thierischen Körper vermittelst solcher Röhren geschiehet. Er vermuthet sogar, daß man den Gang des Blutes in den haarförmigen Pulsadern blos diesem Mechanismus zuschreiben müsse. Allein, es ist wahrscheinlich, daß diese geschickten Naturkenner die Gesetze der Circulation und die zusammenziehende Kraft der Gefäße aus der Acht gelassen haben, welche hinreichend sind, diese Verrichtungen zu erklären, wie ich in meinen Vorlesungen über die thierische Oeconomie zeigen werde.

§. 185.

Wichtigkeit dieser Entdeckung.

Indessen erhellet aus dem, was bisher gesaget worden, daß das Gesetz, welches die flüßigen Körper in den Haarröhren über den wagerechten Stand erhebet, in der Natur einen großen Umfang hat, und daß es die ganze Aufmerksamkeit der Naturlehrer verdienet. Es haben sich daher auch seit dessen Entdeckung fast alle Naturlehrer sehr ernsthaft mit demselben beschäftiget; welches zu sehr vielen Hypothesen Anlaß gegeben hat, die wir nicht gründlich beurtheilen können, wenn wir nicht vorher die vornehmsten Erscheinungen untersuchen, die uns dieser Gegenstand darstellet.

§. 186.

Erscheinungen bey den Haarröhren.

1) Das Wasser steiget in einem jeden haarförmigen Raume über den wagerechten Stand; denn man muß bemerken, daß diese Wirkung nicht allein in den Röhren von einem sehr kleinen Durchmesser erfolget, sondern, daß sie auch Statt hat, wenn man diesen Versuch mit einem jeden andern Körper macht, der zwischen seinen Theilen haarförmige Räume lässet.

Man

Man nehme zwey Blätter Glas oder Eis, lege ein kleines Stück Pappier, oder ein Kartenblatt dazwischen, und tauche einen Theil dieser Blätter in ein stark gefärbtes Wasser, so wird der Liquor zwischen den Blättern über die Oberfläche des Wassers steigen. Man bemerket sogar, daß derselbe eine krumme Linie beschreibet, und sich solchergestalt über den wagerechten Stand erhebet. D. Taylor hat diese Entdeckung gemacht (a). Hauxbee untersuchte sie nach ihm mit vielem Fleiße, und hielt diese krumme Linie für eine Hyperbel (b). Mazeas hat verschiedene Versuche damit angestellet, und eine merkwürdige Schrift darüber herausgegeben (c).

Diese Erscheinung zeiget sich also nicht allein in den Haarröhren. Indessen ziehen wir diese hier zu unsern Versuchen vor, weil sie leichter zu behandeln, und zugleich bequemer sind, die Resultate aus den Versuchen, die wir anführen werden, einzusehen.

2) Wenn man eine Haarröhre in einen gefärbten flüßigen Körper tauchet, so steiget der flüßige Körper in derselben über den wagerechten Stand seiner Oberfläche.

3) Der flüßige Körper steiget um so viel höher über den wagerechten Stand, je haarförmiger die Röhre ist. Man verbinde mehrere haarförmige Röhren von verschiedenen Durchmessern mit einander parallel. Man tauche sie zusammen in eine und eben dieselbe Masse gefärbten Wassers, so wird die Wassersäule desto länger werden, je dünner sie ist, oder je kleiner der innere Durchmesser der Röhre ist.

Wenn man diesen Versuch mit Aufmerksamkeit untersucht, so bemerket man, daß die flüßigen Körper, wenn sie in den haarförmigen Röhren über den Was-

(a) Trans. Philos. 1712. N. 336. Art. 9.
(b) Exper. Phys. mech. T. 2.
(c) Mém. presentés à l'Acad.

serpaß steigen, dabey dem umgekehrten Verhältnisse des Diameters der Röhren folgen; das heißt, daß sie in einer Röhre, deren Diameter die Hälfte einer andern ist, noch einmal so hoch über den Wasserpaß steigen. Dieses Gesetz leidet indessen doch einige Ausnahmen, wie solches schon einige Naturlehrer vor mir bemerket haben.

4) Obgleich die flüßigen Körper in haarförmigen Räumen beständig über den Wasserpaß steigen, so verhält es sich doch mit dem Quecksilber anders. Dieses bleibet unter dem wagerechten Stande, und zwar desto tiefer, je enger die haarförmige Röhre ist, in welche er steiget.

Um diesen Versuch mit desto größerm Fleiße zu wiederholen, nehme man zwey mit einander Gemeinschaft habende Röhren, deren eine haarförmig ist. In die weiteste schütte man Quecksilber, so wird dasselbe zwar in der haarförmigen steigen, aber ohne doch den Wasserpaß zu erreichen. Dieser Unterschied wird desto größer seyn, je enger die haarförmige Röhre ist.

§. 187.

Verschiedene Arten sie zu erklären.

Ungeachtet der vielen Hypothesen, die man erdacht hat, von diesen Erscheinungen Grund anzugeben, kann man sie doch in drey Hauptarten theilen, oder sie vielmehr in drey Classen ordnen, wie schon vor mir der Herausgeber des Hauxbee (a) gethan hat. Die erste Classe begreifet diejenigen Hypothesen, in welchen diese Wirkung dem ungleichen Drucke der Luft beygeleget wird, welcher stärker auf die Oberfläche desjenigen flüßigen Körpers wirket, in welchen man eine haarförmige Röhre tauchet, als auf die flüßige Säule, welche sich in dem innern dieser Röh-

(a) Exper. Phys. mech. T. 2. p. 170.

Röhre erhebet, und dadurch macht, daß die äußern und umher befindlichen Säulen das Uebergewicht bekommen.

In die zweyte Classe gehören die Hypothesen derer, jenigen, welche eine gewisse Anhängigkeit zwischen der flüßigen Säule, welche sich in einer haarförmigen Röhre erhebet, und den Wänden dieser Röhre annehmen; welches denn macht, daß diese Säule den unter ihr befindlichen Theil des Bodens schwächer drückt, daher denn die äußern und umher befindlichen Säulen das Uebergewicht bekommen müssen.

Die dritte Classe endlich begreifet die Hypothesen der Verfechter der anziehenden Kraft, oder derjenigen, welche diese Erscheinungen aus der Ueberlegenheit der anziehenden Kraft der Röhren über diejenige herleiten, welche die Theilchen der flüßigen Körper gegen einander ausüben.

§. 188.

Erste Erklärungsart.

Der P. Fabry (a) und viele andere Naturlehrer, welche der Luft ästige und mit Hacken versehene Theilchen zuschreiben, glauben, daß diese Theilchen sich in einander verwickeln müssen, und daß sie nicht anders als schwer in die Höhlung der haarförmigen Röhren dringen können, ja daß diese Schwierigkeit zunehmen müsse, je kleiner der Durchmesser dieser Röhren ist. Hieraus würde folgen, daß die Luftsäule, welche in eine haarförmige Röhre dringet, zum Theil von den Wänden derselben getragen wird, und nicht so stark auf die steigende flüßige Säule drücket, als die äußern und umher befindlichen Säulen, welche dem ganzen Drucke einer freyen Luft ausgesetzt sind. Es müssen also diese letztern Säulen das Uebergewicht bekommen, und können mit derjenigen, welche sich in der haarför-

(a) Tract. V. Lib. III. Digress. 1.

förmigen Röhre erhebet, nicht anders im Gleichgewichte stehen, als sofern diese letztere durch ihr übermäßiges Steigen dasjenige ersetzet, was ihrer Schwere gegen den unter ihr befindlichen Theil von dem Boden des Gefäßes abgehet.

§. 189.

Deren Prüfung. So sinnreich und natürlich auch dieses System zu seyn scheinet, so hat es sich doch nicht lange im Ansehen erhalten. Denn außerdem, daß es auf eine sehr willkührliche Hypothese gegründet ist, nämlich auf die ästige und hackenförmige Gestalt der Lufttheilchen, so war ihm auch die Erfahrung zuwider. Denn man bemerkte sehr bald, daß die Erscheinungen der haarförmigen Röhren in dem luftleeren Raume eben so vollständig Statt hatten, als in dem mit Luft erfüllten.

Man befestige eine Haarröhre an eine kleine mit Graden versehene kupferne Platte, welche auf einen metallenen Schaft geschraubet ist, der durch verschiedene Stücke fetten Leders gehet, so daß man ihn unter einem Recipienten von oben niederwärts bewegen könne. Man setze auf den Teller einer Luftpumpe ein zum Theil mit gefärbten Wasser angefülletes Gefäß, und bedecke es mit dem gedachten Recipienten. Man tauche hierauf die Röhre bis zu einer Tiefe, die man bemerken muß, in den flüßigen Körper, und untersuche vermittelst der beygefügten Graduation, wie hoch der Liquor in der Röhre steiget. Man nehme sie weg, pumpe die Luft aus, und tauche sie nochmals bis zu eben der Tiefe in das Wasser, so wird der Liquor wieder bis zu der vorigen Höhe steigen.

Damit man wider diesen Versuch nichts einwenden könne, so muß man Sorge tragen, daß das Wasser in beyden Fällen von der Luft befreyet werde.

