

den Materie will hier die Sache nicht ausmachen: denn die Materie mag dem Körper zuhören oder fremde seyn; so hat sie eine widerstehende Kraft; und es hat noch niemand das Herz gehabt zu behaupten, daß es einen Körper gäbe, der keine Trägheit besäße.

Alle feine
Veränderungen
geschehen
durch die
Bewegung.

§. 16. Ein Körper wird grösser gemacht, wenn einige Theile hinzukommen, er wird kleiner, wenn einige Theile hinweggenommen werden. Beydes geschieht durch die Bewegung. Wenn die Theile versetzt werden, und der ganze Körper bewegt wird: so ist unnöthig zu erweisen, daß dabey eine Bewegung anzutreffen sey. Da nun aber ausser der Vergrößerung, der Verkleinerung, der Versetzung der Theile und Bewegung des Ganzen keine Veränderung bey dem Körper von uns deutlich begriffen werden kan: so geschehen alle Veränderungen eines Körpers die wir deutlich begreifen durch die Bewegung.

Das 2. Capitel,

Von der Bewegung.

§. 17.

Was eine
Kraft ist.

Eine Kraft ist alles dasjenige, was den zureichenden Grund von einer Veränderung in sich begreift; und also eine Bewegung.

wegende Kraft, was den zureichenden Grund von der Bewegung in sich hält.

§. 18. Der Körper widersteht durch seine Materie der Bewegung (§. 14.) Da er nun dem ohngeachtet einen andern in Bewegung setzen kan: so muß in ihm etwas seyn, welches von dieser Bewegung den zureichenden Grund in sich hält. Es besteht also der Körper ausser seiner Materie noch eine bewegende Kraft (§. 17.). Aber was ist die bewegende Kraft für ein Ding? Ist es eine Substanz? und was für eine?

§. 19. Eine Kraft ist in einer beständigen Bemühung den Zustand eines Dinges zu ändern. Also müssen die Körper eine beständige Bemühung anwenden ihren Ort zu ändern, oder sich zu bewegen (§. 13. 18.). Ja sie bewegen sich auch wirklich alle. Denn die Sonne dreht sich um die Aere, es bewegen sich alle Planeten die wir kennen, und von den Fixsternen ist es gleichfalls wahrscheinlich, daß sie sich um ihre Aere bewegen.

§. 20. Man schreibt dem Körper überhaupt eine Wirkung zu, in so ferne er eine Bemühung anwendet, Veränderungen hervor zu bringen. Insbesondere aber würckt ein Körper in den andern, wenn der Körper A eine Bemühung anwendet, den Zustand eines andern Körpers B zu ändern.

Der Körper hat eine Kraft.

Ist in steter Bemühung sich zu bewegen.

1. Actio in corpore.

2. Actio in corpore.

B 2

§. 21.

Was
die Ge-
schwin-
digkeit
und Di-
rection
ist.

§. 21. Ein jeder Körper, der sich bewegt, bewegt sich mit einer gewissen Geschwindigkeit und nach einer gewissen Direction. Bey der Geschwindigkeit eines Körpers siehet man auf den Raum, welchem er in einer gewissen Zeit zurücke leget. Daß demnach die Geschwindigkeit nichts anders ist, als die Bestimmung der Bewegung in Ansehung des Raumes und der Zeit. Gleichwie man die Bestimmung der Bewegung eines Körpers in Ansehung der Gegend, gegen welche er sich bewegt, die Richtung, oder Direction zu nennen pfeget. Die Direction ist es, worauf es beruhet, daß man zwey Arten der Bewegung hat, nemlich die Pulsion und anziehende Kraft. Denn wenn sich der leidende Körper von dem wirkenden zu entfernen bemühet: so geschieht die Bewegung durch eine stoffende, sucht er sich aber dem wirkenden Körper zu nähern: so geschieht sie durch eine anziehende Kraft.

Auch ru-
hende
Körper
haben ei-
ne Ge-
schwin-
digkeit
und Di-
rection.

§. 22. Es ist wohl zu merken, daß man auch ruhenden Körpern eine Geschwindigkeit und Direction zueignet, in so ferne sie sich nemlich mit einer gewissen Geschwindigkeit und nach einer gewissen Direction bewegen würden, wenn die Bewegung wirklich erfolgte. Man sagt also: Der Körper A hat drey mal mehr Geschwindigkeit als der Körper B, wenn A eine Be-
mühung

mühung anwendet sich dreyimal geschwinder zu bewegen als B, ohnerachtet sich weder A noch B wirklich bewegt. Das heist die Geschwindigkeit eines ruhenden Körpers ist das Element von der Geschwindigkeit eines wirklich bewegten.

§. 23. Da keine Bewegung seyn kan, keine ohne daß ein Körper in einer gewissen Zeit einen gewissen Raum nach einer gewissen Gegend entweder wirklich durchläuft, oder durchzulauffen bemühet ist: so kan auch keine Bewegung ohne eine determinirte Geschwindigkeit und Direction gedacht werden (§. 21.). Derowegen sind die Geschwindigkeit und Direction Eigenschaften der Bewegung, welche sich von ihr nicht trennen lassen.

§. 24. Die Natur einer Unordnung bezuschuldigen, heist dieselbe nicht kennen. Wer aber ordentlich handelt, handelt nach Regeln. Es giebt demnach gewisse unveränderliche Gesetze der Natur, welche die Körper bey ihrer Bewegung beständig in acht nehmen. Diese werden wir nothwendig betrachten müssen. Weil ein Körper der Bewegung widerstehet (§. 14.): so muß er, wenn er einmal ruhet, so lange ruhen, bis eine Kraft in ihn wirket, welche eine Bewegung desselben hervorzubringen geschickt ist. Wiederum, wenn ein Körper in Bewegung gesetzt ist: so muß er fortfahren sich mit einerley Geschwindigkeit

keine Bewegung ist ohne Geschwindigkeit und Direction.

Erstes Gesetz der Bewegung.

nach einerley Direction ohne Aufhören zu bewegen, wenn nicht eine andere Kraft in ihn wücket, welche ihn nöthiget seinen Zustand zu ändern. Denn wenn seine Geschwindigkeit oder Direction solte geändert werden: so müste etwas vorhanden seyn, welches den zureichenden Grund von dieser Veränderung in sich hielte, das ist, es müste mehr als eine Kraft in den Körper wücken (S. 17.), welches doch wider die Bestimmung des Satzes streitet. Es ist dieses das erste Gesetz der Bewegung, welches man sonst mit dem vortreflichen Newton * folgendergestalt auszudrücken pflegt: Corpus omne perseuerat in statu suo quiescendi, vel mouendi vniformiter in directum, nisi quatenus a viribus impressis cogitur statum illum mutare. Ob wir nun gleich keinen Körper in den Zustand setzen können, daß andere Körper seiner Bewegung gar nicht widerstehen und dieselbe verändern solten: so nehmen wir doch wahr, daß je geringer dieser Widerstand ist, desto länger dauere die nach einer geraden Linie mit gleicher Geschwindigkeit fortgehende Bewegung. Zum Exempel kan das Schlittschuhsfahren dienen, weil hier der Widerstand sehr geringe ist. Könnte man das Reiben der Füße an dem Eise und den Widerstand der Luft weg-

* Princ. philos. nat. math. p. 12.

wegnehmen: so würde diese Bewegung in alle Ewigkeit fortdauern.

§. 25. Ein Körper beschreibt eine krumme Linie, wenn er seine Direction beständig ändert. Da nun ein Körper, der nur von einer Kraft getrieben wird, seine Direction nicht verändert (§. 24.): so folgt, daß ein Körper, der in seiner Bewegung eine krumme Linie beschreibt, von mehr als einer Kraft müsse getrieben werden, deren eine ihn von der geradelinigten Bewegung beständig zurücke ziehet, und ihn nöthiget, seine Direction alle Augenblicke zu verändern. Eine Kraft, welche geschickt ist, die Ruhe, oder die in einer geraden Linie mit gleichförmiger Geschwindigkeit fortdauernde Bewegung eines Körpers zu verändern, nennet Newton vim impressam, und setzet drey Arten derselben, nemlich den Stoß, den Druck und die nach einem beständigen Punkte abzielende Kraft, (ictum, pressionem & vim centripetam) (§. 104.)

Zu einer krummlinigten Bewegung gehören zum wenigsten zwey Kräfte.

§. 26. Wenn ein Körper A dergestalt in einen andern B wücket, daß, ehe er in ihn wücket, er denselben nicht berühret: so schiehet seine Wirkung durch einen Stoß. Wenn er aber so in den andern wücket, daß er ihn berühret, ehe die Wirkung erfolgt: so verrichtet er seine Wirkung durch einen Druck. Wenn z. E. ein schwerer Körper auf etwas fällt, so stößt er an dasselbe,

Was der Stoß und Druck sey.

wenn er darauf liegt, so äussert er seine Schwere durch Drücken.

Aus gleichen und entgegengesetzten Kräften folgt eine Ruhe.

§. 27. Wenn in einem Körper gleiche Kräfte nach entgegengesetzten Richtungen in einander wirken: so ist kein Grund vorhanden, warum die Bewegung vielmehr nach der Direction der einen, als nach der Direction der andern Kraft erfolgen sollte. Derowegen muß die Bewegung nach keiner Direction geschehen. Nun ist aber eine Bewegung ohne Direction keine Bewegung (§. 23.) Folglich können gleiche Kräfte, welche in einem Körper nach entgegengesetzter Direction in einander wirken, keine Bewegung hervorbringen.

Aus ungleichen folgt eine Bewegung.

§. 28. Hingegen wenn eine von denen einander entgegengesetzten Kräften grösser ist als die andere: so erhält die grössere Kraft die kleine in sich, und überdem noch eine Kraft. Da nun solchergestalt auf der einen Seite eine Kraft anzutreffen ist, welche auf der andern nicht ist: so ist ein Grund vorhanden von der Bewegung nach der Direction der stärkern Kraft (§. 17.) Also ist klar, daß die Bewegung nach dieser Direction erfolgen müsse. Ja eben darum müssen die einander entgegengesetzten Kräfte eines Körpers allemal gleich seyn, wenn er ruhet.

Das andere Gesetz der Bewegung.

§. 29. Eben so ist offenbar, daß ein Grund von einer noch einmal so starken Bewegung vorhanden sey, wenn die Kraft noch einmal so

so

so groß ist (§. 17.), und daß also die Bewegung jederzeit der in den Körper wirkenden Kraft proportional seyn müsse. Wenn ferner eine Kraft, nach einer gewissen Direction in den Körper wirkt; so ist ein Grund von der Bewegung nach der Direction dieser Kraft vorhanden. Folglich muß die Bewegung allemal nach der geraden Linie erfolgen, nach welcher die Kraft in den Körper wirkt. Dieser Satz, *mutatio morus proportionalis est vi motrici impressæ, & fit secundum lineam rectam, qua vis illa imprimitur*, ist das andere Gesetz der Bewegung.

§. 30. Ein Körper widerstehet einem andern, wenn er die Wirkung desselben verhindert. Weil nur diejenigen Kräfte, welche nach entgegengesetzten Richtungen in einander wirken, einander verhindern (§. 27.): so widerstehet ein Körper der Bewegung eines andern, indem er nach der entgegengesetzten Richtung in ihn wirkt. Und weil der Körper B in den Körper A wirkt, wenn er der Bewegung des Körpers A widerstehet: so gehöret der Widerstand eines Körpers unter die Wirkungen desselben.

§. 31. Die Erfahrung stimmt hiermit überein, indem die Körper, wenn sie der Bewegung widerstehen, dieselbigen Erscheinungen geben, die von der Wirkung eines Körpers in den andern herrühren können. Wenn

wir mit unsern Händen gegen einen Stein drücken, so drückt der Stein gegen die Hände zurück. Zerbricht nicht ein Glas, man mag mit einem Stocke daran schlagen, oder es gegen die Wand werfen, obgleich die Wand der Bewegung des Glases bloß widerstehet? Ein Ball springt von der Wand, welche seiner Bewegung widerstehet, zurück. Wenn man in einem Rahne sitzt, und durch Hülfe eines Seiles einen andern Rahn nach sich ziehet: so wird sich auch derjenige bewegen, darinnen man sitzt, ob er gleich solches bloß durch den Widerstand thun muß. Eine weiche Thonkugel wird platt, man mag dagegen schlagen, oder sie an einen Körper anstoßen, der ihrer Bewegung widerstehet. Hieraus ist zur Genüge offenbar, daß der Widerstand dieselbigen Erscheinungen gebe, welche man in andern Fällen der Wirkung eines Körpers zuschreibet. Noch klärer erhellet solches aus nachfolgenden Experimenten, woraus sich zugleich abnehmen läßt, daß ein Körper, indem er widerstehet, sich wirklich nach der Gegend bewege, gegen welche der Widerstand gerichtet ist, wenn nur nicht etwas diese Bewegung hindert.

und mit
Experi-
menten
bestätigt.

§. 32. Wenn man Sand auf einen Teller legt, und an den Teller anstößet, es sey nach welcher Direction es wolle: so wird sich der Sand allemal der Direction des Stosses entgegen bewegen. Keine Kraft ist der Direction

rection des Stoffes entgegengesetzt als der Widerstand (§. 30.). Also muß sich der Sand im gegenwärtigem Falle durch den Widerstand, der sich in dem Sande äußert, wenn man an den Zeller anstößt, bewegt haben (§. 29.).

§. 33. Man nehme einen langen dünnen Stock AB, oder auch den Stiel von einer langen Tobackspfeife, hänge denselben an einen Faden perpendicular auf, das Ende des Stockes B setze man ein kleines Gläschen C, so, daß der Stock das Glas berühre. Wenn man nun nach der Direction ED an den Stock AB anschlägt, daß durch den Schlag der Stock AB so geschwind, als möglich zerbrochen wird: so wird das Glas C nach der Direction CG zurücke fliegen. Weil der Schlag nach der Direction ED geschieht, und das Glas C nach der entgegengesetzten Richtung CG umfällt: so kan die Bewegung des Glases C nicht unmittelbar von dem Schlage an den Stock AB herrühren (§. 29.); sondern es muß vielmehr das Glas C von dem Stocke AB, indem der Schlag geschieht, nach der Direction CG umgestossen werden. Derowegen muß sich der Stock AB von B nach H und also der Direction des Schlages entgegen bewegen. Er muß demnach durch eine Kraft bewegt werden, welche dem Schlage entgegenwürket. Keine Kraft würket dem Schlage

anderes
Experiment.
Tab. I,
Fig.

Schlage entgegen als der Widerstand (§. 30.); derowegen muß der Stock AB durch den Widerstand, den er äuffert, wenn er zerbrochen wird, von B nach H bewegt werden. Also kan sich ein Körper durch den Widerstand, den er äuffert, bewegen. Es ist aber leicht zu erachten, warum die Bewegung desjenigen Körpers, der da widerstehet, nicht in allen Fällen erfolget. Denn da in dem gegenwärtigen Experimente der Stock AB durch den Schlag zerbrochen wird; so kan der Körper, mit welchem der Schlag verrichtet worden, durch seine Gegenwart, die Bewegung des Stockes AB nicht hindern, welches in andern Fällen geschiehet.

Drittes
Experi-
ment.
Tab. 1.
Fig. 3.

§. 34. Wenn alles bleibt, wie vorhin (§. 33.), und man verrichtet den Schlag, durch welchen der Stock AB zerbrochen wird, nach der Direction DE: so wird das Glas C nicht umfallen, sondern unbeweglich stehen bleiben. Denn wenn der Schlag an den Stock AB nach der Direction DE geschieht, so bewegt sich der Stock AB, wegen des Widerstandes, den er äuffert, von B nach K (§. 33.). Er entfernt sich also von dem Glase, und ist solchergestalt nicht möglich, daß er es umstossen sollte.

Viertes
Experi-
ment.

§. 35. Wenn man um die beyden Enden einer langen Tobackspfeiffe zwey Hare schlinget, und sie bey denselben horizontal hält: so werden, wenn die Tobackspfeiffe ent-

entzwey geschlagen wird, weder die Hare zerreißen, noch wird der, welcher die Hare gehalten, das geringste von dem Schlage fühlen können. Denn weil sich die Tobackspfeiffe, wegen des Widerstandes, den sie äuffert, nach der dem Schlage entgegengesetzten Direction beweget (§. 33.): so muß sie sich von den Haren, auf welchen sie ruhet, entfernen; sie kan also nicht in dieselben würcken, und sie folglich auch nicht zerreißen. Um dieses desto deutlicher zu zeigen, habe ich an den langen Arm einer sehr empfindlichen Schnellwage eine Tobackspfeiffe, ED, mittelst zweyer Zwirnsfaden AE und AD, angehänget, und sie mit dem Gewichte B in wagerechten Stand gesetzt. Als ich hierauf die Tobackspfeiffe ED von A perpendicular mit einem Stocke entzwey schlug: so stund die Wage unbeweglich, und erlitt von diesem Schlage keine Veränderung, auffer daß sie nach verrichtetem Schlage nach der Direction BG einen Ausschlag gab, weil die Stücke von der Tobackspfeiffe von der Wage herunter fielen, wodurch sie in A leichter wurde, und also nothwendig auf der andern Seite B einen Ausschlag geben mußte. Wird nun eine solche empfindliche Wage von dem Schlage, der hier auf der Tobackspfeiffe verrichtet wird, nicht gerühret, wie viel weniger wird der, welcher sie hält, die Gewalt des Stosses

Fünftes
Experiment.
Tab. I.
Fig. 4.

ses, dadurch sie zerbrochen wird, empfinden können. Man könnte vielleicht auf die Gedanken kommen, als wären in dem angeführten Experimente die Hare darum nicht zerrissen, weil weniger Kraft erfordert würde, dergleichen Tobackspfeiffe zu zerbrechen, als die Hare, daran man sie aufgehängt hatte, zu zerreißen. Damit ich nun das Gegentheil hievon darthun könnte, so habe ich eine Tobackspfeiffe an beyden Enden mit zwey Haren aufgehängt, mitten an dieselbe habe ich Gewichte befestigt, da sich denn allemal befunden, daß die Hare durch das Gewicht eher zerrissen, als die Tobackspfeiffe zerbrochen worden.

Das dritte Gesetz der Bewegung.

§. 36. Wenn ein Körper A der Bewegung gar nicht widerstände: so würde er die Wirkung des andern Körpers B gar nicht verhindern (§. 30.). Wenn er die Wirkung des Körpers B gar nicht verhinderte, so würde die Wirkung des Körpers B unverändert bleiben (§. 24.) Wenn die Wirkung des Körpers B unverändert bliebe: so würde dieselbe nicht gegen den Körper A determiniret werden. Würde nun aber die Wirkung des Körpers B nicht gegen den Körper A determiniret: so würde auch der Körper B nicht in den Körper A wirken können (§. 20.). Wenn also ein Körper der Bewegung gar nicht widerstände: so würde ein anderer gar nicht in ihn wirken können. Es ist demnach
der

der Widerstand eines Körpers der Grund, warum ein anderer in ihn wirken kan. Und deswegen kan ein Körper nicht stärker in den andern wirken, als ihm der andere widersteht. Wiederum kan kein Körper stärker widerstehen, als ein anderer in ihn wirket, indem keine Kraft vorhanden wäre, welcher er widerstehen solte. Da nun der Widerstand eines Körpers in Ansehung des in ihn wirkenden, die Gegenwirkung genennt wird: so muß nothwendig die Wirkung eines Körpers der Gegenwirkung des andern jederzeit gleich seyn.

§. 37. Dieser Satz, *actio & reactio sunt æquales*, ist wiederum ein Gesetz der Bewegung, welches in der Naturlehre von un-
 aussprechlichem Nutzen ist. Nur muß es recht verstanden werden, weil man widrigensfalls dasselbe leicht unrecht anbringen möchte. Gesezt also, es solte eine Last von 6. Centnern von einem Pferde fortgezogen werden: so ist offenbar, daß, so bald das Pferd 6. Centner Kraft anwendet, die Last zu bewegen, so bald ist auch der ganze Widerstand der Last überwunden. Die übrige Kraft wendet das Pferd nicht an, in die Last zu wirken, sondern vielmehr seinen eigenen Körper fortzubewegen. Weil nun der Widerstand der Last gehoben, und dieselbe mit dem Pferde verbunden ist, so muß sie ihm nothwendig nachfolgen. Ohngeachtet aber die ganze Kraft

Weitere
 Erläute-
 rung
 desselben.

