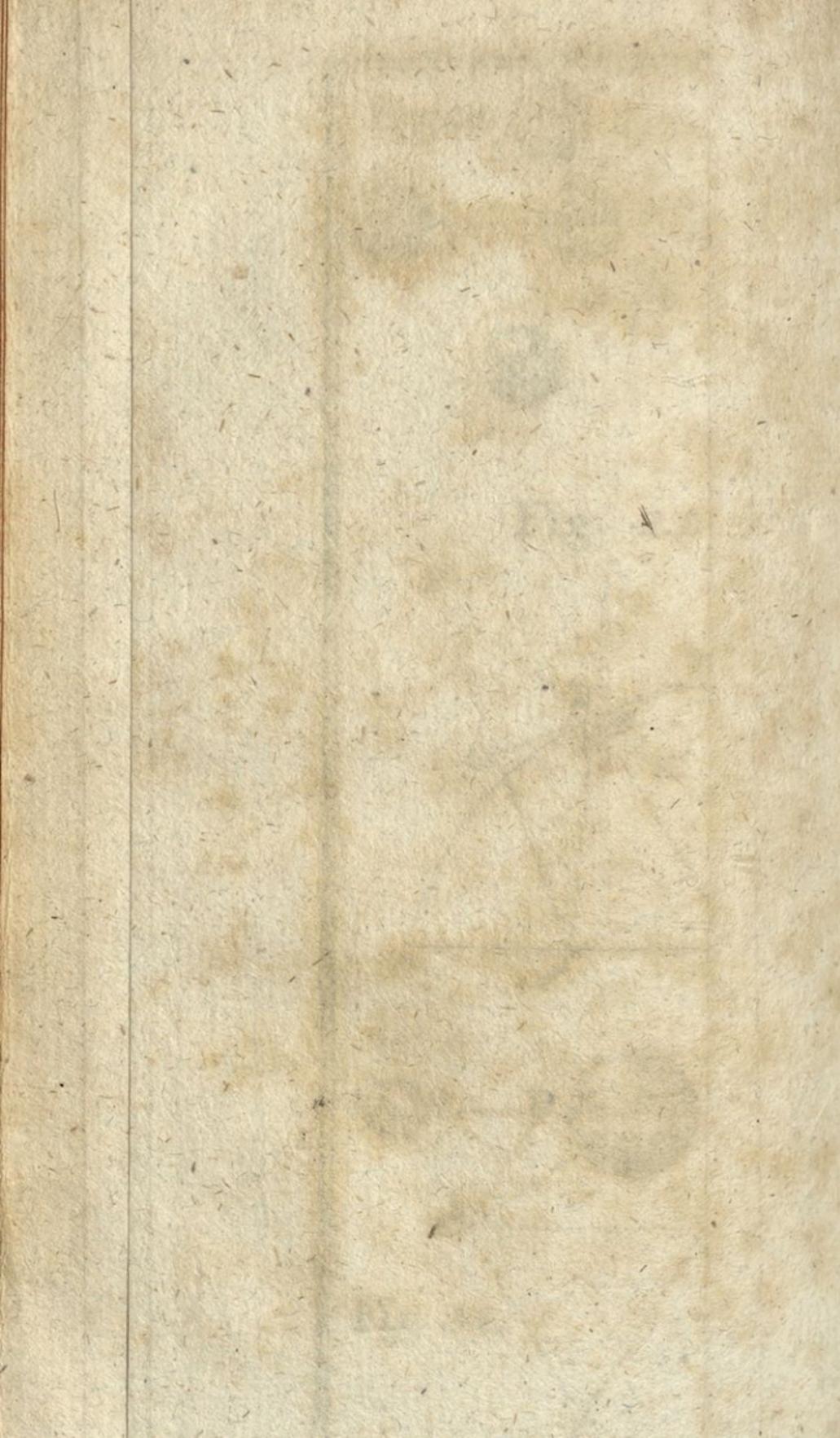


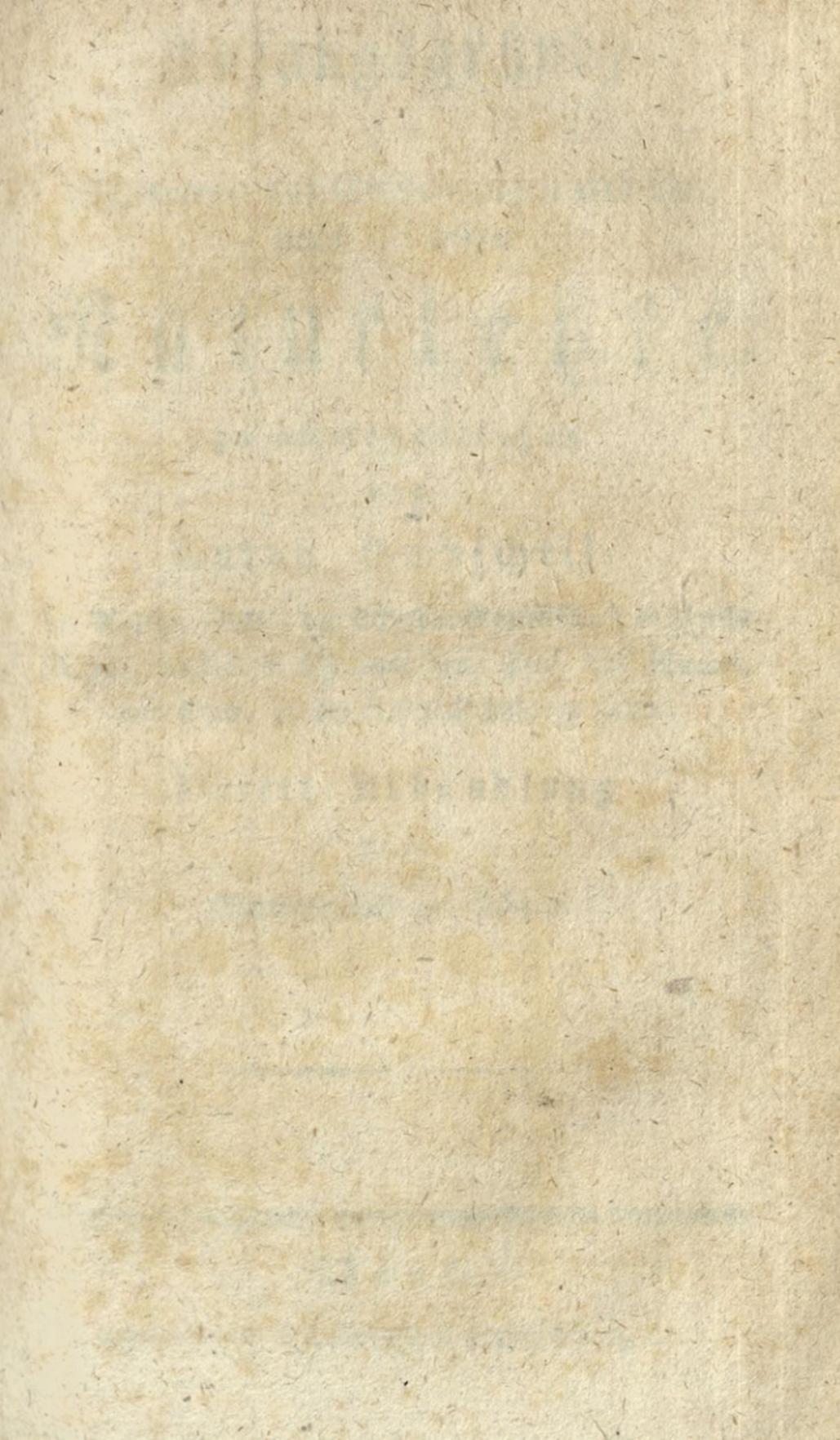
5

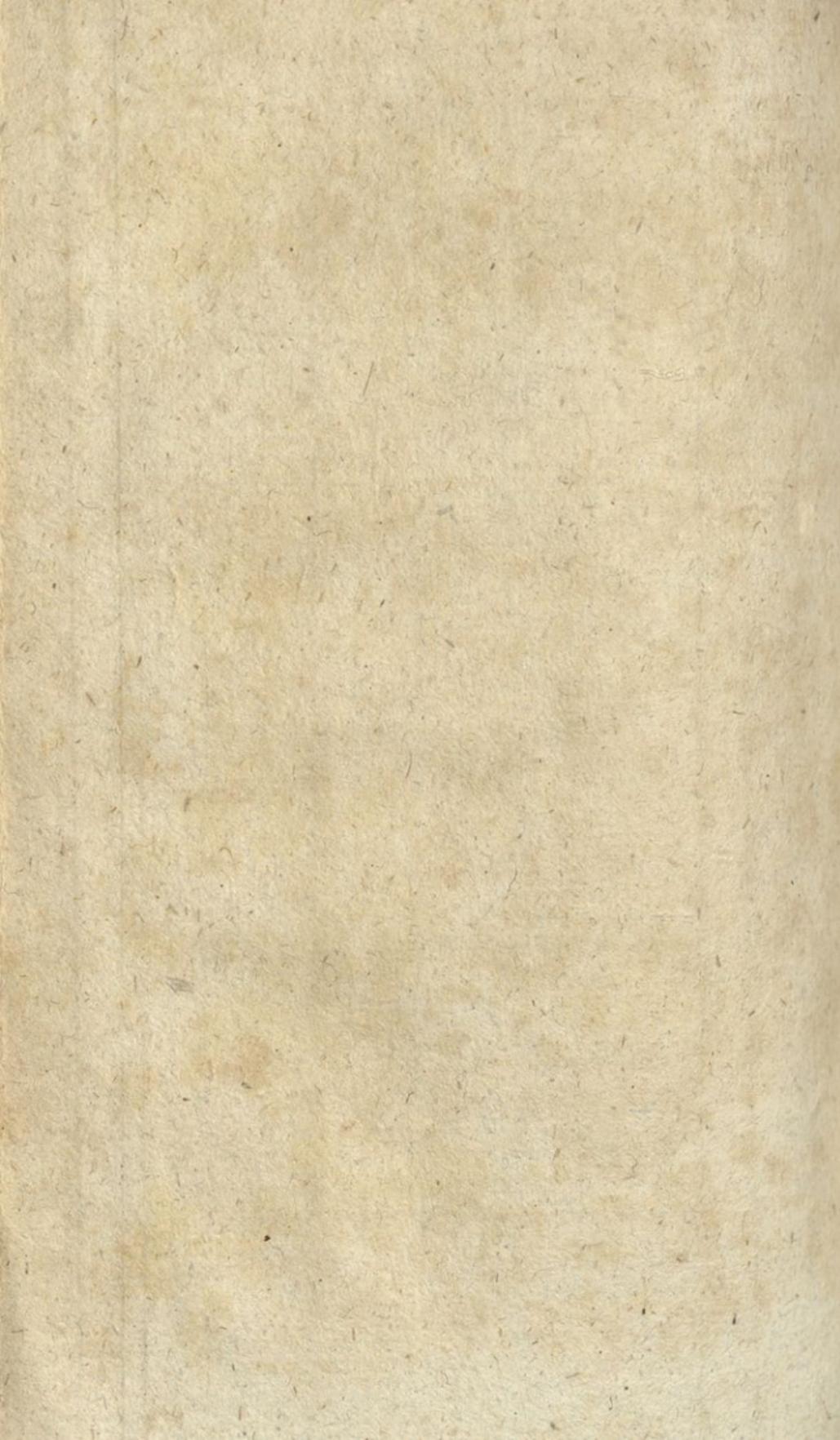
8439. IV. P. J.











Anfangsgründe

der

allgemeinen auf Erscheinungen und Ver-
suche gebauten

Naturlehre,

zusammengetragen

von

Anton Ambshell,

der Weltw. Doct., der Ackerbauesgesellschaft in Krain
Mitgl., und k. k. öff. und ord. Prof. der Naturl.
und Mech. an der hohen Schule zu Wien.

Dritte Abhandlung

vom

Gleichgewichte der Körper.

W i e n,

gedruckt mit Schmidtschen Schriften 1792.

Handwritten text at the top of the page, possibly a title or header, which is mostly illegible due to fading and bleed-through.

177

Handwritten text in the upper middle section, appearing as a list or series of entries.

Large block of handwritten text in the middle section, possibly a detailed list or account.

Handwritten text line, possibly a sub-header or section marker.

178

Handwritten text line, possibly a title or section header.

Large block of handwritten text in the lower middle section, continuing the list or account.

Handwritten text line, possibly a sub-header or section marker.

179

Handwritten text line, possibly a title or section header.

180

181

Handwritten text at the bottom of the page, possibly a footer or concluding note.

Inhalt

der dritten Abhandlung

vom

Gleichgewichte der Körper.

Erster Abschnitt.

Geostatik.

Erstes Kapitel, vom Gleichgewichte, und den Maschinen überhaupt = von § 5 bis § 17.

Zweytes Kapitel, vom Hebel und seinen Anwendungen der Wage, Rolle und dem Rade an der Welle = = = von § 17 bis § 49.

Drittes Kapitel, von der schiefen Fläche, und ihren Abänderungen an der Schraube, und dem Reile = = = von § 50 bis § 57.

Viertes Kapitel, von zusammengesetzten Maschinen überhaupt, und von dem zusammengesetzten Hebel, der Rolle, dem Rade an der Welle, und der Schraube ohne Ende ins besondere = = = von § 58 bis § 59.

Fünftes Kapitel, von dem vorzüglichsten Hindernisse in Maschinen, der Reibung, von § 60 bis § 68.

Z w e y t e r A b s c h n i t t ,

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

Erstes Kapitel, vom Drucke der Flüssigen im Allgemeinen, oder ohne Beziehung auf einen andern Körper = = von § 69 bis § 77.

Zweytes Kapitel, vom Drucke der Flüssigen in die Gefäße, in welchen sie enthalten werden, = = = = von § 78 bis § 82.

Drittes Kapitel, vom Drucke der Flüssigen auf einander, oder in Gemeinschaft habenden Röhren = = = von § 83 bis § 87.

Viertes Kapitel, vom Drucke der flüssigen auf die festen in jene getauchten Körper, und der Art, die eigenthümlichen Gewichte zu bestimmen, = = = = von § 88 bis § 98.