§. 190.

§. 190.

Die Gönner des jetzt widerlegten Systemes haben dagegen eingewandt, daß Boyles leerer Raum nicht vollkommen leer sey, und daß die Luft, welche unter dem Recipienten zurück bleibet, noch eine Wassersäule von ungefähr 28 Linien hoch tragen könne, welches hinlänglich wäre, die gedachte Wirkung hervor zu bringen.

Beantwortung eines Einwurfes.

Dieser Einwurf, der nicht ganz unwahrscheinlich ist, ist durch Boyles Versuch auf eine unläugbare Art widerleget worden. Er tauchte eine haarförmige Röhre, welche an einem Ende hermetisch versiegelt war, in ein gefärbtes Wasser, und sahe, daß die in der Röhre befindliche Masse Luft sich dem Steigen des Wassers widersetzte. Er befestigte diese Röhre an einen küpfernen Schaft, welcher unter dem Recipienten beweget werden konnte, setzte ihn auf den Teller der Luftpumpe, pumpete die Luft weg, und ließ hierauf die Röhre in eine Masse gefärbten Wassers sinken, da er denn sahe, daß solches über den Wasserpaß stieg. Desmarest (a), welcher diesen Versuch anführet, machte dabey die scharfsinnige Anmerkung, daß, wenn die verdünnete Luft, welche unter dem Recipienten der Luftpumpe bleibet, durch ihren ungleichen Druck das Steigen der flüßigen Körper in den haarförmigen Röhren, die an beyden Enden offen sind, hervorbrächte, ihre Wirkung bey einer oben verschlossenen Röhre eben so merklich seyn, und das Steigen des Wassers verhindern müßte; weil diese verdünnete Luft, der Hypothese zufolge, in dem obern Theile der Röhre und in dem Recipienten auf gleiche Art wirken muß, und da sie sich vor ihrer Verdünnung dem Steigen widersetzte, so muß sie solches auch noch nach ihrer Verdünnung hindern.

§. 191.

(a) *Hauxbee* Exper. Phys. mech. T. 2.

§. 191.

Verbesserung dieser Erklärungsart.

So unrichtig nun auch das System des P. Fabry schien, so war es doch zu witzig, als daß man es sogleich hätte verlassen sollen. Wenigstens suchte man es so einzukleiden, daß die Schwierigkeiten, welche es ganz über den Haufen warfen, wegfielen. Hiermit beschäftigten sich verschiedene große Naturlehrer, worunter sich auch Jacob und Daniel Bernoulli, Hartsoeker, Dufay und viele andere befanden.

Jacob Bernoulli (a) gab nur eine andere Erklärung des Umstandes, nach welchem die Luft auf die in einer haarförmigen Röhre steigende flüßige Säule schwächer wirket, als auf die Oberfläche der äußern und umher befindlichen Säulen. Sein System blieb daher eben denselben Schwierigkeiten ausgesetzet, als das System des P. Fabry.

Dies bewegte den Daniel Bernoulli (b) anstatt des ungleichen Druckes der Luft den ungleichen Druck der Kugeln der ätherischen Materie anzunehmen. Er behauptet, daß diese Kugeln durch die Zwischenräume des Recipienten dringen, und da jede dieser Kugeln größer sey, als die Wassertheilchen, so könnten sie den Raum einer Haarröhre nicht genau ausfüllen, folglich drückten sie die innere Oberfläche des Wassers und die Oberfläche der Wassersäule, welche sich in einer haarförmigen Röhre erhebet, auf eine ungleiche Art.

Große Männer fallen oft in die gröbsten Irrthümer, wenn sie eine Meynung, die sie einmal angenommen haben, nicht verlassen wollen. Denn, wie kann man sich vorstellen, daß Theile, welche gröber sind, als die

(a) Differt. sur la pesanteur de l'air.

(b) Acta Lipf. V. 5.

die Wassertheilchen, durch die Poros eines Recipienten dringen können, welche dem Wasser und andern noch subtilern Theilchen den Durchgang versagen.

Hartsoeker (a) geräth zwar in eben den Irrthum, als der P. Fabry; allein er giebt seiner Hypothese doch mehr Wahrscheinlichkeit. Er behauptet, daß die Luftsäule, welche in eine haarförmige Röhre dringet, gegen die Wände dieser Röhre reibet, und daher den mittlern Theil dieser Säule stärker drücket, als ihre Ränder. Folglich steige der flüßige Körper nach dem Rande zu, und falle endlich in den Mittelpunct der Säule wieder zurück, weil die Theile, welche über den Wasserpaß gestiegen sind, von nichts unterstützet würden; und daher bekomme diese Säule eine größere Höhe, als die äußern und umher befindlichen Säulen haben.

Wenn der Versuch im luftleeren Raume, der des Fabry Hypothese widerleget, nicht auch zugleich Hartsoekers Meynung widerlegte, so könnte man den Mechanismum, den sie enthält, unmittelbar angreifen, indem derselbe den Gesetzen der Hydrostatik nicht ganz gemäß ist.

Des Dufay (b) Hypothese hat mit den jetzt angeführten zu viele Aehnlichkeit, als daß wir sie besonders untersuchen dürften. Ich gehe also zur Prüfung der Systeme der zweyten Classe fort.

§. 192.

Wir haben in diese Classe diejenigen Meynungen gebracht, in welchen man die gedachten Erscheinungen von zweyen Ursachen herleitet, von einer zufälligen, und von einer unmittelbaren. Die erste

Zweyte Erklärungsart.

(a) Physique.
(b) Mém. de l'Acad. des Sciences.

erste ist die Anhänglichkeit der flüßigen Körper an die Wände der Röhren, in welchen sie sich erheben, und die andere das Uebergewicht der äußern und umher befindlichen Säulen.

Jacob Voßius war der erste Naturlehrer, der diese Hypothese ausdachte; allein er brachte sie nicht zu derjenigen Vollkommenheit, die sie nach ihm erhalten hat. Er nahm die Anhänglichkeit als die einige mechanische Ursache von dem Steigen der flüßigen Körper über den Wasserpaß an.

Borelli nahm des Voßius Meynung an, fügte aber zu der Anhänglichkeit noch die überwiegenden Säulen hinzu. Allein er entwickelte diese Idee noch nicht genug, und dieses sinnreiche System erhielt seine vollkommene Gestalt erst von dem berühmten Carre (a). Es bestehet kürzlich in folgendem:

§. 193.

Fortsetzung.

Wenn man eine Haarröhre in eine flüßige Masse tauchet, so bekommen die Theilchen eines flüßigen Körpers eine gewisse Anhänglichkeit an die Wände der Röhre. Diese Anhänglichkeit vermindert den Druck, welchen die Säule ohne sie gegen den Theil des Bodens, worauf sie ruhet, ausüben würde. Die äußern und zur Seite befindlichen Säulen bekommen also das Uebergewicht, und durch ihren stärkern Druck heben sie die Säule, welche in die Röhre tritt, über den Wasserpaß, so lange, bis sie durch das Uebermaaß ihrer Höhe dasjenige ersetzet, was ihr an eigener Schwere fehlet, um mit den äußern Säulen im Gleichgewichte zu stehen.

Hier-

(a) Ibid. 1705.

Hieraus folget, daß, je mehr Anhänglichkeit die steigende Säule an die Wände der Röhre bekömmt, desto weiter sie auch über den Wasserpaß steigen wird. Diese Anhänglichkeit rühret von der größern oder geringern Fähigkeit der Theile verschiedener Körper her, sich genau an die andern anzulegen; diese Fähigkeit aber hat ihren Grund wiederum in ihrer Figur. Da nun die Bildung der Theile verschiedener Körper mehr oder weniger günstig seyn kann, diesen Körpern die Fähigkeit, sich an einander anzuhängen, zu verschaffen, so kann man vermöge dieser Hypothese von vielen Erscheinungen Grund angeben, die aus den Hypothesen der ersten Classe nicht erkläret werden können.

Wenn man also den Hrn. Carre' fraget, warum das Wasser, welches doch schwerer als der Weingeist ist, wenn alle übrigen Umstände gleich sind, höher über den Wasserpaß steiget, als der Weingeist, so ist die Antwort sogleich zu finden.

Die Oberflächen der Wassertheilchen berühren die Oberfläche des Glases oder eines andern glatten Körpers in weit mehrern Puncten; dagegen die Theilchen des Weingeistes zwar leichter sind, aber nicht eine so vortheilhafte Figur haben, sich anlegen zu können. Diese letztern werden also von der anhängenden Kraft nicht so sehr beherrschet, und folglich auch weniger unterstützet. Die Seitensäulen erlangen also nicht ein so großes Uebergewicht, und folglich kann die Säule, welche in der Röhre steiget, nicht so hoch über den Wasserpaß erhaben werden, um mit den umher befindlichen Säulen in das Gleichgewicht zu kommen.