Kraft des Pferdes viel grösser seyn kan, als der Widerstand der Last, zum Exempel, 8. Centner: so können doch von diesen 8. Centnern nicht mehr als 6. angewendet werden, den Widerstand der Last zu überwinden. Daß also die Wirkung des Pferdes in die Last und die Gegenwirkung der Last in das Pferd einander beständig gleich verbleiben. Wir wollen ferner sehen, es hängt eine Spinne in der Luft an einem Faden: so kan ich mit der größten Gewalt an sie schlagen, ohne daß ihr dadurch besonder Leid zugefügt wird. Denn da meine Wirkung in die Spinne nicht grösser seyn kan, als ihr Widerstand (§. 36.), dieser aber wegen der wenigen Materie, so dieses Thier besitzt, sehr gering ist (§. 14.); so kan freylich meine Wirkung in die Spinne nicht groß seyn. Man kan aber auch hier sehen, daß die Kraft, welche nicht in die Spinne zu wirken, fonte angewendet werden, eine desto geschwindere Bewegung der Hand verursacht. Es fallen also alle Schwierigkeiten weg, wenn man nur auf den Unterscheid inter actionem corporis & actionem in corpus (§. 20.) wohl acht hat. Von der letztern wird behauptet, daß sie aequalem reactionem habe, nicht aber von der ersteren. Es kan auch folgendes Experiment zur Erläuterung dieses Sazes dienen. Wenn man an den Arm einer Wage ein Stück Eisen anhängt, und

und sie durch ein Gewichte in wagerechten Stand setzet: so wird man durch einen Magneten, welcher dergestalt unter das Eisen gehalten wird, daß er dasselbe noch nicht berühret, den Wagebalken in Bewegung setzen können. Hieraus erhellet also, daß der Magnet das an den Wagebalken gehängte Eisen an sich ziehe. Weil nun solchergestalt der Magnet in das Eisen wirkt: so müste vermöge des gegenwärtigen Satzes, das Eisen eben so stark in den Magneten zurückwirken. Damit man dieses wahrnehmen könne, so hänge man ferner den Magneten an den Wagebalken, und setze ihn wie vorhin an das Eisen, durch ein Gegenwicht in wagerechten Stand. Wenn dieses geschehen, so halte man ein Stück Eisen unter den Magneten, doch so, daß der Magnet das Eisen noch nicht berühre: so wird wie vorhin der Wagebalken mit dem Magneten sich dem Eisen nähern. Hieraus erhellet, daß nicht nur der Magnet das Eisen, sondern daß auch das Eisen den Magneten an sich ziehe. Welche beyde Wirkungen vermöge des gegebenen Erweises einander gleich seyn müssen. Es hat also dieses Gesetz der Bewegung auch bey der anziehenden Kraft der Körper statt. Man sagt nemlich, daß der Körper A den Körper B an sich ziehe, wenn der Körper B eine Bemühung anwendet sich gegen A zu bewegen, so, daß der Körper A,

Brüg. Naturl. I. Th. C ges

gegen welchen die Bewegung geschieht, dieselbe verursacht.

Der Körper wirkt beständig nach allen Gegenden.

§. 38. Ein jeder Körper ist impenetrabel oder undurchdringlich. Denn man mag ihn berühren von welcher Seite man will, so wird er verhindern, daß man nicht in denselbigen Raum kommen kan, wo er zugleich anzutreffen ist. Derowegen widersteht ein jeder Körper beständig nach allen Gegenden (§. 30.). Da nun dasjenige, was einen Widerstand äussert, eine Wirkung besitzt (§. 31.): so muß ein jeder Körper beständig nach allen Gegenden wirken, und da diese Wirkung dem Stosse oder Drucke eines andern allemal entgegengesetzt ist (§. 30.): so kan sie nicht davon herrühren (§. 29.), sondern sie muß vielmehr schon vorher in dem Körper vorhanden gewesen seyn. Weil ferner kein Grund vorhanden wäre, warum eine von denen nach entgegengesetzten Gegenden gerichteten Kräften grösser seyn sollte als die andere: so müssen sie einander gleich seyn. Sonst rühret die Undurchdringlichkeit der Körper von den eigenthümlichen Kräften der Elemente her, welche als vollkommen harte Körper keiner Veränderung der Figur fähig sind (§. 67.). Wer sollte aber wohl vermuthen, daß diese Kraft des Körpers unendlich groß wäre? und doch wird sich nicht ändern lassen, man wird es einräumen müssen. Denn wenn sie nicht

nicht unendlich groß ist: so ist es möglich, es durch eine andere Kraft es dahin zu bringen, daß ein Körper in eben denselben Raum kömmt, darinn sich schon ein anderer befindet. Im Vertrauen kömmt ihr euch dieses vorstellen?

§. 39. Gesezt, die Kraft cd des Körper A habe 100 Grade, so wird die entgegengesetzte Kraft cf auch 100 Grade haben müssen (§. 38). Derwegen sind die einander entgegengesetzten Kräfte cd und cf in dem Körper A einander gleich, und also muß er ruhen (§. 27.). Wenn aber der Körper B mit einer Kraft von 40 Graden nach der Direction dc in den Körper A würkelt: so wird der Körper A mit einer Kraft von 40 Graden in den Körper B zurückwürken müssen (§. 36.). Die Kraft cd hat zwar 100 Grade, da aber 40 Grade derselben angewendet werden, dem Körper B zu widerstehen, und eine Kraft zu gleicher Zeit nicht zwey verschiedene Würkungen verrichten kan: so bleiben der Kraft cd nur noch 60 Grade übrig, mit welchen sie in die entgegengesetzte Kraft cf würkelt kan. Derwegen wird die Kraft cf um 40 Grade stärker seyn, als die ihr entgegengesetzte cd . Also wird die Bewegung des Körpers A nach der Direction der Kraft cf mit einer Kraft von 40 Graden erfolgen müssen (§. 29.), daß ist, mit einer

C 2

Kraft,

Wie ein Körper dem andern die Bewegung mittheilet.

Tab. I.
Fig. 5.

Kraft, welche die Wirkung des Körpers B, und also, vermöge dessen, was erwiesen ist, dem Unterschiede der in dem Körper A einander entgegengesetzten Kräfte cf und cd gleich ist.

Der
wirken-
de ver-
liehrt et
was von
seiner Be-
wegung.
Tab. I.
Fig. 5.

§. 40. Der Körper A widersteht der Bewegung des Körpers B eben so stark, als der Körper B in ihn wirkt (§. 36.). Da er nun solchergestalt die Bewegung des Körpers B verhindert (§. 30.); so muß der Körper B so viel von seiner Bewegung verlieren, als ihm der Körper A widerstanden hat (§. 27.). Nun ist aber die Bewegung, welche der Körper A erhält, eben so groß als der Widerstand, den er gegen den Körper B äußert (§. 39.). Derwegen muß der Körper B so viel von seiner Bewegung verlieren, als dem Körper A davon zuwächst. Wenn also der Körper A die ganze Bewegung des Körpers B überkömmt: so muß dieser nach verrichtetem Stosse ruhen. Bekömmt der Körper A nur einen Theil von der Bewegung des Körpers B; so muß der andere Theil der Bewegung dem Körper B übrig bleiben. Er muß sich also nach verrichteten Stosse langsamer bewegen, als vorher. Wenn endlich der Körper A durch den Stoß des Körpers B gar nicht in Bewegung gesetzt würde: so kan der Körper B auch gar nichts von seiner Bewegung verlieren. Derwegen muß die

die

die Summe der Kräfte vor und nach dem Stoffe beständig gleich verbleiben. Und dieses gilt allemal, wenn nicht ein Theil der Kraft zu Eindrückung der Theile angewendet wird.

§. 41. Hieraus erhellet, wie man die Mittheilung der Bewegung erklären müsse, wenn man nicht annehmen will, daß bey der Bewegung die Kraft aus einem Körper in den andern herüber gehe. Man kann sich dieses durch folgendes Exempel deutlich machen. Wenn zwey gleich schwere Gewichte A und B an ein Seil befestiget, und über eine Rolle gehängt wären: so würden sie einander in der Ruhe erhalten. So bald man aber das eine Gewichte A mit der Hand unterstützt, daß es gegen die Hand drucket, und also nicht mit seiner ganzen Schwere in das andere Gewicht B wirken kan: so wird sogleich die Bewegung nach der Direction des andern Gewichtes B erfolgen. Nun setze man an statt der beyden Gewichte A und B zwey einander entgegengesetzte Kräfte cd und cf eines Körper, und an statt der Hand, welche das eine Gewichte unterstützt, einen andern Körper B, der an den vorigen A anstößt: so wird alles ganz leicht werden.

Weitere Erläuterung.
Tab. I. Fig. 9.

Tab. I. Fig. 9.
Fig. 5.

§. 42. Wenn sich ein Körper innerhalb einer Minute durch drey Schuh, ein anderer sich aber in derselben Zeit nur durch einen Schuh

Wie man die Geschwindigkeit

C 3

Schuh

eines Cörpers be-
stimmet. Schuh bewegt: so bewegt sich der erste drey-
mal geschwinder als der letzte. Also verhalten
sich die Geschwindigkeiten der Cörper wie
die Raume, wenn die Zeiten gleich sind.
Wenn ferner ein Cörper 3 Schuh innerhalb
einer Minute durchläuft, ein anderer aber
sich durch 3 Schuh innerhalb drey Minuten
bewegt: so hat abermals der erstere drey-
mal mehr Geschwindigkeit als der letzte. Dero-
wegen verhalten sich die Geschwindigkeiten
umgekehrt wie die Zeiten, wenn die Raume
gleich sind. Und also sind überhaupt die Ge-
schwindigkeiten zweyer Cörper in ratione
composita ex directa spatorum & inver-
sa temporum.

Dieses
geschiehet,
wenn
man den
Raum
durch die
Zeit divi-
dirt.

§. 43. Wir wollen sehen, es bewegt sich
ein Cörper A binnen 4 Minuten durch 12
Schuh, ein anderer B bewegt sich innerhalb
8 Minuten durch 24 Schuh: so giebt ein jes-
der zu, daß sich beyde Cörper gleich geschwin-
de bewegen. Weil man nun bey der Ge-
schwindigkeit auf Zeit und Raum zugleich zu
sehn hat (§. 42.): so muß man, um die Ge-
schwindigkeit der beyden Cörper A und B zu
entdecken, die Zeit und den Raum eines jes-
den so mit einander verbinden, daß die her-
auskommenden Zahlen einander beyderseits
gleich sind.

Die Zeit des Cörper A war = 4, sein
Raum = 12, die Zeit des Cörpers B = 8,
sein Raum = 24. Da nun durch keine
von

von den 4 Rechnungsarten 2 gleiche Zahlen herausgebracht werden, als durch die Division: (Denn wenn ich 12 durch 4 dividire, so kömmt eben so viel heraus, als wenn ich 24 durch 8 dividire,) so hat die Regel ihre Richtigkeit: man findet die Geschwindigkeit eines Körpers, wenn man den Raum, den er durchläuft, durch die Zeit, welche er zubringet, dividiret.

§. 46. Es sey die Geschwindigkeit des Körpers $A = C$, seine Zeit $= T$, sein Raum $= S$. Die Geschwindigkeit des Körpers $B = c$, seine Zeit $= t$, sein Raum $= s$: so ist

Beweis

$$C : c = St : st \quad (\S. 42.)$$

$$St : st = \frac{S}{T} : \frac{s}{t}$$

$\frac{S}{T}$

$$C : c = \frac{St}{T} : \frac{st}{t}$$

$$\frac{St}{T} : \frac{st}{t} = \frac{S}{T} : \frac{s}{t}$$

$$\frac{St}{T} : \frac{st}{t} = \frac{S}{T} : \frac{s}{t}$$

$$C : c = \frac{S}{T} : \frac{s}{t}$$

Wenn nun $T = t$:

$C : c = S : s$ u. wenn $S = s$: $C : c = t : T$.

Weil $f : t = c : 1$:

so ist $f = tc$. das ist, man findet den Raum, wenn man die Zeit mit oer Geschwindigkeit multipliciret.

© 4

§. 45.

Von der
zusam-
men
gesetzten
Bewe-
gung.
Tab. I.
Fig. 6.

§. 45. Wenn die Zeiten gleich sind, so verhalten sich die Geschwindigkeiten wie die Raume (§. 42.). Nun kan man die Verhältniß der Raume durch Linien ausdrucken, also lassen sich auch die Geschwindigkeiten durch Linien andeuten. Gesezt demnach, es sollte sich ein Körper A in gleicher Zeit durch die Linie AC und AB bewegen: so verhalten sich die Geschwindigkeiten, mit welchen er sich nach C und B bewegen soll, wie die Linien AC und AB (§. 42.) Die eine Kraft AC treibt den Körper nach der Linie CD, die andere Kraft AB treibt ihn nach der Linie BD, und weil beyde Bewegungen in gleicher Zeit geschehen, da ferner keine die andere völlig verhindern kan (§. 29.): so muß der Körper A am Ende seiner Bewegung so wol in der Linie CD als in der Linie BD angetroffen werden. Nun ist kein Punct in beyden Linien CD und BD zugleich vorhanden, als der Punct D. Derwegen muß sich der Körper A nach geendigter Bewegung in dem Puncte D befinden. Er wird sich ferner von A nach D in einer geraden Linie bewegen, vermöge des ersten Gesetzes der Bewegung (§. 24.). Eine gerade Linie AD, welche von dem einen Winkel A eines parallelogrammi nach dem entgegengesetzten D gezogen wird, heist die Diagonal-Linie des parallelogrammi. Also muß sich ein Körper, welcher von zwey Kräften getrieben wird,
Die

die einen gewissen Winkel einschließen, in derselbigen Zeit durch die Diagonal-Linie eines parallelogrammi bewegen, davon die Geschwindigkeit derer beyden Kräfte die Seiten sind, in welcher er sich durch die eine Seite AB oder AC würde bewegt haben, wenn er nur von einer dieser beyden Kräfte wäre getrieben worden.

§. 46. Es ist demnach sowol die Directi-
on, als Geschwindigkeit eines Körpers, der
von zwey Kräften getrieben wird, durch diese
Diagonal-Linie bestimmt. Denn was inson-
derheit die Geschwindigkeit desselben betrifft;
so ist offenbar, daß der Körper A in dersel-
bigen Zeit, die Linie AD durchlauffen müsse,
in welcher er sich durch die Linie AB bewegt
haben würde, wenn er von der Kraft AB al-
leine getrieben worden wäre. Folglich be-
wegt er sich in eben der Zeit durch die Linie
AD, in welcher er sich durch die Linie AC
oder AB alleine würde bewegt haben, wenn
die Bewegung einfach gewesen wäre. Da
sich nun die Geschwindigkeiten wie die Rau-
me verhalten, wenn die Zeiten gleich sind
(§. 42.), so verhält sich die Geschwindigkeit
des Körpers A, die er von beyden Kräften
zugleich erhält, zu der Geschwindigkeit,
die er von einer dieser beyden Kräfte, z. E. AC al-
leine erhalten hätte, als wie die Linie AD zu der
Linie AC.

Wird
weiter er-
läutert.
Tab. I.
Fig. 6.

Wird
durch die
Erfah-
rung be-
stätigt.

Fig. 6.

Tab. I.
Fig. 6.

Die zu-
sammen-
gesetzte
Bewe-
gung ist

§. 47. Die Bewegung, welche erfolgt, indem ein Körper von verschiedenen Kräften getrieben wird, die einen gewissen Winkel einschließen, pflegt man eine zusammengesetzte Bewegung zu nennen. Sie ist bey einer mathematischen Erkenntniß der Natur unentbehrlich, und stimmt mit der Erfahrung vollkommen überein. Denn wenn, zum Exempel, der Körper A ein Schiff wäre, das sich auf einem Flusse befände, der Strohm triebe das Schiff in einer Minute durch die Linie AC, die Gewalt des Windes stiesse es binnen derselbigen Zeit durch die Linie AB: so lehrt die Erfahrung, daß das Schiff in keiner von beyden Linien AC und AB, sondern vielmehr in der Diagonal-Linie AD über den Fluß herübergehe. Wiederum, wenn man an eine elfenbeinerne Kugel C zwey andere A und B zu gleicher Zeit anstossen läßt: so wird sich die Kugel C weder nach der Direction CD, noch nach der Direction CE bewegen, sondern sie wird vielmehr die Linie CF, welches die Diagonal-Linie von dem parallelogrammo CDEF ist durchlaufen. Auf gleiche Weise bewegt sich ein Kirschkerne, wenn man sie mit den Fingern unter einem spitzen Winkel drückt.

§. 48. Je spitzer der Winkel DCE ist, den die Kräfte einschließen, desto größer wird der Winkel FDC. Je größer der Winkel FDC ist, desto größer wird die

Die

die Diagonallinie FC. Je länger aber desto die Diagonallinie FC ist, desto grösser grösser, ist die Geschwindigkeit, welche ein Körper je spitzer wegen der zusammengesetzten Bewegung bekommt (§. 46.) Derwegen der Winkel der Kräfte ist die Geschwindigkeit, welche ein Körper te ist. wegen der zusammengesetzten Bewegung bekommt, grösser, wenn der Winkel DCE, den die Kräfte einschliessen, spitz, als wenn er stumpf ist, und desto grösser, je spiziger derselbe ist. Ja wenn der Winkel, den die Kräfte einschliessen, unendlich klein ist; so ist die Geschwindigkeit des bewegten Körpers der Summe aus den Geschwindigkeiten der wirkenden Kräfte gleich.

Tab. I.
Fig. 7

§. 49. Es sey $CD = CE$, weil $CE =$ Wird ge-
 FD ; (§. 102. Geom.) so ist $CD = FD$,
 (§. 22. Ar.) und folglich $o = y$ (§. 79.
 Geom.). Es sey ferner $o \dagger x$ kleiner als
 120. Grad: so ist x kleiner als 60. Grad.
 (§. 102. Geom.) Derwegen y kleiner als
 60. Grad. Folglich r grösser als 60.
 Grad (§. 74. Geom.). Es ist demnach r
 der grösste Winkel in dem Triangul CFD,
 und also CF die grösste Seite (§. 19. Tri-
 gon.) Nun ist CF die Diagonallinie,
 derwegen ist die Geschwindigkeit ei-
 nes Körpers, welcher von zwey glei-
 chen Kräften getrieben wird, die einen
 Winkel, der kleiner ist als 120° , ein-
 schlies-

stimmf.
Tab. I.
Fig. 7.

Schliessen, allemal grösser, als sie würde gewesen seyn, wenn nur eine von beyden in ihn gewürkt hätte. Weil aber CF kleiner ist als $DC + D$: (§. 26. Geom.) so ist dennoch diese Geschwindigkeit kleiner, als sie würde gewesen seyn, wenn er von beyden Kräften CD und CE nach einer Direction wäre getrieben worden.

Wie man die Bewegung bestimmt, wenn viele Kräfte zugleich wirken. Tab. 1. Fig. 8.

§. 50. Wenn 3. oder mehrere Kräfte zugleich in den Körper wirken: so darf man nur immer zwey davon als eine zusammengesetzte ansehen (§. 45.): so wird man dadurch gleichfals die Bewegung bestimmen können. Es seyen die 3. Kräfte AB , AD und AF : so geben die beyden AB und AD die Geschwindigkeit AC (§. 45.). AC und AF aber die Geschwindigkeit AE (§. 45.). Also muß der Körper die Linie AE mit einer Geschwindigkeit $= AE$ durchlaufen, wenn er von den 3. Kräften AB , AD und AF getrieben wird.

Was eine gerade und schiefe Bewegung sey. Tab. 1. Fig. 10.

