

## Dritter Abschnitt.

## Von der Bewegung überhaupt.

## §. 40.

Ein jeder Körper, welcher ist, muß irgendwo seyn: dieses Wo? gleichsam der Theil des Raumes, den der Körper einnimmt, heißt sein absoluter Ort (*locus absolutus*), Beybehaltung dieses seines absoluten Ortes absolute Ruhe (*quies absoluta*) und die Veränderung desselben absolute Bewegung (*motus absolutus*).

## §. 41.

Wenn alle Körper, die wir übersehen können, sich zugleich in einerley absoluten Bewegung befänden, so würden wir nicht wahrnehmen, daß überhaupt eine Bewegung Statt finde. Wir bestimmen nämlich den Ort eines Körpers nur durch andre Körper um ihm herum; wir kennen nur seine Lage oder seinen relativen Ort (*situs, motus relatiuus*): auch erkennen wir nur bey einem Körper seine relative Ruhe (*quies relatiua*), oder seine relative Bewegung (*motus relatiuus*) das heißt Beybehaltung oder Veränderung seiner Lage gegen andere Körper.

## §. 42.

Deswegen ist überhaupt unser Urtheil über vorhandene Ruhe oder vorgegangene Bewegung einer  
einer

einer leicht in die Augen fallenden Ungewißheit unterworfen. Wenn sich die Lage der Körper geändert, so schließen wir zwar jedesmahl mit Sicherheit, daß eine Bewegung vor sich gegangen seyn müsse: aber welchen Körper wirkliche, und welchen nur scheinbare Bewegung betroffen habe, das erhellet nicht immer so gerade zu. Hieher gehört auch die Eintheilung der Bewegung in eigene (motus proprius) und gemeinschaftliche (communis).

## §. 43.

Wann sich ein Körper bewegt, so muß er nach und nach an verschiedenen gleichsam an einander gränzenden Orten seyn; er muß eine Linie dabey beschreiben; denn wann bey dem einfachesten Falle alle Punkte an dem Körper sich durchaus auf einerley Weise bewegen, so braucht man nur die Bewegung eines einzigen dieser Punkte zu betrachten, und dann ist es also erlaubt, sich den Körper nur als einen Punkt vorzustellen. Diese Linie, welche der Körper solchergestalt durchläuft, heißt sein Weg, auch wohl der Raum seiner Bewegung. Ist dieser Weg eine gerade Linie, so nennt man ihn auch die Richtung (directio), und ein Körper, der sich nach einer krummen Linie bewegt, kann angesehen werden, als ob er seine Richtung alle Augenblicke veränderte.

## §. 44.

Ein Körper der sich bewegt, muß in einem Augenblicke auf diesem Punkte seines Weges,  
in

in einem andern Augenblicke auf einem andern Punkte seyn. An zweenen Orten kann er unmöglich zugleich seyn, folglich muß zu jeder Bewegung eine gewisse Zeit gehören. Die Vergleichung der Zeit und des Raumes giebt den Begriff von Geschwindigkeit (*celeritas*) des Körpers.

## §. 45.

Durchläuft ein Körper immer in gleichen Zeiten gleiche Räume, so ist seine Geschwindigkeit immer gleich, und die Bewegung heißt gleichförmig (*motus aequabilis, vniformis*). Durchläuft er immer in der folgenden Zeit einen größern Raum als in der vorhergehenden eben so großen Zeit, so wächst seine Geschwindigkeit, oder seine Bewegung wird beschleunigt (*motus acceleratus*); durchläuft er aber in auf einander folgenden gleich großen Zeiten immer einen kleinern Raum, so nimmt seine Geschwindigkeit ab und seine Bewegung wird vermindert (*motus retardatus*). Beide letztere Arten von Bewegung heißen auch zusammen genommen veränderte Bewegungen (*motus variati*), und auch bey ihnen kann die Veränderung in der Bewegung gleichförmig oder ungleichförmig seyn.

## §. 46.

Bewegen sich zween Körper A und B, gleichförmig und gleich lange Zeit, A durchläuft aber einen dreymahl größern Raum als B, so wird man die Bewegung von A dreymahl geschwinder nennen

nennen als die Bewegung von B: überhaupt werden sich bey einem Paar Körper die Geschwindigkeiten wie die Räume verhalten, die in gleichen Zeiten zurückgelegt werden.

## §. 47.

Sollten diese beiden Körper A und B einen gleich großen Raum zurücklegen, so würde B drey-mahl mehr Zeit dazu gebrauchen als A, und A würde dann wieder drey-mahl geschwinder heißen, als B. So verhalten sich also die Geschwindigkeiten verkehrt wie die Zeiten, in denen einerley Räume zurückgelegt werden.

