

Vierter Abschnitt.

Statik und Mechanik.

Ueber die Schwere überhaupt.

§. 67.

Ein jeder Körper, den ich in der Hand halte, drückt mehr oder weniger meine Hand nach dem Boden zu. Höre ich auf ihn zu halten, so bewegt er sich nach unten zu oder er fällt, wenn ihn sonst nichts hindert als seine Richtung abändert, in einer geraden Linie, ohne daß er durch eine in die Augen fallende Ursache in diese Bewegung gesetzt würde; einen Faden, an dem er hängt dehnt er in eine gerade Linie aus; reißt der Faden so fällt der Körper nach der verlängerten Richtung desselben. Mehrere Körper an mehreren Fäden dehnen diese Fäden allemahl so aus, daß sie parallel unter einander sind; mehrere Körper fallen in parallelen Linien. Dieß alles heißt: die Körper sind schwer.

§. 68.

Die Richtung nach welcher ein schwerer Körper fällt, heißt eine lothrechte, bleyrechte oder verticale Linie (*linea verticalis*); eine Ebene, worauf sie senkrecht steht, eine Horizontalebene
(pla-

(planum horizontale), eine jede Linie darin eine Horizontallinie (linea horizontalis). Die Ebene der Erde, oder die Fläche eines stillstehenden Wassers ist der Erfahrung zufolge eine solche Horizontalebene.

§. 69.

Die Schwere der Körper (gravitas) scheint also in einem Bestreben derselben zu bestehen, sich senkrecht gegen die Ebene der Erde zu bewegen. Wenn die Erde etwan eine Kugel seyn sollte, so würde die Schwere die Körper nach dem Mittelpuncte derselben zutreiben; also keine Gefahr vorhanden seyn, daß etwas von der kugelförmigen Erde herabfiel. Aber groß müßte diese Kugel alsdann freylich wohl seyn, weil uns sonst mehrere lothrechte Linien nicht unter einander parallel erscheinen könnten.

§. 70.

Wie uns die Erfahrung lehrt, drücken nicht alle Körper gleich stark auf unsre Hand, wenn wir auch davon gleich große Stücken halten. Die Größe des Bestrebens zu fallen, das ein Körper äußert, heißt sein Gewicht (pondus), folglich haben nicht alle Körper, wenn sie auch gleich groß sind, gleiche Gewichte, oder sie sind nicht gleich schwer.

(Nöthige Erinnerungen bey diesem Ausdruck des gemeinen Lebens. 2.)

§. 71.

§. 71.

Weil alle Materie, die wir kennen, schwer ist *), so sind wir berechtigt, anzunehmen, die Körper, welche mehr Gewicht haben oder schwerer sind, haben mehr Materie oder seyen dichtere Körper (§. 21); die, welche weniger Gewicht haben oder leichter sind, haben weniger Materie, oder seyen lockerere Körper (§. 21.). Dichtere Körper nennen wir darum auch Körper von schwererer Art, schwerartigere Körper (*corpora specificè graviora*): lockerere, Körper von leichter Art, leichtartigere Körper (*specificè leuiora*).

*) Eigentlich wissen wir blos, daß alle Materie trägt, ist, oder Materie ohne Trägheit ist uns nicht denkbar. Hingegen läßt sich Materie ohne Schwere gedenken, und ob nun gar diejenige, die wir kennen, durchaus gleich schwer sey, wie der Verfasser zwar nicht sagt, aber offenbar annimmt, ist weder streng erweislich noch selbst wahr- scheinlich. L.)

§. 72.

Unstreitig muß man gleich große Stücke von den Körpern unter einander vergleichen, wenn man ausmachen will, welcher schwerer und welcher leichter Art ist. So bekömmt man einen Begriff von dem eigenthümlichen Gewichte der Körper (*pondus specificum*), oder wie man es auch wohl, obgleich nicht so schicklich, nennt, von der eigenthümlichen Schwere der selben (*gravitas specificæ*). Die Größe des Druckes, den ein Körper wegen seiner Schwere äußert, an
und

und für sich selbst betrachtet, heißt hingegen sein absolutes Gewicht (pondus absolutum).

§. 73.

Dies absolute Gewicht eines Körpers hängt von der Menge seiner Masse oder Materie ab, und kann also nicht vermehrt oder vermindert werden, ohne daß neue Masse zu ihm hinzugesetzt, oder von ihm weggenommen wird. Aber das eigenthümliche Gewicht kann vergrößert werden, wenn die nämliche Masse in einen kleinern Raum gebracht wird; es kann umgekehrt auch vermindert werden, wenn die Masse in einen größern Raum ausgedehnt wird.

Hieraus wird auch begreiflich, wie ein Körper im Ganzen ein geringeres eigenthümliches Gewicht haben könne, als einzelne Theile von ihm haben.

Vom Hebel und dem Räderwerk.

§. 74.

AB 6 Fig. sey eine gerade für sich nicht schwere unbiegsame Linie, die in dem Puncte C horizontal aufliegt. In A und B hangen Gewichte an Fäden, oder welches einerley ist, an A und B wirken senkrecht auf AB zwei Kräfte nach den Richtungen AD und BE; keines dieser Gewichte kann sinken, ohne die Linie um den Punct C zu drehen und das andere Gewicht zu heben. Diese Linie AB heißt ein geradlinichtes mathematischer Hebel (vectis), C der Ruhepunct oder der Bewegungspunct (centrum motus),

motus), das worauf C liegt die Unterlage (hypomochlium). Aber in andern Fällen wird C zu einer Ueberlage; oder es ist eigentlich ein Zapfen, um welchen sich der Hebel dreht.

§. 75.

Liegt die Unterlage zwischen den beiden am Hebel angebrachten Kräften oder Gewichten, wie in der 6 Fig. so heißt der Hebel ein Doppelarmichter oder zweiseitiger Hebel oder ein Hebel der ersten Art (vectis heterodromus); liegt die Unterlage aber außerhalb denselben, wie in der 7 Fig. so ist der Hebel von der andern Art oder ein einarmichter, einseitiger Hebel (vectis homodromus). Bey diesem ist in A eine Kraft angebracht die diesen Punct aufwärts nach der Richtung AD treibt.

§. 76.

Wenn an dem doppelarmichten Hebel die beiden Gewichte oder auf ihn wirkenden Kräfte gleich groß und gleich weit vom Ruhepunkte entfernt sind, so kann keines von beiden fallen oder steigen. Denn eben die Ursachen, wegen welchen das eine Gewicht sinken sollte, gelten auch völlig von dem andern; beyde können aber nicht zugleich sinken, folglich sinkt gar keines; beyde Kräfte heben sich einander auf, und es entsteht, wie oben (§. 59), ein Gleichgewicht (aequilibrium, aequipondium).

§. 77.

§. 77.

Wäre das eine Gewicht größer als das andere, z. E. in A, 6 Fig. zwey Pfund und in B drey Pfund angebracht; so würden zwey von den Pfunden in B den beiden in A das Gleichgewicht halten, aber dem dritten Pfunde in B würde nichts weiter im Sinken widerstehen; B würde also sinken und A steigen. Unter diesen Umständen kann also der doppelarmichte Hebel nicht im Gleichgewichte bleiben.

§. 78.

Die Unterlage in C hat, wenn der doppelarmichte Hebel wie im 76. §. im Gleichgewichte ist, das Gewicht D und E, oder D zweymahl zu tragen. Wenn also anstatt der Unterlage nur eine Kraft nach der Richtung CF zöge, die der Kraft D oder E zweymahl genommen gleich wäre, so würde der Hebel hinlänglich unterstützt seyn und alles ruhen.

§. 79.

Nun nehme man an diesem Hebel das Gewicht D weg und befestige dagegen den Punct A so, daß er weder aufwärts noch unterwärts weichen kann; so wird dieser doppelarmichte Hebel in einen einarmichten verwandelt; A wird zum Ruhepuncte, die Kraft CE ist doppelt so groß als die in B angebrachte; aber B ist noch einmahl so weit von A entfernt als C; und unter diesen

diesen Umständen halten sich die einfache und die doppelte Kraft das Gleichgewicht.

§. 80.

Aber wenn man nun diesen einarmichten Hebel jenseits der Unterlage um das Stück CF, 8 Fig. verlängerte, das dem Stück CB gleich wäre, so würden unstreitig zwey Pfund an F gehenkt eben so stark unterwärts nach der Richtung FG ziehen, als zwey Pfund in B, die nach der Richtung BE zögen. Aber zwey Pfund die nach der Richtung BE ziehen, stehen mit einem Pfunde im Gleichwichte, das noch einmahl so weit vom Ruhepuncte, in A ziehet (§. 79.): also halten auch zwey Pfund und ein Pfund am doppelarmichten Hebel einander das Gleichgewicht, wenn das eine Pfund zweymahl weiter vom Ruhepuncte entfernt ist, als die zwey Pfund am andern Arme.

§. 81.

So kann man nun weiter schließen, daß an beiden Arten des Hebels das dreyfache Gewicht dem einfachen das Gleichgewicht hält, wenn das einfache dreymahl weiter vom Ruhepuncte entfernt ist als das dreyfache; das vierfache dem einfachen, wenn das einfache viermahl weiter vom Ruhepuncte entfernt ist als das vierfache, u. s. w. Oder überhaupt erfolgt ein Gleichgewicht am Hebel, wenn sich die Gewichte oder die

die

die Kräfte verkehrt verhalten wie ihre Entfernung vom Ruhepunkte.

(Eigentlich ist von diesem allgemeinen Satze durch das vorhergehende nur der besondere Fall erwiesen, da eines der Gewichte ein vielfaches des andern ist. Die Wahrheit desselben läßt sich aber für jeden besondern Fall, da die Gewichte jene Verhältniß nicht haben, leicht aus dem gesagten herleiten und so der allgemeine Beweis finden, den Kästner (Anfangsgründe der Statik S. 34, 35.) giebt. L.)

Durch die gehörige Verlängerung des einen Armes am Hebel läßt sich also ein sehr kleines Gewicht mit einer großen Last nicht nur ins Gleichgewicht bringen, sondern läßt sich sogar durch ein zu erstem noch hinzukommendes geringes wirklich bewegen.

S. 82.

Wenn sich die Gewichte verkehrt verhalten wie ihre Entfernungen vom Ruhepunkte, so muß auch das Gewicht in seine Entfernung multiplicirt auf der einen Seite so viel betragen als auf der andern; und wenn dieses Product, welches man das Moment nennt, auf beiden Seiten gleich ist, so erfolgt also ein Gleichgewicht am Hebel: auch umgekehrt, wenn ein Gleichgewicht erfolgen soll, so müssen die Momente gleich seyn.

Bestätigung durch Versuche.

S. 83.

Wenn an dem Punkte B des Hebels AB, 9 Fig. ein einfaches Gewicht hängt, so muß in A ein vierfaches angebracht werden, wenn ein Gleichgewicht erfolgen soll. Gesezt der Hebel würde nun in die Lage DE gebracht, so wird das vierfache Gewicht in A den einfachen Bogen

E

AD,

AD, das einfache Gewicht in B aber in eben der Zeit den vierfachen Bogen BE durchlaufen, und sich folglich viermahl geschwinder bewegen. Ueberhaupt werden sich die Bogen oder die Räume, durch welche die Gewichte bewegt werden, wie ihre Entfernungen vom Ruhepuncte verhalten. Denn $BE:AD = CB:CA$; oder verkehrt wie die Gewichte oder Kräfte (S. 81). Es wird also einerley Kraft erfordert, ein einfaches Gewicht durch einen sechsfachen, siebenfachen u. s. w. Raum zu führen, als ein sechsfaches, siebenfaches u. s. w. Gewicht durch den einfachen Raum.