Fünftes Kapitel, von den Folgen des Druckes der Flüssigen auf ihre Bewegung aus den Gefäßen, in welchen sie eingeschlossen sind, von § 99 bis § 112.



Vorbericht.

1.

Die Lehre des Gleichgewichtes der Körper wird Statik genannt. Durch die Verschiedenheit der Natur in festen, und flüssigen Körpern sind die Folgen der nämlichen Ursache des Druckes, der im Gleichwichte betrachtet wird, und der nämlichen Gesetze des Gleichgewichtes verschieden. Diese Folgen, welche beym Gleichwichte in Erwägung kommen, können daher in festen, und flüssigen Körpern unter einem nicht betrachtet, und bestimmt werden. Hierinn liegt der Grund, diese Lehre in zwey die Geo- und Hydrostatik enthaltende Abschnitte zu theilen; im ersten vom Gleichwichte überhaupt, und dann von dessen verschiedenen Bestimmungen bey festen, im zweyten aber von den Abänderungen ihrer Folgen bey flüssigen Körpern zu handeln.

A

2.

2.

Da wir nur jene Bestimmung der Bewegungskraft, welche Schwere genannt wird, genau berechnen, die übrigen aber nur aus dem Vergleich ihrer Wirkungen mit den Wirkungen der Schwere genauer bestimmen können, so wird in der Lehre des Gleichgewichtes vorzüglich nur jener Druck betrachtet, dessen Ursache die Schwerebestimmung ist, und, wenn statt diesem der Druck anderer Kräfte, oder vielmehr anderer Bestimmungen der Bewegungskraft 1. Abh. S. 49 gesetzt werden muß, so bestimmen wir diesen nach jenem. Diese ist die Ursache, warum beym Gleichgewichte überhaupt jeder Druck als Gewicht 1. Abh. S. 56, oder als eine Wirkung der Schwerebestimmung betrachtet wird.

3.

Gleichwie die Theile der flüssigen Körper durch ihre Schwerebestimmung ihres freyen Umlaufes und der Schwäche des Zusammenhanges wegen auf einander nicht wirken können, wenn sie nicht in irgend einem Gefäße an einander gehalten werden, und wir die flüssigen Körper eben dieserwegen ohne Gefäße nicht behandeln können; eben so können die festen irdischen Körper aus Mangel des Zusammenhanges durch ihre Schwerebestimmung auf einander nicht wirken, wenn sie nicht durch irgend einen dritten Körper mit einander verbunden sind. Dieser dritte Körper, durch dessen Vermittlung zwey andere auf einander wirken,

fen,

fen, erhält verschiedene Gestalten, und Bestimmungen, von welchen auch den Wirkungen der damit verbundenen Körper gegen einander verschiedene Vortheile, und Abänderungen zukommen, und wird eine Maschine genannt. Daher betrachten wir die Wirkungen fester Körper auf einander an verschiedenen Maschinen, indem wir die Gesetze des Gleichgewichtes derselben an diesen bestimmen; und die Lehre des Gleichgewichtes der festen Körper in der Lehre des Gleichgewichtes der Maschinen abhandeln.