§. 51. Es bewegt sich ein Körper G gerade gegen den andern AB , wenn seine Directionslinie GC auf der Fläche des Körpers AB perpendicular stehet, und wenn sie verlängert wird, durch seinen Schwerpunct gehet. Wenn das Gegentheil gesetzt wird, so nennt man es eine schiefe Bewegung. Hieraus folget, es stößet eine Kugel gerade an die andere

dere an, wenn ihre Directionslinie durch den Mittelpunct der andern Kugel gehet. Denn es stehen nur diejenigen Linien auf der Kugel- fläche perpendicular, welche durch den Mittelpunct der Kugel gehen. In den übrigen Fällen ist der Stoß schief. Weil sich nun eine jede gerade Linie als eine Diagonal- linie eines Vierecks betrachten läßt: so kan auch allemal eine geradeliniigte Bewegung als eine zusammengesetzte, angesehen werden. Also kan man auch die schiefe Bewegung Gd, als aus zwey andern zusammengesetzt, betrachten, davon die eine GC auf der Fläche AB perpendicular stehet, die ander GF aber mit der Fläche AB parallel fortläuft. Denn wenn diese beyden Kräfte in den Cörper G wirken: so ist sowol seine Geschwindigkeit als Direction in der Linie Gd bestimmt. (§. 46.)

Eine schiefe Bewegung kan man als eine aus zweyen zusammengesetzte betrachten.

§. 42. Die Wirkung eines Körpers in den andern erfolgt allemal nach einer Linie, welche auf der Fläche des leidenden Körpers perpendicular stehet. Denn die Directionslinie des wirkenden Körpers steht entweder perpendicular oder schief auf der Fläche des andern. Wenn die Directionslinie der Kraft auf der Fläche des leidenden Körpers perpendicular stehet: so ist gar kein Zweifel, daß die Wirkung nach der Perpendicular- linie geschehe (§. 29.) Wenn aber die Directionslinie Gd mit der Fläche AB einen schiefen Winkel

Die Wirkung eines Körpers geschieht allemal nach der Perpendicular- linie. Tab. 1. Fig. 101

schiefen Winkel macht, und der Körper G sollte nach dieser Direction in den andern AB wirken: so müste er seine Wirkung mit dem Puncte e verrichten. Weil er aber mit dem Puncte e die Fläche AB nicht berührt: so kan er auch nicht nach der Direction GD an den Körper AB anstossen. Es muß demnach die Wirkung mit dem Puncte i geschehen, der die Fläche AB berührt. Da nun der Punct i nach der Direction der Kraft Fd wirkt, die Linie Fd aber auf AB perpendicular steht: so muß auch bey der schiefen Bewegung die Wirkung eines Körpers in den andern nach der Perpendicularlinie geschehen.

Wird durch die Erfahrung bestätigt. Tab. I. Fig. 11.

und von einem Einwurfe besreyet.

§. 53. Die Erfahrung stimmt damit überein. Denn wenn eine elfenbeinerne Kugel A, an eine andere B, nach der Direction ce, und also schief anstößt (§. 51.): so bewegt sich die Kugel B von diesem Stosse nach der Direction dG, und also nach der Direction der Kraft fe, welche auf der Kugel B perpendicular steht. Allein vielleicht sind diesem Satze andere Erfahrungen entgegen. Man schieße nur mit einer Flinte unter einen spitzigen Winkel gegen ein Bret: so wird die Kugel unter eben diesen Winkel in das Bret hineinfahren. Solte hieraus nicht folgen, daß die Kugel ihre Wirkung nach eben der Direction, und also nicht nach der Perpendicularlinie verrichtet

richtet hätte? Aber hierauf dienet zur Antwort, daß die Kugel den Anfang ihrer Wirkung in das Bret wirklich nach der Direction Fd mache. Allein nachdem sie so tief in das Bret hineingedrungen, daß der Punct e ebenfalls etliche Theile des Holzes berührt: so mag sie sich immerhin nach der Direction Gd fortbewegen, sie verrichtet dennoch ihre Wirkung in diejenigen Theile, welche den Punct e berühren nach der Perpendicularlinie. Die Erfahrung stimmt vollkommen damit überein, und zeigt, daß nicht bey dem Stosse und Drucke, sondern auch nur bey der anziehenden Kraft die Wirkung allemal nach der Perpendicularlinie geschehe.

Fig. 10.

§. 45. Weil demnach eine jede Wirkung nach der Perpendicularlinie geschieht: so würket ein Körper mit seiner ganzen Kraft in den andern, wenn seine Directionslinie auf der Fläche des leidenden Perpendicular stehet. Wenn aber die Directionslinie ce des Körpers A auf der Fläche des Körpers B nicht perpendicular stehet; so würket auch der Körper A nicht mit seiner ganzen Kraft ce in den Körper B , sondern er verrichtet diese Wirkung nur mit einem Theile seiner ganzen Kraft, nemlich mit der Kraft fe . Daß aber die Kraft fe kleiner als ce , und also ein Theil der letztern sey, ist leicht zu erweisen. Denn ce ist die Hypothes

Bei der schiefen Bewegung schiebet die Wirkung nicht mit der ganzen Kraft des Körpers. Tab. I. Fig. 11.

pothenuse, se aber ein Cathetus von dem rechtwinklichten Triangel cfe Die Hypothenuse aber ist allemal grösser als der Cathetus. (S. 144. Geom.)

Was die Gewalt ist.

§. 55. Die Wirkung eines Körpers läßt sich vermehren und vermindern. Da nun dasjenige, was sich vermehren und vermindern läßt, eine Grösse besitzt: so muß auch eine jede Wirkung eines Körpers ihre bestimmte Grösse haben. Die Grösse der Wirkung eines Körpers heist seine Gewalt. Jedermann siehet, daß dieselbe dem Widerstande, welchen er überwindet, gleich seyn müsse. Weil aber die Kraft des Körpers diese seine Wirkung hervorbringt, und ihr also jederzeit proportional ist: so pflegt man die Gewalt eines Körpers auch seine Kraft zu nennen.

Hey der Gewalt kömmt es auf Masse und Geschwindigkeit an.

§. 56. Durch die Masse versteht man die Anzahl der Theile in einem Körper. Es hat also ein Körper noch einmal so viel Masse, wenn er noch einmal so viel Theile besitzt, als ein anderer. Sie wächst mit dem Raume, welchen der Körper annimmt, und mit seiner Dichtigkeit. Derowegen sind die Massen der Körper in einer zusammengesetzten Verhältniß ihrer Grösse und Dichtigkeit. Die Erfahrung lehret, daß Körper von gleicher Masse, wenn sie sich mit einerley Geschwindigkeit bewegen, auch gleiche Gewalt besitzen. Man stelle sich nur zwey bleyerne Kugeln von glei-

gleicher Grösse vor, man setze, daß sie sich beyde mit gleicher Geschwindigkeit bewegen, wird wohl die eine grössere Wirkung verrichten als die andere? Allein, wenn sich zwey Körper von gleicher Masse mit verschiedener Geschwindigkeit bewegen: so wird allemal der die grösste Wirkung hervorbringen, welcher sich am geschwindesten bewegt. Woher kömmt es, daß eine Kugel, welche aus der Flinte geschossen wird, eine so grosse Gewalt hat? Gewiß aus keiner andern Ursache, als weil sie sich so geschwinde bewegt. Hingegen wenn sich zwey Körper mit gleicher Geschwindigkeit bewegen, es hat aber der eine mehr Masse als der andere: so thut derjenige allemal die grösste Wirkung, welcher die meiste Masse besitzt. Wir sehen ja, daß eine Canonenkugel mehr Gewalt hat als eine Flintenkugel, die erstere hat aber auch mehr Masse als die letztere. Hieraus wird zur Genüge erhellen, daß die Gewalt eines Körpers unverändert bleibt, wo er nicht an seiner Masse oder Geschwindigkeit eine Veränderung leidet. Es sind also die Masse und Geschwindigkeit die beyden Stücke, darauf man zu sehen hat, wenn man die Gewalt eines Körpers bestimmen will. Der Beweis ist leicht. Bildet euch ein Element ein. Dieses ist, weil es unendlich klein ist, als ein Punct zu betrachten. Wenn dieses Element einen Grad Geschwindigkeit erhält: so wird es in einer bestimmten Zeit eine gewisse Strecke zurücklegen. D

Krüg. Naturl. I. Th. D stimm

stimmten Zeit eine gewisse Anzahl anderer
 Elemente, die seiner Bewegung widerstehen
 fortzutreiben bemüht seyn. Setzet ferner, es
 sey die Geschwindigkeit dieses unendlich klei-
 nen Theilgens noch einmal so groß: so
 wird es sich in eben der Zeit noch einmal
 so weit zu bewegen bemühen, es wird noch
 einmal so viel Theile fortzutreiben suchen,
 das heist, es wird noch einmal so viel
 Kraft zu drucken haben. Wer wolte also
 zweifeln, daß die Kraft zu drucken, der Ge-
 schwindigkeit des Körpers proportional sey,
 und daß auch bey einer wirklichen Bewe-
 gung die Kraft mit der Anzahl der fortge-
 stoffenen Theile wachse, welche bey einer
 grössern Geschwindigkeit nothwendig grösser
 seyn muß (§. 42.) Eben so ist klar, daß
 die Wirkung zweyer Theile doppelt so
 groß als die Wirkung eines Theils seyn
 müsse. Ist aber dieses: so ist die Gewalt
 des Körpers seiner Masse proportional; er
 mag nun blos drucken, und also eine tod-
 te Kraft, oder sich bewegen, und eine leben-
 dige Kraft besitzen. Derowegen sind die
 Kräfte der druckenden Körper in einer zu-
 sammengesetzten Verhältnis ihrer Massen und
 Geschwindigkeiten. Sie werden also bestimmt,
 wenn man die Masse des Körpers mit seiner
 Geschwindigkeit multiplicirt. Laßt uns dieses
 mit einem Exempel erläutern. Wir richten
 heute zu Tage mit unsern kleinen Ca-
 nonen

nonenkugeln eben so viel, wo nicht noch mehr, aus, als die Alten mit ihren ungeheuren Arieribus. Allein, bewegen sich unsere Canonenkugeln nicht viel geschwinder, als diese Kriegsinstrumente der Alten? Es mußte also freylich bey jenen durch die Masse ersetzt werden, was ihnen an der Geschwindigkeit abgieng, unsere Canonenkugeln hingegen mögen immerhin weniger Masse besitzen, wir gewinnen desto mehr durch ihre Geschwindigkeit.

§. 57. Wenn man in einem von Luft leeren Räume einen Ducaten und eine fallen im Pflaumenfeder von gleicher Höhe luftleeren zugleich Raum herunterfallen läßt: so kommen beyde gleich ge- Körper in gleicher Zeit zu Boden. Da schwinde. hingegen die Pflaumenfeder in der Luft viel später zu Boden fällt als der Ducaten. Hieraus ist zu schließen, daß alle schwere Körper eine Bemühung anwenden, sich gleich geschwinde zu bewegen. Denn, da das Gold, der schwerste Körper, den wir kennen, und eine so leichte Pflaumenfeder in gleicher Zeit zu Boden fallen, und sich also gleich geschwinde bewegen: so hat man keinen Grund zu zweifeln, daß dieses nicht auch mit denen übrigen, die nicht so schwer sind als das Gold, und nicht so leicht als eine Pflaumenfeder, angehen sollte. Man kan sich dessen ebenfalls durch die Erfahrung versichern,

hern, wenn man allerhand Körper, als Holz, Stein, Papier, Leinwand, u. s. w. in einen luftleeren Raume von gleicher Höhe herunterfallen läßt: denn sie werden immer zugleich zu Boden fallen. Verlangt man aber zu wissen, wie man einen luftleeren Raum hervorbringen könne: so wird man die Beantwortung dieser Frage in dem Capitel, da die Eigenschaften der Luft erwiesen werden, antreffen. Man kan diesen Satz, daß alle schwere Körper in einem Raume, da ihrer Bewegung kein Widerstand geschieht, in gleicher Zeit zu Boden fallen müssen, auch aus dem Begriffe der Schwere selbst erweisen, ohne sich an die Erfahrung zu binden (§. 425.).

Die Gewichte sind den Massen proportional.

§. 58. Einem jeden ist durch die tägliche Erfahrung bekannt, daß ein schwerer Körper immer stärker drücke als der andere. Drückt nicht ein Cubiczoll Gold stärker als ein Cubiczoll Bley; Bley stärker, als Wasser, und Wasser stärker, als Holz, und ein Centner von eben derselben Materie stärker, als ein Pfund? Es ist solchergestalt auffer allem Zweifel, daß immer ein schwerer Körper mehr Gewalt zu drücken besitze, als der andere. Nun haben wir gesehen, daß die Schwere alle Körper mit gleicher Geschwindigkeit bewegt (§. 57): und da man bey der Gewalt eines Körpers bloß auf seine Masse und Geschwindigkeit zu

zu sehen hat (§. 56.): so müssen sich die Kräfte der schweren Körper, damit sie drücken, verhalten wie ihre Massen. Die Kraft zu drücken, welche ein Körper von der Schwere bekommt, nennt man sein Gewicht. Deswegen sind die Gewichte der Körper denen Massen derselben proportional. Wenn also ein Körper noch einmal so schwer ist als ein anderer, so hat er noch einmal so viel Masse, und folglich noch einmal so viel Theile: ist er drey mal so schwer, so hat er drey mal so viel Masse, und also auch drey mal so viel Theile, als der andere (§. 56.).

§. 59. Körper, die nach entgegengesetzten Richtungen in einander wirken, ohne daß eine Bewegung erfolgt, halten unter einander das Gleichgewicht, welches man auch bisweilen ihren wagerechten Stand zu nennen pfleget. Wenn Kräfte einander entgegengesetzt seyn, und dennoch keine Bewegung hervorbringen sollen; so müssen sie einander gleich seyn (§. 27. 28.). Deswegen sind bey dem Gleichgewichte diejenigen Kräfte, welche nach entgegengesetzten Richtungen in einander wirken, jederzeit gleich.

§. 60. Ein Hebel ist eine gerade Linie AB, welche um einen Punct C beweglich ist, an deren einem Puncte A die eine Kraft, an dem andern B aber eine andere, welche man die

Im Gleichgewichte sind die Kräfte gleich.

Was ein Hebel ist. Tab. II. Fig. 23.

Last zu nennen gewohnt ist, angebracht werden kan. Doch ist es nicht notwendig, daß allemal der Ruhepunct zwischen der Kraft und Last befindlich sey, sondern er kan in A, die Kraft in C, und die Last in B angebracht werden. Es ist genug zu einem Hebel, wenn diese drey Puncte vorhanden sind. Wenn der Ruhepunct zwischen der Kraft und Last ist: so wird es vectis heterodromus; wenn er aber am Ende ist: vectis homodromus genennt.

Hey dem
Hebel
sind die
Geschwin-
digkeiten
denen
Entfer-
nungen
propor-
tional.
Tab. II.
Fig. 23.

§. 61. Wenn zwey Körper A und B an einen Hebel befestiget wären, und es erfolgte eine Bewegung: so würde der Körper A den Bogen AD, und der Körper B den Bogen BE durchlaufen. Da nun beyde Bewegungen in gleicher Zeit geschehen: so verhält sich die Geschwindigkeit des Körpers A zu der Geschwindigkeit des Körpers B, wie der Bogen AD, zum Bogen BE (§. 42.). Weil ferner $o = x$, und $AC:CB = DC:CE$ (§. 40. Geom.): so ist auch $AD:BE = AC:CB$. Derowegen verhält sich die Geschwindigkeit des Körpers A zu der Geschwindigkeit des Körpers B, wie AC zu CB (§. 42.). Das ist, die Geschwindigkeiten der beyden Körper A und B verhalten sich, wie ihre Entfernungen von dem Ruhepuncte C. Wenn demnach der Körper B drey mal weiter von dem Ruhepuncte C entfernt ist als A: so hat er drey mal mehr Geschwin-

Geschwindigkeit als jener; ist er viermal weiter von dem Ruhepunkte entfernt: so ist seine Geschwindigkeit viermal so groß, u. s. w. Und dieses gilt, es mögen sich die beyden Körper A und B bewegen oder eine bloße Bemühung anwenden sich zu bewegen (§. 22.). Hieraus erhellet also, daß die Geschwindigkeit eines Körpers seiner Entfernung vom Ruhepunkte proportional sey.

§. 62. Wenn sich die Entfernung der Kraft A von dem Ruhepunkte C zu der Entfernung der Kraft B von dem Ruhepunkte C verhält, wie 1 zu 3; so können 2 Pfund die in dem Punkte B angehängt sind, mit 6 Pfunden, die man an den Punkt A befestigt, das Gleichgewichte halten. Doch muß man vorher den Hebel durch ein Gewicht in waagrechten Stand setzen: denn man siehet ihn hier an, als hätte er gar keine Schwere. Durch diesen Versuch läßt sich leicht zeigen, daß nicht nur in dem angeführten Falle, sondern allemal das Gleichgewichte entstehe, wenn sich das Gewichte in A zu dem Gewichte in B verhält, wie die Entfernung BC zu der Entfernung AC, das ist, wenn die Gewichte der beyden Körper F und G ihren Entfernungen umgekehrt, proportional sind. Die Gewichte der Körper verhalten sich wie ihre Massen (§. 58.), und die Entfernungen van dem Ruhepunkte wie ihre Geschwindigkeiten (§. 61.). Es halten demnach diejenigen Körper einander im

Im
Gleichge-
wicht sind
die Maf-
sen de-
nen Ge-
schwin-
digkeiten
umge-
kehrt
propor-
tional.

Gleichgewichte, deren Massen und Geschwindigkeiten einander umgekehrt proportional sind. Und weil im Gleichgewichte die Kräfte der Körper gleich sind (§. 59.): so drückt der Körper F so stark wie der Körper G, wenn sich die Masse des Körpers F zu der Masse des andern G verhält, wie die Geschwindigkeit des Körpers G zu der Geschwindigkeit des Körpers F

Wie die Gewalt des Druckes zu bestimmen.

Tab. II.
Fig. 23.

§. 63. Es sey die Masse des Körpers $F = 6$, die Masse des Körpers $G = 2$, die Geschwindigkeit des Körpers $F = 1$, die Geschwindigkeit des Körpers $G = 3$: Weil nun $6 : 2 = 3 : 1$: so wird der Körper F so viel Gewalt zu drucken besitzen als der Körper G. Weil ferner die Kräfte der Körper in einer zusammengesetzten Verhältniß ihrer Massen und Geschwindigkeiten sind (§. 56.): so findet man die Kräfte, damit die beyden Körper drücken, wenn man eines jeden Masse mit seiner Geschwindigkeit multipliciret. Nun multiplicire man die Masse des Körpers $F = 6$ mit seiner Geschwindigkeit $= 1$, und die Masse des Körpers $G = 2$ mit seiner Geschwindigkeit $= 3$: so werden zwey gleiche Zahlen herauskommen, indem $3 \times 2 = 6 \times 1$. Ist es also Wunder, daß sie das Gleichgewicht halten?

Wird erwiesen.

§. 64. Daß Körper, deren Massen ihre Geschwindigkeiten umgekehrt, proportional sind, gleiche Kräfte haben, und
das

das Gleichgewichte halten müssen, wie wir gesehen, daß es die Erfahrung lehret, ist folgendergestalt zu erweisen. Es seyn die Massen M u. m , die Geschwindigkeiten C und c , die Kräfte V und v : Nun setzet:

$$M : m = c : C$$

so ist $MC = mc$

folglich $V = v$. (§. 56.)

§. 65. Es mag ein Körper bloß drucken, oder an einen andern anstoßen, so wird er doch allemal entweder viel Masse oder viel Geschwindigkeit besitzen müssen, wenn er eine große Gewalt haben soll. Wiederum, wenn zwey Körper gleiche Gewalt, aber verschiedene Massen haben: so wird sich jederzeit derjenige, welcher die meiste Masse besitzt, am langsamsten, der andere aber, welcher weniger Masse hat, am geschwindesten bewegen müssen. Hieraus erhellet unter andern, wie die Aufgabe des Archimedes aufgelöst werden müsse, mit einer jeden Kraft einen jeden Körper zu bewegen.

Anmerkung.

