

Regeln ausgeführt werden. Zu diesem Ende habe ich die Grundsätze in solche Gleichungen fasst, welche bei einem jeglichen Falle leicht angebracht werden können und wer nur in der Lösungskunst geübt ist, der ist dadurch im Stande ohne fernere Anleitung die schwersten so in der Lehre von der Bewegung vorkommen, aufzulösen: daher hoffentlich Niemand allzuausführliche Abhandlung übel deuten wird.

XI. Capitel.

Allgemeine Grundregeln zur Naturlehre.

84) *Wenn ein Körper entweder in Ruhe verbleibt, oder sich gleichförmig nach einer graden Linie bewegt, so können wir schliessen, dass derselbe von aussen entweder gar nicht gedrückt werde, oder dass die Kräfte, welche je auf ihn wirken, einander im Gleichgewicht halten.*

Diese Regel folget unmittelbar aus dem Begriff der Standhaftigkeit; denn da ein Körper von selbst entweder in Ruhe bleibt, oder nach einer graden Linie gleichgeschwindig fortgeht, so ist keine äussere Kraft nöthig um denselben in diesem Zustande zu erhalten; sondern eine solche Kraft würde vielmehr den Zustand des Körpers verändern. So lange also ein Körper in eben demselben Zustande verharret, so ist es ein sicheres Zeichen, dass keine äusserliche Kraft eine Wirkung auf denselben habe. Demnach wird derselbe entweder gar nicht von aussen gedrückt, oder wenn Kräfte vorhanden sind, welche auf denselben einen Druck ausüben, so ist es gewiss dass dieselben einander im Gleichgewicht halten, und die Wirkung einer jeglichen von den übrigen zunichte werde. Wie aber mehrere Kräfte, so auf einen Körper wirken einander im Gleichgewicht halten, wird in der Wissenschaft von dem Gleichgewicht gelehret, welche sich ganz auf diesen Fall gründet, dass wenn zwei gleiche Kräfte nach entgegengesetzten Richtungen auf einen Körper wirken dieselben in dem Zustande des Körpers gar keine Aenderung hervorbringen, und es also eben so viel ist, als wenn gar keine Kräfte vorhanden wären. Wenn man also sieht dass ein Körper in seinem Zustande verharret, ungeachtet er von einer Seite gedrückt wird, so kann man schliessen, dass derselbe von der entgegengesetzten Seite gleich stark gedrückt werde. Ich gehe zum Exempel, dass ein auf dem Tische liegender Körper in Ruhe verbleibt, ungeachtet derselbe herunterfallen würde wenn der Tisch durchdringlich wäre, woraus ich schliesse dass die Undurchdringlichkeit des Tisches den Fall desselben aufhalte, und also den Körper aufwärts drücke, weil aber derselbe dieses Drucks ungeachtet in Ruhe verbleibt, so schliesse ich daraus, dass noch eine andere Kraft vorhanden sein müsse, welche den Körper ebenso stark abwärts drücke, und die Schwere genannt wird: also dass in diesen Fall die Schwere, und die aus der Undurchdringlichkeit des Tisches entstehende Kraft einander im Gleichgewicht halten.

Wenn wir aber sehen, dass ein ruhender Körper in Bewegung gesetzt wird, oder dass ein bewegter Körper entweder nicht gleichgeschwind fortläuft oder seine Richtung verändert, so können wir sicher schliessen, dass auf denselben eine Kraft wirke, und aus dem Vorgehenden wird man sowohl die Grösse als die Richtung dieser Kraft bestimmen können.