Zum Beweise, daß die Anhänglichkeit an den Erscheinungen bey den haarförmigen Röhren den größten Antheil hat, überzog Carre' das Innere verschiedener

Röhren mit fetten Materien, z. B. mit geschmolzenem Wachse, Talge, Oel u. s. f. da denn das Wasser in diesen Röhren nicht über den Wasserpaß stieg. Er bemerkte ferner, daß, wenn er nur den halben innern Raum dieser Röhren auf solche Art überzog, die flüßigen Körper auf der bestrichenen Seite nicht über den Wasserpaß stiegen, wohl aber auf der andern Seite.

Er bemerkte weiter, daß, wenn er diese Röhren in eine Masse Wasser tauchte, so daß der Theil der Röhre, welcher mit einem Fette überzogen war, sich unter der Oberfläche des Wassers befand, in welches er die Röhre tauchte, daß, sage ich, das Wasser alsdann in dem nicht bestrichenen Theile der Röhre über den Wasserpaß stieg, und daß es sich daselbst nach dem gewöhnlichen Gesetze erhob, das ist, in dem umgekehrten Verhältnisse der Durchmesser dieser Röhren.

Dieses Gesetz muß nach des Hrn. Carre' Hypothese wirksam bleiben; weil, wenn alle übrigen Umstände gleich sind, eine Röhre von einem kleinern Durchmesser dem Körper, der sich an ihre Wände anhänget, im Verhältnisse mit der Masse des in derselben steigenden flüßigen Körpers, mehr Oberfläche darbietet. Folglich muß auch die Anhänglichkeit in Röhren von einem kleinern Durchmesser größer seyn.

§. 194.

Deren Prüfung.

Des Carre' Hypothese scheinet dem ersten Anblicke nach überaus sorgfältig und richtig zu seyn. Allein man entdeckt das Unrichtige in derselben doch sehr leicht, sobald man nur die Erscheinungen aufmerksam zergliedert.

Wenn

Wenn das Steigen der flüßigen Körper über den Wasserpaß von dem Uebergewichte der äußern und umher befindlichen Säulen herrühret, und wenn das Uebergewicht der letztern von der Anhänglichkeit des steigenden Liquors an die Wände der Röhre herkömmt: so ist ausgemacht, daß diese Anhänglichkeit nicht zunehmen kann, wenn nicht nach eben dem Maaße auch das Uebergewicht und folglich auch die Erhebung der flüßigen Körper über den Wasserpaß zunimmt. Nun beweiset aber die Erfahrung gerade das Gegentheil. Denn man mag eine Haarröhre nur sehr wenig in eine Masse Wasser eintauchen, oder man mag sie sehr tief eintauchen, so steiget das Wasser immer in einerley Höhe über den Wasserpaß. Man kann sich sehr leicht davon überzeugen, wenn man Fäden nach der Länge der Haarröhre anbringet, und dadurch sowohl die Tiefe der Eintauchung, als auch die Höhe, zu welcher der flüßige Körper über den Wasserpaß steiget, bemerket.

Allein die Anhänglichkeit des flüßigen Körpers an die Wände der Röhre muß nothwendig zunehmen, wenn man eine Röhre tiefer eintauchet; weil alsdann die Zahl der Theilchen, welche in die Röhre steigen, größer ist, daher sich auch mehr Theilchen an die Wände anhängen, folglich auch die Summe oder Totalität der Anhänglichkeit größer seyn muß.

§. 195.

Fortsetzung.

Wenn man auch diesen Beweis, der des Carre' Hypothese hinlänglich widerleget, entkräften könnte, so würde wenigstens der Stillstand des Queckfilbers unter dem Wasserpasse eine wichtige Erscheinung seyn, welche nach dieser Hypothese nicht erkläret werden könnte. Wollte man sagen, daß dieser flüßige Körper keine Anhänglichkeit an die Wände der

Röhre bekömmt, und daher auf keine Art unterstützet wird, so würde er doch wenigstens bis zu dem Wasserpasse steigen müssen; weil eine flüßige Säule mit einer andern Säule eben dieses flüßigen Körpers nicht im Gleichgewichte seyn kann, wenn nicht beyde einerley senkrechte Höhe haben.

§. 196.

Uebereinstimmung beyder Erklärungsarten.

Wenn man die beyden jetzt angeführten Meynungen vergleichet, so sind sie blos in der zufälligen und bestimmenden Ursache von einander unterschieden. Denn die mechanische und unmittelbare Ursache ist in beyden Hypothesen einerley. Diese bestehet in dem Uebergewichte der äußern und umher befindlichen Säulen, welche in der ersten Hypothese durch den ungleichen Druck der Luft, in der zweyten aber durch die Anhänglichkeit der flüßigen Körper an die Wände der Röhren, in welchen sie steigen, bestimmet werden.

Ein bereits von Rohault gemachter Versuch würde allein hinlänglich seyn, sie beyde zu widerlegen. Wenn man nämlich einige Tropfen eines flüßigen Körpers auf die äußere Fläche einer schief gestellten Haarröhre fließen lässet, so wird der Liquor, wenn er an den untern Rand der Röhre gekommen ist, sich in die Höhlung ziehen, in derselben steigen, und in eben derselben Höhe stehen bleiben, welche er über dem Wasserpasse erreichen würde, wenn man diese Röhre in eine Masse eben desselben flüßigen Körpers getauchet hätte. Hier kann man nun das Steigen des flüßigen Körpers nicht dem Uebergewichte der Seitensäulen zuschreiben. Es muß daher eine andere Ursache angegeben werden, welche von den beyden jetzt angezeigten verschieden ist.

§. 197.

Hauxbee (a) war der erste, der seine Zuflucht zur anziehenden Kraft nahm, die mehrmals gedachten Erscheinungen zu erklären. Die Grundsätze, worauf er sein System bauete, bestehen kürzlich in folgendem: Dritte Erklärungsart.

Alle Theilchen der Körper haben gegen einander eine anziehende Kraft, welche sich in fast allen Erscheinungen in der Natur entwickelt. Diese Kraft ist, wenn die andern Umstände gleich sind, der Dichtigkeit der Körper angemessen. Das Glas, z. B. ziehet die Theilchen des Wassers, oder eines jeden flüßigen Körpers, das Quecksilber ausgenommen, stärker an, als die Theilchen dieses flüßigen Körpers sich unter einander selbst anziehen. Denn wenn man ein zum Theil mit Wasser angefülletes Glas ausgießet, so mag die Anhänglichkeit der letzten Theilchen des ausfließenden Wassers, an denjenigen, welche im Glase bleiben, so groß seyn als sie will, so werden doch die letztern von der anziehenden Kraft der Wände des Glases, welche sie berühren, mehr beherrschet, so daß sie in dem Glase zurück bleiben, und mit denjenigen, welche sie nach sich zu ziehen suchen, nicht fortfließen können.

Wenn man nun eine Haarröhre in eine Masse Wasser tauchet, so steiget die Wassersäule, welche sich unter der Oefnung dieser Röhre befindet, nach den §. 186. angezeigten Gesetzen in derselben in die Höhe. Allein die Theilchen dieser Säule, welche die Wände der Röhre berühren, werden von einer stärkern Kraft angezogen, als sie sich unter einander selbst anziehen. Diese stärkere anziehende Kraft träget zugleich einen Theil der Schwere dieser Säule. Die umher befindlichen und äußern Säulen bekommen also das Ueberge-

(a) Exper. Phys. mech. T. 2.

wicht, und treiben so viel von dem flüßigen Körper in die Röhre, bis seine Höhe über den Wasserpaß die Schwere der Säule ersetzet, welche von der anziehenden Kraft der innern Wände der Röhre getragen wird. Nun haben die Röhren von einem kleinen Durchmesser verhältnißmäßig mehr Oberfläche, als die von einem größern Durchmesser. Folglich haben auch die erstern eine stärkere anziehende Kraft als die letztern. Die Säule, welche sich in denselben erhebet, verlieret also mehr von ihrem Gewichte, und folglich steiget sie auch höher über den Wasserpaß.

Dieses System ist im Grunde von demjenigen, welches wir widerleget haben, nicht verschieden. Denn die unmittelbare Ursache des Steigens der flüßigen Körper über den Wasserpaß ist in beyden einerley; nämlich das Uebergewicht der Seitensäulen. Was die zufällige Ursache betrift, so sehe ich auch nicht, daß sie wesentlich verschieden ist. Ich glaube vielmehr, daß es vollkommen einerley ist, wenn man saget, daß die Theile der Säule, welche die innern Wände der Röhre berühren, sich an diese Wände anhängen, und, kraft dieser Anhänglichkeit, zum Theil getragen werden, oder ob man sagt, daß sie von diesen Wänden angezogen, und zum Theil von ihnen getragen werden; weil man nicht in Abrede seyn kann, daß der Ausdruck: angezogen werden, eine Wirkung bezeichnet, welche sich unter allen Theilen der Materie entwickelt, deren Ursache und Mechanismus wir aber noch nicht kennen.