Diesen letzten Schluß nahm Cartes für einen von selbst evidenten Satz an, und erwies daraus die Gesetze des Hebels. Von selbst evident ist der Satz nur wohl eben nicht, obgleich wahr; und ich bin daher lieber dem völlig überzeugenden und höchst deutlichen Kästnerischen Vortrage gefolgt.

ABR. GOTTH. KÄSTNER *vectis, et compositionis virium theoria evidentius exposita.* Lips. 1753. 4.

S. 84.

Um eine Scheibe, die um ihren Mittelpunct C, 10. Fig. beweglich ist, sey ein Faden herum gelegt, an dessen Enden in D und E gleich große Gewichte hängen: so wird auch hier ein Gleichgewicht erfolgen. Der Durchmesser der Scheibe AB ist gleichsam ein Hebel, sein Ruhepunct ist C, und seine Arme GA und CB sind gleich lang; folglich müssen die Gewichte, die daran hängen, auch im Gleichgewichte stehen, wenn sie selbst gleich sind. Selbst wenn die Gewichte oder Kräfte

Kräfte in Tangenten der Scheibe nach andern Richtungen zögen, z. E. 11 Fig. nach AD und BE, wäre dennoch kein Grund vorhanden, warum das eine Gewicht eher sinken sollte, als das andere, und folglich entstände wieder ein Gleichgewicht. Man nennt eine solche Scheibe eine Rolle (trochlea).

S. 85.

Wären zwei solcher Rollen dergestalt an einander befestigt, daß sie sich nur zugleich, nicht aber jede für sich allein um ihren gemeinschaftlichen Mittelpunct drehen könnten, 12 Fig., so müßten sich die Gewichte D und E, die von ihnen herabhängen, verkehrt verhalten wie die Halbmesser der Rollen, oder $D : E = CB : CA$; denn AB wäre abermahls ein Hebel, und sein Ruhepunct C. So auch wenn die Gewichte nach der Richtung anderer Tangenten zögen, z. E. in Fig. 13; nur lägen dann die beiden Arme des Hebels nicht in einer geraden Linie, sondern ACB wäre ein Winkelhebel oder gebrochener Hebel; für den sich aber ebenfalls die Kräfte verkehrt verhalten müssen wie ihre Entfernungen vom Ruhepuncte.

S. 86.

Eine Anwendung des Hebels giebt die Waage. Sie ist ein Hebel, an dem man für einen gegebenen Körper das Gegengewicht sucht das mit ihm im Gleichgewicht steht. Wenn die Arme des Hebels gleichlang sind, so ist das Gewicht

E 2

des

des Körpers so groß als das Gegengewicht, das man zum Abwägen gebraucht hat, und die Wage heißt gleicharmicht (*bilanx, libra*), dergleichen z. E. die Kramerwage ist. Sind die Arme des Hebels nicht von einerley Länge so kann man mit einerley Gegengewichte das Gewicht verschiedener Körper finden, indem man das Gegengewicht bald nahe bald weit vom Ruhepunkte rückt. Eine solche Wage heißt eine Schnellwage (*statera*): bey ihr sind nicht selten die beyden Arme selbst von unterschiedenem Gewichte, welches sie doch mehr von dem mathematischen Hebel unterscheidet.

Die Einrichtung einer brauchbaren Wage hat noch verschiedenes Besondere, das aber hier nicht vorgetragen werden kann. (Weil es nehmlich noch Kenntnisse vom Schwerpunkte, Friction u. voraussetzt. L.)

§. 87.

Man wendet das Gesetz des Hebels sonst noch im gemeinen Leben bey tausenderley Verfahren an, ohne immer darauf Acht zu geben oder es zu kennen. Die gemeinen Hebebäume, der Geisfuß der Maurer, die Ruder, Messer, Scheren, Zangen, Hammer, Bohrer, sind einzelne oder auch unter einander vereinigte Hebel, die zwar nach ihrer verschiedenen Einrichtung und Bestimmung auch verschiedene Wirkungen hervorbringen, aber sich doch dabey nach dem allgemeinen Gesetze des Hebels (§. 81.) richten.

Hier etwas von der Bewegung der Glieder. L.)

§. 88.

S. 88.

Auch alle Räder, sowohl die eigentlich sogenannten, als die verschiedenen Arten von Haspeln, Kreuzhaspel, Winden, Hornhaspel mit der Kurbel, Räder, die vermittelst der Zähne und Getriebe, durch Schnüre oder Ketten bewegt werden, wirken nach diesem Gesetze.

S. 89.

Eine Schnur, die in F, 14 Fig. befestigt ist, gehe unten um die Rolle BA herum, von deren Mittelpuncte C das Gewicht D herabhängt. Es braucht von B nach E nur halb so viel Kraft zu ziehen, als sonst erforderlich seyn würde, das Gewicht D zu tragen; oder wenn die Schnur oben um eine zweyte Rolle G herumgeführt würde, so hält das Gewicht H, das halb so schwer ist als D, dem D das Gleichgewicht. Denn BA ist ein einarmiger Hebel, A der Ruhepunct, in C ziehet die eine Kraft niederwärts nach D, in B die andere aufwärts nach E; die Entfernung der letztern vom Ruhepuncte, BA, ist noch einmal so groß als die Entfernung der erstern AC; folglich entsteht ein Gleichgewicht, wenn die letztere Kraft halb so groß ist als die erstere.

S. 90.

Wenn nun in einem Flaschenzuge (poly-spasto) die Schnur um mehrere Rollen auf eben die Art, wie vorher (S. 89.) um eine, geführt würde, so würde jede der Rollen in der untern

Flasche AB, 15 Fig. ihren Theil der Last tragen und so wirken, daß nur die Hälfte von Kraft nöthig wäre ihn zu tragen; für zwei Rollen in der untern Flasche würden also zwei Pfund in C den acht in B hangenden Pfunden das Gleichgewicht halten. Ueberhaupt wird man die Last, die vermittelst eines Flaschenzuges getragen werden soll, durch die Anzahl der Rollen in der untern Flasche doppelt genommen zu dividiren haben um die Kraft zu finden, die mit ihr im Gleichgewichte steht.

(Diese Regel gilt nur in denen Fällen, da die Schnur, wie in Fig. 15., am obern oder dem unbeweglichen Floben befestigt ist, aber nicht wenn sie an dem untern oder dem beweglichen fest sitzt, oder man müßte im letzten Fall den Haken oder Ring, an welchen sie angeknüpft wird, als eine halbe Rolle bei der Rechnung ansehen. Man dividirt also richtiger, um die Kraft zu finden, die Last durch die Anzahl der Stricke an welchen der untere Floben hängt. Daß hier noch weder das Gewicht der untern Flaschen, noch der Stricke noch auch die Steifigkeit der letztern, noch auch das Reiben derselben in Betracht gezogen werde, versteht sich von selbst. L.)

In den Vorlesungen wird noch von andern dem Flaschenzuge ähnlichen Verbindungen von Rollen die Kraft zu verstärken gehandelt. L.)

S. 91.

Je mehr man also die Zahl der Rollen im Flaschenzuge vergrößert, eine desto größere Last kann durch denselben vermittelst einer geringen Kraft gehoben werden. Aber so wie das, was bey dem Hebel an Kraft gewonnen wird, an Raum oder Zeit wieder verlohren geht (S. 83),

fo

so geht es auch hier, bey dieser Anwendung des Hebels. Wenn das Gewicht in B um einen Zoll gehoben werden soll, so muß die Kraft in C vier Zolle tief gehen; denn ein jeder von den um die Rollen geführten Stricken muß um einen Zoll verkürzt werden, wenn die Last B um einen Zoll höher rücken soll, und dieser Stricke sind noch einmahl so viel als Rollen in der untern Flasche.

Vom Schwerpunkte.

S. 92.

Die Unterlage trägt bey einem doppelarmichten Hebel beide Gewichte, die an dem Hebel ziehen, und es ist in sofern eben so viel, als ob diese Gewichte selbst vom Ruhepunkte herabhingen. Der Punct C 16 Fig. trägt z. E. bey dem Hebel AB drey Pfund. Diese drey Pfund werden mit den sechs aufs Neue in E angebrachten wieder im Gleichgewichte stehen, wenn ihre Entfernung DC von dem neuen Ruhepunkte D noch einmahl so groß ist, als die Entfernung der sechs Pfund, DE. Die Unterlage in D wird also alle neun Pfund tragen, und es ist eben das, als wenn in D neun Pfund hingen, im übrigen aber die Linie AE gar nicht beschwert wäre. Dieser Punct D heißt der Mittelpunct der Schwere oder der Schwerpunct (*centrum gravitatis*) für die drey Gewichte A, B und E, die durch die Linie AE verbunden sind.

E 4

S. 93.

S. 93.

Eine Linie mag mit so viel Gewichten beschwert seyn, als man will, so wird sie immer einen gemeinschaftlichen Schwerpunct haben. Denn man kann für die beiden ersten Gewichte einen Ruhepunct finden, der auch zugleich der Schwerpunct für sie ist, und dann kann man die Sache so ansehen, als ob diese beiden Gewichte in diesem Schwerpuncte vereinigt hängen; nun den Schwerpunct für die beiden ersten Gewichte zusammen und für das dritte suchen; dann für die drey ersten und das vierte, u. s. w. fort bis ans Ende.

Hieraus lassen sich zugleich die Gesetze des physischen Hebels bestimmen, dergleichen z. E. die Schnellwage öfters ist (S. 86), und der darinn von dem mathematischen vorher betrachteten unterschieden ist, daß die Linie AB, 6 Fig. für sich selbst schwer, gleichsam mit allen Puncten mit gleichen oder ungleichen Gewichten beschwert ist.

S. 94.

Auch wenn die Gewichte nicht alle durch eine gerade Linie unter einander verbunden wären, läßt sich doch ein Schwerpunct für sie finden; denn der Schwerpunct von zweyen derselben muß doch allemahl mit dem dritten Gewichte in einer geraden Linie liegen, und in dieser liegt der Schwerpunct für alle drey Gewichte. Dieser liegt jederzeit wieder mit dem viereen Gewichte in einer geraden Linie, und in dieser liegt der Schwerpunct für alle vier Gewichte u. s. w.

S. 95.

S. 95.

Ein jeder Körper läßt sich ansehen, als ob er aus schweren Puncten, gleichsam aus kleinen Gewichten, bestünde, die durch ihre zusammenhangende Kraft unter einander verbunden sind, die also auch alle einen gemeinschaftlichen Schwerpunct haben müssen (S. 94). Es giebt also in jedem Körper einen Schwerpunct; in ihm scheint gleichsam die Schwere des ganzen Körpers vereinigt zu seyn, und wenn er unterstützt ist, so kann der Körper nicht fallen, so wenig als der im Ruhepuncte mit einer Unterlage versehene Hebel.