Ein jeglicher Körper immerfort in seinem Zustande verharret, so lang derselbe durch keine Kraft darin gestört wird, so folget hieraus ganz klar, dass wenn der Zustand eines Körpers verändert wird, diese Veränderung einer äusserlichen Kraft zugeschrieben werden müsse. Wollte man dem Körper selbst eine Kraft zueignen, vermöge welcher er seinen Zustand verändern könnte, so würde diese Kraft mit der Standhaftigkeit in offenbarem Widerspruche stehen, und die wesentliche Eigenschaft zernichten: indem es nicht mehr wahr sein würde, dass ein jeglicher Körper so lange in seinem Zustande verharret, als er von keiner äusserlichen Ursache darin gestört wird. Da nun diese Eigenschaft allen Körpern wesentlich zukommt, so ist gewiss, dass von einer vorkommenden Veränderung in dem Zustande eines Körpers, die Ursache einer äusserlichen Kraft, welche auf den Körper wirkt, müsse zugeschrieben werden. Aus der geschehenen Veränderung können wir auch sowohl die Grösse als die Richtung dieser Kraft anzeigen. Aus dem obigen kann dieses sehr leicht geschehen, denn wenn ein Körper, dessen Masse ist $= M$ jetzt eine Geschwindigkeit $= v$ hat, welche in der Zeit dt um dv vermehret wird, so wissen wir, dass dieser Körper inzwischen vorwärts getrieben worden von einer Kraft $= \frac{Mdv}{ndt}$: wäre aber seine Geschwindigkeit amade vermindert worden, so hätte eben diese Kraft rückwärts auf ihn gewirkt. Nehmen wir aber wahr, dass der Körper nicht in einer graden Linie fortgeht, sondern seinen Lauf krümmt, so vergleiche man denselben mit einem Zirkelbogen, und setze dessen halben Durchmesser gleich r , so ist bewiesen worden, dass dieser Körper seitwärts nach dem Mittelpunkte des beschriebenen Zirkelbogens getrieben werde, von einer Kraft, die $= \frac{Mv^2}{nr}$. Gehen sowohl in der Geschwindigkeit als in der Richtung Veränderungen vor, so findet man zwei Kräfte, welche aber leicht in eine einzige gebracht werden können.

Diese Schlüsse sind aber nur alsdann richtig, wenn entweder die wahre Bewegung eines Körpers selbst betrachtet wird, oder die scheinbare Bewegung sich auf einen solchen Zuschauer bezieht, welcher selbst gleichgeschwind nach einer graden Linie fortrückt.

Wenn wir den wahren Zustand eines Körpers betrachten, so ist kein Zweifel, dass diese Schlüsse nicht ihre Richtigkeit haben sollten. Da sich aber unsern Sinnen niemals der wahre Zustand der Körper vorstellt, weil wir uns selbst mit der Erde in Bewegung befinden, und unsere Bewegung mit den Körpern zuschreiben, woraus die scheinbare Bewegung erwächst, so ist unser Urtheil meistens nur auf den scheinbaren Zustand der Körper gerichtet. Allein auch unser Urtheil würde richtig sein, wenn unsere eigene Bewegung gleichförmig wäre und nach einer geraden Linie geschehe, nachdem gezeigt worden, dass auch in diesem Falle die scheinbare Bewegung durch diejenigen Kräfte zu ihrer Erhaltung fördere, welche zur wahren Bewegung nöthig sind. Wenn unsere eigene Bewegung nicht gleichförmig ist und nicht nach einer graden Linie geschieht,

so irren wir uns, wenn wir glauben, dass die Körper von ebendenselben Kräften getrieben auf welche wir nach den gegebenen Regeln aus der scheinbaren Bewegung schliessen. Wir können den Irrthum leicht verbessern, wenn wir zu diesen Kräften noch solche hinzusetzen, welche in den Körpern eben diejenigen Veränderungen zu wirken im Stande sind, so in dem Orte unseres Aufenthalts vorgehen und dieses nach ebendenselben Richtung. Denn da man die zur scheinbaren Bewegung erfordernten Kräfte findet, wenn man von den wirklichen Kräften diejenigen abzieht, eben diejenigen Veränderungen, denen der Ort des Zuschauers unterworfen ist, hervorbringt; so findet man aus jenen Kräften zurück die wirklichen, wenn man zu jenen diese wiederum hinzusetzt. Hier wird aber angenommen, dass der Zuschauer die Gegenden immer nach gleichlaufenden Linien schätzt; wenn also dieses nicht geschieht, so ist auch diese Vorstellung nicht hinlänglich. Wenn wir daher in der Einbildung, dass die himmlischen Körper innerhalb 24 Stunden um die Erde herumdrehen, die zu einer solchen erstaunlichen Bewegung erfordernten Kräfte denselben beilegen wollten, so würden wir uns über die Massen betheiligen; den Fehler nicht leicht verbessern können, weil derselbe daher entspringt, dass wir einerlei Gebirgen nicht durch gleichlaufende Linien, sondern solche schätzen, welche gegen unsere Erde eine Lage haben.