4.

Auf diese Bemerkung gründe ich die Eintheilung beyder Abschnitte dieser Abhandlung vom Gleichgewichte der Körper. Des ersten in 5 Kapitel: 1) vom Gleichgewichte, und Maschinen überhaupt. 2) Vom Hebel, und seinen Anwendungen der Wage, Rolle, und dem Rade an der Welle. 3) Von der schiefen Fläche und ihren Abänderungen an der Schraube, und dem Keule. 4) Von zusammengesetzten Maschinen überhaupt, dann ins besondere von dem Hebel, der Rolle, dem Rade an der Welle, und der Schraube ohne Ende. 5) Von dem Haupthindernisse der Bewegung in Maschinen von der Reibung.

Den zweyten Abschnitt fasse ich eben auch in 5 Kapiteln zusammen. Im 1) werde ich den Druck der flüssigen Körper im Allgemeinen, 2) in die Gefäße, in welchen sie enthalten werden, 3) gegen einander, 4) auf die festen in die flüssigen

figen getauchten Körper , und die Bestimmung der eigenthümlichen Gewichte , 5) die Folgen des Druckes der flüssigen Körper auf ihre Bewegung aus den Gefäßen , in welchen sie eingeschlossen sind , betrachten.

E r s t e r A b s c h n i t t

G e o s t a t i k .

E r s t e s K a p i t e l

v o m

G l e i c h g e w i c h t e u n d M a s c h i n e n ü b e r h a u p t .

5.

Ohne Bedenken muß man annehmen , daß Gleichgewicht die Gleichheit der Gewichte bedeute. Die Wirkung der Schwerbestimmung im Körper nennen wir Gewicht. I. Abh. S. 56. Wir können also den Begriff des Gleichgewichtes durch die Gleichheit der Schwerbestimmung erklären. Diese Wirkungen müssen Einfluß auf einander haben , sonst würde derselben Gleichheit ohne Erfolg auf die ins Gleichgewicht zu setzenden Körper seyn. Die Schwerbestimmung als eine allgemeine Eigenschaft der Körper wirkt zwar auf alle , und jede , auf jeden Theil des Körpers , wie auf den ganzen , ist in allen die nämliche , und im nämlichen Verhältnisse. I. Abh. SS. 43.

53. 54. 55. 57. Allein die Wirkung, welche von dieser Bestimmung in einem Körper erzeugt wird, erstreckt sich auf keinen der übrigen, hat keinen Einfluß auf einen anderen, wenn der eine Körper auf dem anderen nicht aufliegt, oder vermittelst einer anderen durch die Schwere bestimmten Eigenschaft auf diesen nicht wirkt, oder endlich beyde, wenn sie feste Körper sind, mit einem dritten nicht so verbunden sind, daß ihre Wirkungen der Schwerebestimmung auf den dritten, und hiemit auch auf einander entgegengesetzt sind. Zum Gleichgewichte werden daher nicht nur gleiche, sondern auch entgegengesetzte Wirkungen der Schwerebestimmung erfordert.

6.

Bev den flüssigen Körpern, wie wir sehen werden, ist die mit der Flüssigkeit verbundene Elastizität jene Eigenschaft, welche von der Schwere bestimmt bewirkt, daß die Wirkungen dieser Bestimmung in jeden zwey neben einander stehenden Säulen entgegengesetzt sind. Diese Erwägung gehöret daher in den zweyten Abschnitt.

Wenn der dritte Körper, mit welchem zwey oder mehr andere verbunden sind, in der nämlichen, in welcher die Schwerebestimmung wirkt, oder in der gerade entgegengesetzten, oder endlich in einer zu dieser schiefen Richtung beweglich ist, so wird der Verbindungskörper zur Zusammensetzung der Bestimmungen, welche er von den verbundenen Körpern erhält, bestimmt, 2. Abh.

§. 64., und die Wirkungen der Schwerbestimmung in den verbundenen Körpern werden nie so entgegengesetzt seyn, wie sie es im Gleichgewichte seyn sollten. Bey festen Körpern daher, welche im Gleichgewichte zu betrachten kommen, muß der Verbindungskörper so bestellt seyn, daß er in einem Punkte befestiget keiner anderen, als einer Kreisbewegung um diesen Punkt fähig sey.

Tab. 1. Wenn Tab. 1. Fig. 1. die zwey Körper K
Fig. 1. und L im Gleichgewichte seyn sollen, so muß ihr Verbindungskörper KL in einem Punkte U befestiget, und nur um diesen festen Punkt beweglich seyn.

7.

Sind die Wirkungen zweyer Körper gleich, und gerade entgegengesetzt, so folget keine Bewegung. Die Körper, welche mit einander im Gleichgewichte sind §. 5., müssen daher ruhen, und im Gleichgewichte kommt nur der Druck derselben in Erwägung. 2. Abb. SS. 61. 16. Diesemnach kann das Gleichgewicht der Körper überhaupt durch die Gleichheit ihrer entgegengesetzten Drücke erklärt werden.

8.

Die Massen der zwey im Gleichgewichte stehenden Körper müssen überhaupt im verkehrten Verhältnisse jener Geschwindigkeiten seyn, welche sie hätten, wenn einer den anderen durch seine Bestimmung in der Bewegung nicht hinderte. $M:m::g:G$, und umgekehrt;

gekehrt; wenn die Massen in diesem Verhältniße stehen, sind sie im Gleichgewichte.

Von was immer für einer Bestimmung der Druck der Körper herkomme, ist: $P : p :: MG : mg$, wenn G und g nämlich die Geschwindigkeiten der Körper ausdrücken, mit welchen diese sich bewegen würden, wenn ihre Kräfte kein hinreichendes Hinderniß der Bewegung fänden. 2. *Abh.* S. 16. Im Gleichgewichte müssen die Drücke gleich seyn S. 7., folglich $P = p$. Im Gleichgewichte muß also auch überhaupt $MG = mg$, und eben daher auch $M : m :: g : G$ seyn; und umgekehrt, wenn $M : m :: g : G$, so ist Gleichgewicht.

9.

Setzen wir, daß *Tab.* 1. *Fig.* 1. der Verbindungskörper KL keine Schwere habe, und dessen Befestigung im gemeinschaftlichen Schwerpunkte U der Körper K und L genommen werde, so ist leicht zu erweisen: daß diese zwey Körper jederzeit im Gleichgewichte seyn müssen. Wenn wir die Massen der Körper K und L , M und m nennen, so sind ihre Schwerbestimmungen wie M und m . 1. *Abh.* S. 55. Die Wirkung, welche der Körper K durch die Verbindung KL auf jeden Theil des L ausübet, ist $= M$, und die Wirkung des L auf jeden Theil in K muß $= m$ seyn. 2. *Abh.* S. 52. Um die Wirkungen zu haben, welche jeder ganze Körper empfindet, muß die gemeinschaftliche Wirkung der Theile mit ihrer

Zahl, das ist, mit der Masse des Körpers multiplicieret werden. M also mit der Masse des L multiplicieret giebt die Wirkung des K auf den ganzen Körper L , und m mit der Masse des K multiplicieret giebt die Wirkung des L auf den ganzen Körper K . In K ist die Wirkung $= m \times M$, in L aber $= M \times m$, Welche zwey Producte sicher gleich sind. Sie sind aber auch gerade entgegengesetzt diese Wirkungen, denn die Bestimmung, welche den Körper K herabdrückt, hebt den Körper L hinauf, und umgekehrt. Wenn also im gesetzten Falle, daß KL keine Schwere habe, der feste Punct in dem gemeinschaftlichen Schwerpunkte U genommen wird, sind die Wirkungen der zwey Körper immer gleich, und gerade entgegengesetzt. Worinn das Gleichgewicht bestehet.

10.

Weil $M : m :: LU : KU :: a : A$. 2. Abb. S. 47., so kann ohne Veränderung des Verhältnißes statt m , KU , oder A , und statt M , LU , oder a gesetzt, und obgedachte zwey gleiche Producte $m \times M$ und $M \times m$ S. 9. in folgende verändert werden: $A \times M$, und $a \times m$. Es ist also im angenommenen Falle auch $M \times A = m \times a$, folglich $M : m :: a : A$. Wenn daher der feste Punct des Verbindungskörpers ohne Schwere auf den gemeinschaftlichen Schwerpunkt der Körper fällt, sind im Gleichgewichte die Massen der Körper jederzeit im verkehrten Ver-

Ver-

Verhältnisse ihrer Abstände von dem festen Punkte, und bey der nähmlichen Beschaffenheit des Verbindungskörpers sind die verbundenen Körper jederzeit im Gleichgewichte, wenn ihre Massen im verkehrten Verhältnisse der Abstände vom festen Punkte sind.