## §. 48.

Der Körper D lege in der Zeit T den Raum S; und der Körper E in der Zeit t den Raum s zurück; man frägt wie sich ihre Geschwindigkeiten  $C : c$ , gegen einander verhalten. Man setze zu dem Ende einen dritten Körper F, der sich mit der Geschwindigkeit  $\gamma$  in der Zeit t durch den Raum S bewegt; so wird sich F und D durch einerley Raum bewegen; folglich ist (§. 47)

$$C : \gamma = t : T$$

Weil aber bey F und E die Zeiten gleich sind, so wird auch (§. 46)

$$\gamma : c = S : s$$

und daher (Kästn. Arithm. V Cap. §. 50)

$$C : c = St : sT$$

und

und die beiden letztern Glieder dieser Proportion durch  $Tt$  dividirt

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

das heißt: die Geschwindigkeiten zweener Körper verhalten sich überhaupt wie die Räume ihrer Bewegungen durch die Zeiten dividirt.

§. 49.

Hieraus fließen auch folgende beide Proportionen:

$$S:s = CT:ct: \text{ und}$$

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

oder die Räume verhalten sich wie die Producte der Geschwindigkeiten und der Zeiten; und die Zeiten verhalten sich wie die Räume durch die Geschwindigkeiten dividirt.

Wie man die Ausdrücke:  $C = \frac{S}{T}$ ;  $S = CT$  und

$T = \frac{S}{C}$ ; oder die Geschwindigkeit sey dem Raume durch die Zeit dividirt; der Raum der Geschwindigkeit durch die Zeit multiplicirt, und die Zeit dem Raume durch die Geschwindigkeit dividirt, gleich zu verstehen habe, sehe man in Herrn Hofr. Kästners höherer Mechanik S. 6; nach welcher auch das Vorhergehende (§§. 46-49) vorgetragen worden.

§. 50.

## §. 50.

Wenn ein Paar Körper einander an Masse gleich sind, und sich beide mit gleicher Geschwindigkeit bewegen, so muß man ohne Zweifel beider Bewegungen gleich groß nennen. Bewegte sich der eine dieser beiden Körper mit einer noch einmahl so großen Geschwindigkeit als der andere, so wird man dem erstern ohne Bedenken eine noch einmahl so große Bewegung belegen als dem letztern, u. s. w. Die Größen der Bewegungen verhalten sich also bey gleichen Massen wie die Geschwindigkeiten.

## §. 51.

Wenn eine doppelt so große Masse eben die Geschwindigkeit haben soll, mit welcher sich die einfache Masse bewegt, so müssen unstreitig noch einmahl so viel Theile bewegt werden als vorher, und die Bewegung muß also hier wohl gleichfalls noch einmahl so groß genannt werden. Bey gleichen Geschwindigkeiten verhalten sich folglich die Größen der Bewegungen wie die Massen.

## §. 52.

Bey ungleichen Massen und Geschwindigkeiten, ist daher die Verhältniß der Größen der Bewegung, aus der Verhältniß der Massen und der Geschwindigkeit zusammengesetzt, und nach den Regeln der Rechenkunst (wie §. 45) verhalten sich folglich überhaupt die Größen der Bewe-

Bewegungen wie die Producte der Massen in die Geschwindigkeiten. Nach dieser Regel wird man also leicht die Größe der Bewegung bey einem jeden Körper schätzen und mit andern vergleichen können, wenn man nur die Massen und die Geschwindigkeiten der Körper kennt: ja selbst die Kräfte welche die Bewegungen hervorbringen oder vernichten, kann man darnach vergleichen, weil sie ihren Wirkungen ohne Zweifel proportionirt seyn müssen.

§. 53.

Und wo eine Bewegung entstehen oder wieder aufhören soll, da muß freylich eine Ursache dazu, eine Kraft, vorhanden, und derjenigen Wirkung angemessen seyn, die dadurch hervorgebracht werden soll. Denn überhaupt bleibt ja ein jeder Körper so lange in dem Zustande, in welchem er sich einmahl befindet, bis etwas diesen Zustand abändert. Ein Körper, der sich einmahl bewegt, bewegt sich immerfort mit einerley Geschwindigkeit und nach einerley Richtung fort; ein Körper, der einmahl ruhet, ruhet immerfort, bis etwas anderes jenen zur Ruhe, diesen zur Bewegung bringt. Dieß muß ein ewig wahres Gesetz der Bewegung seyn, welchem auch die Erfahrung nicht widerspricht, daß sie vielmehr auf das vollkommenste mit ihm übereinstimmt.