Durch Versuche findet man diesen Schwerpunct an einem Körper, wenn man ihn auf einer Spitze so lange hin und her schiebt, bis er darauf ruhet. (Oder, da dieses nicht immer angeht, denselben an einem hinlänglich starken Faden von verschiedenen Seiten aufhängt, da denn jedesmahl der Schwerpunct in die verlängerte Linie des gespannten Fadens fällt, und der Durchschnittpunct zweier solcher Linien den Schwerpunct giebt. Ueberhaupt aber rechtfertigen uns Schlüsse von strenger, geometrischer Sicherheit, einen solchen Punct in jedem Körper anzunehmen, wenn auch gleich die Form desselben der Bemühung ihn durch Versuche zu finden, unüberwindliche Schwierigkeiten entgegen setzen sollte. L.)

Aus diesen Betrachtungen des Schwerpunctes lassen sich die Stellungen der Thiere und Menschen in Ruhe und Bewegung, die Stellung sicher stehender und doch zu fallen scheinender Körper und Gebäude, u. d. gl. mehr erklären.

Von der schiefen Ebne.

S. 96.

Eine Ebne, die mit einer Horizontalebne einen schiefen Winkel machte, heißt eine schiefe, geneigte oder inclinirte Ebne (planum inclinatum). Es befinde sich auf einer solchen Ebne, Fig. 17, die hier durch die Linie BC vorgestellt ist, ein Körper A; sein Schwerpunct sey c, so wird die Schwere diesen Körper nach der Richtung ca zu treiben bemüht seyn. Diese Kraft der Schwere kann man sich als aus den beiden cb und cd zusammengesetzt vorstellen, weil zwei dergleichen Kräfte den Körper völlig eben so zu bewegen streben würden wie die Kraft der Schwere; cd ist senkrecht auf die Ebne, und bewegt also den Körper nicht, weil die Ebne BC nicht weicht; cb ist mit der Ebne gleichlaufend, und treibt den Körper von derselben herunter, nach C zu. Die beiden Dreyecke cba und BDC haben gleiche Winkel, weil ca und BD, so wie auch cb und BC gleichlaufend sind; je kleiner also der Winkel C ist, desto kleiner wird auch der Winkel cab. Je kleiner aber dieser wird, desto kleiner wird auch die Kraft cb, wodurch der Körper von der schiefen Ebne herab gerrieben wird; und der Körper wird von der schiefen Ebne mit einer desto größern Gewalt herabgetrieben werden, je größer der Winkel ist, um den die Ebne von dem Horizonte abweicht.

Durch

Durch die Rauigkeit der Oberflächen kann aber ein Körper auf einer schiefen Ebene erhalten werden, von der er sonst der Schwere wegen herabrollen oder abgleiten müßte: ja wegen seiner Bildung kann ein Körper auf einer geneigten Ebene aufwärts zu rollen scheinen und doch wirklich fallen: er fällt nämlich wirklich, wenn sein Schwerpunct fällt.

GEO. WOLF. KRAFFT explicatio experimenti paradoxii de adscensu conii duplicis in altum spontaneo; in den Comment. Petrop. Tom. VI. pag. 389.

A. G. Kästners Untersuchung des Cylinders, der sich eine schiefe Fläche hinauf zu wälzen scheint; im 1 B. der deutschen Schr. der Kön. Soc. der W. zu Gött. S. 113.

§. 97.

Die Kraft: womit der Körper von der schiefen Ebene getrieben wird, verhält sich zu der, wodurch er gegen die Ebene gedrückt wird, wie $eb: cd$ oder wie $eb: ba$, daß heißt wie $BD: DC$; oder wie sich die Höhe der schiefen Ebene zu ihrer Grundlinie verhält.

§. 98.

Anwendungen von der schiefen Ebene sind der Keil und die Schraube; wovon doch aber die letztere nicht so völlig als eine schiefe Ebene anzusehen ist, wie man gemeiniglich in der Mechanik zu thun pflegt. Wenn ein Rad in die Schraubengänge eingreift, so heißt die Schraube ohne Ende (*cochlea infinita*).

GEO. FRIED. BAERMANN *diff. de cuneo*. Witteb. 1751. 4.
 ABR. GOTTH. KAESTNER *ad theoriam cochleae pertinens observatio geometrica*; in seinen *dissert. mathem. et phys.* n. VI. pag. 38.

Messer, Scheeren, Hobel, Nadeln, u. d. gl. Werkzeuge mehr, wirken als Keile.

Beschleu-

Beschleunigende Kraft der Schwere.

§. 99.

Man stelle sich unter den gleichen Theilen AB, BC, CD, u. s. w. der Linie AI 18 Fig. eben so viele gleiche Theile einer gewissen Zeit vor. Eine Kraft wirke dergestalt auf einen Körper, daß sie ihn im ersten Zeittheile durch einen einfachen Weg, in einem zweyten Zeittheile durch einen zweyfachen, in einem dritten durch einen dreyfachen Weg u. s. w. treibe, so werden die Linien BK, CL, DM, u. s. w. die Wege vorstellen, welche der Körper im ersten, zweyten, dritten Zeittheile u. s. w. durchläuft, weil CL zweymahl, DM drey-mahl länger u. s. w. ist, als BK. Den ganzen Weg zu finden, welchen der Körper nach Verlauf einer gewissen gegebenen Zahl von solchen Zeittheilen durchlaufen ist, müßte man eine eben so große Zahl von Linien, wie BK, CL, DM, u. s. w. als Zeittheile gegeben sind, zusammen addiren.

§. 100.

Man gedenke sich nun die Zeit AD anstatt in die größern endlichen Zeittheile AB, BC, CD, u. s. w. eingetheilt, in unendlich kleine Theile, oder in Elemente, getheilt; also eine Bewegung, die in jedem Elemente der Zeit um eben so viel beschleunigt wird, wie im ersten: da wird der ganze Weg, den der Körper in dieser Zeit zurück-

rücklegt, der Summe aller der unendlich nahe an einander gezogenen Linien zwischen A und DM gleich seyn, und die machen ohne Zweifel zusammen das Dreyeck ADM aus. So würde auf eben die Weise der ganze Weg, den der Körper in der Zeit AG zurücklegte, dem Dreyecke AGP gleich seyn. Beide Wege würden sich also gegen einander verhalten, wie die genannten Dreyecke, oder, weil diese ähnliche Dreyecke sind, wie die Quadrate ähnlich liegender Seiten, $AC^2 : AG^2$, das heißt, wie die Quadrate der Zeiten. Wenn also ein Körper bey seiner Bewegung in unendlich kleinen Zeittheilen gleichförmig beschleunigt wird, so verhalten sich die Räume die er durchläuft, wie die Quadrate der Zeiten.

§. 101.

Da ein Körper an jedem Orte auf der Erde schwer ist, wie die Erfahrung lehrt, so muß das, was die Ursache Schwere ist, überhaupt immerfort auf den Körper wirken, er mag noch in Ruhe seyn, oder sich schon in Bewegung befinden; und so muß folglich die Bewegung eines fallenden Körpers eine in unendlich kleinen Zeittheilen gleichförmig beschleunigte Bewegung seyn (? L.). Also müssen sich die Räume bey fallenden Körpern wie die Quadrate der Zeiten worin sie fallen, verhalten (§. 100), wie Galiläi zuerst gezeigt hat. Hieraus folgt leicht, daß die Räume, die ein fallender Körper in gleich großen endlichen Zeiten

Zeit-

Zeittheilen mit gleichförmig beschleunigter Bewegung durchläuft, wie die ungeraden Zahlen, 1, 3, 5, 7, 9, u. s. w. zunehmen.

Anwendung hiervon auf die Gewalt fallender Körper.

S. 102.

Weiß man also nur, wie groß der Raum ist, den ein Körper in der ersten Secunde durchfällt, so kann man daraus finden, wie groß der Raum ist, den der Körper in einer jeden gegebenen Anzahl von Secunden durchfällt. Das Quadrat der Anzahl von Secunden mit dem Raume multiplicirt, durch den der Körper in der ersten Secunde fällt, giebt die gesuchte Höhe des Falles für die gegebene Zahl der Secunden.

S. 103.

Wie tief ein Körper in einer Secunde falle, das hat man theils durch unmittelbare Versuche zu finden gesucht, theils aus dem Hin- und Herschwingen eines Pendels durch Rechnung bestimmte, wovon sich hier kein Begriff geben läßt. De-
Chales findet diese Höhe durch Versuche, die keine große Schärfe zu ließen, $16\frac{1}{2}$ Fuß, Huygens genauer durch Rechnung aus Versuchen mit dem Pendel 15,0957 (eigentlich 15,09568... 2.) par. Fuß, rheinländisch.

S. 104.

So wie die Schwere des fallenden Körpers Bewegung immerfort gleichförmig beschleunigt,
so

so muß sie des der Richtung der Schwere gerade entgegensteigenden Körpers Bewegung ohne Zweifel immerfort gleichförmig vermindern. Wenn also ein Körper durch eine Kraft von A aus, 19 Fig. der Richtung der Schwere gerade entgegen getrieben würde, mit einer Geschwindigkeit, die so groß wäre, als die Geschwindigkeit eines Körpers, der von BA herabfällt, am Ende des Falles ist: so wird seine Geschwindigkeit von A aus immerfort gleichförmig abnehmen; in C nur noch so groß seyn, als sie ein Fall durch den Raum BC hervorbringt; in D so groß, als sie ein Fall durch den Raum BD hervorbringt, u. s. w.; in B selbst aber wird sie nichts seyn, und der Körper also hier zu steigen aufhören.

S. 105.

Und zu dieser allmählichen Vernichtung der Geschwindigkeit, womit der Körper zu steigen anfing, wird die Schwere gerade eben so viel Zeit gebrauchen, als sie gebraucht, um in einem fallenden Körper eine eben so große Geschwindigkeit zu erzeugen, weil sie sich frenlich in allen ihren Wirkungen gleich seyn muß. Dieß heißt mit andern Worten: ein Körper steigt in eben der Zeit zu einer Höhe hinauf, wenn ihn eine Kraft lothrecht aufwärts treibt, in welcher er von eben der Höhe fallen würde.

S. 106.

Ein Körper werde von A aus, 20 Fig. nach der Richtung AB durch eine gleichförmig wirkende

fende Kraft getrieben, so sollte er sich mit gleichförmiger Geschwindigkeit auf AB forsbewegen; aber weil die Schwere den Körper beständig niederziehet, so wird er in jedem Puncte von dieser Bahn abgezogen werden, und zwar jeden Augenblick mehr, weil die Körper mit beschleunigter Bewegung fallen: er wird also anstatt durch die gleichförmig wirkende Kraft nach und nach nach D, E, F, B, getrieben zu werden, durch diese und die Schwere zugleich nach G, H, I, K, gelangen.

