

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. Ann.). 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 Stöße 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. 2.)

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. 2.)

Versuche mit der von Toller verbesserten Mariottischen Maschine. 2.

3 2

S. 131. 2

§. 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 dritte

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 Hrn. 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 weitausläufig, 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,

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