Der §. 196. angeführte Versuch würde also hinlänglich seyn, die Hypothese des Hauxbee gründlich zu widerlegen. Allein es scheinet mir dienlicher zu seyn, hier eines unbeantwortlichen Einwurfes zu gedenken, welchen der D. Jurin (a) ehedem wieder dieses System mach-

(a) Transf. Philos. N. 255. Art. 2.

machte. Da das Steigen der flüßigen Körper über den Wasserpaß, in Betrachtung seiner Höhe, dem umgekehrten Verhältnisse des Durchmessers der Röhren folget, so wird ein flüßiger Körper in einer Röhre, deren Durchmesser nur halb so groß ist, als der Durchmesser einer andern Röhre, noch einmal so hoch steigen. Allein die in dieser letztern Röhre über dem Wasserpasse befindliche Masse Wasser ist größer, als in der erstern, wo sie mehr Raum in der Länge einnimmt. Da nun die Oberfläche der kleinern Röhre verhältnißmäßig grösser ist, als die Oberfläche der andern, so muß auch die Summe der anziehenden Kräfte, welche jeder Punct dieser Oberflächen gegen den flüßigen Körper ausübet, in der kleinen Röhre größer seyn, als in der großen. Da diese Kraft mit mehr Stärke wirket, so müßte sie auch mehr Wasser heben und tragen können, welches aber der Erfahrung widerspricht.

§. 198.

Jurins System.

Diese Schwierigkeit nöthigte den Hrn. Jurin die Anziehungskraft auf eine andere Art zu behandeln, wie man aus zweyen Abhandlungen sehen kann, die er der königlichen Gesellschaft vorlas, und die man in den philosophischen Transactionen gedruckt findet.

Dieser geschickte Naturkenner leitet das Steigen der flüßigen Körper in den Haarröhren über den Wasserpaß aus einer anziehenden Kraft her, welche er die Anziehung der Peripherie nennet, weil sie von demjenigen ringförmigen Theile der Röhre herkömmt, der unmittelbar die Oberfläche des flüßigen Körpers berühret. Die Erfahrung lehrete ihn, daß das Steigen der flüßigen Körper genau dem umgekehrten Verhältnisse des Umkreißes dieses Ringes folget. Denn wenn man eine Haarröhre von verschiedenen Durchmessern in eine flüßige Masse tauchet, so wird der flüßige Körper in einer Höhe stehen bleiben, welche dem Umkreiße des letzten Ringes dieser Röhre, den er berühret, proportionirt ist. Man kann solches durch folgende Versuche bestätigen.

Fig. LXIV. Man nehme die Röhre ac (Fig. 64.), welche in ihrer Länge von verschiedenen Durchmessern ist, und stelle sie mit ihrem weitesten Ende auf die Oberfläche des Wassers. Das Wasser wird sich in dieser Röhre zu einer Höhe erheben, welche ihrem Durchmesser proportionirt ist; z. B. bis in b. Nimmt man die Röhre heraus, trocknet sie sorgfältig ab, und setzet sie hierauf mit ihrem kleinsten Durchmesser auf die Oberfläche eben desselben flüßigen Körpers: so wird das Wasser höher steigen, nachdem der Durchmesser kleiner ist, als der vorige, z. B. bis in d. Da diese Röhre von c bis nach e vollkommen gleich ist, so wird die Höhe des Wassers über dem Wasserpasse in der ganzen Länge der Röhre beständig = cd seyn, wenn man fortfähret, die Röhre immer tiefer in das Wasser zu setzen. Allein, wenn die Röhre so tief unter das Wasser kommt, daß die Fuge e der beyden Durchmesser in das Wasser zu stehen kommt, so wird die Höhe des Wassers über dem Wasserpasse sogleich bis auf die Höhe ef = ab verkürzet werden. Eben so, wenn man die Röhre aus dem Wasser ziehet, sie abtrocknet, und sie mit dem andern Ende wieder in das Wasser tauchet, so lange, bis einer der Theile der Länge ae sich unter dem Wasser befindet, so wird die Höhe dieses flüßigen Körpers über dem Wasserpasse beständig = ab bleiben. Allein, sobald sie so tief kommt, daß sich die Fuge e der beyden Durchmesser unter der Oberfläche des Wassers befindet, so wird der Liquor

schnell

schnell höher steigen, und sich bis in eg = cd erheben. Hieraus erhellet nun augenscheinlich, daß allein die anziehende Kraft der Peripherie den Liquor beherrschet, und ihn zwinget, sich über den Wasserpaß zu erheben.

Außer dieser dem Durchmesser der Röhre angemessenen anziehenden Kraft, nimmt Jurin auch noch die Mitwirkung der äußern und Seitensäulen an, und erkläret den Mechanismum des Steigens der flüßigen Körper in den Haarröhren folgender Gestalt. Die kleine Quantität Wasser, welche sich in einer Röhre erhebet, die in eine Masse dieses flüßigen Körpers getauchet wird, verlieret einen Theil ihrer Schwere, der der anziehenden Kraft desjenigen Ringes der Röhre, welchen sie berühret, proportionirt ist. Diese kleine Quantität Wassers wird alsdann, theils durch die Anziehung der auf einander folgenden Ringe, theils aber auch durch den Druck der äußern Säulen genöthiget, höher zu steigen.

Man siehet hieraus, daß Hr. Jurin das Uebergewicht der äußern Säulen als das Complement der Anziehung der Peripherie ansiehet. Allein hierinn wird seine Hypothese von dem §. 196 angeführten Versuche widerleget.

§. 199.

Weidbrechts Theorie.

Hr. Weidbrecht, der die Mängel der Hypothese des Hrn. Jurin sehr wohl einsahe, stellete neue Versuche an, welche ihn zu einer vollständigern Kenntniß der anziehenden Kräfte leiteten. Diese Versuche sind der Grund der sinnreichen Hypothese, welche er von dem Steigen der flüßigen Körper in den haarförmigen Räumen bekannt gemacht hat (a). Dieses System ist mit vieler Ordnung und Genauigkeit in verschiedenen Schriften entwickelt worden (b). Ich will hier nur einen kurzen Begriff davon geben.

1) **Weidbrecht** fand, daß die Anziehung des Glases in Vergleichung mit der Anziehung der flüßigen Körper weit stärker ist, als diejenige, welche die Theilchen der flüßigen Körper gegen einander haben, das Quecksilber ausgenommen. Hierinn kömmt er mit allen Gönnern der anziehenden Kräfte überein.

2) Die Erfahrung hat ihn gelehret, daß der Radius der Wirksamkeit der anziehenden Kräfte des Glases sich nur in einen sehr kleinen Raum erstrecket, dagegen er sich bey den anziehenden Kräften der Theilchen der flüßigen Körper viel weiter erstrecket.

Den ersten Theil beweiset er mit folgender Beobachtung; nämlich, daß die flüßigen Körper sich einem Stücke Glase nicht eher nähern, als bis sie dem Berührungspuncte sehr nahe sind, und daß man in einer kleinen Entfernung von diesem Puncte keine Wirkung der anziehenden Kraft verspüret. Den zweyten Satz beweiset er mit einer andern Erfahrung, nach welcher zwey Tropfen Wasser sich in einer ziemlich großen Entfernung merklich an sich ziehen, und sich vereinigen.

3) Da der Radius der Wirksamkeit der anziehenden Kräfte des Glases sehr klein ist, so wirket die anziehende Kraft des Glases nur auf einen Theil der

(a) Mém. de l'Acad. de Petersb. T. 8.

(b) Exper. Phys. mech. des Hauxbee, T. 2. p. 234. *Sigorne* Instit. Newton. p. 426.

der kleinen flüßigen Säule, welche in dem Innern einer Haarröhre in die Höhe steiget; nämlich auf die äußere Fläche dieser Säule, welche das Glas berühret. Weidbrecht nennet diesen Theil des flüßigen Körpers, der von dem Glase angezogen wird, die Canaliculam, oder das Röhrchen, den Wasser-Cylinder aber, der die steigende Säule des flüßigen Körpers ausmacht, und von der Canalicula umgeben wird, den innern Cylinder.

4) Die Dicke des Röhrchens ist dem Umfange des Radii der Wirksamkeit der anziehenden Kräfte des Glases allemal proportionirt; folglich kann man auch sagen, daß diese Dicke sehr geringe ist.