87) *Diejenigen Kräfte welche zu einer jeglichen vorgehenden Veränderung in dem Zustande eines Körpers erfordert werden, muss man in den nächst daran befindlichen und berührenden Körpern suchen, als aus deren Druck auf denselben diese Kräfte notwendig entstehen, und aus der Undurchdringlichkeit ihren Ursprung haben müssen.*

Wenn nichts von aussen auf den Körper wirkte, so würde auch keine Veränderung in demselben Zustande vorgehen: wenn also eine Veränderung darin vorgegangen, so muss eine ausserliche Kraft auf denselben gewirkt haben. Diese Kraft aber kann von nichts Anderem herrühren, als von den Körpern, welche denselben unmittelbar berühren; denn wenn dergleichen Körper nicht vorhanden wären, oder auf diesen keine Kraft ausübten, so wäre auch keine Ursache vorhanden, warum in dem Zustande desselben eine Veränderung vorgehen sollte. Die Kräfte bestehen demnach in einem Stoss oder Druck, wodurch die berührenden Körper auf den, von dessen verändertem Zustande die Frage ist, wirken. Solche Wirkung entsteht aber nur in sofern, als der Körper mit dem, davon die Frage ist, nicht in ihrem Zustande verharren können, ohne einander durchzudringen. Weil also in ihrem Zustande eine Veränderung notwendig vorgehen muss, reicht die Undurchdringlichkeit diejenigen Kräfte dar, welche vermögend sind diese Veränderung hervorzubringen: woraus erhellet, dass alle Kräfte welche zur Veränderung des Zustandes eines Körpers erfordert werden, aus der Undurchdringlichkeit ihren Ursprung haben, in solchen Veränderungen etwa nicht von einem Geiste gewirkt werden. Wenn man also befundet, dass ein Körper nach einer gewissen Gegend angetrieben worden, so muss die Kraft in einem von der gegengesetzten Seite des Körpers geschehenen Drucke, und dieser in den andern Körpern, die daselbst berühren, gesucht werden, weil der Druck immer winkelrecht auf den Ort der Berührung sein muss. Entweder leidet der Körper von den andern Seiten gar keinen Druck, oder er

stärker, dass er die übrigen alle um so viel übertriffe als zur geschehenen Veränderung nöthig ist. Also aus der Schwere eines Körpers schliessen wir mit Recht, dass derselbe von oben mit einer gleichen Kraft gedrückt werde, es kann aber sein, dass dieser Körper von andern Seiten auch gedrückt wird, wenn nur der Druck von oben herab das Uebergewicht behält.

§ 38. *Ein Körper wird von andern gestossen oder gedrückt, wenn er wegen seiner Undurchdringlichkeit ihnen im Wege ist, dass sie in ihrem Zustande nicht verharren können; und durch diesen Stoss oder Druck wird derselbe Körper selbst, in seinem Zustande verändert. Aus solchen Umständen entspringen alle Kräfte welche auf die Körper wirken.*