§. 54.

Eine jede Kraft wird zu der Bewegung, die sie hervorbringt, angewandt; das heißt außer dieser

dieser Bewegung kann sie nicht zugleich eine andere hervorbringen. Weil also solchergestalt ein jeder Körper in demjenigen, was ihn in Bewegung setzen will, eine Veränderung verursacht, die nämlich, daß er ihm gleichsam Kraft entziehet, so kann man unstreitig sagen, ein ruhender Körper wirke auf das, was ihn in Bewegung setzen will, zurück, und diese Wirkung nennt man die Gegenwirkung (reactio) des Körpers. Wer daran zweifeln kann, daß diese Gegenwirkung allemahl der Wirkung, wodurch sie veranlaßt wurde, gleich ist, der muß sich nothwendig einen höchst unrichtigen Begriff von ihr machen.

## §. 55.

Eben so wirkt auch ein Körper, der in Bewegung ist, auf dasjenige zurück, was ihn in Ruhe setzen will; und es hat also das Ansehen, als ob in dem Körper etwas steckte, das ihn beständig in seinem gegenwärtigen Zustande zu erhalten sucht; als ob sich der Körper vermöge dieses Etwas der Ruhe widersetzte, zu der Zeit, da er in Bewegung ist; und der Bewegung, wann er in Ruhe ist. Man hat dieß als eine dem Körper eigenthümliche Kraft angesehen, und Trägheit, auch wohl selbst Kraft der Trägheit (inertia, vis inertiae, Newtons materiae vis insita. L.) genannt. Aber braucht denn ein Ding eigene Kraft, um das zu bleiben, was es einmahl ist? läßt sich wohl eine Kraft geden-

D

fen,

ten, die niemals von sich selbst wirkt, sondern nur widersteht? die gar keine Größe für sich hat, sondern nur groß oder klein ist, nachdem das ist, dem sie sich widersetzt?

## §. 56.

Eigentlich heißt der Satz: ein jeder Körper besitzt Trägheit; nichts anders, als: wenn er ruhet und sich bewegen soll, so muß etwas seyn das ihn in Bewegung setzt; und wenn er sich bewegt und zur Ruhe gelangen soll, so muß die Ruhe durch etwas hervorgebracht werden. Und der Satz: die Trägheiten der Körper verhalten sich wie ihre Massen; heißt so viel als: es wird eine doppelte, dreifache, vierfache Kraft u. s. w. erfordert, einem Körper von doppelter, dreifacher, vierfacher Masse u. s. w. eine gewisse Geschwindigkeit zu geben, als einem Körper von einfacher Masse eben die Geschwindigkeit beizubringen nöthig ist. So ist also die Trägheit in der That nichts anders, als der Satz des zureichenden Grundes auf die Veränderungen des Zustandes der Körper angewandt: Wenn Körper zur Bewegung und zur Ruhe fähig seyn sollen, so müssen sie träge seyn.

CHRIST. AVG. HAVSEN programmata II de reactione. Lips.  
1740. 1741. 4.

Some remarks on the laws of motion and the inertia of matter, by JOHN STEWART; in den *Edinburger Essays*, Vol. 1. p. 70.

APR. GOTTH. KAESTNER de inertia corporum; in seinen *diss. mathemat. et phys.* n. X. pag. 75.

## §. 57.

## §. 57.

Hieraus erhellet auch, daß man die Trägheit nicht für einerley mit der Undurchdringlichkeit halten müsse, wie Euler zu thun scheint (a): ohne Undurchdringlichkeit würde ein Körper zwar freylich keine Trägheit haben können, aber er könnte doch ohne Trägheit undurchdringlich seyn. Noch weniger darf man die Trägheit nach dem P. Gordon (b) mit der Schwere für einerley halten, so wie auch Kragensteins (c) Erklärung derselben darauf hinauszulaufen scheint.

(Dr. Franklin (d) hält die Trägheit für ein Un Ding, und glaubt, alles würde bey den Körpern gerade so erfolgen müssen, wie jetzt, wenn man gleich kein solches (scheinbares) Bestreben in ihrem Zustande zu beharren, keine Trägheit, bey denselben annähme. Hier ist offenbar, daß dieser große Physiker von der Trägheit mehr erwartet, als aus dem wahren Begriff derselben fließt, und also eigentlich nur, wie es mehr Physikern ergangen ist, blos den unrichtigen Begriff bestreitet, den er sich von der Sache gemacht hat. Auch hat der große Mann, in einer neuern Schrift (maritime observations in den Philol. Transact. of the American Society Vol. II. p. 308.) bey der Erklärung eines mechanischen Phänomens wiederum von der Trägheit Gebrauch gemacht. Die vom Hrn. Prof. E. gewählte

D 2

Kästner-

Rästnersche Darstellung der Sache hebt alle Schwierigkeiten völlig. L.)