Wenn man also eine Haarröhre auf die Oberfläche eines flüßigen Körpers, z. B. des Wassers leget, so ziehen die anziehenden Kräfte des untern Ringes der Röhre, welcher die Oberfläche des Wassers berühret, einen kleinen Theil dieses flüßigen Körpers an sich. Damit sich nun dieser flüßige Körper in der Röhre erheben könne, so muß er 1) die Schwere des flüßigen Körpers, und 2) die anziehende Kraft überwinden, mit welcher dieser Theil des Liquidi an den übrigen Theilen der ganzen Masse anhänget. Dieser Tropfen steiget also in der Röhre blos wegen der Ueberlegenheit der anziehenden Kraft des Glases, über der anziehenden Kraft, welche die Wassertheilchen gegen sich selbst äußern, und wegen des Uebergewichtes eben dieser Kraft über die Schwere des erhobenen flüßigen Körpers. Da nun der Radius der Wirksamkeit des Glases eine unendlich kleine Ausdehnung hat, so erhebet und träget die anziehende Kraft des Glases auch nur den kleinen Umfang von Wasser, der die Canaliculam ausmacht. Allein, da sich

sich der Radius der Wirksamkeit der anziehenden Kraft der Theilchen des flüßigen Körpers viel weiter erstrecket, so erhebet und träget diese Canalicula die kleine Wassermasse, welche ihren innern Cylinder ausmacht. Da die Lage Wasser, welche diesen Theil des gehobenen flüßigen Körpers ausmacht, alsdann von dem unmittelbar darüber befindlichen obern Ringe beherrschet wird: so entwickelt sich die anziehende Kraft des vorhergehenden Ringes nach zwey Richtungen; sie wirket nämlich von oben niederwärts gegen den flüßigen Körper, welchen der obere Ring an sich ziehet, und von unten aufwärts gegen den neuen Tropfen des flüßigen Körpers, der sich an der Oefnung zeiget. Die Wirkung des obern Ringes bekömmt also die Oberhand, und die erste Lage hebet sich bis zu dem zweyten Ringe, wo sie alsdann von der anziehenden Kraft des dritten Ringes beherrschet wird; weil sich die Wirkung des zweyten alsdann gegen die anziehende Kraft des dritten, und gegen die neue Quantität Wasser, welche der erste Ring gehoben hat, theilet, daher die Wirkungen, welche der erste und zweyte Ring nach entgegengesetzten Richtungen gegen einander äußern, sich aufheben. Die anziehende Kraft des dritten Ringes muß also über diejenige Kraft die Oberhand bekommen, mit welcher der zweyte gegen ihn wirket, und so ferner, in Betrachtung der folgenden Ringe. Allein, so wie dieser flüßige Körper in der Röhre steiget, und so wie das Röhrchen von den Wänden der Röhre angezogen und getragen wird, so ziehet und träget dieses Röhrchen einen kleinen flüßigen Cylinder, dessen Schwere beständig zunimmt. Da nun die anziehenden Kräfte der untern Ringe einander aufheben, so muß der obere Ring die ganze Schwere der in die Höhe gehobenen flüßigen Säule allein tragen. Diese Schwere wird endlich so groß, daß sie mit der anziehenden Kraft des obern Ringes im Gleichgewichte stehet,

het, und alsdann höret der flüßige Körper auf, höher zu steigen.

Dieses System scheinet mir keine unauflöslichen Schwierigkeiten zu haben. Man kann vielmehr vermittelst desselben von allen Erscheinungen bey den Haarröhren Grund angeben.

§. 200.

Besondere Gesetze fremdartiger Flüßigkeiten.

Wir haben bisher die allgemeinen Gesetze des Druckes der gleichartigen und fremdartigen flüßigen Körper untersucht. Wir haben von den Gesetzen des Gleichgewichtes gleichartiger Flüßigkeiten gehandelt, welches uns denn zu der Untersuchung der Erscheinungen bey den Haarröhren geführet hat. Jetzt wollen wir zu den besondern Gesetzen des Druckes und des Gleichgewichtes fremdartiger Flüßigkeiten fortschreiten.

§. 201.

Flüßigkeiten von verschiedener Dichtigkeit vermischen sich nicht.

Wenn mehrere flüßige Körper von verschiedener Dichtigkeit in einem und eben demselben Gefäße befindlich sind, so ist ihre verschiedene Dichtigkeit hinreichend, sie von einander abzusondern, wenn sich nichts ihrer Absonderung mit Heftigkeit widersetzet. Diese flüßigen Körper werden sich alsdann in dem Gefäße vertheilen, so, daß der leichteste den obersten Theil einnehmen wird, und so ferner. Folgender Versuch beweiset die Wahrheit dieses Satzes.

Man thue in eines und eben dasselbe cylindrische Gefäß Queckſilber, zerflossenes Weinsteinsalz, Weingeist der mit Orseille gefärbet worden, und Steinöl.

Man schüttele das Gefäß sehr heftig, um diese verschiedenen Flüßigkeiten mit einander zu vermischen, und setze es hierauf auf einen Tisch, so wird sich das Quecksilber auf den Boden des Gefäßes setzen, das zerflossene Weinsteinsalz wird sich auf das Quecksilber lagern, den dritten Platz wird der Weingeist einnehmen, und das Steinöl, als das leichteste, wird oben auf schwimmen.

Der Grund dieser Erscheinung lieget in der verschiedenen eigenthümlichen Schwere dieser Flüßigkeiten. Das Quecksilber hat mehr Dichtigkeit, und wendet daher auch mehr Kraft an, den Boden des Gefäßes zu erreichen, auf welchen er sich setzet. Die Dichtigkeit der übrigen flüßigen Körper lagert sie nach der bereits angezeigten Rangordnung über einander. Allein diese Ursache würde allein nicht hinreichend seyn, sie wieder von einander zu trennen, wenn man sie durch Rütteln mit einander vermischet hat, wenn nicht diese verschiedenen flüßigen Körper zu wenig Verwandtschaft mit einander hätten, um sich zu vereinigen, daher sie auch nicht vermischt bleiben können, sondern jeder von ihnen nimmt den Platz ein, der seiner eigenthümlichen Schwere gebühret. Das Wasser ist zwar gemeiniglich schwerer als der Wein; allein wenn man beyde in einem Gefäße heftig unter einander schüttelt, so vereinigen sie sich dergestalt, daß man sie durch den bloßen Unterschied ihrer Dichtigkeit nicht mehr von einander trennen kann. Dieses rühret aber von der Verwandschaft dieser beyden Flüßigkeiten her, nach welcher sie sich gerne mit einander vermischen lassen. Indessen ist es doch möglich, sie von einander zu trennen, und sie in denjenigen Raum einzuschränken, der ihnen nach ihrer Dichtigkeit gehöret, wenn man sie in solche Gefäße thut, wo sie sich nur mit sehr kleinen

Oberflächen berühren, wo sie sich also auch nicht plötzlich vermischen können.

Wenn man also den Bauch A des Gefäßes AB (Fig. 65.) mit Wein, und den obern Bauch B eben dieses Gefäßes mit Wasser füllet, so haben beyde Flüßigkeiten blos vermittelst des engen Halses C mit einander Gemeinschaft. Ein Theil der Wassersäule, welcher sich über der Mündung dieses Halses befindet, wird in den Bauch A zu steigen suchen, und da dessen Bestreben nach dem Boden dieses Bauches dem Bestreben einer ähnlichen Weinsäule, welche diesen Platz einnimmt, überlegen ist, so wird die Wassersäule niedersteigen, und durch ihren Fall eine ähnliche Weinsäule erheben, welche sich durch die Wassermasse, so zu sagen, durchseihen, und sich auf der Oberfläche dieses flüßigen Körpers verbreiten wird, um daselbst den ihrer eigenthümlichen Leichtigkeit gehörigen Platz einzunehmen. Diese Wirkung wird so lange Statt finden, als noch Wasser in dem Bauche B und Wein in dem Bauche A befindlich seyn wird; so daß, wenn beyde Räume einander gleich sind, alles Wasser in den Bauch A sinken, aller Wein aber in den Bauch B steigen wird.

Fig.

§. 202.

Druck leichterer Flüßigkeiten auf schwerere.

Obgleich leichtere flüßige Körper, wenn sie mit schwerern Flüßigkeiten vermischet werden, sich von einander absondern, und sich über die letztern erheben, so behalten sie dessen ungeachtet ihr Bestreben nach dem Boden des Gefäßes, in welchem diese Absonderung vorgehet; sie drücken gegen die unter ihnen befindlichen schwerern

Kör-

Körper, und vermehren folglich auch den Druck der letztern gegen den Boden des Gefäßes.

Man tauche eine Haarröhre in eine Masse gefärbten Wassers, so wird das letzte über den Wasserpaß steigen. Man zeichne die Höhe, zu welcher es steiget, mit einem Faden, und gieße auf diese Masse Wasser einen leichtern Liquorem, z. B. Weingeist oder Terpentinöl, so wird das gefärbte Wasser nach eben dem Maaße in der Röhre in die Höhe steigen; woraus denn sehr deutlich erhellet, daß die Schwere des Wassers durch die Schwere des darauf gegossenen Weingeistes oder Terpentinöles vermehret worden (a).

Dies sind die besondern Gesetze des Druckes fremdartiger Flüßigkeiten. Aber welches sind die Gesetze ihres Gleichgewichtes? Dieses wollen wir durch folgenden Satz zu bestimmen suchen.

§. 203.

Gesetz des Gleichgewichtes fremdartiger Körper.

Zwey fremdartige Flüßigkeiten, welche vermittelst einer Communications-Röhre gegen einander wirken, stehen mit einander im Gleichgewichte, wenn sich ihre senkrechte Höhe umgekehrt verhält, wie ihre Dichtigkeit. Man weiß, daß das Queckſilber bey einem gleichen Volumen ungefähr vierzehnmal schwerer ist, als das Wasser. Es wird also ein Gleichgewicht zwischen einer Säule Wasser und einer Säule Queckſilber Statt finden, wenn die Wassersäule ungefähr vierzehnmal länger ist, als die Queckſilbersäule; doch daß sie einerley Grundflächen haben.