Sind hier zwei Hauptfälle zu bemerken; der eine ist, wenn der Körper anderen also im Wege ist, dass sie ihre Geschwindigkeit nicht behalten können, der Richtung aber nicht hinderlich und hier ereignet sich der eigentliche Stoss. Hernach kann es geschehen, dass der Körper die Geschwindigkeit der anderen keinen Abbruch thut, dieselben aber nöthigt ihre Richtung zu ändern, und in diesem Falle empfindet er diejenige Wirkung, welche eigentlich ein Druck genannt wird, obschon in der That der Stoss von einem Druck nicht unterschieden ist, wie weiter unten werden wird. Der erstere Fall ereignet sich, wenn der Körper, den wir in Bewegung gebracht, entweder vor sich einen andern Körper antrifft, welcher sich nach eben der Richtung langsam bewegt, oder wenn demselben von hinten ein anderer mit einer grössern Geschwindigkeit nach der Richtung nachfolgt; so lang nur diese beiden Körper auf einander wirken, so entsteht ein Stoss, durch welchen dieselben an dem Orte ihrer Berührung auf einander drücken, und solchermaßen ihren Zustand verändern. Wenn aber ein Körper eine ausgehöhlte Figur hat als *AB* (Fig. 39) und ein anderer Körper *C* dergestalt gegen den streift, dass er nach der Richtung *EC* diese Figur berührt, und nach derselben seinen Lauf fortzusetzen anfängt, so wird er bald genöthigt, seinen Lauf nach dieser Figur zu krümmen, ohne dabei seine Geschwindigkeit merklich zu verändern, und da er seinen Lauf nach keiner Krümmung lenken kann, er werde dann gegen den Mitteltheil derselben getrieben, so muss die Undurchdringlichkeit des Körpers *AB* die Stelle dieser Kraft vertreten, und deswegen wird auch der Körper *AB* hinwiederum von dem Körper *C* zurückgezwungen werden. Wenn wir nämlich setzen, dass die Masse des Körpers $C = M$, seine Geschwindigkeit $= v$, und der halbe Durchmesser der Krümmung $AB = r$, sei, so wird die Kraft, mit welcher der Körper *C* immer in dem Berührungspunkte auf den Körper *AB* drückt, gleich sein $\frac{Mv^2}{nr}$, wie oben gezeigt worden. Hier sehen wir aber den Körper *AB* als unbeweglich an; sollte derselbe dem Drucke nachgeben und seine Stellung gegen die Bewegung des Körpers *C* verändern, würde auch der Druck einer Aenderung unterworfen sein. Inzwischen ist dieses Exempel hinlänglich zu zeigen wie ein Körper ohne einen wirklichen Stoss auf einen andern wirken und eine Kraft ausüben könne, und aus diesen beiden Fällen wird man leicht begreifen was es für eine Einsicht haben müsse, wenn zwei Körper schief auf einander stossen, welcher Fall hier noch gründlich ausgeführt werden kann.

89) *Wenn ein Körper von andern Körpern verhindert wird, dass er den Kräften, welche ihn wirken, nicht Folge leisten kann, so drückt er weiter auf diese Körper mit gleicher Kraft, und es ist ebenso viel als wenn diese Körper unmittelbar von denselben gedrückt werden würden.*

Dieses folget ebensowohl aus der Undurchdringlichkeit, als wenn zwei Körper die in ihrem Zustande verbleiben können ohne einander durchzudringen, auf einander wirken, denn wenn ein Körper von einer Kraft gedrückt wird, ihm aber ein anderer Körper im Wege steht, dass die Wirkung dieser Kraft nicht erfolgen kann, welche doch erfolgen würde, wenn dieser andere Körper entweder gar nicht da wäre, oder sich frei durchdringen liesse, so wird dieser Körper von jenem mit gleicher Kraft weiter gedrückt, und es ist klar, dass diese zweite fortgesetzte Kraft ebenfalls aus der Undurchdringlichkeit entstehe. Wenn diesem zweiten Körper ferner ein dritter im Wege steht, dass die auf ihn drückende Kraft ihre Wirkung nicht ausüben kann, so empfindet dieser dritte Körper ebendenselben Druck, welcher solchergestalt weiter auf einen vierten, und so fort, kann fortgesetzt werden. Also wenn ein Körper so auf einem Tische liegt, gedrückt wird, so hindert der Tisch, dass der Körper dieser Kraft zufolge nicht herabfällt, der Tisch erhält also eben diesen Druck, und ist eben so viel als wenn er unmittelbar von derselben Kraft angetrieben würde. Der Tisch steht ferner auf dem Boden, welcher die Wirkung der Kraft auf dem Tische aufhält, und also eben den Druck dieser Kraft empfindet. Endlich ruhet der Boden auf der Erde, auf welche also eben diese Kraft ihren Druck ausübt: woraus erhellet, wie ein Druck auf eine sehr grosse Entfernung durch viele Körper fortgepflanzt werden könne. Der ganze Druck erstreckt sich aber nur so weit, wenn derselbe in keinem von den mittleren Körpern seine Wirkung ausüben können, denn wenn einer von den mittleren Körpern keine Hindernisse vor sich gefunden hätte, seinen Zustand der auf ihn wirkenden Kraft gemäss zu verändern, so würde er auch keine Kraft auf die folgenden Körper geäussert haben. Hätte aber die Kraft nur zum Theil ihre Wirkung auf einen Körper ausgeübt, so wäre auch nur ein Theil der Kraft, nämlich derjenige, welcher keine Wirkung hervorgebracht, weiter auf die folgenden Körper fortgepflanzt worden. Eine Kraft wird also nur in sofern weiter fortgesetzt, als dieselbe nicht ihre ganze Wirkung, wie schon oben bestimmt worden, hat ausüben können.