Kein Verbindungskörper aber ist ohne Schwere. Der feste Punct fällt nicht immer auf den gemeinschaftlichen Schwerpunct der verbundenen Körper, und kann oft im nähmlichen Punkte ohne Nachtheil auch gar nicht genommen werden. Die Gestalten des Verbindungskörpers sind von jener der unbiegsamen Linie KL oft sehr verschieden, ungeachtet daß in einer bestimmten Beziehung jeder Verbindungskörper als eine Linie angesehen, und hiemit alle unter einer einzigen Art betrachtet werden können. Erst bestimmtes verkehrte Verhältniß der Abstände von dem gemeinschaftlichen Schwerpuncte kann also für die Massen der im Gleichgewichte stehenden festen Körper nicht allgemein angenommen werden.

II.

Von Körpern, welche mit einander verbunden sind, kann sich einer ohne den anderen nicht bewegen. Ihre Bewegungen sind daher gleichzeitig, und die beschriebenen, oder auch zu beschreibenden Räume müssen wie die Geschwindigkeiten seyn. 2. Abh. S. 10. Da also im Gleichgewichte stehende Körper mit einander verbunden seyn müssen S. 5., so würden ihre Bewegungen

gleichzeitig seyn, und die Geschwindigkeiten, welche sie in diesem Falle haben würden, sind wie die zu beschreibenden Räume: $G : g :: R : r$. Im Gleichgewichte aber ist überhaupt: $M : m :: g : G$, §. 8. also ist im Gleichgewichte auch: $M : m :: r : R$, und, wenn: $M : m :: r : R$ sind die Körper im Gleichgewichte.

Da die zu beschreibenden Räume der im Gleichgewichte stehenden Körper und derselben Verhältnisse bestimmt werden können, so kann man aus diesem Verhältnisse der Räume auch die verschiedenen Verhältnisse bestimmen, in welche jenes in verschiedenen Umständen verwandelt wird. Diese Bemerkung kann durch ein und anderes Beyspiel bey mündlichen Vortrage in das erforderliche Licht gesetzt werden. Ich werde zur Bestimmung erstgedachter Verhältnisse für jeden Fall bey Maschinen sowohl, als bey flüssigen Körpern einen anderen Weg einschlagen, welcher mir einleuchtender zu seyn scheint.

12.

Eine Maschine ist jeder Kűstzeug oder aus Theilen zusammengesetztes Werk, durch welches eine Bewegung leichter, schneller, oder wenigstens bequemer erhalten, oder auch gehindert wird. Die mit diesen sich beschäftigende Lehre ist die eigentliche Maschinenlehre. Diese wird zwar oft auch Mechanik genannt; allein in diesem Verstande ist die Bedeutung der Mechanik zu sehr

sehr eingeschränkt, nachdem sie in ihrem Umfange die Lehre aller Bewegungen begreift.

13.

Die Maschinen geben jene Verbindung, welche zwischen zwey festen Körpern jederzeit, oft aber auch zwischen flüssigen und festen seyn muß, damit sie auf einander so wirken können, wie es die Umstände erheischen S. 3. Der Verbindungskörper muß jederzeit einen festen Punct haben, um welchen er sich bewegen läßt S. 6. Auf diesen Punct ist er gestützt, und ruhet im Gleichgewichte. Jede Maschine muß daher einen Ruhepunct, eine Unterlage haben. Dieser wird auch *Gypomochlion* genannt. Die zwey Körper, welche vermittelst der Maschine auf einander wirken, müssen an die Maschine greiffen, oder damit verbunden seyn. Es müssen daher bey jeder Maschine nebst dem Ruhepuncte noch zwey andere vorhanden, und zu betrachten seyn, an welchen die auf die Maschine wirkenden Körper angebracht werden.

Da die Wirkungen der an die Maschine angebrachten und im Gleichgewichte zu betrachtenden Körper entgegengesetzt sind S. 6.; so muß eine dieser Wirkungen die Bewegung der Maschine hindern, welche von der anderen gesucht wird. Aus diesem Grunde ist bey jeder Maschine einer der zwey auf sie wirkenden Körper, oder vielmehr eine der zwey Wirkungen dieser Körper als *Widerstand* oder *Last*, die andere als *Kraft*

zu betrachten. Gemeiniglich wird die durch die Maschine gesuchte Wirkung für die Last und die Ursache, von welcher diese Wirkung durch die Maschine erzeugt werden soll, für die Kraft angesehen, nachdem wir an Maschinen nicht nur die Wirkungen der Schwer- sondern auch anderer durch Verhältnisse gegen diese berechneten Bestimmungen der Bewegungskraft betrachten.

Diesemnach werden die zwey Punkte, welche obgedachter Massen nebst jenem der Unterlage bey jeder Maschine vorhanden seyn müssen, die Punkte der Kraft und Last genannt, und jede Maschine muß diese drey Punkte: der Unterlage, der Kraft, und der Last haben.

14.

Wenn eben erklärte drey Punkte an der Maschine nur einmal vorhanden sind, ist sie einfach. Sind in einem Rüstzeuge mehrere einfache mit einander so verbunden, daß eine ohne die andere sich nicht bewegen könne, oder, daß die Bewegung der folgenden die Last der vorhergehenden werde, so ist der Rüstzeug eine zusammengesetzte Maschine. Diese können in gleich- und ungleichartige eingetheilet werden, je nachdem die einfachen in denselben verbundenen Maschinen alle von den nämlichen, oder von verschiedenen Gattungen sind.

15.

Einfache Maschinen zählet man insgemein sechs. Den Sebel, die Rolle, das Rad an der Welle,

Welle, die schiefe Fläche, die Schraube, und den Keul. Die Zahl ver aus diesen zusammengesetzten Rüstzeuge läßt sich nicht bestimmen.

Die einfachen können zwar alle auf den Hebel zurückgebracht, und nach dessen Lehre behandelt werden, doch führet man selbe insgemein auf zwey Gattungen, den Hebel, und die schiefe Fläche zurück, und folgert die Verhältnisse der übrigen aus diesen. Diesemnach sind nebst der Wage die Rolle, und das Rad an der Welle nur mit einer den verschiedenen Umständen angemessenen Abänderung an der Gestalt sich ergebende Anwendungen des Hebels; die Schraube, und der Keul aber Anwendungen der schiefen Fläche, und werden unter diesen zwey Gattungen betrachtet.

16.

Bey jeder einfachen Maschine sind Kraft, und Last im Gleichgewichte, wenn sie im verkehrten Verhältnisse ihrer zu beschreibenden Räume sind. $K : L :: r : R$.

Es ist §. 11. daß allgemeine Verhältniß für die im Gleichgewichte stehenden Körper: $M : m :: r : R$ bestimmt worden. Da wir alle Wirkungen, sie mögen von der Schwerbestimmung, oder von anderen durch den Vergleich mit diesen bestimmten erzeugt werden, im Gleichgewichte betrachten §. 2., und jede Wirkung von der Masse des wirkenden Körpers kommt, so können ohne Anstand statt der Massen der an der Maschine betrachteten

ten

ten Kraft und Last diese durch die Anfangsbuchstaben ihrer Benennungen K und L ausgedrückt im Verhältnisse gesetzt werden, und es ist in jedem Gleichgewichte $K : L :: r : R$, und umgekehrt, wenn: $K : L :: r : R$ sich verhältet, so sind Kraft und Last an jeder Maschine im Gleichgewichte.

17.

Wenn durch die Betrachtung der Bewegung jeder einfachen Maschine die Räume der Kraft und Last, und die Theile, oder Abmessungen der Maschine, mit welchen sie im Verhältnisse stehen, bestimmt werden, so kann man aus eben erwiesenen allgemeinen Verhältnisse: $K : L :: r : R$ ohne Beschwerde jene Verhältnisse folgern, in welchen Kraft und Last bey jeder einzelnen Maschine im Gleichgewichte stehen. Wenn Kraft und Last nicht schief, sondern gerade, oder wenigstens gleichlaufend auf die Maschine wirken, so ist die Bestimmung der Räume und jener Theile oder Abmessungen, mit welchen die Räume im Verhältnisse stehen, ohne Beschwerde und sehr faßlich. Ich verwerfe daher diese Art das Verhältniß der Kraft und Last an jeder Maschine zu bestimmen nicht, sondern ich bin nur der Meinung: daß die Art, diese Verhältnisse aus der Betrachtung der Wirkungen selbst zu folgern, vollkommener, und zweckmäßiger sey, und wähle sie bloß aus diesem Grunde.