§. 66. Weil $V : v = MC : mc$ (§. 56.): Tab. II. so sey $C = c$ und es ist alsdenn $V : v = M : m$ (§. 58. Ar.). Wenn also Körper gleiche Geschwindigkeit haben: so verhalten sich die Kräfte, damit sie drucken, wie ihre Massen. Es sey z. E. die Masse des Körpers $F = 1$, die Masse des andern $G = 2$. Wenn nun beyde Körper gleiche Geschwindigkeit haben,

Fig. 23. Der Druck verhält sich wie die Massen, wenn die Geschwin-

D 5

als

digkeiten
und wie
die Ge-
schwin-
digkeiten,
wenn die
Massen
gleich
sind.

als wenn sie gleich weit vom Ruhepunkte ent-
fernet sind (§. 61.): so wird der Körper G
noch einmal so stark drucken, als der Körper F.
Wenn $M = m$ so ist $V : v = C : c$. Also
verhalten sich die Kräfte, mit welchem die Kör-
per drucken, wie ihre Geschwindigkeiten, wenn
sie gleiche Masse haben. Gesezt, es hätten bey-
de Körper F und G gleich viel Masse, welcher
Fall vorkömmt, wenn sie beyderseits gleich
schwer sind (§. 58.); es hätte aber der Körper
G noch einmal so viel Geschwindigkeit als der
Körper F, wenn er z. E. noch einmal so weit
vom Ruhepunkte entfernt wäre, als jener: so
wird der Körper G noch einmal so stark dru-
cken, als der Körper F.

Was ein
harter,
weicher
und ela-
stischer
Körper
ist.

§. 67. Ein Körper ändert von dem Stos-
se entweder seine Figur, oder er ändert dieselbe
nicht. Ändert er seine Figur durch den
Stoß eines andern, so ist er weich, ändert er
sie nicht, so zählet man ihn zu den harten Kör-
pern. Woraus denn leicht zu schliessen, daß
ein vollkommen harter Körper derjenige sey,
welcher von keinem Stosse, er mag so stark
seyn, wie er will, seine Figur verändert. Nichts
ist gewisser, als daß dergleichen Körper nir-
gends in der Welt anzutreffen sind, wenn
wir die Elemente ausnehmen, nichts ist aber
auch so nöthig als zu sehen, daß es derglei-
chen Körper gebe. Denn wie wolten wir die
Regeln der Bewegung untersuchen, wenn wir
uns nicht vollkommen harte Körper einbilde-
ten?

ten? Ist nun gleich keiner vollkommen hart, so ist doch immer einer härter als der andere, und er wird die Regeln der Bewegung, welche denen vollkommen harten Körpern eigen sind, desto genauer beobachten, je grösser der Grad der Härte ist, den er besitzt. Die Körper, welche von dem Stosse eine Veränderung ihrer Figur erleiden, sind wieder von zweyerley Art. Denn sie versetzen sich entweder nach geschehener Veränderung durch ihre eigene Kraft in die vorige Figur, oder sie thun solches nicht. Im ersten Falle nennt man sie elastisch, im andern Falle aber spricht man ihnen die Elasticität ab. Von beyderley Arten kan eine Degenklinge und weiche Thonkugel zum Exempel dienen. Denn beyde lassen zwar ihre Figur ändern, allein die Degenklinge springet nach erlittener Veränderung in ihre vorige Figur zurück, welches bey der weichen Thonkugel nicht geschiehet; es ist also die erstere elastisch, die letztere aber gehöret zu der Zahl derjenigen Körper, welche keine merkliche Elasticität besitzen. Gleichwie nun ein Körper desto härter ist, je grössere Kraft erfordert wird, seine Figur zu ändern, so ist er ferner desto elastischer, je grösser die Kraft ist, mit welcher er sich in seine vorige Figur versetzt. Es giebt demnach sowohl Grade der Härte, als der Elasticität. Es ist aber auch hieraus abzunehmen, daß man einem Körper eine vollkommene Elasticität

zu

zueigne, wenn er sich mit eben der Kraft in seine vorige Figur versetzt, mit welcher diese Veränderung in ihm hervorgebracht worden. So wenig man nun einen vollkommen harten Körper in der Welt antrifft, eben so wenig findet man auch einen vollkommen elastischen. Elfenbeinerne Kugeln, welche einen der größten Grade der Elasticität unter denen uns bekannten Körpern besitzen, bekommen durch den langen Gebrauch Risse, wie wolte dieses aber möglich seyn, wenn bey ihnen nach erlittener Veränderung, die vorige Figur jederzeit vollkommen wieder hergestellt würde? So nöthig es also war, sich vollkommen harte Körper einzubilden, so nöthig ist es auch, vollkommen elastische anzunehmen, wenn man genaue Regeln von ihrer Bewegung geben will. Wir wollen von diesen Regeln so viel, als zu dem gegenwärtigen Zwecke hinreichend seyn wird, betrachten.

Die elastische Kraft ist der zusammendruckenden gleich.

§. 68. Weil sich ein elastischer Körper nach erlittener Veränderung wieder in seine vorige Gestalt versetzt (§. 67.); so muß er, wenn er zusammengedrückt wird, eine beständige Bemühung anwenden, sich auszudehnen, und also der Kraft, welche ihn zusammendrückt, widerstehen. Da er nun solchergestalt in den Körper, der ihn zusammendrückt, zurücke würkt (§. 30.), und die Wirkung und Gegenwirkung einander allemal gleich sind (§. 36.): so ist die elastische Kraft derjenigen, mit

mit welcher der Körper zusammengedrückt wird, jederzeit gleich. Und wie ist es auch anders möglich? Denn wäre die Kraft, mit welcher er sich auszudehnen suchet, geringer als die, welche ihn zusammendrückt; so würde er noch weiter zusammengedrückt werden, wäre sie aber grösser, so würde er nicht so stark zusammengedrückt worden seyn. Derowegen müssen beyde Kräfte einander jederzeit gleich seyn.

§. 69. Weil eine doppelte Kraft einen elastischen Körper zweymal, und eine dreyfache dreyimal so stark zusammendrückt, als eine einfache, so nehmen die Räume, in welche ein elastischer Körper zusammengedrückt wird, so ab, wie die Kräfte, welche ihn zusammendrücken, zunehmen. Doch hat dieses nicht mehr statt, wenn dergleichen Körper schon sehr zusammengedrückt ist. Denn so widerstehet er der fernern Zusammendrückung nicht nur wegen seiner Elasticität: sondern auch wegen der Impenetrabilität seiner Materie, welche unendlich groß ist.

(§. 38.) Alles dieses stimmt mit der Erfahrung überein. Denn man darf nur einen eisern Drath dergestalt biegen, daß er die Figur eines Schraubenganges bekommt, und oben Gewichte darauf legen: so wird man finden, daß der Drath von 2 Pfunden zweymal, und von 3 Pfunden dreyimal tiefer niedergedrückt werde, als von einem Pfund.

By einem elastischen Körper verhalten sich die Räume, in welche er zusammengedrückt wird wie die Kräfte.

Pfunde. Unten werden wir sehen, daß es mit dem Zusammendrücken der Luft, welche gleichfalls ein elastischer Körper ist, eben diese Beschaffenheit habe, und daß sich die Räume, in welche sie zusammengedrückt wird, umgekehrt verhalten, wie die Kräfte, welche sie zusammendrücken.

Vollkommen harte und elastische Körper geben einerley Erscheinungen.

§. 70. Wenn ein Körper seine Figur ändern soll: so müssen seine Theile eine andere Lage bekommen. Da nun eine Kraft zu gleicher Zeit nicht verschiedene Wirkungen hervorbringen kan: so muß der Bewegung des ganzen Körpers so viel entgehen, als Kraft angewendet worden, eine Veränderung der Figur hervorzubringen. Ein vollkommen harter Körper verändert seine Figur gar nicht (§. 67.), und ein vollkommen elastischer versetzt sich mit derselbigen Kraft, mit welcher er gedrückt worden, in seine vorige Figur. Derowegen geht bey dem vollkommen harten Körper gar keine Kraft verlohren, sondern sie wird ganz zur Bewegung angewendet; bey dem vollkommen elastischen aber wird eben so viel Kraft wieder ersetzt, als verlohren gegangen war. Es kommen also ein vollkommen harter und elastischer Körper darinnen mit einander überein, daß bey ihrer Bewegung vor und nach dem Stosse einerley Summe der Kräfte anzutreffen ist (§. 40.). Derowegen geben die harten und elastischen Körper in der Bewegung einer

einerley Erscheinungen und beobachten einerley Regeln, obgleich beyde dem Begriffe nach von einander unterschieden sind, und was ist es Wunder, da die Erfahrung lehret, daß die härtesten Körper eben diejenigen sind, welche die größte Elasticität haben? Da mit man aber die Regeln, welche die elastischen Körper bey ihrer Bewegung in acht nehmen, in Erfahrung bringen kan, so nimmet man Kugeln von Elfenbein oder Stahl, hänget sie an einem Faden auf, und giebt ihnen durch den Fall einen begehrtten Grad der Geschwindigkeit. Denn wenn man dergleichen Kugel viermal so hoch herunterfallen läßt; so bewegt sie sich zweymal so geschwinde, läßt man sie neunmal so hoch herunterfallen. so erhält sie dreyimal so viel Geschwindigkeit. Indem sich die Geschwindigkeiten der schweren Körper verhalten wie die Quadratwurzeln der Höhen, von denen sie heruntergefallen sind, welches hernach, ohne gegenwärtigen Satz, soll erwiesen werden.

§. 71. Wenn eine elfenbeinerne Kugel, Tab. I. oder überhaupt ein vollkommen elastischer Körper A, an einen andern B gerade anstößet, welcher mit dem vorigen gleiche Masse besitzt: so wird der Körper A nach verrichtetem Stosse ruhen, der Körper B aber wird mit der Geschwindigkeit, welche A vor dem Stosse hatte, nach der Direction

Fig. 5.
Was geschieht, wenn ein Körper an einen andern stößet, welcher mit dem vorigen gleiche Masse besitzt: so wird der Körper A nach verrichtetem Stosse ruhen, der Körper B aber wird mit der Geschwindigkeit, welche A vor dem Stosse hatte, nach der Direction

eben so ction des Körpers A die Bewegung fortsetzen.
schwer ist, setzen.
anstoßet.

Was
hieraus
zu schließ-
sen.

§. 72. Hierdurch wird erstlich bestätigt, was vorhin erwiesen worden (§. 70.), daß bey den vollkommen harten und elastischen Körpern die Summe der Kräfte vor und nach dem Stosse gleich groß sey. Denn weil beyde Körper A und B gleich viel Masse und Geschwindigkeit besitzen: so ist auch vor und nach dem Stosse gleichviel Kraft vorhanden (§. 56.). Weil ferner der Körper A nach verrichtetem Stosse ruhet (§. 71.); so muß der Körper B seiner Bewegung vollkommen widerstanden haben (§. 30.). Deromegen kan ein ruhender elastischer Körper der Bewegung eines andern vollkommen widerstehen, wenn beyde gleich viel Masse besitzen.

Elasti-
sche Kör-
per ver-
wechseln
ihre Ge-
schwin-
digkeit.
Tab. I.
Fig. 5.

§. 72. Wenn sich zwey vollkommen harte oder elastische Körper, welche gleiche Masse besitzen, mit verschiedenen Geschwindigkeiten nach entgegengesetzten Richtungen gegen einander bewegen; so werden sie nach verrichtetem Stosse mit verwechselten Geschwindigkeiten von einander zurückspringen. Wenn sich, zum Exempel, der Körper A mit einer Geschwindigkeit von 30 Graden gegen den Körper B bewegte, und der Körper B bewegte sich gegen A mit einer Geschwindigkeit von 20 Graden: so würde nach geschehenem Stosse der Körper A 20, B aber

30 Grade der Geschwindigkeit besitzen. Denn weil der Körper B der Bewegung des Körpers A schon vollkommen widerstehet, wenn er ruhet (§. 72.); so ist es nicht möglich, daß er jetzt, da er sich beweget, dem Körper A stärker widerstehen sollte. Wer kan sich einen mehr als vollkommenen Widerstand gedenken? Es ist demnach in Ansehung des Widerstandes, einerley, ob der Körper B ruhet oder sich beweget. Wenn aber der Körper B geruhet hätte, und der Körper A hätte an ihn angestossen: so würde er sich mit der Geschwindigkeit, die der andere vor dem Stosse hatte, nach der Direction d e fort bewegt haben (§. 71.). Es muß also auch der Körper B mit der Geschwindigkeit des Körpers A fortlaufen, wenn sich beyde gegen einander bewegen. Da sich nun auf gleiche Weise darthun läßt, es müsse der Körper A mit der Geschwindigkeit, welche B vor dem Stosse hatte, fortlaufen: so siehet man, daß zwey Körper, welche gleiche Masse besitzen und sich nach entgegengesetzten Richtungen bewegen, nach verrichtetem Stosse mit verwechselten Geschwindigkeiten von einander zurückspringen müssen.

§. 74. Wenn also zwey Körper, welche gleiche Masse besitzen, mit gleicher Geschwindigkeit und nach entgegengesetzten Richtungen an einander stossen: so müssen sie auch mit gleicher Geschwindigkeit und nach entgegen-

Wird auf
einen be-
sondern
Fall ap-
pliciret.

krüg. Naturl. I. Th. E gegen-

gegengesetzten Richtungen von einander zurückspringen (§. 73.).

§. 75. Aus den angeführten beyden Experimenten (§. 73. 74.) erhellet aufs neue, daß die Summe der Kräfte bey elastischen und harten Körpern vor und nach dem Stosse gleich groß sey. Denn nicht nur die Massen, sondern auch die Geschwindigkeiten verbleiben bey der geschehenen Verwechselung gleich (§. 74.) Derowegen müssen auch die Kräfte vor und nach dem Stosse gleich seyn (§. 56.).

§. 76. Wenn viele elfenbeinerne Kugeln ABCD einander berühren, und es stößt die Kugel E an die Kugel A, so werden ABC ruhen, D aber wird sich mit der Geschwindigkeit, welche die Kugel E vor dem Stosse hatte, fortbewegen. Denn von dem Stosse der Kugel E würde sich A bewegt haben, wenn ihr B nicht vollkommen widerstanden hätte (§. 72.). Da nun dieses auch von den Kugeln B und C gilt, so können sie sich nicht bewegen. Hingegen hindert nichts, daß sich die Kugel D nicht fortbewegen sollte. Sie muß demnach mit der Geschwindigkeit, welche E vor dem Stosse hatte, fortlaufen. Wenn man an die Kugel ABCD zwey andere auf einmal anstoßen läßt: so werden die zwey letzten C und D lospringen. Läßt man dreye daran stoßen, so werden auch dreye auf einmal von der ganzen Reihe der

Kug

Kugeln fortgehn, u. s. w. Denn weil die Kugel E ihren Stoß eher verrichtet, als F: so wird von dem Stosse der Kugel E die Kugel D, und von dem Stosse der Kugel F die Kugel C losspringen müssen. Weil aber die Wirkungen der beyden Kugeln E und F sehr schnell auf einander folgen, so müssen auch die beyden C und D, einander sehr schnelle nachfolgen, und daher hat es das Ansehen, als wenn die beyden Kugeln, C und D, zugleich und auf einmal losgesprungen wären. Wir können unter andern hieraus abnehmen, mit welcher unglaublichen Geschwindigkeit sich die Bewegung mittheilert könne. Denn wenn auch hundert elfenbeinerne Kugeln einander berühren, und es stößt eine andere an diese Reihe an; so wird sich in dem Augenblicke, da der Stoß geschieht, die letzte von denen Kugeln zu bewegen anfangen. Und weil diese Wirkung von der Elasticität des Elfenbeines herrühret: so müssen diese hundert Kugeln von dem Stosse der Reihe nach, zusammengedruckt worden seyn und sich wieder ausgedehnt haben: alle diese Bewegungen aber sind in einer unmerklichen Zeit vorgegangen.

§. 77. Wenn zwey Kugeln A und C an eine dritte B mit gleicher Geschwindigkeit anstossen: so wird die Kugel C mit der Geschwindigkeit der Kugel A, und die Kugel A mit der Geschwindigkeit der Kugel C zurück

Wenn elastische Körper zurückspringen. Fig. 20,

E 2

sprung

springen müssen (§. 76.). Da nun diese Geschwindigkeiten einander gleich sind; so müssen beyde Kugeln mit derselbigen Geschwindigkeit zurücke springen, mit welcher sie sich gegen die Kugel B bewegt hatten. Und weil sich die Kugel B von dem Stosse der beyden, A und B, mit gleicher Geschwindigkeit nach entgegengesetzten Richtungen bewegen soll: so muß sie ruhen (§. 27.).

Wie die-
ses ge-
schiehet.

§. 78. Damit wir desto besser erkennen, wie das Zurückspringen der Körper von der Elasticität entstehen könne: so bilde man sich eine stark gespannte Saite ein: weil niemand, der der Sache ein wenig nachdenkt, zweifeln wird, daß die Saite ein elastischer Körper sey. Gesetzt nun, es fielen eine Kugel perpendicular auf diese Saite: so würde sie durch ihren Stoß die Figur der Saite ändern, und zugleich ihre Bewegung völlig verlihren. Weil aber die Saite elastisch ist: so springt sie wieder in die Höhe, und stößt die Kugel mit eben der Geschwindigkeit und in derselbigen Linie zurücke, nach welcher sie vorher an die Saite angestossen hatte. Dieses, was hier von der Saite gilt, muß sich bey allen elastischen Körpern anbringen lassen: denn sie verändern alle durch den Stoß ihre Figur, und springen mit eben der Kraft zurücke, mit welcher ihre Figur war geändert worden. Wenn also ein elastischer Körper an einen andern, welcher von seinem Stosse keine Bewegung ausser der Eindrückung der Theile

theile erhält, gerade anstößt: so wird er mit derselbigen Geschwindigkeit, und in eben der geraden Linie zurücke springen, wie er angestossen hatte.

§. 79. Wenn der Körper A schief gegen die Fläche GK eines vollkommen harten Körpers, welcher von dem Stosse des Körpers A nicht bewegt wird, anläuft: so wird die Bewegung Ad des Körpers A aus den beyden Kräften AE und AB zusammengesetzt seyn (§. 51.). Der Körper A kan allein mit der Kraft $dh = AE$ in den Körper GK würfen (§. 52.). Weil aber dieser der Bewegung vollkommen widerstehet, und der Widerstand der Wirkung eines Körpers allemal entgegengesetzt ist (§. 30.): so bekommt die Kraft dh die Direction dB. Die Kraft dF ist mit der Fläche GK parallel, und hat also keine Veränderung erlitten (§. 52.). Desrowegen ist die Bewegung des gedachten Körpers nunmehr aus den beyden Kräften dB und dF zusammengesetzt. Er muß demnach die Diagonal-Linie dC durchlaufen (§. 45.). Das Parallelogramm ABdE ist dem Parallelogrammo CBdF gleich und ähnlich. Also $Ad = dC$ und $o = x$. Der Winkel o, welchen die Directionslinie des Körpers A mit der Fläche GK macht, heißt der Einfallswinkel (angulus incidentiæ) gleich wie der Winkel x, welchen die Directionslinie des zurückprallenden Körpers mit

Reflexions-Gesetze. Tab. II. Fig. 12.

der Fläche GK macht den Namen des Reflexionswinkels (anguli reflexionis) führet. Wenn also ein Körper an einen andern, der von seinem Stosse nicht bewegt wird, schief anstößt: so muß er dergestalt zurücke prallen, daß der Einfalls- und Reflexionswinkel einander gleich sind.

Harte
und ela-
stische
Körper
werden
reflectirt.
Tab. II.
Fig. 12.

§. 80. Es ist wieder einerley, ob beyde Körper vollkommen hart oder vollkommen elastisch sind. Denn ist GK und A vollkommen hart, so kan der Körper A gar keine Kraft verlieren, weil sie weder zum Eindringen der Theile noch zur Bewegung des Körpers GK angewendet werden kan, als welches beydes mit der Bedingung des Satzes streitet (§. 79.). Derwegen muß bloß die Direction der Kraft aus dH in dB verändert werden. Setzt man, die Körper wären vollkommen elastisch: so geht die ganze Kraft dh verloren, indem sie zu der Eindrückung der Theile des Körpers GK und A angewendet wird: weil aber dieser mit eben der Kraft zurückspringt: so wird der Körper nach der Direction dB fortgestossen, und da die andere Kraft DF keine Veränderung erlitten: so bewegt er sich in der Linie DC (§. 45.).

Wird
durch die
Erfah-
rung be-
stätiget.