S. 107.

Den Weg selbst genauer zu bestimmen, den der Körper durch beide Kräfte getrieben beschreiben wird, theile man AB in eine willkürliche Anzahl gleicher Theile, und die auf dem Horizont lothrechte Linie AC, welche dem Wege gleich ist, durch welchen ein Körper in der Zeit fällt, worin jene Kraft allein den Körper durch den Weg AB treibt, theile man in die Zahl gleicher Theile, welche das Quadrat von der Zahl der Theile auf AB ist. Nun ziehe man durch die Puncte 1, 4, 9, 16 u. s. w. auf der Linie AC Parallellinien mit AB; so ziehe man auch Parallellinien durch die Puncte D, E, F, R, mit der Linie AC: Die Durchschnittspuncte dieser Linien, G, H, I, K, werden in der Bahn des solchergestalt bewegten Körpers liegen. Die Bahn selbst ist die Linie, welche man in der höhern Geometrie eine Parabel nennt, wie Galilei zuerst gezeigt hat.

Anwendung dieser Lehre auf das Werfen und Schießen.

Ursache

Ursache der Schwere.

S. 108.

Um die Ursache der Schwere zu erklären nahm des Cartes an, es bewege sich beständig eine sehr feine flüssige Materie mit einer ungemein großen Schnelligkeit im Wirbel (vortex) um die Erde herum, und reiße dadurch die übrigen Körper, weil sie sich nicht eben so geschwinde mit bewegen könnten, nach dem Mittelpuncte der Erde zu. Gesezt aber diese cartesische Hypothese hätte weiter keine Schwierigkeiten, so würde auf diese Weise ein Körper nicht nach dem Mittelpuncte der Erde, sondern vielmehr gegen die Aze derselben zugetrieben werden, und die Richtungen der Schwere würden nicht auf der Fläche der Erde, sondern immer auf der Aze derselben senkrecht stehn.

S. 109.

Hungens wollte nun zwar die cartesische Theorie von der Ursache der Schwere dadurch verbessern, daß er annahm, die schwermachende Materie bewege sich nicht in parallelen Kreisen um die Erde herum, sondern in lauter größten Kreisen, die sich einander allerwärts schnitten. Eine feine Materie, die diese Bewegung, und zwar schnell genug, hätte, sollte seiner Meinung nach die Körper gerade nach dem Mittelpuncte der Erde zutreiben. Indessen scheint eine solche Bewegung an sich unmöglich, und die

F

Schwie-

Schwierigkeit auch nicht durch das gehoben zu seyn, was Bülfinger zur Vertheidigung und Aufrechthaltung der Cartesischen Theorie hinzugesetzt hat, indem er den Wirbel sich um zwei Axen drehen ließ, die sich beide unter rechten Winkeln schneiden. Ganz gewiß würden auch durch eine solche Bewegung des Wirbels die Körper nicht nach dem Mittelpuncte der Erde zu, sondern nach einer andern geraden Linie zwischen beiden Axen getrieben werden.

Dissertatio de causa gravitatis auctore CHRIST. HUGENIO; in seinen *opp. rel. T. I. p. 93.*

GEO. ERH. HAMBERGERI diss. de experimento ab HUGENIO pro causa gravitatis explicanda invento. Jen. 1723. 4.

De causa gravitatis physica generali disquisitione experimentalis, quae praemium a regia scient. acad. promulgatum retulit, auctore GEO. BERNH. BÜLFINGER. Paris. 1728. 4; im *recueil de pièces de prix. Tom. II.* und in *BÜLFING Variis Tom. I. pag. 178.*

EIVSD. de directione corporum gravium in vortice sphaerico et figura nuclei dissertatio experimentalis; in den *comment. petrop. Tom. I. p. 245.*

Mémoire dans lequel on examine par voie d'expérience, quelles sont les forces et les directions d'un ou de plusieurs Fluides renfermés dans une même sphère qu'on fait tourner sur son Axe, par M. l'abbé NOLLET; in den *Mém. de l'acad. roy. des sc. 1741. pag. 184.*

§. 110.

Ueberhaupt haben alle die, welche die Ursache der Schwere in eine flüssige Materie setzen, die die Körper gegen die Erde treiben soll, gegen sich, daß die Schwere in ruhende Körper völlig eben so wirkt wie in bewegte (§. 101), oder daß sie eine absolute Kraft ist; und daß das Gewicht
der

der Körper sich nicht wie ihre Oberflächen, sondern wie ihre Massen verhält. Gesezt auch, man erkläre sich wegen dieses leßtern Umstandes so wie Wolff thut, welcher behauptet, die schwermachende Materie (*materia grauifica*), welche an sich nicht selbst schwer seyn aber doch die Körper schwer machen soll, durchdringe die Körper dabey; so wird doch dadurch die Sache in kein größeres Licht gesezt; denn wenn die schwermachende Materie die Körper frey durchdringt, wie kann sie auf dieselben wirken und sie bewegen?

Geheimnißvoller ist wohl keine Erklärung der Schwere, als die in folgendem Buche gegeben:

Erklärung der ersten wirkenden Ursache in der Materie und der Ursache der Schwere, (von Cadwallader Colden) a. d. Engl. übers. und mit Anmerkungen begleitet von Abr. Gotth. Kästner. Hamburg, 1748. 8.

§. III.

Besißt also vielleicht alle Materie nicht nur ein inneres Vermögen unter einander zusammen zu hangen (§. 30) sondern auch vielleicht selbst in der Ferne einander anzuziehen? und ist diese anziehende Kraft der Erde die Ursache der Schwere der Körper gegen dieselbe? Wirklich haben die Erfahrungen gelehrt, daß in sehr gebirgichten Gegenden die Berge in der That die Richtungen der Schwere in etwas abändern; und ein paar ebene Glasplatten scheinen sich einander anzuziehen, auch wenn ein anderer sehr feiner Körper, z. B. ein seidnes Haar, dazwischen liegt.

§ 2

Ueber

Ueberdem können, wenn man eine solche anziehende Kraft in der Materie annimmt, die Bewegungen der größten Weltkörper und andere Begebenheiten der Natur ungezwungen erklärt werden, wie sich in der Folge zeigen wird.

§. 112.

Ich scheue mich nicht, die Hypothese, daß die Materie eine anziehende Kraft gegen einander besitzt, als allerdings wahr anzusehen, ob es gleich Leute giebt, welche diejenigen gerade zu für unvernünftig erklären, welche so thun. Es ist genug gezeigt zu haben, daß es gänzlich unmöglich ist, die Schwere von einem Stoße oder Drucke herzuleiten (? L.) (§. 109), um die Folge zu ziehen, daß also die Schwere von etwas anderm herrühren müsse. Und dürfen wir dann nicht ihre Ursache eine anziehende Kraft nennen? Was man auch aus metaphysischen Gründen dem Daseyn einer solchen anziehenden Kraft entgegen setzen mag, das hat, deucht mich, alles wenig Gewicht, da unser Begriff von der bewegenden Kraft überhaupt noch sehr dunkel und unvollständig ist, und wir sehr Gefahr laufen, den Begriff, den wir uns von der Kraft unserer Seele abstrahiren, unschicklich auf die Kräfte der Körper anzuwenden.

§. 113. a

Aber man wendet noch ein, es erkläre eigentlich im Grunde nichts, wenn man die Schwere aus

aus

aus einer anziehenden Kraft herleitet. Ich habe nichts darauf zu antworten; als daß es dann auch nichts erklärt, wenn man die durch einen Stoß hervorgebrachte Bewegung von dem Stoße herleitet. Warum es also nicht erlaubt seyn sollte, das Wort: anziehende Kraft zu gebrauchen, das sehe ich nicht ein, so lange es noch erlaubt ist, sich der Wörter: Kraft des Stoßes und: Trägheit zu bedienen. Alle diese Wörter drücken nur Phänomene aus; aber drückt denn das Wort: Körper mehr, als ein Phänomen aus?

GEO. ERH. HAMBERGERI et auctor. IO. PETR. SIÛSMILCH diss. de cohaesione et attractione corporum Ien. 1732. 4.

Geo. Erh. Hambergers Vorrede zur dritten Ausgabe seiner Naturlehre. 36 S.

Succincta attractionis historia cum epicrisi, auctore SAM. CHRIST. HOLLMANN; in den Comment. soc. reg. scient. Goett. Tom. IV. pag. 215.

FORTVNAT. DE FELICE disp. de newtoniana attractione vnica cohaerentiae naturalis causa, aduersus cl. HAMBERGERVM. Cern 1757. 4.

IO. HENR. VAN SWINDEN diss. de attractione Lugd. Bat. 1766. 4.

§. 113. b

Anmerkung. Da die Ursache der Attraktion überhaupt kein Gegenstand unsrer Sinne mehr ist, so war es freylich kein Wunder, wenn die Erklärungen, die man davon hier und da hat geben wollen, sich von offenbaren Geständnissen einer gänzlichen Unwissenheit, größtentheils nur der Form nach unterschieden. Einige setzten voraus was erklärt werden sollte, und andere, die man abgefaßt hatte noch ehe man die Erscheinungen selbst genau kannte, wurden durch nachherige Beobachtungen widerlegt. Auch haben selbst die v. züglichsten darunter wenig Vortheil gewährt, und die großen Entdeckungen

hierin schreiben sich alle von den Zeiten her, da man aufhörte sich um die Ursachen zu bekümmern, und dafür desto eifriger ansteng mit Hülfe der erhabentsten Geometrie die beobachteten Gesetze anzuwenden und ihren Folgen entweder in verwickelten Collisionen nachzuspüren, wo der Beobachter nicht mehr deutlich sah, oder in Entfernungen, wo er gar nicht mehr sehen konnte. Die Folgen dieser glücklichen Methode sind bewundernswürdig groß gewesen. Es giebt kein größeres Denkmal der Kräfte des menschlichen Geistes; der Gegenstand, den er hier umfaßt, ist unermesslich, und doch ist fast alles durch Anstrengung erhalten worden; der Zufall hat nur wenig Antheil daran. Will man sich aber auch nicht über das hinaus wagen, was uns hierin unsere Sinne lehren, so ist es dennoch nicht nur verstatet, sondern auch der Kürze wegen sogar gut, jene unbekannteten Ursachen Nahmen zu geben, die aber, welches man nie vergessen muß, im Grunde weiter nichts sind als Bezeichnungen des Phänomens. Ein solcher Nahme ist hier das Wort Attraction. Mit wie vielem Recht oder Unrecht es gewählt worden ist, sieht man zum Theil daraus, daß sogar Philosophen sich haben verleiten lassen zu glauben, es enthalte eine Erklärung; So wie Bildersprache Aberglauben erzeugt, so erzeugen Metaphern in der Physik bey dem unbehut samen Denker oft ähnliche Irrthümer, die der Philosophie so schädlich seyn können, als jene der Religion. Was würde nicht mancher daraus gefolgert haben, wenn Newton diese Erscheinung Sehnsucht genannt hätte! Wie hat man nicht über die Trägheit der Körper gestritten! Das Wort hatte die größte Schuld; denn es ist kaum möglich noch einen Augenblick zu streiten, sobald man das nackte, unlängbare Phänomen ansieht, ohne sich die unphilosophische Mühe zu geben, Folgerungen aus der bloßen Benennung zu ziehen. Man sollte sich freylich, da sich, wie Haller sagt, unser Auge am Kleid der Dinge stößt, hüten, über dieses Kleid noch andere zu ziehen, an denen sich die Einbildungskraft stößt noch ehe das Auge bis zu jenem undurchschaubaren eindringt. Aber solche Vorschriften helfen