- (a) Mem. de l'acad. roy. des sc. de Prusse. 1750. pag 428.  
 (b) Physicae experim. elem. T. I. p. 42.  
 (c) CHRIST. GOTTH. KRATZENSTEIN *amolito vis inertiae et vis repulsivae*, resp. ERID. GOTTL. SPORON. Hann. 1770. 8.  
 (d) On the *vis inertiae* of matter. In a letter to Mr. Baxter, written by BENJAMIN FRANKLIN; in dessen political, miscellaneous and philosophical pieces etc. London 1779. 4. p. 479.

Siehe ferner Rästners Anfangsgründe der höhern Mechanik, zweite, sehr verbesserte und vermehrte Auflage. Göttingen 1793. 8. I. Abschnitt. §. 21. III. Abschn. §. 125 und §. 129. L.)

§. 58.

Wenn indessen die Trägheit den Körpern manchmahl selbst eine gewisse Bewegung gäbe, wie einige Naturforscher behaupten und es mit Versuchen beweisen wollen, so müßte doch aber wohl der beygebrachte Begriff davon (§. 56) falsch seyn. So mannichfaltig diese Versuche scheinen könnten, so sehr sind sie doch im Grunde einerley; und daß sie das keinesweges beweisen, was sie beweisen sollen, das wird in den Vorlesungen selbst umständlicher gezeigt werden.

§. 59.

Wenn ein Körper von zween einander gerade entgegengesetzten und gleichen Kräften getrieben wird, so muß er ruhen; denn beide Kräfte wirken einander gleich stark entgegen und heben sich völlig auf, oder sie stehen im Gleichgewichte. Ist die eine von diesen beiden einander entgegengesetz.

gefesten Kräften größer als die andere, so geht von der größern soviel verlohren, als die kleinere beträgt, und es wirkt nun nur so viel Kraft auf den Körper, als übrig bleibt, wenn die geringere Kraft von der größern abgezogen wird; und dieser Ueberrest von Kraft bewegt den Körper nach der Richtung, welche die größere anfänglich hatte.

## §. 60.

Wenn aber beide Kräfte nicht einander gerade entgegengesetzt sind, sondern wenn ihre Richtungen einen Winkel einschließen, so finden wir den Weg durch welchen der Körper wirklich von beiden Kräften zugleich getrieben wird, auf folgende Weise. Die Linien AB und AC, i Fig., sollen diese beiden Kräfte vorstellen, das heißt, die eine Kraft wirke nach der Richtung AB, die andere nach der Richtung AC auf den Körper, der sich in A befindet; und die Geschwindigkeit, welche die erstere dieser beiden Kräfte allein dem Körper geben würde, verhalte sich zu der Geschwindigkeit, welche die zweyte Kraft allein hervorbringt, wie sich die Linie AB zur Linie AC verhält. Die Kraft AB würde den Körper in dem ersten Augenblicke von A nach b, die Kraft AC aber in eben dem Zeitraume nach c treiben, wenn jede Kraft allein wirkte. Man nehme daher an, die Kraft AC wirke erst, wenn der Körper aus A wirklich nach b gelangt ist, und wenn  $cd = Ab$ ,  $bd$  aber  $= Ac$  ist, so wird sich dann der

Körper in  $d$  befinden.  $A b d c$  wäre dann ein Parallelogramm, und  $Ad$  eine Diagonale dieses Parallelogramms, müßte wohl der Weg seyn, auf welchem sich der Körper wirklich fortbewegte, wenn beide Kräfte zugleich auf ihn wirkten. Wenn man immer auf gleiche Weise fortschließt, so findet man für den ganzen Weg des Körpers die Linie  $Ad$ , oder die Diagonale des Parallelogramms, von welchem zwei Seiten  $AB$  und  $AC$ , und der Winkel, den diese beiden Seiten einschließen,  $BAC$ , gegeben sind. Die beiden Kräfte  $AB$  und  $AC$  nennt man hier die äußern Kräfte,  $AD$  aber sieht man als eine einzige aus vorigen beiden entstandene mittlere Kraft an, und nennt die Bewegung zusammengesetzt (*motus compositus*).

Bestätigung durch Versuche.

§. 61.