§. 81. Die Erfahrung bestätigt dieses Reflexionsgesetz in unzähligen Fällen. Ein Ball springet von der Wand, wenn man ihn daran wirft, dergestalt zurück, daß der Einfalls- und Reflexionswinkel einander gleich sind.

sind. Ein Stein wird nach eben dem Gesetze von der Fläche des Wassers reflectiret, wenn der Einfallswinkel sehr spitzig ist. Denn man setze, es werde ein Stein unter einem sehr spitzigen Winkel auf die Fläche des Wassers geworffen: so ist klar, daß die Kraft AC, mit welcher der Stein in das Wasser wirkt, desto kleiner werde, je spitziger der Winkel α ist (§. 45.) Ist nun diese Kraft AC nicht grösser als der Widerstand des Wassers: so widerstehet dieses der Bewegung des Steines vollkommen, und muß also den Steineben so, wie ein fester Körper, in der Linie BF reflectiren. Es gehet desto besser an je breiter der Stein ist: weil als denn das Wasser seiner Bewegung stärker widerstehet (§. 144.). Eben dieses geschieht, wenn man eine Kugel aus einer Flinte unter einem spitzigen Winkel gegen das Wasser losschießt. Es springt aber die Kugel etlichemal in die Höhe, wenn der Fluß breit genug ist. Ich habe es versucht und befunden, daß die Kugel, welche ich aus einer gezogenen Büchse gegen einen breiten See losschossen, dreyimal in die Höhe gesprungen. Es kömmt dieses daher, weil die Kugel, nachdem sie einmal nach der Direction BF reflectiret worden, durch ihre Schwere in E mit eben der Kraft wieder gegen das Wasser gerrieben wird, mit welcher sie davon war reflectiret worden (§. 139.). Man möchte

E 4

zwar

Tab. II.
Fig. 15.

zwar meynen, es müste das Wasser der Kugel ausweichen, und wenn dieses geschähe, könnte sie nicht reflectirt werden, allein, weil die Bewegung der Kugel sehr schnell ist; so kan das Wasser so geschwind nicht weichen. Und da wir in dem folgenden sehen werden, daß es sich nicht nur nicht zusammendrücken läßt, sondern auch der Bewegung eines Körpers desto stärker widerstehet, je schneller dieselbe ist: so widerstehet es der Bewegung der Kugel eben so als ein fester Körper. Was ist es also Wunder, daß die Kugel von dem Wasser zurücke prallt? Diejenigen, welche einem Seetreffen beywohnen, erfahren es zur Gnüge, daß viele Kanonkugeln von der See reflectiret werden, und daß sie nach geschehener Reflexion noch Kraft genug besitzen, Schaden zu thun.

Exempel
von der
Refraction.
Tab. II.
Fig. 13.

§. 82. Setzet, es würde ein Körper A dergestalt auf die Fläche des Wassers geworfen, daß der Einfallswinkel grösser wäre, als vorhin (§. 81.); so wird auch die Linie AD, und also die Kraft, mit welcher der Körper A in das Wasser FD würkt, grösser werden. Ist nun diese Kraft AD grösser als der Widerstand des Wassers, so wird es sich nicht ändern lassen, der Körper A wird unter das Wasser fahren müssen. Weil aber dennoch der Kraft AD zum Theil widerstanden wird: so muß die Kraft CE kleiner werden, als AD. Die Kraft AB, welche

de der Kraft CF gleich ist, ist mit der Fläche des Wassers FD parallel geblieben; da sie nun solchergestalt keine Wirkung gethan hat (§. 52.); so bleibt sie unverändert. Es wird demnach der Körper A unter dem Wasser von den beyden Kräften CE und CF gerrieben, er wird die Diagonal-Linie CG durchlaufen (§. 45.), und folglich von seiner vorigen Direction AC etwas abgelenkt werden.

§. 83. In den Puncten A, C, F, I, L, Tab. II. sollen sich lauter elastische Kugeln befinden, welche einerley Masse haben. Nun setze man, es bewege sich die Kugel A schief gegen die Kugel C, und zwar dergestalt, daß der Einfallswinkel $0\ 30$. Grade hat. Weil bey B ein rechter Winkel ist, und sich die Seiten eines Trianguls, wie die Sinus der Winkel verhalten, die ihnen gegen über stehen: so verhält sich die Linie AB zu der Linie AC, wie der Sinus von 30 . Graden zu dem Sinus von 90 . Graden. Nun ist der Sinus von 90 . Graden der Radius des Circuls, der Sinus von 30 . Graden aber die halbe Sehne von 60 . Graden; Da nun ferner die Sehne von 60 . Graden dem Radio gleich ist; so verhält sich AB zu AC, wie 1. zu 2. Und weil die Linie AC die Geschwindigkeit der Kugel A vorstellet (§. 46.);

Fig. 14.
Beweis
der Leib-
nizischen
Ausmes-
sung der
lebendi-
gen Kräf-
te.

so muß man der Kugel A 2. Grade der Geschwindigkeit zueignen. Wenn die Kugel A an die andere C anstößt: so kan sie nur mit der Kraft $AB = CN$ in dieselbe wärken (§. 52.). Es wird sich also die Kugel C nach der Direction CD mit einer Geschwindigkeit $= CD = AB = 1$ fortbewegen müssen (§. 71.). Wie nun hiedurch die Kugel A die Bewegung AB verlohren (§. 71.): so muß ihr hingegen die andere Bewegung nach der Direction BC noch übrig geblieben seyn. Weil, vermöge des Pythagorischen Lehrsages, $AC^2 = AB^2 + BC^2$, und $AB^2 = 4$, $AC^2 = 1$: so ist $BC^2 = 3$ und also $BC = \sqrt{3}$. Man verlängere BC in F dergestalt, daß $CF = BC = \sqrt{3}$. Da die Bewegung BC dem Körper A noch übrig ist: so muß derselbe nach verrichteten Stosse in C, nach der Direction CF, mit einer Geschwindigkeit $= CF$ seine Bewegung fortsetzen. Es sey in F eine andere Kugel dergestalt schief gestellt, daß $CE = AB = 1$: so wird die Kugel F von dem Stosse des Körpers A nach der Direction FG mit einer Geschwindigkeit $= FG = CE = AB = 1$ fortbewegt werden (§. 71.). Die Kugel A aber wird hiedurch aufs neue die Bewegung CE verlohren haben (§. 40.), da hingegen die

Be-

Bewegung EF unverändert geblieben ist. Weil $CF_2 - CE_2 = EF_2$, und $CF_2 = 3$, $CE_2 = 1$: (n. 1.) so ist, $FE_2 = 2$, und also $EF = \sqrt{2}$. Man verlängere EF in I, daß $FI = EF = \sqrt{2}$. Da die Bewegung EF keine Veränderung erlitten, und also dem Körper A noch übrig ist: so wird er seine Bewegung nach der Direction $FI = EF = \sqrt{2}$ (n. 2.) fortsetzen. Diese Bewegung ist aus den beyden Kräften FH und HI zusammengesetzt. Wir wollen setzen, es sey die Kugel I so gestellt, daß die Kugel A schief an dieselbe anstossen muß: so wird I nach der Direction IK mit einer Geschwindigkeit $= IK = FH = 1$ fortgestossen (§. 52. 71.). Indem $FH = CE = AB = 1$. Hiedurch verliert also der Körper A aufs neue die Bewegung FH, er behält aber noch die Bewegung HI. Weil nun $FI_2 - FH_2 = HI_2$ und $FI_2 = 2$, (n. 2.) $FH_2 = 1$: so ist $HI_2 = 1$, folglich $HI = \sqrt{1} = 1$. Man mache $IL = HI = 1$, und setze in L aufs neue eine Kugel, man setze sie aber so, daß die Kugel A perpendicular daran stößet: so wird die Kugel A nach verrichtetem Stosse ruhen, und die Kugel L wird sich nach der Direction LM mit einer Geschwindigkeit $= LM = IL = 1$ fortbewegen (§. 7.).

Hier

Hieraus erhellet also, daß der Körper A, welcher 2. Grade der Geschwindigkeit hat, durch seinen Stoß vier Körper C, F, I, L, deren jeder den Körper A an Masse gleich ist, dergestalt bewegen könne, daß jeder einen Grad Geschwindigkeit erhält. Hätte der Körper A nur einen Grad Geschwindigkeit gehabt und gerade angestossen, so hätte er auch nur einer von denen Kugeln einen Grad Geschwindigkeit mittheilen können (§. 71.). Da nun solchergestalt die Wirkung eines Körpers viermal grösser ist, wenn er 2. Grade der Geschwindigkeit hat, als wenn er nur einen Grad der Geschwindigkeit besitzt, und 4 das Quadrat, von 2, 1 aber das Quadrat von 1 ist: so verhalten sich die Wirkungen eines Körpers, die er durch den Stoß äussert, wie die Quadrate seiner Geschwindigkeiten. Die Grösse der Wirkung eines Körpers ist seine Gewalt oder Kraft (§. 55.). Derowegen verhalten sich die Kräfte eines Körpers bey dem Stosse wie die Quadrate seiner Geschwindigkeit. Da aber die Kräfte eines Körpers auch seiner Masse proportional sind (§. 56.): so sind die Kräfte, damit die Körper an andere anstossen, in einer zusammengesetzten Verhältniß ihrer Massen und der Quadrate ihrer

rer Geschwindigkeit. Man findet also die Gewalt eines Körpers, welcher an einen andern anstößt, wenn man seine Masse mit dem Quadrate seiner Geschwindigkeit multipliciret. Die Gewalt des Stosses wird eine lebendige, die Gewalt des Druckes aber eine todte Kraft genennet. Da nun oben erwiesen worden, daß man die Gewalt des Druckes, und also die todte Kraft finden könne, wenn man die Masse mit der Geschwindigkeit multipliciret: so sind die todte und lebendige Kräfte sehr wohl von einander zu unterscheiden. Es wird niemand auf die Gedanken kommen, als wenn der gegebene Beweis nicht allgemein wäre. Man setze nur die Geschwindigkeit AC des Körpers $A = 3$, so läßt sich auf eben die Weise darthun, daß er 9 Kugeln, welche mit ihm gleiche Masse haben, in Bewegung setzen, und jeder einen Grad der Geschwindigkeit mittheilen könne. Es ist mit gutem Bedachte, die den 4. Kugeln mitgetheilte Geschwindigkeit, durch 1 ausgedrückt worden. Denn auch diejenigen, welche die lebendigen Kräfte läugnen, geben zu, daß in diesem Falle die Kraft des bewegten Körpers, ebenfalls durch die Einheit ausgedrückt werden müsse. Man nimmt dieses also

so

so bloß deswegen an, um nicht das vorauszusetzen, welches man beweisen wolte; eine Schwachheit, in welche diejenigen allemal verfallen, welche die mitgetheilten Geschwindigkeiten für die Kräfte annehmen, und daraus schließen, daß dieser Beweis bey einer andern Verhältniß der zusammengesetzten Bewegung nicht zutreffe. Ihre Einwürfe würden Grund haben, wenn das Quadrat der Geschwindigkeit des anstossenden Körpers der Summe der mitgetheilten Geschwindigkeiten gleich seyn sollte. Da wir es doch bloß der Summe aus den Quadraten der mitgetheilten Geschwindigkeit gleich schätzen. Nun nehme man ein Exempel, was man vor eines will: so wird man beständig finden, daß die Quadrate der Geschwindigkeit der bewegten Körper zusammen genommen, dem Quadrate der Geschwindigkeit des wirkenden gleich sind. Man wird also entweder alle Beweise, welche aus Gründen geführt werden, die man mit seinem Gegner gemein hat, für falsch erklären müssen, welches eine Sünde wider die Vernunftlehre seyn würde, die auch in der besten Welt nicht vergeben werden könnte; oder man muß zugeben, daß dieser Beweis unumstößlich sey. Die
le

le Einwürffe von dieser Art haben mich genöthigt diese Anmerkung zu machen, und ich traue denen, welche sie gemacht haben, die Grösse der Einsicht zu durch diese Antwort vollkommen übersühret zu werden.

§. 84. Diesen Satz: die lebendigen Kräfte der Körper sind in einer zusammengesetzten Verhältniß ihrer Massen und der Quadrate ihrer Geschwindigkeit, hat der Herr von Leibnitz erfunden. Worinnen er die gelehrtesten Naturkündiger und Mathematicker zu Nachfolgern bekommen. Man darf nur einen Zugen, Bernoulli, Hermann, Wolf, Polenus, Richter, Gravesande und Müschenbroeck nennen, um dieser Meynung ein Ansehen zu geben. Allein man wird uns einen Mersennus, Gassend, Ricciolus, Lanis, Desagulier, Mairan, und Newton, einen Newton, dessen Name beynah ein Argument ist, entgegen setzen. Doch laßt uns das Vorurtheil des Ansehens nicht so sehr einnehmen; Es möchten sonst unsere Augen durch den Glanz so berühmter Nahmen verblendet und zugleich der Fähigkeit beraubt werden, die Wahrheit, in einem Experimente zu erblicken, welches der unvergleichliche Gravesande mit aller ersinnlichen Sorgfalt und Behutsamkeit angestellet hat. Hier ist es.

Fleh

Fernere
Erläute-
rung des
vorherge-
henden.

Tab.
XIV.
Fig. 1.

Nehmet eine stählerne Feder AB, befestigt sie an einen hohlen Cylinder F, aus welchen hinten ein Eisen C herausgehet, das verschiedene Löcher hat, und mit dem Cylinder zusammenhängt. Dieses Eisen C geht durch eine Spalte, die in der eisernen Platte DE ist, welche feste gemacht wird. Nun ziehe man durch die Löcher C einen Faden, und spannedadurch die Feder AB; wenn man den Faden losläßt, welches am besten durch Abbrennen geschieht: so wird der Cylinder F auf eine gewisse Weite fortgetrieben werden. Wir wollen setzen, er bewegt sich durch 10. Theile des Raumes: so wären die Kräfte dieses Cylinders, nach der Leibnizischen Ausmessung, = 100. Nun thut so viel Gewichte in den hohlen Cylinder, daß er noch einmal so schwer wird, als vorhin, und spannt seine Feder auf die vorige Weise: so wird sich sein Schwanz C, der vorhin 10. Theile bemerkte, nur bis auf 7 und $\frac{7}{10}$ bewegen. Die Stärke der Feder, welche in beyden Fällen gleich groß ist, hat diesem Gewichte eben die Kraft, wie dem vorigen, mitgetheilt. Da nun die Masse noch einmal so groß ist: so muß, nach der Leibnizischen Ausmessung, das Quadrat der Geschwindigkeit nur halb so groß seyn, als vorher.

Die-

Dieses trifft vollkommen ein, denn vorher war die Geschwindigkeit = 10, und also das Quadrat der Geschwindigkeit = 100: Jetzt ist die Geschwindigkeit = $7 + \frac{7}{10}$ und folglich das Quadrat der Geschwindigkeit = 50. Zingegen wenn wir die Ausmessung des Mersennus oder Cartesius annehmen: so ist die Geschwindigkeit des Cylinders im ersten Falle = 10. Sie müste also im andern, wegen des doppelten Widerstandes 5 seyn. Sie ist aber $7 + \frac{7}{10}$. Und was ist viel davon zu sagen. Messen doch selbst die Boten die lebendige Kraft durch das Quadrat der Geschwindigkeit aus. Denn wenn ein Bote eine Meile in 2 Stunden gienge, und ein anderer 2. Meilen in 4. Stunden: so brauchte ohnstreitig der letztere noch einmal so viel Kraft als der erstere. Nun setzet, daß ein dritter diese 2. Meilen in 2. Stunden zurücklegte: so wird er noch einmal so viel Kraft dazu brauchen, als der zweyte, und folglich 4. mal so viel, als der erste. Gleichwohl hat er seine Bewegung nur noch einmal so geschwinde als der erste verrichtet: denn er hat in eben der Zeit noch einmal so viel Raum zurücke gelegt.

Weil man aber bey allen diesen Beweisen noch fragen möchte: woher kömmt denn dieses Quadrat der Geschwindigkeit? so halte ich mich verbunden,
 Kräg. Naturl. I. Th. § den,

den, diese Frage zu beantworten. Natürlichlicher Weise muß die Ursache davon in etwas zu suchen seyn, daß sich bloß in dem bewegten und zum Stosse geschickten, nicht aber in einem ruhenden und nur zum Drucke aufgelegten Körper befindet. Laßt uns sehen, was dieses ist. In einem druckenden und ruhenden Körper finde ich eine Masse und eine Bemühung einen bestimmten Raum in einer bestimmten Zeit zu durchlaufen, das ist, eine gewisse Geschwindigkeit (§. 42.) In dem wirklich bewegten findet sich eben diese Masse, und eben diese Bemühung einen Raum zu durchlaufen, das ist eben diese Geschwindigkeit; aber ich treffe bey ihm auffer dem allen noch einen Raum an, den er in einer gewissen Zeit wirklich durchläuft, und dieses thut der ruhende Körper nicht. Setzt also die Massen zweyer Körper M und m , ihre Geschwindigkeiten, die sie als druckende Körper haben C und c . ihren Raum, den sie in der Bewegung durchlaufen S und s , und die Zeit, welche sie darzu nöthig haben T und t : so verhalten sich ihre todten Kräfte, das ist, die Kräfte, damit sie drucken, wie MC zu mc (§. 56.). Weil nun auffer dem bey der lebendigen Kraft der wirklich durchlaufene Raum und die wirklich darzu an-

gewens

gewendete Zeit hinzu kommt; die Geschwindigkeiten aber in einer zusammengesetzten Verhältniß aus der geraden des Raumes und der umgekehrten der Zeit sind (§. 42.): so verhalten sich die lebendigen Kräfte wie $MCSt$ zu $m tT$.

Nun ist $St = C$
 und $tT = c$ (§. 42.)

Derowegen verhalten sich die lebendigen Kräfte wie $MCC: mcc$

Nun ist $MCC: mcc = MC^2: mc^2$

Also verhalten sich die lebendigen Kräfte wie $MC^2: mc^2$.

§. 85. Es sey die lebendige Kraft des Körpers $A = V$, seine Masse = M , seine Geschwindigkeit = C , die Kraft des Körpers $B = v$, seine Masse = m , seine Geschwindigkeit = c , so ist, wenn $V = v$, $MC^2 = mc^2$ (§. 83.) Wenn $MC^2 = mc^2$ so ist $M: m = c^2: C^2$. Also haben 2 Körper gleiche Gewalt zu stossen, wenn ihre Massen denen Quadraten der Geschwindigkeit umgekehrt proportional sind. Es sey $M = m$; so ist $V: v = C^2: c^2$, und wenn $C^2 = c^2$ so ist $V: v = M: m$. Wenn also bey wirklich bewegten Körpern die Massen gleich sind: so verhalten sich ihre Kräfte wie die Quadrate der Geschwindigkeit, und wenn die

Die lebendigen Kräfte sind gleich, wenn sich die Massen verkehrt verhalten wie die Quadrate der Geschwindigkeit.

Quadrate der Geschwindigkeit, folglich die Geschwindigkeiten selbst gleich sind: so verhalten sich die Kräfte wie die Massen. Wenn 3. E. zwey Körper gleich schwer sind, es bewegt sich aber der eine noch einmal so geschwinde, wie der andere: so hat er nicht nur zweymal, sondern viermal mehr Kraft als jener. Bewegt er sich drey mal geschwinder: so ist seine Kraft neunmal, und wenn er sich viermal geschwinder bewegt, sechzehnmahl grösser, als die Gewalt des anderen. Bewegten sich aber beyde Körper mit gleicher Geschwindigkeit; so würde der eine noch einmal so viel Gewalt haben, wenn er noch einmal so schwer wäre, sein Stoß würde drey mal stärker seyn, wenn er drey mal schwerer wäre, als der andere.

Die lebendige Kraft ist grösser als die todte.

§. 86. Wenn ein Körper bewegt wird: so erhält er dadurch eine lebendige Kraft. Da es nun eine ausgemachte Sache ist, daß die Kraft, welche den Körper in Bewegung setzt, grösser sey, als eine andere, welche dieses zu thun nicht vermag: so muß auch die Kraft, welche der Körper besitzt, wenn er sich bewegt, jederzeit grösser seyn, als der Druck, welchen er äussert, ohne sich zu bewegen. Derowegen ist die kleinste lebendige Kraft eines Körpers grösser, als der Druck, welchen er verrichten kan. Die Erfahrung versichert uns zur Gnüge von der Wahrheit dieses Satzes. Das Wasser reißt die größten Steine mit

mit sich fort, wenn es sich sehr schnelle bewegt, die es sonst nimmermehr in die Höhe gehoben hätte. Eben dieses gilt auch von der Luft, so leichte sie auch sonst ist. Der Wind hebt Staub und Sand in die Höhe, er reißt die Bäume aus der Erde, und wirft öfters ganze Häuser üben Hauffen. Was ist aber der Wind anders als eine bewegte Luft?