Zweytes Kapitel

vom

Hebel, und seinen Anwendungen: der Wage,
der Rolle, und dem Rade an der Welle.

18.

In der Ausübung ist der Hebel eine unbiegsame Stange, dessen wir uns insgemein bedienen, um Körper zu kleineren Höhen zu erheben, in der Erwägung eine solche Linie. In der Ausübung nämlich ist er ein Körper, und hat sein Gewicht. In der Erwägung läßt man das Gewicht samt der Dicke außer Acht, und betrachtet seine Länge allein, wodurch er zu einer Linie wird. Den so betrachteten Hebel nennet man den mathematischen, den erstren aber den physischen Hebel.

Um die vom mathematischen Hebel erwiesenen Sätze auf den physischen anwenden zu können, muß das Gewicht des in der Ausübung zum Hebel genommenen Körpers eben so, wie die Kraft und Last an den mathematischen angebracht betrachtet werden.

19.

An jedem Hebel müssen drey Punkte: der Unterlage, der Kraft, und der Last betrachtet werden S. 13. Nach der verschiedenen Lage und Ordnung

nung

nung dieser drey Punkte wird der Hebel in verschiedene Gattungen, oder Arten getheilet.

Wenn diese drey Punkte in einer und der nämlichen geraden Linie, wie Tab. 1. Fig. 1. in KUL liegen, so ist der Hebel ein gerader, bestimmt die Lage dieser Punkte aber zwey irgendwo zusammenlaufende gerade Linien, wie Fig. 2. KUL, so ist er ein Krummer, oder auch Winkelhebel.

Nach der Ordnung dieser Punkte ist der Hebel zwey, oder einarmig. Das erste, wenn die Unterlage zwischen der Kraft und Last, das zweyte, wenn sie in einem Ende des Hebels sich befindet, wie Fig. 1. KUL, und Fig. 3. ULK.

Jede dieser zwey Arten wird in zwey andere untergetheilet. Der zweyärmige Hebel ist gleich oder ungleichärmig, je nachdem die Unterlage genau in der Mitte zwischen Kraft und Last, wie Fig. 4. oder gegen die eine näher als gegen die andere, wie Fig. 1. zu stehen kommt. Der einarmige Hebel wird von der ersten Art genannt, wenn die Last zwischen der Kraft und Unterlage, wie Fig. 3. ULK; von der zweyten Art aber, wenn die Kraft zwischen der Last und Unterlage angebracht wird, wie Fig. 5. UKL.

20.

Die Gesetze des Gleichgewichtes am Hebel werden mit allem Rechte für den Grund der ganzen Lehre des Gleichgewichtes angesehen. Je einfacher also die Grundsätze sind, aus welchen jenes herge-

hergeleitet werden, desto zweckmäßiger ist die Behandlung derselben. Diesem gemäß scheint die Mas-Laurinische Art die Gesetze des Hebels aus folgenden drey Grundsätzen herzuleiten den Vorzug zu verdienen.

I. Gleiche, gleichlaufend, entgegengesetzt, und in gleichen Abständen an einen zweyarmigen Hebel angebrachte Kräfte leisten die nämliche Wirkung auf demselben; und eben daher kann eine statt der anderen ohne Veränderung dieser Wirkung genommen werden.

Jeder nach den Bedingnissen dieses Grundsatzes bestellte Versuch bestätigt dessen Richtigkeit.

Die Betrachtung der Bedingnisse, und ihrer natürlichen Folgen überzeuget vollkommen. An den zwey- und gleicharmigen Hebel KUL Fig. 4. sey eine Kraft KB angebracht, so muß ihre Wirkung auf den Hebel das mit KB verhältnißmäßige Herabdrücken des Armes KU, und die gleiche Erhebung des UL, folglich die Bestimmung nach der Richtung KB den Circul anzufangen seyn, dessen Tangente KB, Halbmesser KU, und Mittelpunct U ist. Wird diese nämliche, oder eine gleiche Kraft in L, folglich im gleichen Abstände von der Unterlage, gleichlaufend, und entgegengesetzt in LA angebracht, so ist ihre Wirkung eben auch das mit LA = KB verhältnißmäßige Herabdrücken des Armes KU, und Erhebung des UL, folglich die Bestimmung des Hebels nach der Richtung LA den Circul

Fig. 4.

anzufangen, dessen Tangente LA, Mittelpunkt U, und Halbmesser UL ist, und welcher eben daher mit dem vorhergehenden der nämliche seyn muß.

In Beziehung auf die Wirkung, welche der Hebel empfindet, ist es also eins, ob KB, oder LA an demselben nach diesen Bedingungen angebracht werde. In dieser Beziehung kann eine statt der anderen ohne Veränderung gebraucht werden.

II. Die nämliche, oder eine gleiche an dem nämlichen Punkte des Hebels gerade entgegengesetzt angebrachte Kraft leistet auf dem Hebel eine der vorgehabten gleiche, und gerade entgegengesetzte Wirkung.

Auch dieser Grundsatz wird durch jeden nach der gesetzten Bedingung unternommenen Versuch bestätigt. Die Betrachtung der Wirkungen giebt vollständige Ueberzeugung.

Fig. 4. In der nämlichen Fig. 4. werde die Kraft KB, deren Wirkung wir oben betrachtet haben, an den nämlichen Punct K, aber in der gerade entgegengesetzten Richtung KD angebracht, so ist ihre Wirkung die mit $KD = KB$ verhältnißmäßige Erhebung des Armes KU, welcher vorher niedergedrückt, und das Niederdrücken des UL, welcher zuvor erhoben wurde, folglich die Bestimmung den nämlichen Circul zwar, allein in der mit KB gerade entgegengesetzten Richtung der Tangente KD anzufangen.

Aus der Gleichheit und geraden Entgegensetzung der Wirkungen unter den gegebenen Bedingungen folgt: daß die an einem Hebel angebrachten Kräfte das nämliche Verhältniß gegen einander beybehalten, welches sie vorher hatten, wenn sie alle zusammen zwar an den nämlichen Puncten des Hebels, aber gerade entgegengesetzt angebracht werden.

III. Statt jeder auf den Hebel wirkenden Kraft kann ohne Veränderung der Bestimmung des Hebels, oder Störung seines Gleichgewichtes eine Unter- oder Widerlage angebracht werden, deren Gegendruck in den Hebel mit der gewesenen Wirkung der beseitigten Kraft gleich, und in der nämlichen Richtung ist. Statt der Unter- oder Widerlage kann eine Kraft angewendet werden, deren Wirkung auf den Hebel mit dem gewesenen Gegendruck der abgenommenen Unter- oder Widerlage gleich, und in der nämlichen Richtung ist.

Die Ruhe des Hebels, welche bey Versuchen nach diesen Bedingungen unverändert erhalten wird, bestätigt die Wahrheit dieses Grundsatzes, den die natürlichen Folgen der Bedingungen unstreitig darthun.

Wenn Fig. 6. an den Hebel KUL, an welchen zwey Kräfte KB, und LA, dann die Unterlage U angebracht ist, statt einer der zwey Kräfte z. B. statt KB eine Unterlage E angebracht

Fig. 6.

bracht wird, welche in der Richtung KB, und eben so stark, als KB wirkte, folglich $=$ KB drückt, so ist die Wirkung dieser Unterlage auf den Hebel eben das Bestreben mit der nämlichen Erhebung des Armes UL das Niederdrücken des KU zu bewirken, welches die Kraft KB zuvor ausübte. Der Hebel muß daher nach diesem Wechsel eben so bestellt bleiben, wie er es bevor war.

Da wir den Hebel KUL indessen ohne Schwere betrachten, so hat die Unterlage U in der nämlichen Fig., indem die Kräfte KB, und LA auf den Hebel wirken, die Wirkung dieser beyden Kräfte zu tilgen. So viel also, und gerade entgegengesetzt in der Richtung UF, nämlich gleichlaufend mit KB, und LA gegen den Hebel zurück zu drücken, als beyde Kräfte zusammen auf denselben wirken. Wird eine Kraft $UF = KB + LA$ in U in der mit KB, und LA gleichlaufenden und entgegengesetzten Richtung UF statt der Unterlage angebracht, so ist die Wirkung dieser Kraft auf dem Hebel $=$ UF, wie solche vorher von der Unterlage U geleistet wurde. Die Kraft UF tilget die Wirkungen beyder Kräfte KB, und LA, wie selbe von der Unterlage getilgt wurde. Der Hebel KUL Fig. 7. muß mit den Wirkungen der Kräfte KB, UF und LA eben so, wie Fig. 6. mit KB, LA und der Unterlage U bestellt bleiben.