fen wenig. Von weit praktischerem Nutzen möchte wohl die seyn: man halte sich überall an den Begriff und nicht an das Wort. Attraction drückt also bloß eine Begebenheit aus, die sich unsern Sinnen darstellt; wir bemerken nämlich, daß sich Körper einander durch Kräfte nähern, sich einander ziehen, sich nach einander sehnen, gegen einander gestoßen werden, gegen einander zu fallen (man nehme welchen Ausdruck man will) die in einer gewissen Verhältniß mit der Masse dieser Körper und irgend einer Potenz ihrer Entfernung stehen. Was die Ursache davon sey, wissen wir nicht. Zu sagen die Körper haben eine anziehende Kraft, bricht ebenfalls die Untersuchung ab, und heißt, sobald es Erklärung seyn soll, eigentlich nur so viel: wir wissen die Ursache nicht, wir glauben sie aber zu wissen. In meinen Augen ist das grade offenherzige Geständniß der Unwissenheit hierin dem letztern weit vorzuziehen. Was ich jetzt nicht weiß, kann ich noch lernen; was ich nicht weiß aber zu wissen glaube, lerne ich entweder nie, oder doch nicht ohne unangenehme Demüthigung. Allein das Phänomen jener wechselseitigen Näherung ist, dünkt mich, doch wohl noch zu componirt, um alle Bemühung es zu erklären aufzugeben, und es schlechweg in die Classe der einfacheren Phänomene, der Ausdehnung, Impenetrabilität, Trägheit und Beweglichkeit der Materie zu setzen. Ueberzeugten uns nicht unsere Sinne von der Gegenwart einer äußern Ursache, so würden wir (wenigstens bey jener bequemen Philosophie) den Körpern ebenfalls ein inneres Bestreben nach Ruhe zuschreiben. Unerfahrene haben dieses auch wirklich schon gethan. Ich sollte denken, daß wir aus den oben genannten Eigenschaften der Materie, mit Beyhülfe der Ursache der Bewegung, die wir nicht kennen, und die vermuthlich die Ursache der Materie selbst ist, diese wechselseitige Annäherung noch erklären können. Nach einigen von Hrn. de Luc, sowohl in s. Werk über die Veränderungen der Atmosphäre, als auch neuerlich in den Briefen über die Erde und den Menschen, geäußerten Versicherungen, ist eine solche Erklärung schon jetzt mehr als bloß möglich, und wir haben

ein Werk von seinem Landsmanne und Freund Hr. Le Sage hierüber zu erwarten, welches uns den Mechanismus der bekannten Gesetze der Natur erklären und also da endigen soll, wo Newton anfängt. Allein auch die Schwierigkeiten eines solchen Unternehmens kennen zu lernen, lese man einen Aufsatz des Hrn. Hofr. Kästner im deutschen Museum für den Jun. 1766, den Hr. D. Gehler am Ende seiner Uebersetzung des de Lucschen Werks über die Atmosphäre wieder hat abdrucken lassen. — Bis das größere Werk des Hrn. le Sage selbst erscheint, kann man sich mit dessen vortrefflicher Theorie aus folgenden Schriften vorläufig einigermaßen bekannt machen.

Lucrèce Newtonien par Mr. LE SAGE in den Nouveaux Mem. de l'Acad. Roy. des Sc. de Berlin. Année 1782. à Berlin 1784. S. 404.

Essai de Chymie mecanique. 4. von ebendems. Eine von d. Acad. zu Rouen im J. 1758. gekrönte Preisschrift. De l'origine des forces magnetiques par PREVOST à Genève 1788. P. I. Chap. 2.

Idées sur la Météorologie par I. A. DE LUC. T. I. §. 154. Exposition elementaire des principes des calculs superieurs, qui a remporté le prix proposé par l'acad. Roy. des Sc. de Berlin. par M. L'Huilier. à Berlin 1786. 4. p. 187. und eine Note am Schlusse derselben. 2.)

Vom Pendel.

§. 114.

Ein schwerer Körper, B, 21 Fig. hänge an dem in C befestigten Faden, und werde so, daß der Faden ausgespannt bleibt, bis A erhoben. Wird hier der Körper nicht weiter gehalten, so treibt ihn die Schwere nach E, oder der in C befestigte Faden erlaubt ihm nicht, nach dieser Richtung zu fallen, sondern macht, daß der Körper den Bogen AB beschreibt. In B hat der Körper

Körper nun die Geschwindigkeit, die der Fall durch den Raum FB giebt, erhalten, und mit dieser Geschwindigkeit muß er auf der andern Seite wieder eben so hoch bis D steigen. Von da fällt er wieder bis B und steigt bis A, und so immer fort. Der Faden mit sammt dem Gewichte oder Körper heißt ein Pendel (*pendulum*), seine Bewegung in dem Bogen AD die Schwingbewegung (*motus oscillatorius*); die Bewegung von A nach D; und so wieder von D nach A zurück, ein Schwung (*oscillatio, vibratio*).

S. 115.

Da die Theorie der Pendel wirklich schwer ist und nicht in der Kürze zusammengefaßt werden kann, so muß ich mich hier damit begnügen, nur die vornehmsten Sätze selbst ohne Beweis beyzubringen. Sie sind aber auch eigentlich nur für unendlich kleine Schwingungen wahr, und dann, wann nicht sonst etwas eine Aenderung dabey macht. (Eigentlich gilt, was hier allein von unendlich kleinen Schwingungen behauptet wird, blos von Nro 3. Bey Nro 1, 2 und 4 darf man nur die Bogen ähnlich (von gleichen Graden) annehmen, so gilt es auch von endlichen. L.)

- 1) Pendel von gleicher Länge schwingen in gleichen Zeiten, wenn auch gleich ihre Gewichte ungleich sind.
- 2) Bey Pendeln von ungleicher Länge verhalten sich die Zeiten, in denen sie schwingen,

wie die Quadratwurzeln ihrer Längen; also die Längen der Pendel wie die Quadrate der Zeiten, in denen sie schwingen.

- 3) Die Länge eines Pendels das bey uns Sekunden schwingen soll, oder eines Secundenpendels, ist 3 pariser Fuß, 0 Zoll, 8, 5 Linien; (zu Göttingen eigentlich 3 F. und 8, 71 Linien. L.) woraus sich nach Num. 2 die Länge eines Pendels berechnen läßt, daß eine jede gegebne kürzere oder längere Zeit zum Schwunge gebrauchen soll.
- 4) Weiter von der Erde ab schwingt ein Pendel langsamer, und daraus folgt, daß die Kraft der Schwere weiter von der Erde ab geringer seyn müsse.

Condamine und Bouguer fanden, daß ein Pendel, mit dem sie Versuche anstellten, in 24 Stunden Schwingungen hatte

am Ufer des Amazonensflusses	98770
zu Quito	98740
auf dem Pichincha	98720

(Hierbey etwas von den merkwürdig betrügerischen Bemühungen einiger Franzosen, der Welt gerade das Gegenteil weiß zu machen. S. Lettres physiques et morales sur l'homme et la Terre par I. A. de Luc, Lettre XLV. verglichen mit Hrn. Richards Bemerkungen über die von Bertier angestellten Versuche u. s. w. in dessen physisch-chymischen Schriften. S. 197. — Ähnliche Versuche finden sich schon in BIRCH's History of the Royal Society. T. I. S. 133. L.)

Was ist Mittelpunkt der Schwingung? L.)
Vom musikalischen Zeitmesser. L.)

§. 116.

S. 116.

Aus dem vom Pendel gesagtẽ wird es begreiflich, wie dieses Werkzeug dienen kann, die kleinern Zeittheile genau abzumessen oder anzugeben, wenn man ihm die dazu erforderliche Länge giebt; zumahl wenn das Pendel an einem Uhrwerke angebracht wird. Durch diese hugenische Erfindungen haben unsre Uhren einen beträchtlichen Vorzug vor den Uhren der Alten bekommen.

CHRIST. HUGENII horologium oscillatorium. Paris, 1653. fol.

Vom Stöße der Körper.

S. 117.

Wenn ein Körper seine Bewegung nicht fortsetzen kann, ohne einen andern vor sich weg aus seiner Stelle zu treiben, so sagt man er stöße diesen lezten (percutit); und wenn dieses so geschieht, daß der Schwerpunct des zweyten in der Linie liegt, in welcher sich der Schwerpunct des erstern bewegt, und die Richtung des Körpers auf der Ebne, in welcher beide Körper einander berühren, senkrecht steht, so stößt der erste Körper den andern gerade (directe), in den übrigen Fällen schief (oblique).

S. 118.

So wie bey Unterflüzung des Schwerpunctes an einem Körper der Körper selbst völlig gegen den Fall gesichert ist (S. 95), so ist auch der Schwerpunct als der Punct im Körper mit
Recht

Recht anzusehen, bey dessen Zurückhaltung von der weitem Fortbewegung der ganze Körper selbst gleichfalls zurückgehalten wird. Hieraus läßt sich die eben gegebene Erklärung des geraden Stoßes (§. 117) rechtfertigen. Weil es aber bey den hier anzustellenden Untersuchungen nicht sowohl auf das Gewicht des Körpers, als vielmehr auf seine Masse, oder auf seine Trägheit ankömmt, so nennt man den Schwerpunct hier auch den Mittelpunct der Masse (*centrum massae*), oder auch den Mittelpunct der Trägheit (*centrum inertiae*); wo man sich vorstellen kann, die Trägheit des ganzen Körpers sey in diesem Puncte gleichsam allein bey einander.

§. 119.

Wenn ein paar vollkommen harte Körper dergestalt gerade gegen einander stoßen, daß die Größen ihrer Bewegungen gleich sind, oder daß die Masse und die Geschwindigkeit des einen in einander multiplicirt eben so viel beträgt als die Masse und die Geschwindigkeit des andern in einander multiplicirt (§. 52) so müssen beide Körper in dem Augenblicke ruhen, da sie einander berühren; ihre Stöße heben sich einander auf, oder stehen so zu sagen im Gleichgewichte.

§. 120.

Stoßen ein paar harte Körper gerade gegen einander, deren Größe der Bewegung ungleich ist, so wird der Körper, der die kleinere Bewegung hat, nicht allein zur Ruhe gebracht, sondern

sondern durch den Ueberfluß der größern selbst nach eben der Richtung in Bewegung gesetzt werden, nach welcher diese größere Bewegung geschah. Beide Körper gehen also nach dem Stöße nach der Richtung fort, nach welcher derjenige Körper vorher gieng, der die größere Bewegung hatte; beider Geschwindigkeit wird nun gleich, und wird gefunden, wenn man die Differenz der Größen der Bewegung beider Körper durch die Summe der Massen dividirt; oder sie ist $= \frac{MC - mc}{M + m}$.

Wären beide Körper gleich groß, also die Geschwindigkeiten vor dem Stöße ungleich, so ist die Geschwindigkeit eines jeden nach dem Stöße dem halben Unterschiede der Geschwindigkeiten vor dem Stöße gleich, oder $= \frac{1}{2}(C - c)$.