Man

(a) *Boyle* Parad. Hydrost.

Man nehme eine gekrümmte Röhre ABC (Fig. 66.), deren Arm AB ungefähr funfzehn bis sechszehn Zoll, der Arm Bc aber zwey Zoll lang ist. Man befestige diese Röhre auf ein von einem Zolle zum andern graduirtes Bret, so, daß die beyden ersten Grade auf beyden Seiten von dem Wasserpasse der Biegung ab an zu rechnen, in Linien getheilet sind. Man schütte Quecksilber in diese Röhre, so, daß dasselbe in beyden Armen einen halben Zoll über der Linie ab stehet. Hierauf gieße man in den langen Arm Wasser, bis die Wassersäule den vierzehnten Grad berühret, so wird das Quecksilber in der kleinen Röhre bis auf einen Zoll steigen, und beyde flüßige Körper werden im Gleichgewichte stehen. Fig. LXVI.

Der Druck flüßiger Körper verhält sich wie ihre Höhen und Grundflächen zusammen genommmen (§. 178.). Wenn die Grundflächen einerley, oder beyden Flüßigkeiten gemein sind, so verhalten sich die Drücke wie die Höhen. Da aber diese flüßigen Körper von verschiedener Dichtigkeit sind, so muß der Druck eben derselbe seyn, wenn die größte Erhebung eines flüßigen Körpers über die Grundfläche, welche er drücket, durch die größere Dichtigkeit eines andern flüssigen Körpers, der gegen eben dieselbe Grundfläche wirket, vollkommen ersetzet wird. Dieses geschiehet nun, wenn die senkrechten Höhen zweyer fremdartiger Flüßigkeiten sich gegenseitig verhalten, wie ihre Dichtigkeiten.

§. 204.

Druck fester Körper in flüßigen.

Wir haben nun noch den Druck und das Gleichgewicht fester Körper, wenn sie in flüßige getauchet werden, zu betrachten. Ein fester Körper, der in einen flüßigen getaucht wird, kann unter drey verschiedenen Verhältnissen betrachtet werden. 1) Der feste Körper kann schwerer seyn, als ein eben so großes Volumen des flüßigen. 2) Er kann eben so schwer seyn, als das Volumen des flüssigen, dessen Stelle er einnimmt. 3) Er kann leichter seyn, als ein eben so großes Volumen des flüßigen. In dem ersten Falle fällt er auf den Boden des Gefäßes; in dem zweyten bleibet er im Gleichgewichte, an welchen Ort des flüßigen Körpers man ihn auch stellen mag; in dem dritten Falle endlich schwimmt er oben.

1) Ein schwererer fester Körper fällt auf den Boden des Gefäßes, weil die Säule des flüßigen Körpers, welche ihn träget, durch den Zusatz des Gewichtes des festen Körpers schwerer wird, und daher ein stärkeres Bestreben nach dem Boden des Gefäßes bekömmt, als die Seitensäulen. Diese Säule sinket daher eben sowohl nieder, als der Körper, den sie träget. Allein im Sinken empfindet sie ein unüberwindliches Hinderniß von Seiten des Bodens des Gefässes. Sie fließet also in die Seitensäulen über, deren Höhe sie vermehret. Der feste Körper kömmt durch dieses Mittel auf den Boden des Gefäßes, und der leere Raum, den er während seines Falles macht, wird auf Kosten der Seitensäulen ausgefüllet; weil diese Säulen äußerst beweglich sind, und von nichts mehr unterstützet werden, daher sie sich nothwendig in den leeren Raum ergießen müssen.

2) Wenn der feste Körper eben so schwer ist, als das Volumen des flüßigen, dessen Stelle er einnimmt, so bleibet er in Ruhe, an was für einen Ort der flüßigen Masse man ihn auch stellet. Denn da er dem Volumen des flüßigen Körpers, welches er aus

seiner Stelle dränget, an Schwere gleich ist, so hat er auf die benachbarten Säulen eben dieselbe Wirkung, welche das Volumen des verdrängten flüßigen Körpers vorher hervorbrachte.

3) Wenn aber der feste Körper leichter ist, als ein eben so großes Volumen des flüßigen, so schwimmet er mehr oder weniger oben auf, je nachdem er sich der Schwere eines eben so großen Volumen des flüssigen mehr oder weniger nähert. Denn obgleich dieser Körper leichter ist, so hat er dennoch eine gewisse Schwere, kraft welcher er einen Theil des flüßigen, in welchem er sich befindet, aus seiner Stelle treibet.

Man kann diese drey Erscheinungen sehr leicht durch folgenden Versuch vorstellen. Fig. LXVII. A (Fig. 67.) ist eine kleine Figur von Email, an deren Halse man ein gläsernes Fläschgen B befestiget, welches zum Theil mit Wasser gefüllet ist, so durch ein an dem Schweife des Fläschgens angebrachtes Loch C von ungefähr $\frac{1}{2}$ Linie im Durchmesser hinein gebracht worden. Nun sind die Figur, das Fläschgen und das darinn befindliche Wasser leichter, als ein eben so grosses Volumen Wasser. Man steckt diese Figur in eine cylindrische Bouteille DE voller Wasser, so wird sie als der leichtere Theil oben in der Bouteille bleiben. Wenn man aber auf den Stöpsel F drücket, so drücket man zugleich auf die darunter befindliche Masse Wasser. Da die unter der Mündung C befindliche Wassersäule dadurch mehr gedrückt wird, so begiebt sie sich zum Theile in das Fläschgen, wo sie weniger Widerstand findet. Die Schwere des Fläschgens wird dadurch vermehret, und die Figur, welche nunmehr schwerer wird, als ein eben so großes Volumen Wasser, fällt zu Boden. Wenn man hierauf aufhöret, auf den Stöpsel zu drücken, oder ihn ein wenig heraus ziehet, so wird die Masse Wasser weniger gedrücket werden, und die unter der Mündung C befindliche Wassersäule wird nicht mehr im Stande seyn, der Wirkung das Gegengewicht zu halten, welche das in dem Fläschgen befindliche Wasser beständig äußert, heraus zu fließen, wegen der Schnellkraft der kleinen darinn zusammengedrückten Masse Luft, welche sich auszudehnen sucht. Ein Theil dieses Wassers fließet also durch die Oefnung C wieder heraus, die Figur wird dadurch leichter, als ein eben so großes Volumen Wasser, und steiget folglich auch wieder in die Höhe. Diejenigen, welche diesen Versuch oft wiederholet haben, wissen den Stöpsel so zu drücken, daß die Quantität Wassers, welche in das Fläschgen dringet, hinreichend ist, der Figur eben so vieles Gewicht zu geben, als ein ähnliches Volumen Wasser hat. Alsdann bleibet sie an demjenigen Orte der Bouteille, wo sie sich eben befindet, im Gleichgewichte.

§. 205.

Nähere Bestimmung dieses Druckes.

Es ist indessen noch nicht genug, daß man wisse, daß ein Körper, der schwerer ist, als ein eben so großes Volumen Wasser, zu Boden fällt, und daß ein leichterer Körper oben schwimmet. Man muß auch wissen, wie und mit welcher Kraft ein schwererer Körper auf den Boden eines flüßigen fällt, und wie ein leichterer oben schwimmet.

§. 206.

Fortsetzung.

Ein Körper, der schwerer ist, als ein eben so großes Volumen des flüßigen Körpers, gehet in demselben unter und fällt zu Boden (§. 204.). Allein er sinket nicht mit seiner ganzen Schwere unter, weil ein Theil seines Gewichtes von der flüßigen Säule getragen wird, auf welcher er ruhet.

Man

Man hänge an die beyden Arme einer Wage zwey Körper, welche an Masse vollkommen gleich sind, so werden sie einander das Gleichgewicht halten (§. 128.). Man hänge einen dieser zwey Körper in eine flüßige Masse, z. B. in Wasser, so wird die Wage wanken, und der an dem andern Arme hängende Körper wird das Uebergewicht bekommen. Dieser letzte kann nun nicht das Uebergewicht bekommen, wenn nicht der andere Körper einen Theil seiner Schwere verlieret. Diesen kann er nun nicht anders verlieren, als sofern er von dem flüßigen Körper, worinn er hänget, getragen wird. Ein Körper, welcher schwerer ist, als ein ähnliches Volumen des flüßigen Körpers, wird also zum Theil von dem flüßigen Körper, in welchem er sich befindet, getragen. Er fällt also nicht mit der ganzen Kraft seines Gewichtes zu Boden.

§. 207.

Wie viel die Körper in einem Fluido von ihrem Gewichte verlieren.

Jeder in einer Flüßigkeit befindliche Körper verlieret also in derselben einen Theil seines Gewichtes. Allein, wie viel verlieret er davon? Sowohl die Erfahrung, als auch die Schlüsse lehren uns, daß der Theil, den er von seinem Gewichte verlieret, der Schwere des flüßigen Voluminis gleich ist, welches er aus seiner Stelle drängt.

Fig. LXVIII.