Fig. 7.

Aus diesen drey Gründen folgt das Verhältniß ganz ungezwungen, in welchem Kraft und Last stehen müssen, wenn sie an den Hebel im Gleichgewichte seyn sollen, und welches Verhältniß bey dem mündlichen Vortrage meiner in der Vorrede bey der I. Abb. gegebenen Erklärung gemäß durch alle anzuzeigende Versuche bestätigt werden soll.

21.

Gleichlaufend auf den Hebel angebrachte Kräfte verhalten sich im Gleichgewichte verkehrt wie ihre Abstände von der Unterlage: $K : L :: a : A$.

Gleiche, gleichlaufend und entgegengesetzt in gleichen Abständen von der Unterlage auf den Hebel wirkende Kräfte leisten die nämliche Wirkung, §. 20. I. Grundf. KB und LA Fig. 4. haben an KUL die nämliche Wirkung. Die nämliche, oder eine gleiche an den nämlichen Punct des Hebels aber gerade entgegengesetzt angebrachte Kraft hat eine gleiche und gerade entgegengesetzte Wirkung II. Grundf. KD hat mit KB gleiche und gerade entgegengesetzte Wirkung auf den Hebel KUL. Wenn also an den nämlichen Fig. 8. dargestellten Hebel KUL nebst der Kraft KB, auch LA, aber in LE gerade entgegengesetzt, und im nämlichen Punct L angebracht wird, so hat LE mit KB gleiche, und gerade entgegengesetzte Wirkung auf den Hebel KUL, und, weil gleiche, und gerade entgegengesetzte Wirkung

Fig. 8.

gen einander aufheben, folglich das Gleichgewicht halten, so sind KB , und LE an den zwey- und gleicharmigen Hebel KUL im Gleichwichte. $BK = LA$ Fig. 4., und $LA = LE$ Fig. 8., folglich auch $KB = LE$, wie $KU = UL$, und $KB : LE :: LU : KU$. $K : L :: a : A$.

Wenn statt der Unterlage U eine Kraft wie Fig. 7. UF angebracht wird, deren Wirkung auf den Hebel mit dem gewesenen Gegendruck der Unterlage gleich, und in der nämlichen Richtung ist, bleiben die Wirkungen auf den Hebel unverändert III. Grundf. Die Fig. 8. auf den gleicharmigen Hebel KUL wirkenden Kräfte müssen daher im Gleichwichte bleiben, wenn statt der Unterlage U eine Kraft UF wie Fig. 7. $= KB + LE = KB + LA$ angebracht wird. Statt jeder Kraft kann ohne Veränderung der Wirkungen eine Unter- oder Wiederlage angebracht werden, deren Gegendruck auf den Hebel mit der gewesenen Wirkung der Kraft gleich, und in der nämlichen Richtung ist III. Grundf. Wenn also statt der Kraft LA Fig. 7., welche $= LE$ Fig. 8. ist, eine Wiederlage E Fig. 9. angebracht wird, deren Gegendruck in der nämlichen Richtung LE , und $= LE$ ist, so muß der Hebel KUL Fig. 9. mit den Kräften KB , und UF im Gleichwichte bleiben. KUL wird hie mit in einen einarmigen Hebel §. 19. verwandelt, und $UF = KB + LE = 2KB$, wie $KL = KU + UL = 2UL$, folglich: $KB : UF :: UL$

Fig. 9.

UL:KL::a:A, und es mag KB die Kraft, und UF die Last, oder umgekehrt seyn, so ist doch auch an diesem einarmigen Hebel ein Gleichgewicht $K:L::a:A$.

Wird der Fig. 9. eben betrachtete Hebel KUL in der Fig. 10. über die Unterlage E bis in G Fig. 10, so: daß $LG = UL$ sey, verlängert, so ist KLG ein zwey- und ungleicharmiger Hebel, und wenn in G eine mit UF gleiche, gleichlaufend, und entgegengesetzt auf den Hebel wirkende Kraft GM angebracht betrachtet wird, so leistet GM die nämliche Wirkung auf den Hebel, welche UF hat I. Grundf. UF ist mit KB im Gleichgewichte, wie eben gezeigt ist worden. Wenn also die Unterlage E Fig. 10. in N unter dem Hebel Fig. 11. an den nämlichen Punct L versetzt Fig. 11, wird, nachdem beyde Kräfte KB, und GM gleichlaufend herab wirken, so müssen auch die Kräfte KB, und GM an dem zwey- und ungleicharmigen Hebel KULG im Gleichgewichte seyn. $GM \text{ ist } = UF. = 2KB$, und $KL = KU + UL = 2LG$, folglich $KB : GM :: LG : KL$, und $K : L :: a : A$.

Wenn statt der Unterlage L in der II. Fig. eine Kraft LO Fig. 12., welche $= KB + GM$ ist, und in der nämlichen Richtung, in welcher die Unterlage drückte, folglich gleichlaufend mit KB wirkt, und statt der Kraft GM die Unterlage Q, welche in der Richtung GM, und $= GM$ drückt, an den nämlichen Punct

G angebracht wird, so müssen die Kräfte KB, und LO an den einarmigen Hebel KLG im Gleichgewichte seyn. III. Grundf. und, weil $LO = KB + GM = 3KB$, und $KG = KU + UL + LG = 3LG$, so ist auch $KB : LO :: LG : KG$. $K : L :: a : A$.

Fig. 13. Stellen wir uns den Hebel KULG Fig. 12. über G bis P in Fig. 13. so verlängert vor: daß $GP = LG$, und bringen in P eine Kraft $PQ = LO$ Fig. 12. in der gleichlaufenden und entgegengesetzten Richtung an, so ist die Wirkung der Kraft PQ auf den Hebel KGP die nämliche, welche die Kraft LO in L leisten würde, und Fig. 12. in LO angebracht geleistet hat. I. Grundf. Da also LO in der 12. Fig. mit KB im Gleichgewichte war, so muß auch PQ an dem Hebel KGP mit KB im Gleichgewichte seyn, nachdem die Unterlage an den nämlichen Punct G, aber unter den Hebel in R angelegt wird. $PQ = LO = 3KB$. $KG = KU + UL + LG = 3GP$; folglich ist auch an diesem zwey- und ungleicharmigen Hebel: $KB : PQ :: GP : KG$. $K : L :: a : A$.

Fig. 14. Da der Druck der Unterlage N. Fig. 11. $KB + GM$ gleich ist, so bleibt der Hebel KULG im Gleichgewichte, wenn statt dieses Druckes an den nämlichen Hebel in L Fig. 14. und in der Richtung, in welcher die Unterlage drückte, die Kraft $LS = KB + GM = 3KB$, und statt der Kraft KB die Unterlage T in K angebracht wird,

wird, welche in der Richtung, und $\equiv KB$ drücke III. Grundf., und, weil $LS \equiv KB + GM \equiv 3KB$, $GM \equiv 2KB$, $KG \equiv KL + LG \equiv 3KU \equiv 3UL \equiv 3LG$, und $KL \equiv 2KU$, so ist auch an diesem einarmigen Hebel im Gleichgewichte: $GM : LS :: LK : GK$. $K : L :: a : A$.

Setzen wir nun den Hebel $KULG$ Fig. 15. von K der Unterlage bis X so verlängert: daß $KX \equiv KL \equiv 2KU$, und in X eine mit LS Fig. 14. gleiche Kraft $XZ \equiv 3KB$ in gleichlaufender und entgegengesetzter Richtung angebracht, so hat XZ auf dem Hebel die nämliche Wirkung, welche von LS Fig. 14. geleistet wurde I. Grundf. Gleichwie LS Fig. 14. mit GM im Gleichgewichte stand, so muß auch XZ mit GM im Gleichgewichte stehen, nachdem die Unterlage T in N an den nämlichen Punct K , folglich verkehrt angelegt wird. $XZ \equiv 3KB$, $GM \equiv 2KB$, $XK \equiv 2KU \equiv KL$, und $KG \equiv 3KU$. Auch an diesem zwey- und ungleicharmigen Hebel also ist im Gleichgewichte: $XZ : GM :: KG : XK$. $K : L :: a : A$.