Wären aber die Geschwindigkeiten bey beiden Körpern vor dem Stöße gleich und die Massen ungleich, so findet man die Geschwindigkeit eines jeden Körpers nach dem Stöße, wenn man die Geschwindigkeit vor dem Stöße durch den Unterschied der Massen multiplicirt, und das Product durch die Summe derselben dividirt; oder sie ist $= \frac{(M - m)C}{M + m}$.

§. 121.

Bewegt sich ein harter Körper gegen einen andern harten und ruhenden Körper, so werden wiederum beide nach dem Stöße nach der Richtung des erstern Körpers fortgehen, aber die Geschwindigkeit derselben nach dem Stöße wird gleich seyn der Größe der Bewegung des erstern durch die Summe der Massen dividirt, oder $=$

$$\frac{M C}{M + m}$$

Wäre nun die Masse des ruhenden Körpers

pers

pers in sehr groß, so wird es leicht einzusehen seyn, warum sie nur eine kleine, vielleicht nur eine unendlich kleine, das heißt gar keine Geschwindigkeit dadurch erhalten könne; dieß letztere aber heißt nun wohl nichts anders, als beide Körper werden ruhen.

Es ist auch unstreitig wohl einerley, ob die Masse des ruhenden Körpers an sich sehr groß ist, oder ob dieser Körper dergestalt mit andern verbunden und an ihnen befestigt ist, daß er sich nicht fortbewegen kann, ohne diese Menge von Körpern, an denen er festhängt, mit fortzunehmen. (S. hierbey meinen Zusatz zu S. 129. L.)

§. 122.

Gesetz die beiden harten Körper bewegen sich mit einerley Geschwindigkeit hinter einander her, so werden sie nie durch den Stoß auf einander wirken können, weil der nachfolgende sich immer fortbewegen kann, ohne den vorangehenden aus seiner Stelle zu treiben. Noch weniger werden sie auf einander wirken, wenn der, der voran geht, eine größere Geschwindigkeit hat als der nachfolgende; bewegt sich aber der nachfolgende am geschwindesten, so wird er den vorhergehenden einholen und dessen Bewegung beschleunigen, und zwar beschleunigen, bis beider Geschwindigkeiten gleich geworden sind. Alsdann wird diese Geschwindigkeit gleich seyn der Summe der Größe der Bewegungen von beiden

$$\frac{MC + mc}{M + m}$$

Wären

Wären beide Massen gleich groß, so würde eines jeden Geschwindigkeit gleich seyn der halben Summe der Geschwindigkeiten vor dem Stöße $= \frac{1}{2}(C + c)$.

S. 123.

Wären in allen diesen Fällen die beiden Körper nicht hart, sondern weich: so wird das bey dem Stöße in der dadurch hervorgebrachten Wirkung weiter keine Aenderung machen können, als daß zugleich dabey die Gestalt der weichen Körper abgeändert wird, und daß die Veränderung der Bewegung in eine andere, oder in Ruhe, nicht wie bey harten Körpern plötzlich, sondern nach und nach geschieht.

S. 124.

Eben so würden in allen diesen Fällen des Stoßes, wenn nur einer von beiden Körpern weich und der andere hart wäre, die Veränderungen in der Bewegung ebenfalls nur nach und nach, nicht plötzlich erfolgen, und die Veränderungen der Figur auch nur den weichen Körper allein betreffen.

S. 125.

Ferner setze man in allen vorigen Fällen anstatt der weichen Körper elastische: diese werden eben die Veränderungen erleiden wie die weichen; aber gleichsam hinter her wird ihre Elasticität wirken und eine neue Veränderung nicht allein in Absicht auf die vorher abgeänderte Gestalt der Körper, sondern auch in Absicht auf ihre

ihre Bewegung verursachen. So stark A von B zusammengedrückt wurde, so stark wird die Elasticität von A nun wieder auf B zurückwirken, und bey elastischen Körpern werden also in den vorigen Fällen ganz andere Wirkungen vom Stöße zu erwarten seyn, als ohne Elasticität vorgefallen s. yn würden.

§. 126.

Wenn nämlich ein Paar elastische Körper, deren Größe der Bewegung gleich ist, sich gegen einander bewegen, so werden sie ohne Absicht auf ihre Elasticität nach dem Stöße ruhen (§§. 119, 123); aber wegen beider Elasticität bekommt A von B und B von A jeder wieder eben so viel Bewegung nach der Richtung, die derjenigen entgegengesetzt ist, welche sie vor dem Stöße hatten; sie werden alle mit eben der Geschwindigkeit von einander zurückspringen, mit der sie gegen einander liefen.

§. 127.

Stoßen ein Paar elastische Körper gerade gegen einander, deren Bewegung von ungleicher Größe ist, so würden sie ohne Wirkung ihrer Elasticität nach dem Stöße beide nach der Richtung fortgehen, nach der derjenige Körper vor dem Stöße gieng, der die größte Bewegung hatte, mit gleich großer vorher (§. 120.) angegebenen Geschwindigkeit. Aber wegen beider Elasticität wirkt außerdem immer der eine auf den

den andern so stark zurück, als dieser vorher auf jenen wirkte. Diese Wirkungen lassen sich nun bey beiden (aus §. 120.) berechnen, und man kann daraus finden, nach welcher Richtung, und mit was für Geschwindigkeit, ein jeder von ihnen fortgehen wird.

§. 128.

Wenn z. B. beide Massen gleich groß, $m = M$, aber die Geschwindigkeit derselben vor dem Stöße ungleich, $c < C$, ist; so würde ohne Wirkung der Elasticität ein jeder nach dem Stöße mit der Geschwindigkeit fortgehen, die der Hälfte des Unterschiedes ihrer Geschwindigkeiten vor dem Stöße gleich wäre (§. 120, 1. Anm.). Die Wirkung von M auf m im Stöße ist, erstlich die Geschwindigkeit c zu vernichten, und noch überdem die Geschwindigkeit $\frac{1}{2}(C - c)$ hervorzubringen, das heißt, sie ist überhaupt $= \frac{1}{2}(C + c)$. Eben diese Geschwindigkeit giebt also m wegen der Elasticität dem Körper M wieder zurück; aber M hatte ohne Wirkung der Elasticität schon die Geschwindigkeit $\frac{1}{2}(C - c)$, die der vorigen entgegengesetzt ist; eine von der andern abgezogen bleibt die Geschwindigkeit c übrig, womit M nach dem Stöße zurückspringt, m aber wirkt im Stöße auf M so, daß es die Geschwindigkeit von M , welche vorher C war, so verkleinert, daß sie nur $\frac{1}{2}$ Geschwindigkeit $\frac{1}{2}(C + c)$ und dieß ist die Wirkung von m auf M .

☉

Aber

Aber eben so groß ist die Gegenwirkung der Elasticität von M auf m , m bekommt also außer der Geschwindigkeit $\frac{1}{2}(C - c)$, die es ohne Wirkung der Elasticität hatte, noch die $\frac{1}{2}(C + c)$, also ist seine Geschwindigkeit in allem $= C$. Folglich springen elastische Körper von gleichen Massen, die sich mit ungleichen Geschwindigkeiten gegen einander bewegen, nach dem Stoße mit verwechselten Geschwindigkeiten von einander zurück.

§. 129.

Die Ruhet einer dieser elastischen Körper von gleichen Massen, und bewegt sich der andere gegen ihn: so wird der ruhende des andern Geschwindigkeit und Richtung bekommen, dieser aber dagegen ruhen. Wäre der ruhende elastische Körper sehr groß von Masse, oder dergestalt befestigt, daß er eben so anzusehen wäre (§. 127 Anm.), so muß dennoch der daran stoßende Körper ruhen, sobald der Stoß geschehen ist. In der letzten Hälfte des § scheint Hr. E. sich nur den ruhenden Körper als unendlich zu denken, den anstoßenden aber nicht; und ist dieses, so ist der Schluß falsch, denn der anstoßende Körper wird alsdann mit der Geschwindigkeit zurückfahren, mit der er angestoßen hat. Sind aber beide gleich und unendlich, so kann gegen einen anstoßenden unendlichen Körper kein anderer, bloß seiner Unendlichkeit wegen, als fest gedacht werden.

werden. Nähme man aber überhaupt einen unendlich großen Körper und einen völlig fest stehenden beim letzten Falle für einerley, so findet gar kein Stoß Statt. L.)

S. 130.

Ist aber nur einer von diesen beiden Körpern elastisch, es sey der ruhende oder der unbewegliche, und der andere hart; oder umgekehrt: so muß der, der sich gegen den unbeweglichen bewegte, mit eben der Geschwindigkeit von ihm zurückspringen oder reflectirt, zurückgeworfen werden, mit welcher er gegen ihn stieß; und zwar in einer Richtung, die derjenigen gerade entgegengesetzt ist, worin er sich gegen jenen bewegte. Wäre nämlich keiner von beiden Körpern elastisch, so würde Ruhe nach dem Stoße erfolgen; ist aber einer elastisch, so kann durch die wieder erfolgende Ausdehnung der zusammengedrückten Theilchen nur der bewegliche Körper fortgetrieben werden, und die Elasticität wirkt so stark, als die Wirkung war, welche zusammendrückte; folglich bleibt die Geschwindigkeit eben so groß, wie sie vor dem Stoße war. Im 129 S., wo beide Körper elastisch angenommen wurden, heben sich hingegen die Wirkungen der Elasticität einander auf. (S. den Zusatz zum vorhergehenden S. L.)

Versuche mit der von Toller verbesserten Mariottischen Maschine. L.

B 2

S. 131. *

§. 131. a

Die bisher vom Stöße der Körper vorgebrachten Sätze lassen sich deswegen in Versuchen nicht ganz genau zeigen, weil es in der Natur weder vollkommen unelastische, noch vollkommen elastische Körper giebt. Man nimmt daher zu den mit den harten und weichen Körpern anzustellenden Versuchen nur solche Körper, bey denen sich die Elasticität in dem geringsten Grade befindet; zu den Versuchen aber mit elastischen Körpern solche, welche nicht nur sehr elastisch sind, sondern auch diese Eigenschaft in einem gleich großen Grade besitzen: dann muß man aber auch freylich zufrieden seyn, wenn die Erfahrung nur ungefähr mit der schärfern Theorie übereinstimmt. Gleiche Geschwindigkeit giebt man den Körpern dadurch, daß man sie von gleichen Höhen; ungleiche dadurch, daß man sie von ungleichen Höhen fallen läßt (§. 101).