90) *Wenn demnach ein Körper von einer Kraft gedrückt wird, so muss die Ursache derselben in den unmittelbar anrührenden Körpern gesucht werden, welche allezeit darin bestehn, dass diese Körper entweder nicht wirklich in ihrem Zustande verharren, oder den auf sie wirkenden Kräften keine völlige Folge leisten können, ohne jenen Körper durchzudringen.*

Dass zwei Körper auf einander drücken müssen, wenn sie ohne einander durchzudringen in ihrem Zustande verharren können, ist schon zur Genüge gezeigt worden. Es kann aber ein Körper auch von andern, die ihn berühren, gedrückt werden, wenn diese gleich in Ruhe verharren, oder ihre Bewegung unverrückt fortsetzen: solches geschieht nämlich wenn diese von einem Körper gedrückt werden, die Veränderung aber, welche diesem Drucke gemäss in ihrem Zustande gehen sollte, wegen der Undurchdringlichkeit des ersten Körpers nicht völlig erfolgen kann.

Theil den Druck, welcher nicht zur Wirkung hat gelangen können, ausstehen muss. Die Art können auch jene dritten Körper von anderen vierten und diese weiter von anderen Theilen erhalten haben, so, dass ein Druck welcher an einem Orte aus der ersten Ursache auf andere weit entlegene Körper kann übertragen werden. Eine Kraft aber so auf Körpern wirket, erhält alsdann ihre völlige Wirkung wenn sie in seinem Zustande diejenige Veränderung welche nach den obigen Regeln erfolgen sollte, wirklich hervorbringt, und wenn geschähen kann, ohne einen andern Körper durchzudringen, so wird auch die Kraft auf andern Körper fortgepflanzt. Wo aber eine Kraft in dem Körper, auf welchen sie unmittelbar wirket, ihre Wirkung entweder gar nicht, oder doch nicht völlig ausüben kann, so dass dasselbe erfolgen sollte, ein anderer Körper durchgedrungen werden müsste, so empfindet in dem andern Falle dieser Körper den ganzen Druck derselben Kraft, im andern Falle aber nur einen Theil desselben. Dieser Theil aber ist eben derjenige, welcher seine Wirkung nicht hat erreichen können. Weil nämlich in dem Zustande des Körpers eine kleinere Veränderung vorgeht, als vermöge der wirkenden Kraft erfolgen sollte, so kann man sich eine Kraft vorstellen, welche diese kleinere Veränderung gewirkt hätte: und der Ueberschuss der wirklichen Kraft über diese, giebt diejenige Kraft, welche weiter auf die Körper so der völligen Wirkung im Wege gestanden, fortgepflanzt wird. Hieraus begreift man, wie alle Körper in der Welt einem immerwährenden Drucke von allen Seiten ausgesetzt sein können, woraus dann beständig Veränderungen in ihrem Zustande erfolgen müssen, welche demnach keiner andern Ursache als den Kräften der Undurchdringlichkeit zugeschrieben werden können.

XII. Capitel.

Von dem Unterschied der Körper in Vergleichung ihrer Ausdehnung mit der Standhaftigkeit.

In einem jeglichen Körper giebt es zwei Eigenschaften, welche eine Grösse haben und also einer Ausmessung fähig sind, nämlich die Ausdehnung und die Standhaftigkeit, aus welcher letzteren die Menge der Materie, welche man einem Körper zueignet, geschätzt wird.

Demnach der ersten allgemeinen Eigenschaft ein jeglicher Körper ausgedehnt ist, die Ausdehnung aber in das Geschlecht der Grössen gehört, so lässt sich ein jeder Körper in Ansehung seiner Ausdehnung ausmessen oder bestimmen um wie viel die Ausdehnung eines Körpers grösser oder kleiner ist als die Ausdehnung eines andern Körpers, und hieraus wird eigentlich die Grösse eines Körpers beurtheilt. In der Geometrie wird aber gelehrt, wie man die Grösse eines Körpers nach einem gewissen Maasse als cubischen Ruthen, Schublen und Zollen ausmessen soll: und also wenn man die Grösse, welche sich in den Körpern befinden die Rede ist, so kommt zu allererst ihre wirkliche Grösse oder Ausdehnung zu betrachten vor. Hernach haben wir gesehen, dass sich die