§. 87. Wenn ein größerer elastischer Körper A an einen kleinern ruhenden B anstößt: so wird sich der Körper B von diesem Stoffe geschwinder bewegen, als sich der größere Körper A vor dem Stosse bewegte, A aber wird seine Bewegung nach eben der Direction, ob wohl mit geringerer Geschwindigkeit fortsetzen. Wenn zum Exempel, der Körper A dreymal so schwer ist, als der Körper B, und mit einer Geschwindigkeit von 20 Graden an den andern anstößt: so bewegt sich der Körper B von diesem Stoffe mit einer Geschwindigkeit von 30 Graden, dem Körper A aber bleiben nur 10 Grade Geschwindigkeit übrig. Welches man, vermittelst zweyer eisenbeinern Kugeln, leicht in Erfahrung bringen kan.

Tab. II.
Fig. 16.
Was er-
folget,
wenn ein
größerer
Körper
an einem
kleinern
anstößt?

§. 88. Man kan sich einbilden, als wenn die ganze Wirkung eines Körpers aus vielen kleinen Wirkungen zusammengesetzt wäre; besonders aber

Beweis
des vori-
gen Sa-
zes.

gilt dieses von dem Stoffe. Dieser ist die Summe der Wirkungen, die der Körper in der Zeit seiner Bewegung besessen. Denn wenn sich ein Körper wirklich bewegt: so werden seine Wirkungen nicht durch den Widerstand aufgehoben; wie dieses bey dem Drucke geschieht, da die Wirkung, welche der druckende Körper in jedem Augenblick äussert, beständig durch den Widerstand gehoben und, so zu sagen, vernichtet wird. Wie nun hieraus aufs neue erhellet, daß der Stoss eines Körpers, in Ansehung seines Druckes, unendlich groß sey, und daß also die Geschwindigkeit eines ruhenden Körpers nicht anders anzusehen sey, als die Differentialgröße von der Geschwindigkeit eines wirklichbewegten: so werden wir insbesondere dieses gebrauchen können, dassjenige, was vorher von dem Stoffe eines grössern Körpers an einen kleinern gesagt worden, daraus zu erweisen.

Tab. II.
Fig. 16. Denn wenn ein grösserer Körper A an einen ruhenden kleinern B anstößt, und der kleinere sollte die ganze Kraft des grössern bekommen, der grössere aber dieselbe verlieren: so müste sich das Quadrat der Geschwindigkeit des Körpers B nach dem Stosse zu dem Quadrate der Geschwindigkeit des Körpers A vor

vor dem Stosse verhalten, wie die Masse des grössern A zu der Masse des kleinern B (§. 85.). Es haben ja nur alsdenn zwey Körper gleiche Gewalt zu stossen, wenn ihre Quadrate der Geschwindigkeit denen Massen umgekehrt proportional sind (§. 85.). Wenn also der Körper A neunmal mehr Masse hätte als B: so müste das Quadrat der Geschwindigkeit des Körpers B neunmal grösser seyn, als das Quadrat der Geschwindigkeit, welche A vor dem Stosse hatte, und also müste sich der Körper B dreymal geschwinder bewegen, als sich der Körper A vor dem Stosse bewegte. Ich sage, dieses ist nicht möglich. Denn der Körper A kan nicht länger in den andern B wärken, als so lange er ihn berühret. So bald also der Körper B anfängt, sich geschwinder, als A zu bewegen, so bald muß dieser aufhören in ihn zu wärken. Er entfernt sich von ihm, er flieht davon, wie kan ihm nun nun der Körper A seine ganze Wirkung mittheilen? So gewiß dieses ist, so folgt doch nicht daraus, daß der grössere Körper dem kleinern keine grössere Geschwindigkeit mittheilen könne als er selbst vor dem Stosse hatte. Denn weil der Stoss des Körpers A aus vielen kleinen Wirkungen zusammengesetzt ist: so

erhält der Körper B seine Geschwindigkeit nicht auf einmal, sondern nach und nach, obgleich dieses in einer unendlich kleinen Zeit geschieht. Es gehet demnach der Körper B alle Grade der Geschwindigkeit durch. Es muß also ein Augenblick seyn, indem er sich eben so geschwinde bewegt, als der Körper A. In diesem Augenblicke berühren noch beyde Körper einander. Berühren sie aber einander; so kan der grössere noch in den kleinern wirken, und ihm noch einen Grad der Geschwindigkeit mittheilen. Es muß sich also der kleinere Körper B zwar geschwinde bewegen, als sich der grössere A vor dem Stosse bewegt hatte, weil ihm aber doch der grössere Körper A nur einen Theil der Bewegung mittheilet: so muß diesem der andere Theil übrig bleiben (§. 40.). Er muß also seine Bewegung nach derselbigen Direction, doch mit geringerer Geschwindigkeit, als vor dem Stosse, fortsetzen.

Tab. II §. 89. Setzet, der Körper A wolle sich in einer Secunde durch die Linie AC bewegen, in welcher Zeit der Körper B die ganze Linie BD durchlauffen, und also noch einmal so viel Raum zurücklegen solte, als der Körper A. Was wird erfolgen müssen? Der Körper B kan sich nicht bewegen, wenn ihm

der

Fig. 17.
Ein lang-
sam be-
wegter
Körper
widerste-

der Körper A nicht ausweicht, gleichwohl weicht dieser durch seine eigene Kraft nicht weiter, als durch die Linie AC, welche die Hälfte der Linie BD ist. Soll nun der Körper B die ganze Linie BD durchlaufen: so muß er den Körper A durch die Linie GD, welches die Hälfte der Linie CD ist, forttreiben. Es widersteht demnach der Körper A dem Körper B so stark, als er würde widerstanden haben, wenn er geruhet hätte und von dem Körper B durch die Linie CD hätte sollen fortgestossen werden. Da sich nun aber B alle Augenblicke geschwinder bewegt als A: so giebt der Körper A dem Körper B in jedem Augenblick seiner Bewegung einen Widerstand. Folglich widersteht ein Körper, der sich langsamer bewegt, demjenigen, der ihn berührt und sich geschwinder bewegen will, alle Augenblick, ohnerachtet sie sich beyde nach einer Gegend bewegen; und dieser Widerstand ist desto größer, je langsamer sich der vorhergehende und je geschwinder sich der nachfolgende Körper bewegt, das ist, je größer der Unterschied zwischen denen Geschwindigkeiten beyder Körper ist.

§. 90. Sehen wir dieses zum voraus, Wie ein so werden wir leicht daraus abnehmen können, was erfolgen müsse, wenn ein kleinerer Körper A an einen ruhenden größeren B anstößt. Denn es wird sich der

§ 5

Kör.

die Bewegung
mittheilet.
Tab. II.
Fig. 18.

Cörper B von dem Stosse des Körpers A zwar nach der Direction BC fortbewegen müssen, keinesweges aber mit derjenigen Geschwindigkeit, welche der kleine Körper A vor dem Stosse hatte: indem sonst der Körper B, weil er mehr Masse besitzt, eine viel grössere Gewalt haben würde als der Körper A, wenn beyde einerley Geschwindigkeit haben solten (§. 85.); welches dem Satze, daß die Wirkung unmöglich grösser seyn könne, als die Ursache, so sie hervorbringt, offenbar zuwider wäre. Wenn es nun also gewiß ist, daß der Körper B sich langsamer bewegt als A: so wird man sich, vermöge dessen, was vorher erwiesen worden (§. 89.), genöthiget sehen, zuzugeben, daß der Körper B dem Körper A widerstehe. Widersteht er aber der Bewegung des Körpers A: so muß dieser reflectirt werden, und zwar in der Perpendicularlinie, wenn er nach dieser Direction an den grössern Körper angestossen hat (§. 78.). Hätte sich der Körper B von dem Stosse des Körpers A gar nicht bewegt: so würde der letztere mit eben der Geschwindigkeit zurückgesprungen seyn, mit welcher er angestossen hatte (§. 79.). Dieses aber kan nicht geschehen, indem der Körper B in Ansehung des Körpers A nicht vollkommen geruhet hat. Es muß also der kleinere Körper, nach verrichtetem Stosse, von dem grössern zwar zurückspringen, jedoch mit einer geringern Geschwindigkeit,

digkeit, als die gewesen, welche er vor dem Stosse hatte.

§. 91. Es sey die Masse des Körpers A = 1, die Masse des Körpers B = 3, die Geschwindigkeit des Körpers A vor dem Stosse = 4: so ist die Geschwindigkeit, welche der Körper B von dem Stosse des andern bekommt = 2, und also eben so groß, als die Geschwindigkeit, mit welcher der Körper A nach der Direction AD zurückprallt. Denn diese ist gleichfalls = 2. Aus diesem Versuche läßt sich eine Probe von der Richtigkeit des Leibnitzischen Maasses der lebendigen Kräfte anstellen. Denn es sey wie vorhin die Masse des Körpers A = 1, seine Geschwindigkeit = 4: so wäre die Kraft des Körpers B, nach der Meinung *Mersenni*, auch = 4, indem er davor hält, es werde nichts weiter erfordert, wenn man die Gewalt eines Körpers bestimmen will, als daß man die Masse, welche in dem gegenwärtigen Falle 1 ist, mit der Geschwindigkeit = 4 multipliciret. Nun erhellet aus der hier angeführten Erfahrung, es müsse sich der Körper B von dem Stosse des Körpers A mit einer Geschwindigkeit von 2 Graden fortbewegen. Seine Masse ist = 3. Derowegen wäre die Gewalt des Körpers B, die er von dem Stosse des andern bekommen hätte = $2 \times 3 = 6$. Allein es bewegt sich ja nicht der Körper B alleine; sondern es springt auch A mit einer Geschwindigkeit von 2 Grad

Die Leibnitzische Ausmessung der Kräfte stimmt mit der Erfahrung überein.

2 Graden zurück. Nun ist seine Masse = 1, und folglich seine Gewalt, die er nach dem Stosse besitzt = $2 \times 1 = 2$. Man kan nicht läugnen, daß so wol die Bewegung des Körpers B, als das Zurückspringen des Körpers A ursprünglich von der Gewalt des Körpers A, die er vor dem Stosse hatte, herzuleiten sey. Man wird also die Kräfte beyder Körper A und B, welche sie nach verrichtetem Stosse des Körpers A besitzen, zusammen addiren müssen, wenn man die Summe der Kräfte nach dem Stosse zu wissen verlangt. Thun wir dieses: so finden wir die Gewalt des Körpers B = 6, die Gewalt des Körpers A = 2. Solchergestalt ist die Summe der Kräfte nach dem Stosse = $6 + 2 = 8$. Weil sich vor dem Stosse der Körper A alleine bewegte: so ist seine Gewalt der Summe der Kräfte vor dem Stosse gleich zu schätzen. Nun war diese = 4. Derowegen würde sich die Summe der Kräfte nach dem Stosse zu der Summe der Kräfte vor dem Stosse verhalten, wie 8 zu 4, das ist, wie 2 zu 1. Es würde also nach dem Stosse noch einmal so viel Kraft vorhanden seyn, als vor dem Stosse da gewesen. Was folgt aber hieraus? Würde nicht die Wirkung grösser seyn müssen, als die wirkende Ursache, wenn man sich überreden wolte, es könnte die Summe der Kräfte nach dem Stosse noch einmal so groß seyn, als sie vor demselben gewesen? Man

Man versuche es aber, und bestimme die Grösse der Kräfte nach der Manier des Herrn von Leibnizens, so werden alle diese Schwierigkeiten verschwinden. Wir wollen das vorige Exempel behalten. Es war aber die Geschwindigkeit des Körpers A vor dem Stosse = 4, seine Masse = 1. Folglich ist das Quadrat der Geschwindigkeit des Körpers A vor dem Stosse = 16. und das Product der Masse in das Quadrat der Geschwindigkeit oder die Gewalt des Körpers A = $16 \times 1 = 16$. Und eben so groß wird nach der Leibnizischen Ausmessung die Summe der Kräfte vor dem Stosse in dem angeführten Falle seyn müssen. Nach dem Stosse ist die Geschwindigkeit des Körpers B = 2, folglich das Quadrat seiner Geschwindigkeit = 4. Nun ist die Masse derselben = 3. Derowegen ist das Product der Masse in das Quadrat der Geschwindigkeit oder seine Gewalt = $4 \times 3 = 12$. Auf eben die Weise findet man die Gewalt des Körpers A nach dem Stosse = 4. Denn weil seine Geschwindigkeit = 2, seine Masse aber = 1: so ist das Product der Masse in das Quadrat der Geschwindigkeit = $1 \times 4 = 4$. Addiren wir beydes zusammen: so finden wir die Summe der Kräfte beyder Körper A und B nach dem Stosse = $4 + 12 = 16$, welches die Gewalt des Körpers A oder die Summe der Kräfte vor dem Stosse war. Es wird

wird also nach der Leibnizischen Ausmessung der Kräfte die Summe derselben vor und nach dem Stosse gleich groß befunden. Es hat dieses schon Eugenius vorher wahrgenommen, indem er bemerket, daß bey der Bewegung der elastischen Körper das Product der Masse in das Quadrat der Geschwindigkeit, nicht aber das Product der Masse in der Geschwindigkeit vor und nach dem Stosse gleich groß sey; und hieraus hat der Herr von Leibnitz geschlossen, daß das erstere und nicht das letztere das Maasß der lebendigen Kräfte seyn müsse, und daß man also zwischen einer todten und lebendigen Kraft einen Unterscheid zu machen habe.

Ein Einwurf wird gehoben.

§. 92. Wolte man sich schon einbilden, es sey die Verdoppelung der Kräfte, welche sich nach seiner Ausmessung bey den elastischen Körpern befindet, von der Elasticität herzuleiten: so wird doch nichts leichter seyn, als das Gegentheil davon darzuthun. Denn gesetzt, es stießen dieselbigen elastischen Körper A und B, deren einer den andern an der Masse drey mal übertrifft, nach entgegen gesetzten Richtungen mit gleicher Geschwindigkeit an einander: so wird der größere nach verrichtetem Stosse ruhen, der kleinere aber wird mit einer Geschwindigkeit, welche noch einmal so groß ist, als die, so er von dem Stosse hatte, zurückspringen. Es sey z. E. die Geschwindigkeit des Körpers A = 4, die

Ges

Geschwindigkeit des Körpers $B = 4$, die Masse des Körpers $A = 1$, die Masse des Körpers $B = 3$: so wäre nach der Merfenniamischen Ausmessung die Gewalt des kleinern Körpers vor dem Stosse $= 4$, die Gewalt des größern aber $= 12$, und weil sich beyde gegen einander bewegen: so wäre die Summe der Kräfte vor dem Stosse $= 16$. Nach verrichtetem Stosse ruhet der größere Körper, der kleinere aber bewegt sich mit einer Geschwindigkeit $= 8$. Solchergehalt wäre die Summe der Kräfte nach dem Stosse $= 8$. vor dem Stosse aber $= 16$. Sie würde demnach nach dem Stosse nur halb so groß als vor demselben seyn, und man würde sich genöthiget sehen zu behaupten, daß die Kräfte der elastischen Körper durch den Stoß in einigen Fällen vermehret, in andern aber vermindert würden. Wer wolte sich aber dieses in den Sinn kommen lassen? und ich vermeyne deutlich genug erwiesen zu haben, daß bey den elastischen Körper keine Kraft verlohren gehe (§. 70.)

§. 93. Dieses kan nach unser gegenwärtigen Absicht von der Bewegung der elastischen Körper genug seyn. Wir werden zu gleich der Mühe überhoben seyn können, die Regeln der Bewegung der harten Körper zu untersuchen, da harte und elastische Körper in der Bewegung einerley Erscheinungen geben, oder weil vielmehr die härtesten Körper zu gleich

Regeln der Bewegung der weichen Körper.

gleich auch die größte Elasticität besitzen. So unwahrscheinlich dieses anfangs scheint, indem man z. E. bey einer stählernen, gläsernen und elffenbeinernen Kugel keine Veränderung der Figur wahrnehmen kan, wenn sie an eine andere anstößt; so gewiß ist es doch, daß dieses geschehe. Man darf sich nur dünne Stäbgen von Stahl, Glase oder Elfenbein machen lassen: so werden sie nicht nur krumm gebogen werden können, sondern sie werden auch, so bald man mit Drucken nachläßt, in ihre vorige Figur zurückspringen. Ist nun aber Stahl, Glas und Elfenbein elastisch, wenn es diese Figur hat, warum solte es nicht elastisch seyn, wenn man ihm eine andere Gestalt giebt? Wolte man aber behaupten, daß etwas darum nicht sey, weil man es nicht sehen könnte: so würde man an vielen Sachen zweifeln müssen, von denen es doch gewiß ist, daß sie vorhanden sind. Nachdem wir also die Regeln der Bewegung der elastischen Körper betrachtet haben: so wollen wir unsere Gedanken auf diejenigen Körper richten, welche keine merkliche Elasticität besitzen, und das nöthigste davon anführen. Wenn man die Regeln der Bewegung solcher Körper, die nicht elastisch sind, durch die Erfahrung heraus bringen will, so bedient man sich dazu der weichen Thonkugeln, und giebt ihnen durch den Fall einen begehrtten Grad der Geschwindigkeit. Denn weil eine solche

solche weiche Thonkugel zwar von dem Stosse ihre Figur ändert, sich aber nicht von selbst in die vorige Figur versetzet: so ist sie nicht nur kein harter, sondern auch kein elastischer Körper (s. 67.), und schicket sich also wohl zu dem gegenwärtigen Versuche.

§. 94. Weil bey den weichen Körpern ein Theil der Kraft zu Eindrückung der Theile angewendet wird: so muß nothwendig der Bewegung des ganzen Körpers so viel entgehen, als zu der Veränderung der Figur vonnöthen gewesen. Daher hat es das Ansehen, als ginge durch den Stoß der weichen Körper ein Theil der Kraft verlohren. Man muß aber nicht glauben, daß dieses wirklich geschähe, denn man hat längst erwiesen, daß keine bewegende Kraft in der Natur verlohren gehen könne, sondern es bleibt nur desto weniger Kraft zu der Bewegung des ganzen Körpers übrig, je mehr zu Eindrückung der Theile und zu der Veränderung der Figur angewendet worden.

§. 95. Wenn ein weicher Körper A an einen andern ruhenden B, der gleiche Masse hat, anstößt, so werden sich beyde Körper A und B nach geschahenem Stosse nach einerley Direction, doch nur mit der Hälfte der Geschwindigkeit, welche A vor dem Stosse hatte, fortbewegen. Es sey zum E. die Geschwindigkeit des Körpers A vor dem Stosse = 100: so ist die Geschwindigkeit des Körpers

Ben dem Stosse geht ein Theil der Bewegung verlohren.

Tab. I. Fig. 5. Was da geschieht, wenn ein weicher Körper an einem andern

Krög. Naturl. I. Th. G pers

von gleicher Schwere anstößt. Die Leibnizische Ausmessung der Kräfte läßt sich auch bey weichen Körpern anbringen.

pers B nach dem Stosse = 50, und die Geschwindigkeit des Körpers A auch = 50.

§. 96. Es scheint nun freylich, als ließe sich die Leibnizische Ausmessung der Kräfte bey der Bewegung der weichen Körper nicht anbringen. Allein was ist es Wunder, da bey weichen Körpern ein Theil der Bewegung verlohren geht, indem derselbe zur Veränderung der Figur angewendet wird. Es wäre vielmehr etwas seltsames, wenn dieses nicht geschehe. Damit aber die Nothwendigkeit dieser Sache erhelle: so wollen wir alles, so viel möglich, deutlich aus einander zu setzen suchen.

Beß dem Stosse verhalten sich die Raume wie die Geschwindigkeiten.