§. 131. b

Anmerkung. In den Vorlesungen werden Anwendungen des hier gelehrtten auf den Stoß der Körper von ungleichen Massen gemacht. Merkwürdig ist hier das Beispiel, womit Huygens sein Werk de motu corporum ex percussione in s. opp. polih. beschließt. Von zwey elastischen Körpern, deren Masse sich wie 2:1 verhalten, ruhe der kleinere, und werde von dem größern mit einer Geschwindigkeit = 1 gestoßen: so läßt sich aus dem vorhergehendem leicht darthun, daß der kleinere mit einer Geschwindigkeit von $\frac{4}{3}$ fortgehen wird. Berührte nun der kleinere Körper wieder einen andern, der zu ihm eben die Verhältniß hätte, die er selbst zum größern hat, so würde dieser drittz

britte bey obigem Stoß eine Geschwindigkeit = $(\frac{4}{3})^2 = \frac{16}{9}$ erhalten. Wenn also in einer Reihe aneinander liegender Körper, deren Masse in einer geometrischen Progression fortgehen, im gegenwärtigen Fall also sich wie 1 : 2 : 4 : 8 . . . verhielten, der größte an den nächsten kleineren mit einer Geschwindigkeit = 1 anstieße, so würde, wenn der Körper etwa hundert wären, der kleinste und hundertste mit einer Geschwindigkeit = $(\frac{4}{3})^{99}$ fortfliegen. Mit Logarithmen läßt sich die Rechnung, für den gegenwärtigen Zweck genau genug, leicht finden. Nach Hrn. Hofr. Kästners Rechnung (Analect. Mech. 2te Aufl. 1793. S. 526.) fällt diese Zahl zwischen 2338400000000 u. 2338500000000, Folgerungen hieraus, und Versuche im Kleinen kommen in den Vorlesungen vor. 2.)

Vom Stöße der Körper, die mit unvollkommenen Elasticitäten begabt sind, handelt HERRERT in den Saarlemer Verhandlungen B. 1. Stück 1. 2.

§. 132.

Verwickelter und weitläufiger ist die Lehre vom Stöße mehrerer Körper zugleich und vom schiefen Stöße. Hier kann einiges zur Probe gleichsam bengebracht werden. Wenn zweien oder mehrere Körper, deren Richtungen einen Winkel einschließen, gerade und zugleich gegen einen andern stoßen: so muß bey der davon erfolgenden Wirkung auf das Rücksicht genommen werden, was zuvor von der zusammengesetzten Bewegung bengebracht worden ist (§§. 60. 62.) Stößt ein Körper einen andern nicht unmittelbar sondern durch einen oder mehrere dazwischen liegende Körper: so ist ein jeder dieser dazwischen liegenden Körper als gestoßener und stoßender Körper anzusehen, und darnach die erfolgende Wirkung zu beurtheilen.

§. 133.

Ein Körper stöße in einer schiefen Richtung, von E, 22 Fig. in der Richtung EC gegen BA: so wird seine Bewegung als EB und EF zusammengefaßt angesehen werden können (§. 60). Vermöge EF wird der Körper gar nicht in BA wirken können, da die genannten Linien parallel laufen; nur durch BE, welches auf BA senkrecht steht, wird E auf BA im Stöße wirken. Je kleiner hier also EB in Vergleichung mit EF ist, das heißt je schief der Stoß ist, desto geringer wird die Wirkung des stoßenden Körpers auf den gestoßen werdenden seyn.

§. 134.

Bei erfolgender Reflexion wird der Körper den Weg CD zurücklaufen, so, daß der Reflexionswinkel oder Zurückprallungswinkel (angulus reflexionis) x dem Einfallswinkel (angulus incidentiae) y gleich ist. Denn bei dem Zurückwerfen wird der Körper nach der Zusammensetzung der Bewegung nach CF zurückgeworfen, der reflectirten Richtungen von EB; zugleich aber wird er in der Richtung EF von C aus, also nach CA, fortgetrieben, wo dann aus den beiden äußern Kräften CF und CA die mittlere CD entsteht, und wo wegen der Gleichheit der beiden Parallelogrammen BECF und CFAD auch die Winkel x und y einander gleich sind.

§. 135.

S. 135.

Noch mehr entschuldigen mich die engen Grenzen, welche ich mir hier zu setzen habe, wenn ich nichts von dem Leibnizischen Unterschiede unter lebendigen und todten Kräften, von dem berühmten Streite über das Maaß der Kräfte und dem merkwürdigen Grundsatz von der kleinsten Wirkung sage. Diese Lehren sind ihrer Natur nach zu weitläufig, als daß sie sich in die Kürze fassen ließen welche diese Anfangsgründe erfordern. Diejenigen, welche Lust haben, tiefer in die Geheimnisse der Natur einzudringen, werden sich auch nicht verdrießen lassen, die Natur sorgfältiger und ausführlicher zu studiren.

S. 136.

Man sagt von dem stoßenden Körper, daß er dem gestoßenen, den er aus dem Zustande der Ruhe in den Zustand der Bewegung versetzt, Bewegung mittheile. Dieser Ausdruck läßt sich ohne Zweifel rechtfertigen, ob wir gleich nicht wissen, wie eigentlich Mittheilung der Bewegung geschieht. So wirkt auch ohne Zweifel der stoßende Körper in den gestoßenen mit einer gewissen Kraft, die von der Größe seiner eignen Bewegung abhängt.

S. 137.

Aber der stoßende Körper wirkt anders auf den ruhenden Körper, als auf den schon in Bewegung gesetzten; und anders auf den langsam,

B 4

als

als auf den geschwinder sich bewegenden, u. s. w. So verhält es sich nicht mit der Schwere, die auf alle Körper in jedem Zustande auf einerley Weise wirkt (§. 101). Wenn man daher die Kraft der Schwere eine absolute Kraft nennt (§. 110), so heißt die Kraft des Stoßes dagegen eine relative Kraft.

Vom Reiben.

§. 138.

Ein Körper ist rauh, wenn einige von seinen Theilchen auf der Oberfläche über die andern hervorragen. Wir haben keinen Körper, der nicht, eigentlich zu reden, rauhe Oberflächen hätte, wenn sie uns auch gleich öfters völlig glatt erscheinen; vermindern können wir zwar diese Rauigkeit, aber niemahls gänzlich vernichten: dieß ist notwendig, bey Körpern, die Zwischenräume haben. Wenn also ein Paar solcher rauher Körper sich über einander weg bewegen, so fassen die Erhabenheiten des einen in die Vertiefungen des andern ein und widerstehen der Bewegung mehr oder weniger, nach den verschiedenen Graden der Rauigkeit und nach der verschiedenen Art der Bewegung selbst; das heißt die Körper reiben sich.

§. 139.

Amontons (a) schließt aus den von ihm darüber angestellten Versuchen, das Reiben richte sich

sich nur nach der Stärke des Druckes, nicht aber nach der Größe der Flächen, die sich auf einander reiben. Er setzt das Reiben einem Drittheile des Druckes ohngefähr gleich; Parent (b) aus theoretischen Gründen sieben Zwanzigtheilen, Bülsfinger (c) einem Vierteltheile. Es scheint aber wohl, als ob es zugleich mit auf die Größe der Flächen dabey ankomme, so wie auch unstreitig mit auf die Geschwindigkeit der Bewegung gesehen werden muß. (Auch wird bey größerem Druck der Widerstand verhältnißmäßig geringer, weil größerer Druck manche Rauigkeit zerquetscht, die bey kleinerem hindert. L.) Ueberhaupt werden sich nicht wohl allgemeine Regeln über die Größe des Reibens geben lassen, da die Rauigkeit und Härte verschiedener Körper schwer unter einander zu vergleichen ist. Musschenbroek (d) hat vorzüglich auf eine Menge von sorgfältig angestellten Versuchen Bedacht genommen.

(a) Histoire de l'acad. roy. des sciences. 1699. pag. 104.

(b) Ebendas. 1700. pag. 147. Memoir. 1704. pag. 173. 206.

(c) Comment. acad. imp. petrop. Tom. II. pag. 403.

(d) Introd. ad philos. natural. Tom. I. pag. 145.

Die Kürze verbietet mir noch mehrere Schriftsteller und ihre Gedanken über das Reiben anzuführen. Nur noch ein Paar:

ALBR. LVD. FRID. MEISTER de aberratione attritus a lege inertiae; im I B. der *nov. comment. soc. Goett.* p. 141.

Sur le frottement en tant qu'il ralentit le mouvement, par M. LAMBERT; im *den nouv. mens. de l'acad. de Berl.* 1772. pag. 9.

- Esperienze intorno alla Resistenza del Sfrigliamento del Legno e de' Metalli ed a quella prodotta dalla durezza e ruviditezza delle corde, fatte dal Capitano Ingegnere PAOLO DE LANGEZ. Verona, 1782. 8.
- Teoria e Pratica delle Resistenze de' solidi ne' loro Attiti, dall' Abate LEONARDO XIMENES. P. I. Pisa 1782. P. II. Firenze, 1782. 4.
- Sur la Theorie des machines simples en ayant egard au Frottement de leur parties et à la Roideur des Cordages, par M. COULOMB, piece qui a remporté le prix double de l'academ. des Sc. pour l'année 1781. Ein Auszug daraus siehet in Roziers Journal. Sept. 1785.
- Diff. de frictione, auctore MATTH. METTERNICH, Erford. 1786 4.
- Ebendes. Abhandl. von dem Widerstande der Reibung, eine von der Fürstl. Jablonnowskischen gelehrten Gesellschaft gekrönte Preisschrift, mit einem Anhange von der Straffheit der Seile vermehrt. Frankf. u. Mainz. 1789. 8.
- Eine Abhandlung von Hrn. Vince über die Bewegung der dem Reiben unterworfenen Körper in den Phil. Transf. Vol. 75. P. I. Nr. 10. 2.

§. 140.

Es würde hier auch zu weitläufig fallen, zu erzählen, wie man die Größe des Reibens vermittelst Gewichte, und auch wohl an einer besonders dazu eingerichteten Maschine untersuchen hat, die man ein Tribometer nennt. Ich will nur einige einzelne darüber gemachte Beobachtungen anführen, die ich zu meiner gegenwärtigen Absicht für die nützlichsten halte.

1) Holz reibt sich weniger, wenn es nach der Länge seiner Fasern bewegt wird, als in die Quere.

2)

2) Stahl reibt sich am wenigsten auf Messing, mehr auf Bley, noch mehr auf Kupfer, noch mehr auf Guajakholz, noch mehr auf Stahl, am stärksten auf Zinn.

3) Metalle und Hölzer reiben sich meistens am stärksten auf Metallen und Hölzern von der nämlichen Gattung.

S. 141.

Einige Regeln, das Reiben an den Maschinen so viel möglich zu vermindern und die Bewegung der Maschinen dadurch zu erleichtern:

1) Man bringe nur solche Körper an einander, von denen die Erfahrung lehrt, daß sie sich am wenigsten auf einander reiben.

2) Man suche die Berührungspuncte dieser Körper so viel als möglich zu vermindern.

3) Man lasse die Theile wo möglich nicht sowohl auf einander weggliedern als vielmehr sich über einander drehen. (rollen. L.)

4) Das Reiben wird bey vielen Materien durch dazwischen gebrachtes Fett, Oehl, Theer, Seife, Wasserbley, und andere glatte Sachen vermindert, jedoch nicht immer. Holz auf Holz, Messing auf Messing verträgt z. B. gar kein Fett.

(Hierbey von dem mannigfaltigen Nutzen, den das Reiben sowohl im gemeinen Leben als auch selbst bey manchen Maschinen gewährt. L.)

Bom

Vom Widerstande, den Körper von flüssigen erleiden, in denen sie sich bewegen.

§. 142.