A (Fig. 68.) ist ein hohler Cylinder, dessen Höhlung von dem festen Cylinder B genau ausgefüllet wird. Man hänge den hohlen Cylinder an den Arm einer Wage, unter diesen Cylinder aber den festen Cylinder B, und bringe beyde mit einem hinlänglichen Gewichte, so an den andern Arm der Wage gehänget wird, in das Gleichgewicht. Hierauf tauche man den Cylinder B in das Wasser, so wird er, da er zum Theil von demselben getragen wird, leichter werden, und das gegen über befindliche Gewicht wird den Ausschlag geben. Um nun zu beweisen, daß der Cylinder B in diesem Falle eben so viel von seinem Gewichte verlieret, als das Volumen Wasser, dessen Stelle er einnimmt, wieget, darf man an den Arm der Wage nur ein Gewicht hängen, welches eben so schwer ist, als das gedachte Volumen Wasser. Dieses ist leicht zu bewerkstelligen, wenn man nur den hohlen Cylinder A mit eben demselben Wasser füllet, da denn das Gleichgewicht sogleich wieder wird hergestellet werden.

Das Volumen Wasser, welches der Cylinder B aus seiner Stelle treibet, war mit den übrigen Säulen im Gleichgewichte, und sein Gewicht war wie nichts gegen die ganze Kraft zu rechnen, welche dasselbe zu tragen hatte. Folglich muß derjenige Theil von dem Gewichte des Cylinders B, welcher dem Theile von dem Volumine Wasser gleich ist, mit den übrigen Säulen im Gleichgewichte stehen, und keine Wirkung gegen den Arm der Wage, welcher dasselbe träget, hervorbringen. Der in das Wasser getauchte Cylinder giebt also dem Arme der Wage nur den Ueberschuß seines Gewichtes über das Gewicht der verdrängten Wassermasse zu tragen.

§. 208.

Folgerungen hieraus.

Ich ziehe hieraus zwey Folgerungen. 1) Je mehr Volumen ein in ein Fluidum getauchter Körper hat, desto mehr verlieret er auch von seinem Gewichte, wenn anders alle übrigen Umstände gleich sind. 2) Wenn eben dieser Körper in verschiedene Fluida getauchet wird, so verlieret er desto mehr von seinem Gewichte je mehr Dichtigkeit diese Fluida haben.

§. 209.

Je mehr Volumen ein Körper hat, desto größer ist auch das flüßige Volumen, welches er verdränget, wenn alle übrigen Umstände gleich sind. Je größer aber dieses flüßige Volumen ist, desto schwerer ist es auch, folglich verlieret auch der eingetauchte Körper desto mehr von seinem Gewichte. Erste Folgerung.

Man hänge unter jede Schale einer Wage zwey Körper von einerley Schwere und von einerley Volumen, so werden sie in der Luft im Gleichgewichte stehen. Man tauche sie beyde in einen und eben denselben flüßigen Körper ein, so wird das Gleichgewicht bleiben, weil ihr Gewicht gleich ist, daher sie gleiche Volumina Waßer verdrängen, folglich auch gleich viel von ihrem Gewichte verlieren.

Statt eines dieser Körper hänge man einen andern Körper von eben der Schwere, aber von einem geringern Volumine an die Wage, so, daß sie in der Luft einander das Gleichgewicht halten. Tauchet man sie hierauf in das Waßer, so wird derjenige von beyen, der das kleinste Volumen hat, das Uebergewicht bekommen, weil er weniger Waßer verdränget, folglich auch weniger von seinem Gewichte verlieret, als derjenige Körper, welcher mehr Waßer aus seiner Stelle treibet. Man stelle das Gleichgewicht wieder her, in dem man ein hinlängliches Gewicht in diejenige Schale leget, unter welcher der größte Körper hängt, und hänge anstatt des andern Körpers einen andern eben so schweren an die Schale, der aber noch kleiner ist. Man hänge sie beyde in das Waßer, so wird das Gleichgewicht zum Vortheil des letztern nochmals gehoben werden. Folglich verlieren die in ein Fluidum getauchten Körper in demselben desto mehr von ihrem Gewichte, je mehr Volumen sie haben, wen anders alle übrigen Umstände einander gleich sind.

§. 210.

Zweyte Folgerung.

Je dichter das Fluidum ist, in welches ein Körper getauchet worden, desto schwerer ist auch eben dasselbe Volumen dieses flüßigen Körpers. Nun ist der Verlust, den der eingetauchte Körper an seinem Gewichte leidet, dem Gewichte des verdrängten Voluminis gleich (§. 107.). Je dichter also das Fluidum ist, in welches ein Körper getaucht wird, desto mehr verlieret auch dieser Körper an seinem Gewichte.

Man hänge unter die beyden Schalen einer Wage zwey einander an Masse und Volumen gleiche Körper, so werden sie in freyer Luft im Gleichgewichte stehen. Man hänge aber einen davon in das Wasser, so wird er in demselben einen gewissen Theil von seinem Gewichte verlieren (§. 206.). Man stelle das Gleichgewicht wieder her, indem man in die andere Schale so viel Gewichte geleget, als nöthig sind, und bemerke das Gewicht, welches man zu dem Ende hinzuthun muß. Man wiederhole diesen Versuch, indem man diesen Körper in verschiedene Fluida von verschiedener Dichtigkeit tauchet, so wird man finden, daß man dieses Gewicht immer wird vermehren müssen, je mehr die flüßigen Körper, deren man sich bedienet, das Wasser an Dichtigkeit übertreffen, so wie man das Gewicht vermindern muß, wenn die Dichtigkeit der flüßigen Körper geringer ist, als die Dichtigkeit des Wassers, dessen man sich in dem ersten Versuche bedienet hatte.

§. 211.

Bestimmung der eigenthümlichen Schwere der Körper.

Die erste dieser beyden jetzt bewiesenen Folgerungen giebt uns ein so bequemes als richtiges Mittel an die Hand, die eigenthümliche Schwere der festen Körper zu bestimmen, und die zweyte hilft uns die eigenthümliche Schwere der flüßigen Körper bestimmen.

Die eigentliche Schwere eines Körpers ist dessen Gewicht in Vergleichung mit dem Gewichte eines andern Körpers von eben derselben Größe. Die eigenthümliche Schwere ist also nichts anders, als der Unterschied zwischen dem Gewichte zweyer Körper von einerley Größe; ein Unterschied, der von ihrer verschiedenen Dichtigkeit herkommt. Denn es ist ausgemacht, daß ein Körper nicht schwerer seyn kann, als ein anderer von eben derselben Größe, wenn der erstere nicht mehr Materie enthält; indem das Gewicht eines Körpers nichts anders ist, als die Summe der Gewichte seiner verschiedenen Theile.

Man würde also die eigenthümliche Schwere der Körper sehr leicht erkennen können, wenn man sie alle auf eine und eben dieselbe Größe zurückführen, und sie besonders wägen könnte. Allein diese Methode läßt sich nicht allemal anwenden; überdieß haben wir andere, welche weit bequemer in das Werk zu richten sind. Unter allen, die man bis jetzt erdacht hat, sehe ich keine, die genauer und vollkommener wäre, als diejenige, welche sich auf dem Verluste gründet, welchen die festen Körper an ihrem Gewichte in dem Wasser leiden.

§. 212.

Fortsetzung.

Wir haben §. 207. bewiesen, daß ein Körper in einem Fluido eben so viel von seinem Gewichte verlieret, als die Masse Wasser wieget, die er verdränget. Man kann also sagen, daß sich die eigenthümliche Schwere dieses Fluidi zu der eigenthümlichen Schwere des eingetauchten Körpers verhält, wie sich das Gewicht der verdrängten Wassermasse zu dem Gewichte des festen Körpers vor seiner Eintauchung verhält. Hieraus folget nun, daß, wenn man die eigenthümliche Schwere des Fluidi durch eine 1 ausdrücket, man die eigenthümliche Schwere des festen Körpers bekömmt, wenn man sein Gewicht in der freyen Luft, mit dem Unterschiede eben dieses Gewichtes, wenn man den Körper in dem Fluido wäget, dividiret.

Ein Stück Kupfer z. B. wieget in der Luft 36 Gran, in dem Wasser aber nur 32. Man bekömmt also die eigenthümliche Schwere dieses Stückes Kupfer, wenn man sein Gewicht in der Luft 36, mit der Differenz 4 dividiret, welche man findet, wenn man es im Wasser wäget. Nun ist $\frac{36}{4} = 9$. Die eigenthümliche Schwere des Kupfers verhält sich also zu der eigenthümlichen Schwere des Wassers $= 9 : 1$. Dieser Methode zu Folge hat man verschiedene Tabellen von den eigenthümlichen Schweren der Körper verfertiget, die man, wenn man will, nachschlagen kann (a). Vermittelst einer fast ähnlichen Methode kann man auch die eigenthümliche Schwere derjenigen Körper finden, welche von leichterer Art sind, als ein eben so großes Volumen Wasser (b). Allein wir können uns nicht länger bey diesem Gegenstande aufhalten.

§. 213.

Eigenthümliche Schwere der flüßigē Körper.