§. 97. Man wird ohne Bedenken zugeben, daß ein Körper, welcher sich dreymal geschwinder als ein anderer bewegt, in jedem Augenblicke seiner Bewegung dreymal mehr Geschwindigkeit als der andere besitze. Hat er nun jeden Augenblick dreymal mehr Geschwindigkeit als der andere; so hat er auch in dem Augenblicke da er an den andern anstößt, dreymal mehr Geschwindigkeit. Hat er aber in diesem Augenblicke dreymal mehr Geschwindigkeit: so muß er sich in dem Augenblicke, da er an den andern anstößt, durch einen dreymal größsern Raum bewegen (§. 42.) Derowegen verhalten sich die

die Raume, welche zwey Körper, indem sie an einander stossen, durchlauffen, als wie ihre Geschwindigkeiten. Ist die Geschwindigkeit des einen noch einmal so groß als wie die Geschwindigkeit des andern: so bewegt er sich, indem er an jenen anstößt, durch einen doppelten, ist sie dreymal so groß, durch einen dreyfachen, und wenn sie viermal so groß ist, durch einen viermal so großen Raum, als der andere.

§. 98. Die Kräfte, welche die Körper bey Eindrückung der Theile verlieren, verhalten sich wie die Anzahl der Theile, welche sie fortbewegen (§. 14.). Wer wolte zweifeln, daß noch einmal so viel Kraft erfordert werde, noch einmal so viel Theile einzudrücken, und daß dreymal so viel Kraft vonnöthen sey, wenn dreymal so viel Theile eingedrückt werden sollen? Die Menge der Theile, welche eingedrückt werden, ist denen Raumen proportinal, welche die Körper, da sie an einander stossen, durchlauffen. Denn man setze, es solle ein Körper in einem andern weichen Körper noch einmal so viel Theile eindrücken; so wird er eine noch einmal so grosse Höhle machen, und sich folglich durch einen noch einmal so großen Raum bewegen müssen. Eben dieser Ver-

Die verlohrenen Kräfte der weichen Körper sind ihren Geschwindigkeiten proportional.

nunftschluß läßt sich bey den andern und folgenden Augenblicken anbringen. Es ist demnach gewiß, daß sich die Kräfte, welche die weichen Körper durch das Eindringen der Theile verlieren, als wie die Räume verhalten, die sie in dem Augenblicke, da sie an einander stoßen, durchlauffen. Die Räume, welche zwey Körper in dem Augenblicke des Stoßes durchlauffen, sind ihren Geschwindigkeiten vor dem Stoße proportional (§. 97.): Derowegen verhalten sich die Kräfte, welche die weichen Körper, indem sie an einander stoßen, verlieren, als wie ihre Geschwindigkeiten vor dem Stoße.

In welchem Falle sich die Kräfte wie die Geschwindigkeiten verhalten.

§. 99. Wenn wir zu dem, was da gesagt worden, noch einen Satz hinzufügen: so haben wir die Gründe, aus welchen sich erweisen läßt, daß weiche Körper ruhen müssen, wenn sich ihre Massen umgekehrt, wie die Geschwindigkeiten verhalten, und sie nach entgegengesetzter Richtung an einander stoßen. Es ist aber dieser Satz folgender: wenn die Massen zweyer bewegten Körper ihren Geschwindigkeiten umgekehrt proportional sind: so verhalten sich ihre Kräfte wie die Geschwindigkeiten. Denn wenn M die Masse des einen Körpers und C seine Geschwindigkeit ist: so sey die

die

die Masse des andern = m und seine Geschwindigkeit = c . Vermöge der Bedingung des Satzes ist

$$M : m = c : C$$

$$MC^2 : m = cC^2 : C$$

$$MC_2 : mc_2 = cC_2 : Cc_2$$

$$cC_2 : Cc_2 = cC : c^2$$

$$MC^2 : mc^2 = cC : c^2$$

$$cC : c^2 = C : c$$

$$MC_2 : mc_2 = m C : c$$

Wenn V die Gewalt des einen und v die Gewalt des andern Körpers an=deutet: so ist

$$V : v = MC_2 : mc_2, \text{ folglich}$$

$V : v = C : c$ das ist: die Kräfte sind denen Geschwindigkeiten proportional.

Wenn sich 3. E. die Masse des Körpers A Tab. II. zu der Masse des Körpers B verhält, wie 1 Fig. 18.

zu 3; wenn sich ferner die Geschwindigkeit des Körpers B zu der Geschwindigkeit des Körpers A gleichfalls verhält, wie 1 zu 3, so sind die Massen der beyden Körper A und B ihren Geschwindigkeiten umgekehrt proportional. Es ist aber in diesem Falle die Gewalt des Körpers A = 9 und die Gewalt des Körpers B = 3

§ 3 (S. 83.).

(§. 83.). Weil nun $9 : 3 = 3 : 1$, so verhält sich die Gewalt des Körpers A zu der Gewalt des Körpers B wie 3 zu 1. Eben so verhält sich aber auch die Geschwindigkeit des Körpers A zur Geschwindigkeit des Körpers B.

Weiche
Körper,
deren
Massen
sich um-
gekehrt,
wie die
Ge-
schwin-
digkeiten
verhal-
ten, ruhen
nach ver-
richteten
Stöße.

§. 100. Wenn zwey weiche Körper nach entgegengesetzten Richtungen dergestalt an einander stoßen, daß ihre Geschwindigkeiten denen Massen umgekehrt proportional sind: so werden beyde Körper nach verrichtetem Stöße ruhen. Denn wenn die Geschwindigkeiten den Massen umgekehrt proportional sind: so verhalten sich die Kräfte wie die Geschwindigkeiten (§. 99.). Nun aber sind die durch das Eindringen der Theile verlohrene Kräfte auch denen Geschwindigkeiten proportional (§. 98.); derowegen verhalten sich die Kräfte, welche die Körper, indem sie an einander stoßen, durch das Eindringen derer Theile verlieren, als wie ihre Kräfte vor dem Stöße. Und weil die verlohrnen Kräfte in jedem unendlich kleinen Augenblicke des Stoßes dieselbige Proportion halten, welche die Kräfte der beyden bewegten Körper vor dem Stöße hatten: so muß die Bewegung beyder Körper zugleich verlohren gehen, und solchergestalt ist es kein Wunder, wenn zwey Körper, welche nach entgegen

gegengesetzten Richtungen mit solchen Geschwindigkeiten an einander stossen, die denen Massen umgekehrt proportional sind, nach verrichtetem Stosse ruhen.

§. 101. Ich will dieses, was hier erwiesen worden, durch ein Exempel zu erläutern. Man stelle sich zwey weiche Körper A und B vor. Es sey die Masse des Körpers A = 3, die Masse des Körpers B = 1, die Geschwindigkeit des Körpers A = 1, die Geschwindigkeit des Körpers B = 3, so verhält sich die Masse des Körpers A zu der Masse des Körpers B, wie die Geschwindigkeit des letztern zu der Geschwindigkeit des erstern. Folglich sind die Massen der beyden Körper A und B ihren Geschwindigkeiten umgekehrt proportional. Man findet die Gewalt des Körpers A nach der Leibnizischen Ausrechnung = 3, und die Gewalt des Körpers B = 9. (§. 38.). Weil nun $3:9=1:3$; so verhält sich die Gewalt des Körpers A zu der Gewalt des Körpers B wie 1 zu 3. Und also hat der Körper B drey mal mehr Gewalt als der Körper A. Da sich nun die Kräfte, welche beyde Körper, indem sie an einander stossen, verlieren, verhalten wie die Kräfte vor dem Stosse (§. 98. 99.): so verlieret der Körper B in jedem Augenblicke drey mal mehr Kraft als der Körper A. Er verliert demnach seine ganze Kraft in eben der

§ 4

Zeit

Fernere
Erläuterung,
Tab. II.
Fig. 19.

Zeit, in welcher der Körper A dieselbe verliert. Was kan aber hieraus natürlicher folgen, als daß beyde Körper nach verrichtetem Stosse ruhen müssen? Wir haben also hier ein Exempel, daß zwey Körper einander zur Ruhe bringen, da die Kraft des einen viel grösser ist, als die Kraft des andern. Es würde dieses etwas seltsames seyn, wenn nicht derjenige Körper, welcher die größte Gewalt besizet, einen so grossen Theil seiner Kraft durch das Eindringen der Theile verlohre.

Weiche Körper, die gleiche Masse und Geschwindigkeit haben, ruhen, wenn sie nach entgegengelegter Direction an einander stoßen.

§. 102. Wenn zwey Körper gleiche Masse und Geschwindigkeit haben: so sind ihre Massen und Geschwindigkeiten einander umgekehrt proportional. Weiche Körper, deren Massen sich umgekehrt, wie die Geschwindigkeiten verhalten, ruhen, wenn sie nach entgegengelegten Richtungen an einander stoßen (§. 100.). Derowegen müssen auch zwey weiche Körper, welche gleiche Masse besizzen, und nach entgegengelegten Richtungen an einander stoßen, nach verrichtetem Stosse ruhen. Hieraus erhellet, daß Des Cartes die Sache nicht getroffen, wenn er geglaubt, es müsse in der Welt immer gleich viel Bewegung erhalten werden. Wo soll denn die Bewegung bleiben, wenn zwey weiche Körper, welche nicht elastisch sind, und gleiche Masse besizzen, nach entgegengelegter Richtung, mit gleicher Geschwindigkeit an einander stoßen? Sie ruhen nach verrichtetem Stosse. Also geht ihre

ihre Bewegung verlohren. Denn nachdem sie an einander gestossen haben, machen sie zusammen nur einen Körper aus, welcher sich nach entgegengesetzten Richtungen mit gleicher Geschwindigkeit zu bewegen bemühet, und also ruhet (§. 27.). Auf diese Art geht eine unendliche Menge Bewegungen in der Welt verlohren, welche zu Eindrückung der Theile angewendet wird.

§. 103. Was bisher von dem Stosse der weichen Körper erwiesen worden, scheinen Knoten zu seyn, welche nach der Leibnizischen Ausmessung der Kräfte, unauflöslich wären. Denn, wird man sagen, diejenigen Kräfte, welche einander aufheben, und aus welchen eine Ruhe erfolgt, müssen nothwendig einander gleich seyn. Nun erfolgt eine Ruhe, wenn weiche Körper, deren Massen sich verkehrt, wie ihre Geschwindigkeiten verhalten, nach entgegengesetzten Richtungen an einander stossen. Folgt also nicht hieraus, daß die Kräfte der gedachten Körper einander gleich seyn müssen? Nach der Merfenniamischen Ausmessung werden beyder Körper Kräfte gleich groß befunden, nicht aber nach der Leibnizischen. Man nehme nur das vorige Exempel (§. 101.): so ist nach der gewöhnlichen Ausmessung, die Kraft des Körpers A = 3, die Kraft des Körpers B gleichfalls, und wären also beyderseits einander gleich. Nach der Leib-

Einwurf
wird ge-
haben.

nizischen Regel aber würde die Kraft des Körpers B dreyimal grösser seyn müssen, als die Kraft des Körpers A. Wie können aber ungleiche Kräfte eine Ruhe hervorbringen? Man wird zum wenigsten einräumen müssen, daß die alte Ausmessung der Kräfte bey denen Körpern, die weder hart noch elastisch sind, statt habe. Allein ich habe nicht nur oben überhaupt dargethan, daß bey den weichen Körpern, wenn sie nicht elastisch sind, ein Theil der Bewegung verlohren gehe, durch welchen die Veränderung der Figur hervorgebracht wird, dergleichen bey denen harten und elastischen nicht geschiehet (§. 70.); sondern es ist auch aus dem von der Bewegung der weichen Körper gegebenen Erweise (§. 100.) abzunehmen, daß selbst aus der Leibnizischen Ausmessung der Kräfte folge, es müssen zwey weiche Körper nach verrichtetem Stosse ruhen, wenn sich ihre Massen verkehrt, wie die Geschwindigkeiten, verhalten. Und dieses könnte von der Bewegung der Körper, nach unserer Absicht, genug seyn, wenn wir nicht noch untersuchen müßten, wie sich ein Körper in einer krummen Linie bewegen könne. Verlangen wir dieses zu wissen, so müssen wir nothwendig von denen Centralkräften handeln. Man wird mir den Gefallen erweisen und dieses so lange für keine leere Grillen halten, bis ich unten bey der Betrachtung des Weltgebäudes, Gelegenheit habe, den Nutzen dieser

Betrachtung der krummlinichten Bewegung.

dieser Lehre zu zeigen. Es offenbahrt sich aber derselbe auch in andern Fällen. Denn wie viele krummlinichte Bewegungen geschehen nicht selbst auf unserm Erdboden, zu deren deutlichen Erkenntniß man diese Grundwahrheiten vonnöthen hat?

§. 104. Diejenige Kraft eines Körpers *a g*, welche beständig gegen einen gegebenen Punct *g* gerichtet ist, der Körper mag sich befinden, wo er will, wollen wir eine Centripetalkraft (*vim centripetam*) nennen. Eine jede andere *ab* aber, in so ferne sie nicht gegen diesen Punct gerichtet ist, ist eine Centrifugalkraft (*vis centrifuga*). Beyde Kräfte, *a g* und *ab* pflegt man mit einem gemeinschaftlichen Namen, die Centralkräfte zu nennen.

Tab. II.
Fig. 19.
Was man durch die Centralkräfte versteht.

§. 105. Es sey die Kraft *a g*, welche beständig gegen den Punct *g* gerichtet ist, die Centripetalkraft eines Körpers: so ist *ab* seine Centrifugalkraft. Da nun diese beyde Kräfte einen Winkel einschließen: so muß der gedachte Körper im ersten Augenblick seiner Bewegung die unendlich kleine Diagonal-Linie *aa* durchlauffen (§. 45.), und da die Centripetalkraft beständig gegen den Punct *g* gerichtet ist, so wird dieser Bernunftschluß beständig statt haben, und es wird dieserhalben dieser Körper in jedem Augenblick eine andere unendlich kleine Diagonal-Linie *aa* beschreiben müssen. Solchergestalt wird er sich genöthigt sehen,

Wie die Centralkräfte eine krummlinichte Bewegung verursachen.
Tab. II.
Fig. 19.

sehen, seine Direction alle Augenblick zu verändern. Wenn aber ein Körper eine krumme Linie beschreibt, welcher seine Direction alle Augenblick ändert: so muß ein jeder Körper, der die beyden Centralkräfte besitzt, eine krumme Linie beschreiben. Wir können dieses nicht besser als an einer Schleuder wahrnehmen. Denn in derselben bekömmt der Stein durch die Bewegung der Hand eine Centrifugalkraft und würde sich, vermöge derselben in der geraden Linie $a b$ fortbewegen, wenn er nicht, mittelst der Schleuder, beständig gegen die Hand nach der Direction $a g$ zurückgezogen würde. Und eben daher kommt es, daß der in der Schleuder befindliche Stein, einen Circel um die Hand beschreibt. Läßt man aber die Schleuder fahren: so hört die Wirkung der Centripetalkraft $a g$ auf, und bleibt dem Steine nur die Centrifugalkraft übrig, vermöge, welcher er nach den Tangenten des Circels hinwegfliehet.

Die Centripetalkraft ist die Ursache der krummen Bewegung.

§. 106. Wäre die Kraft $a g$ nicht beständig gegen den Punct g gerichtet: so hätte der Körper wegen der zusammengesetzten Bewegung $a g$ und $a b$ eine gerade Linie beschrieben (§. 45.). Da er nun bloß darum eine krumme Linie beschreibt, weil die Kraft $a g$ beständig gegen den Punct g gerichtet ist: so ist die Centripetalkraft diejenige Kraft, welche verursacht, daß sich der Körper in einer krummen Linie bewegt. Sie zieht demnach den

den Körper beständig von der geradelinichten Bewegung zurück, und solchergestalt kan kein Körper; eine krumme Linie beschreiben, der nicht beyde Centralkräfte besitzt.

§. 107. Die Grösse der Centripetalkraft ist aus der Länge der Linie NE zu ermessen, welche mit der Linie MC parallel ist, und den Raum vorstellt, durch welchen der Körper M von der geradelinichten Bewegung MD in derselbigen Zeit zurückgezogen wird, in welcher er sich sonst mit der Geschwindigkeit die er bey M hatte, durch die Linie MN bewegt haben würde. Denn da der Körper alle Augenblick von der geradelinichten Bewegung abgelenkt wird: so ist dieses Zurückziehen von seiner geradelinichten Bewegung die Wirkung der Centripetalkraft, aus welcher ihre Grösse abzunehmen ist (§. 106.) Je grösser die Masse des Körpers ist, desto mehr widerstehet er der Kraft, welche ihn von der geradelinichten Bewegung zurückziehen will. Je mehr er aber dieser Kraft widerstehet, desto grösser ist seine Centrifugalkraft (§. 150.) Derowegen ist die Centrifugalkraft eines Körpers desto grösser, je mehr er Masse besiget, wenn sonsten die übrigen Umstände gleich angenommen werden; Es läst sich dieses durch

Tab.
XIV.
Fig. 2.

durch folgendes Experiment bestätiget: Man erfülle eine gläserne Röhre mit Quecksilber, Wasser, Oel und Luft, das ist, mit flüssigen Materien von verschiedener Schwere, die sich nicht mit einander vermischen. Man verschliesse diese Röhre an beyden Enden und befestige selbige an ein Schwungrad, welches horizontal liegt, dergestalt, daß sie durch den Mittelpunct des Rades gehet. Wenn nun das Schwungrad schnell herumgedrehet wird: so bewegt sich das Quecksilber an die Peripherie, hierauf folgt das Wasser und denn das Oel, und die Luft bleibt in der Mitten. Das ist, die leichteren Materien nähern sich dem Mittelpuncte, und die schweren entfernen sich von demselben: Man heisset die Kraft, welche macht, daß sich ein Körper von dem Mittelpuncte der Bewegung entfernt, seine Centrifugal-Kraft. Wird also nicht die Centrifugal-Kraft, wenn die übrigen Umstände einerley sind, desto grösser seyn müssen, je grösser die Masse der Körper ist. Man darf aber nicht denken, daß sich die Centrifugalkraft bloss nach der Menge der Materie richtet; sondern es kömmt auch dabey die Entfernung von dem Puncte, um welchen die Bewegung geschiehet und die Geschwindigkeit mit welcher sich die Körper

per

per bewegen in Betrachtung, wovon des vortreflichen Gravesande Elementa philosophiae newtonianae nachgelesen werden können.

§. 108. Gesezt, es ziehe der Körper A den andern B an sich: so wird der Körper B den Körper A mit gleicher Kräfte an sich zu ziehen suchen, indem die Wirkung und Gegenwirkung einander beständig gleich sind (§. 36.). Wenn nun beyde Körper A und B keine Centrifugalkraft besitzen: so müssen sie sich beyde um einander herum bewegen (§. 105.). Sollen sie aber in dieser Bewegung um einander verharren: so müssen sie beyde gleiche Centrifugalkräfte haben (§. 27.). Denn wenn die Centrifugalkraft des Körpers B grösser wäre, als die Centrifugalkraft des andern: so würden sie nicht beysammen bleiben, sondern der Körper B würde durchgehen, und sich von dem andern entfernen (§. 28.). Wenn man nun setzt, es sey die Masse des Körpers A = M, seine Geschwindigkeit = C, die Masse des Körpers B = m, seine Geschwindigkeit = c: so ist $MC = mc$ (§. 64.), und also $MC : m = c : C$. Solchergestalt können sich zwey Körper um einander herum bewegen, und in dieser Bewegung um einander verharren, wenn sich ihre Massen verkehrt verhalten wie die Geschwindigkeiten.

Tab. I.
Fig. 22.
In welchem Falle
le Körper
in der Bewegung
um einander
verharren.

§. 109. Die Geschwindigkeiten zweyer Körper welche an einen Hebel befestigt sind, werden ge-
nauer bestimmt.

verhalten sich wie ihre Entfernungen von dem Ruhepunkte, wenn die Bewegungen zu gleicher Zeit geschehen (§. 61.). Wenn sich also die Massen zweyer Körper verkehrt verhalten, wie ihre Entfernungen von dem Ruhepunkte, so können sie in der Bewegung um einander verharren (§. 108.). Wenn man an einem Hebel denjenigen Punct bestimmt, von welchem angerechnet, sich die Entfernungen verkehrt verhalten, wie die Massen der Körper: so hat man den gemeinen Schwerpunkt gefunden (§. 62.). Derwegen müssen sich zwey Körper um ihren gemeinen Schwerpunkt herumbewegen, wenn sie ihre Bewegung in gleicher Zeit verrichten, und in derselben um einander verharren sollen.