Ein Körper der sich innerhalb eines flüssigen bewegen soll, muß nothwendig dabey die vor ihm liegenden Theile des flüssigen Körpers beständig fortstoßen, und dieß kann nicht anders geschehen, als daß der Körper dabey von seiner Bewegung verliert. Je größer die Fläche des Körpers ist, die er dem flüssigen entgegen bewegt, desto größer muß also der Widerstand des flüssigen Körpers seyn, und desto mehr muß also jener, der sich in dem flüssigen bewegt, von seiner Bewegung verlieren.

§. 143.

Aber es kömmt auch unstreitig dabey mit auf die Dichtigkeit des flüssigen Körpers an, in welchem sich ein anderer Körper bewegt. Je mehr Masse der flüssige Körper hat, um desto mehr Theile von ihm müssen von dem andern Körper in Bewegung gesetzt oder fortgestoßen werden, und um desto mehr muß dieser also von seiner Bewegung verlieren. So widersteht Wasser mehr als Luft, Quecksilber mehr als beide.

§. 144.

Endlich wenn man bey der Bestimmung des Widerstandes, den flüssige Körper andern, die sich

sich in ihnen bewegen, leisten, auch die Geschwindigkeiten der in flüssigen Materien bewegten Körper verschieden sezt, so fällt bald in die Augen, daß in einerley Zeit bey einer doppelten Geschwindigkeit noch einmahl so viele Theile des flüssigen Körpers nicht allein fortgestoßen, sondern auch diesen Theilen eine noch einmahl so große Geschwindigkeit gegeben werden müsse, als wenn sich der Körper nur mit einfacher Geschwindigkeit in dem flüssigen bewegt hätte. Noch einmahl so viel Masse in eine noch einmahl so große Geschwindigkeit zu sezen, dazu wird wohl viermahl mehr Kraft erfordert werden, die dem in der flüssigen Materie bewegten Körper von seiner Bewegung entgeht. Der Widerstand, den ein Paar gleicher Ebenen, die durch einerley widerstehende Materie so bewegt werden, daß solche senkrecht auf sie stößt, erleiden, verhält sich also wie die Quadrate der Geschwindigkeiten, womit sich die Körper bewegen.

Specimen hydrodynamicum de resistentia corporum in fluidis motorum, auctore IAC. ADAMI. Berol. 1753. 4.

Bev der Bestimmung des Widerstandes flüssiger Körper, die zugleich in Bewegung sind, muß mit auf die Größe und Richtung dieser Bewegung gesehen werden.

S. 145.

Das bisher über das Reiben und den Widerstand flüssiger Materien Beygebrachte kann nun zeigen, wie beides Aenderungen in den Bewegungen der Körper hervorbringen muß, die ohne

ohne Reiben und Widerstand ganz anders erfolgt seyn würden. So kommen eben deswegen Körper, die einmahl in Bewegung gesetzt worden sind; Pendel, die man schwingen läßt, endlich zur Ruhe, da sie sich sonst immerfort hätten bewegen müssen (§. 53); so können Körper auf schiefen Ebenen durch das Reiben (§. 96 Anm.) liegend erhalten werden, von welchen sie sonst durch die Schwere hätten herab getrieben werden müssen, und so benimmt das Reiben einer jeden Maschine einen Theil der sonst von ihr zu erwartenden Wirkung.

* Ueber die schiefe Ebene mit Betrachtung der Frikzion von A. G. Kästner im Leipziger Magazin, 2ten Jahrg. 1ten St.

S. 146.

Durch den Widerstand, den flüssige Körper solchen Körpern leisten, die sich in ihnen bewegen, wird die Bewegung eines Schiffes im Wasser durch Ruder, das Schwimmen und Fliegen der Thiere u. d. gl. m. möglich. Hier stützen sich gleichsam diejenigen Werkzeuge, welche die Bewegung ausüben, gegen flüssige Körper, und wenn diese sogleich ohne Widerstand wichen, so würde dadurch nichts von der verlangten Wirkung erhalten werden.

S. 147.

Dem Widerstande der Luft ist es nur allein zuzuschreiben, daß leichtere Körper langsamer von einer Höhe herabfallen, als schwerere, die auf

auf die Wirkung der Schwere an sich selbst gesehen alle gleich geschwind fallen sollten. Denn man wird ohne Zweifel zugeben, das zween gleich schwere Körper völlig mit einerley Geschwindigkeit fallen: auch selbst wenn sie im Anfange des Falles einander berührten; auch selbst wenn sie dabey fest mit einander verbunden wären: denn warum sollten sie jetzt mit anderer Geschwindigkeit fallen, als vorher? Tausend Steine, wovon jeder ein Loth wiege, unter einander in Einem Stein verbunden, müßten also wohl an sich in eben der Zeit von einer gewissen Höhe fallen, in welcher ein Loth von der nähmlichen Höhe fällt. Wenn also der schwerere Körper geschwinder, der leichtere langsamer fällt, so kann nichts daran Ursache seyn, als die ungleiche Verhältniß der Gewalt im Fallen und des Widerstandes der Luft bey beiden Körpern.

„Dies ist so offenbar, daß sich die Physici schämen sollten, dieser wegen einen Versuch mit der Luftpumpe anzustellen, wenn sie sich anders schämen dürften zu spielen, und dieses nicht eine Schuldigkeit wäre, die ihnen ihre Lehrlinge oft auferlegen.“ Kästn. höh. Mechan. 34 S.

(Das traurigste hiebey ist, daß der Versuch, auf welchen hier gezielt wird, selbst nicht einmahl recht beweiset was er beweisen soll. L.)

S. 148.

Desaguliers hat über den Widerstand, den fallende Körper von der Luft erleiden, in der Paulskirche zu London im Jahr 1719 verschiedene Versuche angestellt, und gefunden, daß dicke Bleyer-

bleyerne Kugeln von ohngefähr zween Zollen im Durchmesser deswegen in $4\frac{1}{2}$ Secunden um 50 Fuß weniger tief fielen, als sie nach der Theorie fallen mußten; gläserne hohle Kugeln von $5\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser aber blieben in Zeit von 6 Secunden gar 288 Fuß zurück. Eben so schwingen schwerere Pendel wirklich geschwinder als leichtere, da sie an sich betrachtet, bey gleichen Längen gleich geschwind schwingen sollten (§. 115 Num. 1). (+)

An account of some experiments made — — to find how much the resistance of the air retards falling bodies, by I. T. DESAGULIERS; in den *philos. transact.* n. 362. Art. 4.

(+) Ueberhaupt aber schwingen auch die Pendel in Fluidis langsamer, als außer denselben und in dichteren langsamer als in dünneren, weil diese die Schwerkraft der Linse vermindern; man hat sie auch zu meteorologischem Gebrauch vorgeschlagen. S. Lambert vom Gange der Pendel-Uhren in den *Berliner Ephemeriden* für das Jahr 1776, im 2ten Theil. S. 215. L.

§. 149.

Gleichfalls eben so hat der Widerstand der Luft seinen Einfluß auf die Bewegung geworfener Körper, sowohl in Ansehung der Geschwindigkeit, mit der sie fortrücken, und der in Verbindung mit ihrer Masse davon abhängenden Gewalt; als auch in Ansehung der Bahn, die sie beschreiben, die in der Natur niemahls parabolisch ist, wie sie seyn sollte (§. 106).

Schrif.

Schriften über die Statik und Mechanik.

- 1) Della scienza mecanica opera del Sign. GALILEO GALILEI; *Opere*, T. I. p. 597.
- 2) Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze attenenti alla mecanica ed a i movimenti locali di GALILEO GALILEI; *Opere*, Tom. II. pag. 479.
- 3) EVANG. TORRICELLII de motu grauium et naturaliter proiectorum liber. Florent. 1644. 4.
- 4) REN. DES CARTES mechanica; in seinen *opp. posthumis*.
- 5) IO. WALLISH tractatus de percussione. Oxon. 1699. 4.
- 6) CHRIST. HUGENIVS de motu corporum ex percussione; in seinen *opp. vell.* Tom. II. pag. 73.
- 7) Traité de la percussion ou choc des corps, par MARIOTTE; in seinen *oeuvr.* Tom. I. pag. 1.
- 8) Hypothesis physica noua, qua phaenomenorum naturae plerorumque causae ab vnico quodam vniuersali motu in globo nostro supposito repetuntur, autore G. G. L. L. Mogunt. 1671, 12; und in LEIBNITII *opp.* Tom. II. Part. II. pag. 3.
- 9) Theoria motus abstracti, autore G. G. L. L. 12; und in seinen *opp.* Tom. II. Part. II. pag. 35.
- 10) Traité de mecanique de M. DE LA HIRE; in *den ancients Mém.* Tom. IX. pag. 1.
- 11) JO. WALLIS mechanica siue de motu tractatus geometricus; in seinen *opp. mathem.* Vol. I. pag. 571.
- 12) JAC. HERMANNI phoronomia, siue de viribus et motibus solidorum et fluidorum libri duo. Amst. 1716. 4.
- 13) JAC. LEYOLDIS theatrum machinarum generale. Lipsi. 1724. fol.
- 14) Nouvelle mecanique ou statique, ouvrage posthume de M. VARIIGNON. à Paris, 1725. 4. Tom. I. II.
- 15) Discours sur les loix de la communication du mouvement par M. JEAN BERNOULLI. à Paris 1727. 4; und in seinen *Opp.* Tom. III. pag. 1.
- 16) LEON. EULERI mechanica, siue motus scientia analytice pertractata. Petrop. 1736. 4. Tom. I. II.
- 17) Traité de dynamique par M. D'ALEMBERT. à Paris, 1743. 4.
- 18) Jens Kraft Forelæsninger over Mechanik. Copen. 1762, 64. 4. 1 und 2 Theil.

- JENS KRAFTII Mechanica latine reddita et aucta a JO. NIC. TETENS. Bütz. et Wislm. 1772. 4.
- 19) Theoria motus corporum solidorum seu rigidorum; auctore LEON. EVLERO. Rost. et Gryphisw. 1765. 4.
- 20) Abr. Gotth. Kästners Anfangsgründe der höhern Mechanik. 8dit. 1766. 8. 2te Aufl. 1793.
- 21) J. S. Lamberts Gedanken über die Grundlehren des Gleichgewichts und der Bewegung; im 2 Theile seiner Beyträge zum Gebr. der Mathem. 363 S.
- 22) Joh. Georg Büsch Mechanik; in seinem Versuch einer Mathem. zum Nutzen und Vergnügen des bürg. Lebens. Hamb. 1776. 8.
- * 3te sehr verm. Auflage Hamb. 1790. 8 zweyter Theil. ebendaf. 1791.
- 23) * Lehrbegriff der gesammten Mathematik. Aufgesetzt von Wencesl. Joh. Gustav Karsten. Greifswald 1769. 8. im dritten und vierten Theil.
- 24) * Zu diesem sowohl als den beyden vorhergehenden Cap. gehört: Grundsätze der reinen Mechanik von Klügel in Eberhards philos. Magazin. I. B. 4. II. B. 1. St.

Fünfter Abschnitt.

H y d r o s t a t i k.

Vom Gleichgewichte flüssiger Körper unter sich selbst.

S. 150.

Die Erfahrung lehrt, daß die Theilchen eines jeden flüssigen Körpers in einem Gefäße eine solche Lage annehmen, daß die Oberfläche desselben horizontal ist. Da ein jeder flüssiger Körper

per