Durch ähnliche Anwendungen der drey §. 20. angeführten Grundsätze wird das nämliche erwiesen, was immer für Verhältnisse die Kräfte gegen einander haben. Die nach den Bedingungen der hier angeführten, und anderen ähnlichen Anwendungen angestellten Versuche bestätigen das nämliche erwiesene Verhältniß. Wir kön-

nen daher ohne Anstand für gleichlaufend an dem Hebel angebrachte Kräfte annehmen, daß sie im Gleichgewichte im verkehrten Verhältnisse ihrer Abstände von der Unterlage sind, und seyn müssen.

22.

In allen diesen Erwägungen habe ich die auf den Hebel wirkenden Kräfte ganz wirkend, folglich so, wie gerade angewandte betrachtet, da doch nur jene Kräfte gerade angebracht sind, welche auf die Richtung des Hebelarmes senkrecht, und eben daher in der Richtung der Tangente des zu beschreibenden Cirkuls sind 2. Abb. S. 68. Um diesen Beweisen also ihr ganzes Gewicht zu geben, muß ich noch beweisen: daß die Kräfte das nämliche Verhältniß, welches sie in und für sich selbst betrachtet haben, beybehalten, wenn ihre Richtungen zu jener der Wirkung zwar schief, jedoch gleichlaufend gegen einander sind.

Fig. 16. Zu diesem Ende nehmen wir Fig. 16. KB, und LA gleichlaufend, und zur Lage des Hebels KUL, folglich auch zur Richtung seiner Bewegung um die Unterlage U schief angebracht an, und setzen: daß $KB:LA::LU:KU$ sey. Da KB, und LA zu KL schief sind, ist KB aus KE und KF, LA aber aus LD, und LC zusammengesetzt zu betrachten 2. Abb. SS. 66. 69. KF und LC suchen den Hebel in der gemeinschaftlichen Richtung LK zu bewegen, und werden durch die Befestigung an der Unterlage U getilget. KE und LD aber als senkrechte zu KL

KL sind in der Richtung der Tangenten jener Circeln, welche von KU und UL in ihrer Bewegung beschrieben werden. Nur diese zwey Theile, oder Wirkungen der Kräfte KB und LA sind in der Richtung der Wirkung, und kommen im Gleichgewichte zu betrachten. Die Dreyecke KFB, und LCA sind ähnlich, weil die Winkel BKF, und ALC als Parallelwinkel, dann KFB mit LCA, als rechte, gleich sind. Es ist daher: $KB:LA::FB:CA::KE:LD$, und, weil vermög Bedingniß $KB:LA::LU:KU$, so ist auch $KE:LD::LU:KU$. Wenn KB, und LA einander das Gleichgewicht halten, so sind auch KE und LD im Gleichgewichte.

23.

Nicht gleichlaufend, sondern schief gegen einander an Hebel angebrachte Kräfte sind im Gleichgewichte im verkehrten Verhältnisse der von der Unterlage auf ihre (wenn es nothwendig ist) verlängerte Richtungen gezogenen senkrechten.

Wenn die an Hebel angebrachten Kräfte nicht gleichlaufend auf denselben wirken, so müssen ihre Richtungen zusammen, oder auseinander laufend seyn. In diesem sowohl als in jenem Falle laufen sie in irgend einem Punkte zusammen, wenn sie hinlänglich verlängert werden. Ob dieser Punkt ober, oder unter dem Hebel sey, ist in Beziehung auf das Wesentliche des Beweises einerley.

Auch

Auch bleibt das Wesentliche des Beweises unverändert, der Hebel sey zwey- oder einarmig.

Fig. 17. Zum Beweise sey Fig. 17. der zweyarmige Hebel KUL, an diesen KA und LE nicht gleichlaufend, sondern schief angebracht. Verlängert werden die Richtungen dieser Kräfte, wo in I zusammenlaufen, und die aus dem Punkte der Unterlage U auf die Richtungen der Kräfte senkrecht gezogenen werden UG und UF seyn, folglich zu beweisen: daß gedachte Kräfte im Gleichgewichte stehen, wenn $KA : LE :: UF : UG$ ist. Zu diesem Ende errichte man aus K eine zu KL senkrechte $KB = UL$, und aus L die senkrechte $LD = KU$; aus B und D aber werde BA, und DE gleichlaufend mit KL gezogen. Die Dreyecke KAB, und KUG sind wegen ihrer rechten Winkel KBA und KGU, dann Parallelwinkeln KAB und GKU ähnlich. Aus eben diesen Ursachen sind die Dreyecke LED, und LUF ähnlich. Vermög dem Baue der Figur ist: $KU : LU :: LD : KB$, wegen Aehnlichkeit der Dreyecke $KA : KU :: KB : UG$. Beyde in eines zusammengesetzt $KA \times KU : LU \times KU :: LD \times KB : UG \times KB$, das ist: $KA : LU :: LD : UG$. Dann wegen Aehnlichkeit der andern zwey Dreyecke $LU : LE :: UF : LD$. Zusammengesetzt also: $KA \times LU : LE \times LU :: UF \times LD : UG \times LD$, das ist: $KA : LE :: UF : UG$. Wenn also die Kräfte KA und LE verkehrt wie die von der Unterlage zu ihren Richtungen

tungen senkrecht gezogenen UG und UF sind, so haben sie in den zur Lage des Hebels senkrechten, folglich gleichlaufenden Richtungen die Wirkungen KB und LD. Diese allein sind zur Drehung des Hebels gerichtet, folglich im Gleichgewichte zu betrachten, und da: $KB : LD :: LU : KU$ ist, so sind sie auch im Gleichgewichte S. 21,

24.

In den bisher gegebenen Erwägungen des Hebels ist auf dessen Gewicht keine Rücksicht genommen worden. Da wir also in der Ausübung keinen Hebel haben, welcher kein Gewicht hätte, das Gewicht des Hebels, wie eines jeden Körpers in seinem Schwerpunkte versammelt betrachtet werden kann, und in gewissen Beziehungen auch muß 2. Abh. SS. 52. 56., folglich wie eine jede in dessen Schwerpunkte an den Hebel angebrachte Kraft zu betrachten ist; so haben wir in der Ausübung bey jedem Hebel nebst den besondern Kräften, oder Wirkungen, welche an den Hebel angebracht werden, auch die Wirkung seines unabsonderlichen Gewichtes zu betrachten, und können den Punct der Unterlage aus dem Verhältnisse der von aussen angebrachten Kräfte allein nicht bestimmen, sondern müssen auch das Gewicht des Hebels selbst in die Berechnung ziehen.

Diesemnach haben wir in der Ausübung bey jedem Hebel wenigstens drey Wirkungen auf denselben zu betrachten, nämlich: der Kraft, der Last, und des Hebelgewichtes, wenn auch die

Wir=

Wirkungen der Kraft und Last ganz einfach sind. Es muß daher die Art den Punct der Unterlage mit Beziehung auf das eigene Gewicht des Hebels zu bestimmen, noch angegeben werden, damit die Lehre des Hebels in der Ausübung anwendbar werde.

Da das Gewicht des Hebels in seinem Schwerpunkte versammelt betrachtet werden kann, so kann auch jeder Hebel für eine unbiegsame Linie ohne alle Schwere angesehen werden, an welcher im Schwerpunkte so viel Gewicht angebracht ist, als das Ganze des Hebels beträgt, und die Lage des Schwerpunktes in Beziehung auf den Punct der Unterlage muß diesen für die Wirkungen der angebrachten Kräfte und des Hebelgewichtes bestimmen.

Wenn der Hebel einarmig ist, so ist der Schwerpunkt des Hebels jederzeit an der Seite des einzigen Armes, an welchen Kraft und Last angebracht werden. Der Punct der Unterlage in diesem Falle braucht keine Bestimmung, da er an einem Ende des Hebels schon festgesetzt ist, und es kann nur der Punct gesucht werden, in welchem eine der Summe aller angewandten Kräfte, und des Hebelgewichtes gleiche Kraft so angebracht werden kann, daß ihre Wirkung der Summe aller Wirkungen gleiche. Nachdem in der 2. Abh. S. 39. 41. erwiesen ist, daß in dem Producte aus dem Abstände des Schwerpunktes in die Masse des Körpers die Summe der

Ab,

Abstände aller Theile bestimmt, $S = D \times M$

sey, folglich $\frac{S}{M} = D$, so ist von selbst klar,

daß man den Abstand des eben gedachten Punctes von der Unterlage an jedem einarmigen Hebel finde: wenn jedes Gewicht, oder jede als Gewicht betrachtete Kraft mit ihrem Abstände von der Unterlage, das Gewicht des Hebels aber mit dem Abstände seines Schwerpunctes von eben der Unterlage multiplizieret, und die Summe aller dieser Producte mit der Summe aller Gewichte samt jenem des Hebels dividiret wird. Dieser Quotient ist der Abstand des gesuchten Punctes von der Unterlage. Durch diesen Abstand ist der Punct bestimmt, in welchem eine der Summe aller mit Inbegriff des Hebelgewichtes gleiche Kraft an den einarmigen Hebel angebracht werden muß, damit ihre Wirkung auf den Hebel der Summe aller Wirkungen gleiche.