§. 110. Körper, welche gleiche Masse haben, besitzen nur alsdenn gleiche Gewalt, wenn ihre Geschwindigkeiten gleich sind (§. 56.). Ihre Geschwindigkeiten sind gleich, wenn sie beyderseits gleich weit vom Ruhepunkte entfernt sind (§. 61.). Wenn sich demnach zwey Körper von gleicher Masse um einander herum bewegen sollen: so müssen sie gleich weit vom Ruhepunkte entfernt seyn. Welches auch aus dem vorigen Satze fließet, und als ein besonderer Fall darunter begriffen ist. Denn wenn sich diejenigen Körper um einander herum bewegen können, deren Massen sich verkehrt verhalten, wie die Geschwindigkeiten; wenn sich ferner die Massen

Wird auf
einen be-
sondern
Fall ap-
pliciret.

Massen verkehrt verhalten, wie die Geschwindigkeiten, wenn beyde Körper gleiche Masse und Geschwindigkeit besitzen: so werden Körper von gleicher Masse in der Bewegung um einander verharren müssen, wenn sie gleiche Geschwindigkeit haben; sie haben aber gleiche Geschwindigkeit, wenn sie vom Ruhepuncte gleich weit entfernt sind.

§. III. Alles dieses, was hier gesagt worden, stimmt mit der Erfahrung vollkommen überein, und läßt sich durch dieselbige bestätigen. Denn man darf nur zwey Kugeln, da von die eine A drey mal schwerer ist, als die andere B, mit einem Faden AB zusammenhängen, und sie auf ein circkelrundes Bret legen, welches man schnell herum drehen kan, damit sie sich um einander herum bewegen. Wenn man es nun so einrichtet, daß in C der Ruhepunct ist, um welchen sich beyde Kugeln A und B bewegen: so wird die Bewegung dieser Körper fortdauern. Denn in diesem Falle ist AC zu CB wie 1 zu 3, und eben so verhält sich der Körper B zum Körper A. Obnerachtet nun B drey mal mehr Geschwindigkeit besitzt als A: so hat doch A drey mal mehr Masse, und so wenden beyde Kugeln A und B eine gleich grosse Bemühung an, sich vom Puncte C zu entfernen. Richtet man aber die Bewegung der beyden Kugeln dergestalt ein, daß sie sich um einen andern Punct als den Punct C bewegen: so wird allemal

Krüg. Naturl. I. Th.

H

die

Tab. II.

Fig. 22.

Und durch die Erfahrung bestätigt.

die Kugel, welche weiter, als sie solte, vom Ruhepuncte entfernt ist, durchgehen, und die andere mit sich fortreißen. Wenn beyde Kugeln von gleicher Grösse sind: so wird man finden, daß der Punct, da man den Faden auflegen muß, wenn sich beyde Kugeln um einander herumbewegen sollen, recht in der Mitte des Fadens seyn müsse. Denn so haben beyde Kugeln gleiche Masse und Geschwindigkeit, folglich gleiche Gewalt, und wenden also ebenfalls eine gleich starke Bemühung an, sich von dem Ruhepuncte zu entfernen. Sie müssen demnach in der Bewegung um einander verharren. Wenn in diesem Experimente der Faden zerrisse, so würde der Kugel nur noch die Centrifugalkraft übrig bleiben. Nun solte die Kugel, vermöge derselben, nach den Tangenten des Circels fortlaufen (§. 104.), aber wegen der beständigen Bewegung der Fläche, darauf die Kugel liegt, wird der Tangente in den Radius verwandelt, und die Kugel bewegt sich solchergestalt durch den Diameter.

Tab. §. 112. Wenn sich ein Körper A um
 XIV. den Punct C dergestalt herum beweget,
 Fig. 3. daß sich die Flächen, welche er beschreibet,
 Wenn die um einen Punct beschriebenen Flächen den
 bet, verhalten, als wie die Zeiten der Bewegung: so ist seine Centripetalkraft gegen den Punct C gerichtet, um welchen die Bewegung geschiehet. Es bewege sich ein Körper im ersten Augenblicke durch

durch die gerade Linie AB: so sollte er, ^{Setzen} vermöge des ersten Gesetzes, der Bewe- ^{propor-} gung (§. 24.) im andern Augenblicke die ^{tional} Linie $BL = AB$ zurücke legen. Allein die ^{sind:} Centripetalkraft verhindert dieses, und ^{so ist die} zwingt ihn an statt der Linie BL die Li- ^{Centripe-} nie BD im andern Augenblicke zu be- ^{talkraft} schreiben (§. 105.). Man ziehe die Li- ^{gegen die} nien CA, CB, CL, CD: so ist klar, daß der ^{sen Punct} Triangel CBA dem Triangel CBL gleich ^{gerichtet.} ist, mit dem er gleiche Grundlinie und Höhe hat; der Triangel CBL ist gleich dem Triangel BDC, weil sie zwischen einander Parallel-Linien stehen. Die Triangel CBA, CBD, sind Flächen, welche in gleicher Zeit um den Punct C beschrieben worden, und diese sind einander gleich. Eben so sollte der Körper ferner seine Bewegung in der geraden Linie, aus D in E fortsetzen; weil ihn aber die Kraft EF, welche mit DC parallel ist, aufs neue von der geradelinichten Bewegung abzieht: so wird er gegen den Punct C getrieben, und beschreibt wegen der zusammengesetzten Bewegung, die Linie DF und um den Punct C die Triangel $DFC = DEC = BDC = ABC$ in gleicher Zeit. AB, BD, DF, machen eine krumme Linie, wenn sie unendlich klein sind (§. 105.).

Was ei-
ne Elli-
psis ist.
Tab. III.
Fig. 27.

§. 113. Wenn wir uns einbilden, es sey der Mittelpunct eines Cirkels aus zwey Puncten zusammen gesetzt; wenn wir uns ferner einbilden, es werde der Cirkel dergestalt gebogen, daß er die Figur ABCD bekömmt: so werden sich die beyden Puncte, daraus sein Mittelpunct zusammengesetzt war, von einander entfernen, und es wird sodann der eine in F, der andere aber in H anzutreffen seyn. Eine solche krumme Linie ABCD wird eine Ellipsis, F und H aber werden die Brennpuncte der Ellipsis genennt. Ich weiß wohl, daß dieses eine gar schlechte Beschreibung der Ellipsis ist, ich weiß aber auch wohl, daß sich nicht alle meine Leser in der höhern Geometrie umgesehen haben, und daß sie mich folglich nicht ohne Unterscheid würden verstanden haben, wenn ich gesagt hätte, die Ellipsis sey eine krumme Linie, in welcher sich das Rectangulum aus den Theilen der Aye zu dem Quadrate der halben Ordinate verhält, wie die Aye zu dem Parameter. Und vielleicht würde es eben so dunkel gewesen seyn, wenn ich den Brennpunct beschrieben hätte, daß es derjenige Punct in der Aye einer krummen Linie sey, wo der Parameter die Ordinate abgiebt; obgleich dieses alles vollkommen richtig wäre.

Eine elliptische
Bewe:

§. 114. Wenn sich ein Körper in einer Ellipsi dergestalt bewegen soll, daß er um den einen Brennpunct der Ellipsis solche Flächen beschrei-

beschreibet, welche denen Zeiten der Bewegung ist proportional sind; so kan sich der gedachte Körper ohnmöglich mit einer gleichförmigen Geschwindigkeit bewegen, sondern seine Geschwindigkeit muß immer grösser werden, je näher er dem Brennpuncte F kömmt, gegen welchen seine Centripetalkraft gerichtet ist (§. 112.), und immer kleiner, je weiter er sich von diesem Puncte entfernet. Denn wenn sich die Flächen, welche um den Punct F beschrieben werden, verhalten, wie die Zeiten der Bewegung: so muß der Körper in gleicher Zeit gleiche Flächen um den Punct F beschreiben. Gesezt demnach, es sey die Fläche ABF der Fläche DCF gleich. Weil der Triangel DCF höher ist, als der Triangel ABF: so muß nothwendig seine Grundlinie DC kleiner seyn, als die Grundlinie AB des andern Triangels ABF. Denn wenn Triangul einander gleich seyn sollen: so müssen sich ihre bases reciproce wie die Höhen verhalten. Da nun der Körper die Linie DC in eben der Zeit durchläuft, in welcher er sich durch die Linie AB bewegt; so durchläuft er einen grössern Raum, wenn er sich in AB befindet, als wenn er in DC anzutreffen ist. Je grösser der Raum ist, welchen der Körper in einer gegebenen Zeit durchläuft, desto grösser ist seine Geschwindigkeit (§. 42.). Derowegen ist die Geschwindigkeit des gedachten Körpers grösser, wenn er dem Brennpuncte

nicht
gleichförmig.
Tab. III.
Fig. 27.

puncte F, gegen welchen seine Centripetalkraft gerichtet ist, nahe kömmt, als wenn er sich von demselben entfernt. Da nun seine Geschwindigkeit solchergestalt nicht immer einerley verbleibt: so hat ein Körper, welcher sich in einer Ellipsi bewege, und dessen Centripetalkraft gegen den einen Brennpunct der Ellipsis gerichtet ist, keine gleichförmige Bewegung.

Tab. II.
Fig. 19.
Die Bewegung
im Cirkel
ist gleichförmig.

§. 115. Bewegt sich aber ein Körper in einem Cirkel dergestalt herum, daß die Flächen $aa g$, welche in gleicher Zeit beschrieben werden, einander gleich sind: so sieht man den Augenblick, daß auch die Bogen aa einander gleich seyn müssen. Es durchläuft demnach der Körper in gleicher Zeit gleiche Theile des Raums. Er hat eine gleichförmige Bewegung, das ist, er bewegt sich einmal so geschwinde, wie das andere. Und wie ist es anders möglich? Der Körper behält im Cirkel immer einerley Entfernung von dem Mittelpuncte, gegen welchen die Centripetalkraft gerichtet ist. Nichts aber ist so natürlich, als daß eine Kraft unter einerley Umständen, immer einerley Wirkung hervorbringt.

Was eine
beschleunigte
und aufgehaltene
Bewegung
ist.

§. 116. Wenn sich ein Körper dergestalt bewege, daß seine Bewegung immer beschleuniget wird: so nennt man dieses eine beschleunigte Bewegung. Insbesondere aber eignet man einem Körper eine gleichförmig beschleunigte Bewegung zu, wenn er in gleicher Zeit gleich

gleich grosse Grade der Geschwindigkeit be-
 kömmt. Hieraus ist leicht zu schliessen, daß
 eine aufgehaltene Bewegung diejenige seyn
 müsse, da der Körper beständig etwas von sei-
 ner Geschwindigkeit verlieret. Und eben so
 ist klar, daß ein Körper eine gleichförmig auf-
 gehaltene Bewegung besitze, wenn er in jedem
 Augenblick einen gleich grossen Theil der Ge-
 schwindigkeit verliert. Es wird nicht undien-
 lich seyn, diese Arten der Bewegung etwas ge-
 nauer zu betrachten, indem sich dieses nicht nur
 bey der elliptischen Bewegung der Weltkör-
 per, sondern auch selbst bey dem Falle der
 schweren Körper auf dem Erdboden mit Vor-
 theil wieder anbringen läßt. Es ist aber zu
 merken, daß alles dasjenige, was von der
 gleichförmig beschleunigten Bewegung gilt,
 auch von der gleichförmig aufgehaltenen, je-
 doch verkehrt genommen, gelten müsse. Denn
 es ist gar kein Zweifel, daß der Raum, welcher
 durchlauffen wird, nach eben der Verhältniß,
 bey der letztern abnehme, wie er bey der erstern
 wächst und zunimmt.

§. 117. Es bewege sich ein Körper der-
 gestalt, daß seine Bewegung auf eine
 gleichförmige Art beschleunigt wird: so
 wird er in jedem Augenblick einen neuen
 Grad der Geschwindigkeit erhalten, (§. 116.).
 Es sey die Zeit = T, der Raum =
 S, die Geschwindigkeit = C, und die Ge-
 walt

walt = V: so ist die Schwindigkeit
dieses Körpers

$$\text{in } 1 \text{ T} = 1 \text{ C}$$

$$2 \text{ T} = 2 \text{ C}$$

$$3 \text{ T} = 3 \text{ C}$$

$$4 \text{ T} = 4 \text{ C} \text{ \&c.}$$

Weil nun der Raum gefunden wird,
wenn man die Zeit mit der Geschwin-
digkeit multipliciret (§. 44.), so ist im er-
sten Augenblick $S = TC$, nach zwey Au-
genblicken $S = 4 TC$, nach drey Augen-
blicken $S = 9 TC$, u. s. w. Wenn sich
also der Körper im ersten Augenblicke
durch einen Schuh bewegt hat: so muß er
sich in den beyden ersten Augenblicken
durch 4, in den drey ersten Augenblicken
durch 9, und in den vier ersten Augenbli-
cken durch 16 Schuh bewegen. 1, 4, 9, 16
sind die Quadrat-Zahlen von 1, 2, 3, 4,
und dieses sind die Zeiten oder auch die
Geschwindigkeiten. Derowegen verhal-
ten sich die Raume, welche dieser Kör-
per zurücke legt, wie die Quadrate der
Zeiten, vom Anfang der Bewegung an
gerechnet, oder auch wie die Quadrate
seiner Geschwindigkeit. Als, wenn sich
der Körper in der ersten Secunde durch
einen Schuh bewegt; so muß er sich,
nachdem die 5 ersten Secunden verflos-
sen, durch 25 Schuh bewegt haben. Se-
zen

gen wir dieses voraus: so werden wir leicht errathen können, wie viel Raum dieser Körper in jedem einzelnen Augenblicke seiner Bewegung zurücklegen müsse. Wenn durchläuft er binnen einer Secunde einen Schuh, und innerhalb zwey Secunden hinter einander vier Schuh: so muß er sich in der andern Secunde durch drey Schuh bewegt haben. Bewegt er sich in den ersten 2 Secunden durch 4 Schuh, und in den 3 ersten Secunden durch 9 Schuh: so hat er in der dritten Secunde allein 5 Schuhe zurückgelegt. Eben so ist klar, daß er sich in der vierten Secunde durch 7, in der fünften durch 9, und in der sechsten durch 11 Schuh bewegen müsse. Es wachsen demnach die Räume, die ein Körper, der eine gleichförmig beschleunigte Bewegung besitzt, durchläuft, wie die ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7, 9, 11, u. s. w. Solchergestalt durchläuft ein Körper, der eine gleichförmig beschleunigte Bewegung hat, in gleicher Zeit ungleiche Theile des Raumes.

§. 118. Wenn die Kraft, welche einem Körper eine gleichförmig beschleunigte Bewegung mittheilen soll, innerhalb dem bewegten Körper anzutreffen ist: so darf dieselbe ihre Wirkung nur

Wie die Kraft beschaffen seyn müsse, welche derglei-

§ 5

immer

den Be-
wegung
hervor-
bringt.

immer mit gleicher Geschwindigkeit fortsetzen. Denn so bekommt der Körper im andern Augenblick eine Geschwindigkeit, da diejenige, welche er im ersten Augenblicke bekommen hatte, noch nicht vergangen (§. 24.). Und so muß, vermöge des gegebenen Erweises, die Bewegung dieses Körpers auf eine gleichförmige Art beschleuniget werden (§. 117.). Befindet sich aber die Kraft, welche einem Körper eine gleichförmig beschleunigte Bewegung mittheilen soll, außerhalb dem Körper, und wirkt also von außen in ihn. Als wenn, zum Exempel, ein Körper den andern durch seinen Druck fortbeweget: so hat es hiemit eine ganz andere Beschaffenheit. Denn wenn der Körper A den andern B durch seinen Druck bewegt: so kan er nicht länger in ihn wirken, als so lange beyde Körper beysammen bleiben, und einander berühren. Wenn sich also B mit 2 Graden Geschwindigkeit bewegt, so muß sich A mit mehr als 2 Graden der Geschwindigkeit bewegen; bewegt sich B mit 3 Graden der Geschwindigkeit: so muß wiederum die Geschwindigkeit des Körpers A noch grösser seyn. Ich sage mit Fleiß, es müsse die Geschwindigkeit des Körpers A grösser seyn als die Geschwindigkeit des Körpers B.

Denn

Denn gesetzt, der Körper B bewegte sich mit 2 Graden der Geschwindigkeit, und A gleichfalls, wie wolte denn der Körper A dem Körper B den dritten Grad der Geschwindigkeit mittheilen? Ge-
setzt aber auch, er hätte dieses gethan, wie wolte er ihm denn den vierten mittheilen, wenn er sich nicht aufs neue geschwinder bewegte? Hieraus aber folgt, daß es leichter sey, die Geschwindigkeit eines Körpers zu vermindern, als dieselbe zu befördern. Wenn sich, 3 L. der Körper B mit 10 Graden der Geschwindigkeit bewegt: so kan ihm dieser zehnte Grad der Geschwindigkeit durch eine Wirkung, welche der seinigen entgegengesetzt ist, gar leicht genommen werden (§. 27.). Viel schwerer aber wird es hergehen, wenn ihm der zehnte Grad der Geschwindigkeit mitgetheilet werden soll. Denn wenn diesen der Körper B bekommen soll: so ist nicht genug, daß A einen Grad Geschwindigkeit hat, sondern A muß 9 Grade der Geschwindigkeit haben, ehe er B berühren kan, und also 10 Grade wenn er dem Körper B den zehnten Grad der Geschwindigkeit mittheilen soll. Ich habe gesagt, daß dieses nicht nöthig sey, wenn die Kraft, welche dem Körper eine gleichförmig beschleunigte

Beweis

Bewegung mittheilen soll, innerhalb demselben anzutreffen wäre und sich mit ihm zugleich bewegte. Dieser Fall würde nun 3. L. statt haben, wenn ein Magnet in eine hölzerne Kugel eingeschlossen würde, und man legte einen andern Magneten dergestalt, daß er den in der hölzernen Kugel eingeschlossenen an sich ziehen könnte. Denn es würde sich die hölzerne Kugel mit einer gleichförmig vermehrten Geschwindigkeit gegen den Magneten bewegen, wenn auch gleich der Magnet die Kugel nicht stärker an sich zöge, sie möchte weit oder nahe bey ihm seyn. Allein aus eben der Ursache kan man dieses nicht als ein Experiment gebrauchen, dadurch das obige bestätigt würde. Es lehret nemlich die Erfahrung, daß ein Magnet den andern desto stärker an sich ziehe, je näher er ihm ist. Solchergestalt würde zwar die Bewegung der hölzernen Kugel beschleunigt werden, die Hauptursache aber würde diese seyn, weil sie dem Magneten durch ihre Bewegung näher gekommen wäre.

Es wird eben nicht undienlich seyn, hier bey dem Beschlusse von der Lehre der Bewegung zu erzählen, was man von den Kräften der Thiere aus vieler Erfahrung gelernt hat.

1) Man

- 1) Man hat nemlich gefunden, daß ein Pferd, wenn es 200 Pfund zu ziehen hat, 8 Stunden hintereinander arbeiten könne; aber nur 6 Stunden, wenn es 240 Pfund Widerstand zu überwinden hat.
- 2) Wenn ein Pferd an eine Maschine gespannt wird, daran es im Circul herumgehen muß: so darf der Diameter des Circuls, welchen es beschreibt, nicht kleiner als 40 Schuhe seyn.
- 3) Wenn man die Kraft eines Menschen mit der Kraft eines Pferdes vergleicht: so findet man solche nach Verschiedenheit der Länder fünf bis siebenmal kleiner, als die Kraft eines Pferdes.
- 4) Ein Pferd zieht am leichtesten nach der Horizontal-Linie, ein Mensch in dieser Direction am allerunbequemsten.
- 5) Ein Mensch bewegt eine grössere Last, wenn zurück als wenn er vor sich geht.

Hieraus lassen sich allerley Künste beurtheilen, wodurch man unschuldiger Weise das Ansehen einer ausserordentlichen Stärke erhalten kan. Man wird dieses so wohl, als andere bey der Lehre von der Bewegung nöthige Sätze in meinen Elementis Philosophiæ naturalis antreffen.

Das