Wenn der Winkel  $BAC$  ein spitziger Winkel ist so wird die Diagonale um so viel größer, niemals aber so groß als die zwei Seiten des Parallelogramms zusammengenommen, welche die äußern Kräfte vorstellen: ist der Winkel hingegen stumpf, so wird  $AD$  immer kürzer. Ist also der Winkel, den die beiden äußern Kräfte einschließen, spitzig, so wird der Körper dadurch weiter getrieben; ist der Winkel stumpf, so ist auch der Weg des Körpers kürzer.

§. 62.

## §. 62.

Wenn ein Körper von dreyen Kräften nach verschiedenen Richtungen getrieben wird, z. E. ein Körper in A, 2 Fig. von den Kräften AB, AC und AD, so würden die Kräfte AB und AC allein ihn nach E treiben, und es ist also die Wirkung die nähmliche, als wenn ihn Eine Kraft allein, AE, nach E zu triebe: nun sucht man wieder, wie die Kräfte AE und AD den Körper bewegen werden, und so findet man AF für den Weg, worauf der Körper von allen dreyen Kräften zugleich getrieben wird. Auf eben die Weise bestimmt man die Richtung und die Geschwindigkeit der Bewegung, wenn noch mehrere Kräfte auf den Körper wirken.

## §. 63.

Ein Körper, der einmahl in Bewegung gesetzt worden ist, bewegt sich nach einer ihm einmahl gegebenen Richtung beständig fort (§. 53). Sehen wir also, daß ein Körper bey seiner Bewegung eine krumme Linie beschreibt, oder seine Richtung alle Augenblicke ändert (§. 43.), so muß dieses von einer in jedem Augenblick aufs Neue auf ihn wirkenden Kraft herrühren. Folglich werden zu einer jeden krummlinichten Bewegung wenigstens zwey zugleich auf den Körper wirkende Kräfte erfordert; und eine jede krummlinichte Bewegung ist also eine zusammengesetzte Bewegung.

## §. 64.

Ein Körper befinde sich in A, 3 Fig. und werde von einer Kraft nach B, von einer andern nach C getrieben, so wird er den Weg AD durchlaufen (§. 60). Wenn er nach D gelangt ist, so würde er, wenn die Kraft nachließ, die ihn nach C treibt, in eben der Zeit den Raum DE durchlaufen, in welcher er sich durch den Raum AD bewegte; aber wenn zu gleicher Zeit auch die Kraft DC auf ihn wirkt, so wird er in eben der Zeit von D nach F gelangen in welcher er vorher AD durchlief. Wenn die Räume AD, DF unendlich klein sind, so wird ADF eine krumme Linie seyn, welche der Körper durchläuft. Zwei Kräfte setzen ihn in diese Bewegung (§. 63.), wovon ihn die eine, die Centripetalkraft (*vis centripeta*), immer nach einerley Punkte C, dem Mittelpunkte der Kräfte (*centrum virium*) hintreibt, die andere aber, die Centrifugalkraft oder die Schwingkraft (*vis centrifuga*) ihn beständig davon abtreibt. Beide Kräfte zusammengenommen heißen die Centralkräfte (*vires centrales*).

## §. 65.

Die Dreyecke ADC und DEC sich einander gleich (Kästm. Geom. 14 Satz 2 Zusatz); eben so auch die Dreyecke DEC und FDC: folglich sind auch die Dreye ADC und FDC einander gleich. Wenn also ein Körper durch die Kräfte AB und  
AC

AC; und DE und DC getrieben, die Räume AD und DF in gleichen Zeiten durchläuft, so müssen auch die Flächen ADC und FDC einander gleich seyn. Und dieß auf die Bewegung durch eine krumme Linie angewandt: Wenn ein Körper, 4 Fig. die Stücke AB, BD und ED durch Centralkräfte getrieben in gleichen Zeiten durchlaufen soll, so müssen die Dreyecke ABC, BDC, DEC gleich seyn. Liegt aber D weiter von C als B davon liegt, und E wieder weiter als D, so muß der Raum BD kleiner seyn, als AB, und DE wieder kleiner als BD; das heißt, der Körper muß alsdann in gleichen Zeiten immer kleinere Räume durchlaufen und sich folglich immer langsamer bewegen, je weiter er sich von C, dem Mittelpuncte der Kräfte entfernt.

## §. 66.

Wenn aber der Körper durch den Umfang eines Kreises durch Centralkräfte bewegt würde, 5 Fig., und die Centripetalkraft ihn nach dem Mittelpuncte dieses Kreises zuzöge, so würde er sich auf eben die Weise beständig mit gleicher Geschwindigkeit bewegen, weil die Flächen ABC, BDC, DEC, gleich gesetzt, auch die Bogen AB, BD, DE gleich seyn müssen, die der Körper in gleichen Zeiten zurücklegt.