Man hat ferner eine Menge verschiedener Methoden ersonnen, die eigenthümliche Schwere der flüßigen Körper zu finden. Hom-

(a) Leçons de Phys. Exper. *de Cotes*, p. 447. *Muschenbroek*, Sect. 1417.

(b) *de Cotes* l. c. p. 93.

Homberg (a) wollte, daß man sich eines kleinen gläsernen Gefäßes bedienen sollte, an dessen Seite sich eine Haarröhre befand, damit man dieses Gefäß immer bis zu einerley Höhe füllen könnte, um genau einerley Volumen des flüßigen Körpers zu bekommen. Dieses Gefäß sollte man wägen, nachdem es sorgfältig mit denjenigen Fluidis gefüllet worden, deren eigenthümliche Schwere man bestimmen wollte. Er bestimmte hierauf diese Schwere, nachdem er das Gewicht des Gefäßes abgezogen hatte, nach dem Unterschiede der Gewichte, die es im Gleichgewichte hielten. Allein, dieser geschickte Naturkundige bemerkte nicht, daß diese flüßigen Körper in einer und eben derselben Haarröhre eine verschiedene Höhe über den Wasserpaß erreichen, daher es unmöglich ist, das in dem Gefäße befindliche flüßige Volumen auf diese Art genau zu beurtheilen.

Es ist daher natürlicher, und zugleich auch richtiger, ihre eigenthümliche Schwere vermittelst der Hydrostatischen Wage zu bestimmen. Nun haben wir gefunden (§. 210.), daß ein fester Körper, wenn er in Fluida von verschiedener Dichtigkeit getauchet wird, in denselben desto mehr von seinem Gewichte verlieret, je dichter der flüßige Körper ist, in welchen man ihn taucht. Wenn man nun einen Körper, dessen Volumen bekannt ist, erst in der Luft, und alsdenn nach und nach in verschiedenen Fluidis wäget, so wird man die eigenthümliche Schwere dieser Flüßigkeiten bekommen, wenn man die verschiedenen Gewichte, welche nöthig sind, das Gleichgewicht herzustellen, unter einander vergleichet. Diese Methode ist die richtigste unter allen, die ich kenne.

§. 214.

Beantwortung eines Einwurfes.

Wider beyde §. 212 und 213. angeführte Methoden läßt sich indessen einwenden, daß man das wahre Gewicht eines Körpers nicht

(a) Mém. de l'Acad. des Sciences.

nicht vollkommen genau finden könne, weil dieser Körper in der Luft gewäget wird, und daher in derselben nothwendig einen Theil seiner Schwere verlieret.

Wenn man an den Arm einer sehr beweglichen Wage eine hohle Kugel von dünnem Meßing, und an den andern Arm ein Gewicht von Bley hänget, so, daß beyde Körper in der Luft im Gleichgewichte stehen, so wird die Kugel das Uebergewicht bekommen, wenn man die Wage unter eine Glocke hänget, und die Luft auspumpet. Die Kugel und das Gewicht, welches sie im Gleichgewichte hielt, verloren also beyde einen Theil ihres Gewichtes, allein die Kugel verlor mehr, weil sie ein größeres Volumen hat. Man kann also das Gewicht eines Körpers, der in der Luft gewogen wird, nicht genau bestimmen.

Man kann freylich nicht läugnen, daß die Körper, wenn sie in der Luft gewogen werden, nicht einen Theil ihres Gewichtes verlieren sollten. Ja sie verlieren sogar noch etwas in dem luftleeren Raume des Boyle, weil doch immer noch etwas Luft zurück bleibet, so sehr sie auch verdünnet werden mag. Allein dieser unvermeidliche Verlust ist beträchtlich genug, daß er einen merklichen Irrthum verursachen könnte, weil die Luft ein sehr leichter flüßiger Körper ist. Ein Cubiczoll Luft ist höchstens etwa $5\frac{1}{2}$ Gran schwer. Ueberdieß wird der Verlust, welchen die Körper, deren Schwere man bestimmen will, an ihrem Gewichte leiden, zum Theil durch den Verlust wieder ersetzet, den ihre Gegengewichte, deren man sich in solchen Fällen bedienet, gleichfalls leiden.

§. 215.

Von dem Hygrometer. Man bedienet sich noch sehr häufig eines Instrumentes, welches unter dem Namen des **Hygrometers** bekannt ist, die respective Schwere re der flüßigen Körper zu finden. Man schreibet die Erfindung dieses Werkzeuges der Hypathia, einer Tochter des Theon zu (a). Es wird auf folgende Art verfertiget.

Es bestehet aus einer hohlen gläsernen Kugel A (Fig. 69.), welche sich mit einem hohlen Knopfe endiget, in welchen man eine gewisse Quantität Quecksilbers thut, damit der Schwerpunct dieses Werkzeuges nach dessen untern Theil gezogen werde, und es beständig auf den Horizont senkrecht stehe, auch in einem etwas schweren flüßigen Körper untersinken könne. Ueber der Kugel A befindet sich eine Röhre CB, welche in ihrer ganzen Länge in Grade abgetheilet ist. Fig. LXIX.

Wenn man dieses Werkzeug in Seewasser bringet, und es in demselben bis auf den fünften Grad untersinkt, so wird es hernach in einem jeden andern Fluido desto tiefer untersinken, je leichter derselbe in Vergleichung mit dem Seewasser ist. Man kann daher die eigenthümliche Schwere verschiedener flüßiger Körper aus den verschiedenen Graden der Untertauchung dieses Werkzeuges erkennen. Allein gemeiniglich ist es nicht eben von einem häufigen Gebrauche. Ueberdieß hat es einige Unbequemlichkeiten, weil dessen Abmessungen den Eindrücken der Wärme und Kälte ausgesetzet sind, und daher leicht verändert werden können. Dieser Unbequemlichkeit ungeachtet, welche man nicht vermeiden kann, und welche dieses Werkzeug fehlerhaft macht, haben sich doch verschiedene Gelehrte Mühe gegeben, dessen Gebrauch zu erweitern, worüber man Muschenbroeks Naturlehre (b) nachschlagen kann.

§. 216.

(a) Synesius Epist. 15.
(b) T. 2. Sect. 1384.

§. 216.

Gleichgewicht fester Körper in leichtern Fluidis.

Schlüßlich müssen wir noch etwas von dem Gleichgewichte fester Körper sagen, welche in flüßige Körper von leichterer Art getauchet werden. Ein einiger Satz wird hinreichend seyn, dasjenige zu beschließen, was wir davon haben anmerken wollen.

Wenn ein Körper, der von leichterer Art ist, als z. B. das Wasser, in dieses Fluidum getauchet wird, so sinket er zum Theil ein, und zwar so weit, bis der eingesunkene Theil ein Volumen Wasser verdränget hat, welches eben so schwer ist, als der ganze eingetauchte Köper.

Fig. LXX.

Um diesen Satz durch einen entscheidenden Versuch zu beweisen, so nehme man ein cylindrisches Gefäß AB (Fig. 70.), welches eine Communications-Röhre CD hat, so aber keine Haarröhre ist, und welches mit einem Hahne E versehen ist, damit man das Wasser in dem Gefäße nach Belieben ablassen könne. Man fülle dieses Gefäß mit Wasser bis zu einer gewissen Höhe, die man mit einem Faden auf der Röhre bemerket. Hierauf leget man eine hohle Kugel von dünnem Meßing in das Wasser, welche zum Theil einsinken, und sowohl die Seitensäulen, als auch die kleine Säule in der Communications-Röhre erheben wird. Man öfne hierauf den Hahn, und zapfe einen Theil des Wassers ab, bis es wieder die vorige Höhe hat. Man nehme die Kugel heraus, trockne sie ab, und wäge sie gegen das abgezapfte Wasser, so wird man finden, daß beyde Körper im Gleichgewichte stehen werden. Dieses beweiset nun augenscheinlich, daß das durch die Eintauchung eines Körpers leichterer Art verdrängte Wasser eben so schwer ist, als der eingetauchte Körper selbst.

Ende des ersten Theiles.

Innhalt
des ersten Theiles.

Erster Abschnitt.
Von den allgemeinen Eigenschaften der Materie.

Zwey-

Zweyter Abschnitt.

Von der Dynamik.

Dritter Abschnitt.

Von der Geostatik.

Von der Wage.

Von der Rolle und dem Kloben.

Von dem Rade um einer Welle.

Von der schiefen Fläche.

Von dem Keile.

Von der Schraube.

Von den zusammengesetzten Rüstzeugen.

Von dem Stirnrade.

Von

Von der Schraube ohne Ende.

Von der Reibung.

Vierter Abschnitt.

Von der Hydrostatik.

Anweisung
zur
Experimental-Physik.

Aus dem Französischen des Herrn
Sigaud de la Fond,
Professors der Experimental-Physik und Lehrers der Mathematik auf der Universität zu Paris, der Königl. Societät der Wissenschaften zu Paris, Angers und Montpellier, wie auch der Churfürstl. Bayerischen Akademie Mitglieds,
übersetzt.

Erster Theil.

Mit Kupfern.

Mit gnädigstem Privilegio.

Dresden, 1774.
In der Waltherischen Hofbuchhandlung.