Bei einem zwey- und ungleicharmigen Hebel fällt die Unterlage jederzeit zwischen die Puncte, an welchen die Kräfte angebracht werden, und kömmt nach Verschiedenheit des Verhältnisses dieser Kräfte bald zu einem, bald zu dem anderen Ende des Hebels näher zu stehen. Bei dem zwey- und ungleicharmigen Hebel muß der Schwerpunct jederzeit in den Arm fallen, dessen Gewicht größer ist. Wenn die Gestalt des Hebels gleichförmig: z. B. cylindrisch, oder prismatisch, und die Masse gleichartig ist, oder seine Masse im verkehrten Ver-

Verhältnisse der Ausdehnung zunimmt, so ist der längere Arm jederzeit der schwerere, in diesem folglich der Schwerpunct des Hebels. Am zwey- und gleichärmigen Hebel, in welchem aus eben angeführten Ursachen das Gewicht gleichförmig durch seine ganze Länge zertheilet ist, fällt der Schwerpunct auf den Mittelpunct der Länge, 2. *Abh. S. 47.*, in welchem auch die Unterlage angebracht werden muß. Das in diesem Puncte versammelt betrachtete Gewicht wird von der Unterlage unmittelbar unterstützt, und macht an dem Hebel keine Veränderung. Dieser kann wie eine Linie ohne Gewicht behandelt werden. Ist aber das Gewicht des Hebels nicht gleichförmig durch seine ganze Länge getheilet, so fällt der Schwerpunct in den Arm, welcher mehr Gewicht hat, und, wenn die Unterlage in dem Mittelpuncte seiner Länge angebracht wird, so muß durch das an ihn angebrachte Gewicht dem geringeren Arm sein Mangel am Gewichte ersetzt werden, damit Gleichgewicht sey. Die zwey im Gleichgewichte stehenden Gewichte werden nicht gleich seyn, wie es die Längen der Arme sind, weil an den schwereren Arm auch das Uebermaß seines Gewichtes in die Rechnung zu ziehen ist. In diesem Falle wird der mit Beziehung auf eben gedachtes Uebermaß des Gewichtes bestimmte Punct der Unterlage nicht auf den Mittelpunct der Länge, sondern gegen das Ende des schwereren Armes näher fallen. Der Hebel muß als ein zwey- und ungleich-

gleicharmiger zur Vermeidung aller Irrung gebraucht werden.

Aus diesem allen ist klar, daß die Art, den Punct der Unterlage mit Beziehung auf das eigene Gewicht des Hebels zu bestimmen, auf den zwey- und ungleicharmigen gerichtet seyn müsse, und die Bestimmung des Schwerpunctes an den Hebel voraussetze. Diesennach setze ich, daß der Schwerpunct des Hebels auf was immer für eine Art bestimmt sey, z. B. nach der in der 2. Abh. S. 56. angeführten, und nehme seinen Abstand von dem äußersten Ende des kürzeren Armes als bekannt an. Weil wir ferner jeden Arm des zweyarmigen Hebels als einen einarmigen betrachten, und nach den oben angeführten Gründen den Punct bestimmen können, in welchem eine der Summe aller Kräfte gleiche angebracht werden muß, damit ihre Wirkung der Summe aller Wirkungen gleiche, so setze ich, daß für den Fall, in welchem mehrere auf den nämlichen Arm des Hebels wirkende Kräfte vorhanden sind, eben gedachter Punct an jedem Arme bestimmt, und in diesem eine einzige der Summe aller an dem nämlichen Arme angebrachten gleiche Kraft angewendet sey, damit die Zahl der Glieder in der Gleichung, welche ich anwende, vermindert, und ihre Auflösung erleichtert werde. Eine dieser zwey Kräfte betrachte ich als Kraft, die andere als Last des Hebels.

25.

Wenn die ganze Länge des Hebels $= a$, sein ganzes Gewicht $= H$, die Kraft $= K$, die Last $= L$, der Abstand seines Schwerpunktes von dem äußersten Ende des kürzeren Armes, an welchen die Kraft K angebracht ist, $= b$, und der gesuchte Abstand des Punctes der Unterlage von eben diesem Ende des Hebels $= X$ gesetzt wird, so ist:

1. Wenn das Gewicht nicht gleichförmig nach der ganzen Länge des Hebels getheilet ist: $X = \frac{La + Hb}{K + L + H}$.

2. Wenn aber das Gewicht gleichförmig getheilet ist: $X = \frac{La + \frac{aH}{2}}{K + L + H}$.

1) Wenn das Gewicht nach der ganzen Länge des Hebels nicht gleichförmig vertheilet ist, so kann der Schwerpunct des Hebels, in welchem das ganze Gewicht versammelt betrachtet wird, in den kürzeren, oder in den längeren Arm fallen S. 24. Für beyde Fälle giebt die No. 1. gesetzte Gleichung den Abstand der Unterlage von dem äußersten Ende des kürzeren Armes, folglich auch den Punct der Unterlage.

Fig. 18.

An dem Hebel KL Fig. 18., an welchen die Gewichte K und L angebracht sind, und der Punct der Unterlage C zu bestimmen kommt, falle
der

ber Schwerpunct in B auf den längeren Arm ,
 so ist $KB = b$, $KL = a$, und $KC = x$. Der
 Punct der Unterlage C muß so bestimmt seyn ,
 daß die Gewichte K, und L, und das nun in
 B versammelt betrachtete Gewicht H an dem wie
 eine Linie ohne Gewicht diesernach zu betrachten-
 den Hebel KL im Gleichgewichte sind. Aus dem
 Verhältnisse daher, welches im Gleichgewichte seyn
 muß: $K : L :: a : A$ §. 21., erhalten wir die
 Gleichung $K \times A = L \times a$; aus welcher,
 wenn sie den besonderen Umständen angemessen
 verändert wird, der Abstand A, welcher im ge-
 genwärtigen Falle KC ist, bestimmt werden kann.
 Wir müssen daher jedes Gewicht mit seinem Ab-
 stande von der Unterlage multiplizieren, und diese
 Producte nach der durch die Arme, an welchen
 die Gewichte angebracht sind, bestimmten Ein-
 theilung in zwey Glieder einer Gleichung theilen;
 hiemit haben wir die Gleichung $K \times KC = L$
 $\times LC + H \times BC$, und, weil $KC = x$, und
 $KL = a$, folglich $LC = a - x$. BK aber $= b$
 gesetzt wird, folglich $BC = b - x$, so ist auch:
 $Kx = La - Lx + Hb - Hx$. Nach voll-
 brachter Uebersetzung: $Kx + Lx + Hx = La$
 $+ Hb$, und $x = \frac{La + Hb}{K + L + H}$. Nehmen wir
 den Schwerpunct des Hebels in A in dem kürze-
 ren Arme an, so ist $AK = b$, und $AC = x$
 $- b$, und das Gewicht des Hebels H in A an-
 gebracht zu betrachten, folglich: $Kx + Hx =$
 $C \quad 2 \quad Hb$

$$Hb = La - Lx. \text{ Uebersetzt: } Kx + Lx +$$

$$Hx = La + Hb, \text{ und } x = \frac{La + Hb}{K + L + H}.$$

2) Setzt man eine gleichförmige Vertheilung des Gewichtes nach der ganzen Länge des Hebels Fig. 19. KL Fig. 19., so muß sein Schwerpunct auf A den Mittelpunct der Länge fallen 2. Abb. S. 47. folglich in dem längeren Arme LC seyn. In

diesem Falle ist: $AK = b = \frac{a}{2}$, und $AC =$

$$\frac{a}{2} - x, \text{ also } Kx = La - Lx + \frac{Ha}{2} - Hx.$$

Nach der Uebersetzung: $Kx + Lx + Hx =$

$$La + \frac{Ha}{2}, \text{ und } x = \frac{La + \frac{Ha}{2}}{K + L + H}.$$

Bei dem mündlichen Vortrage werden diese in der Gleichung für bekannt angenommene Größen bestimmt, und die hiemit gefundenen Werthe des x durch Versuche bestätigt werden.

26.

Fig. 2. Wenn die Kräfte KB und LA Fig. 2. an den Enden, oder Winkelhebel KUL senkrecht zur Lage seiner Arme angebracht werden, so sind selbe im Gleichgewichte, wenn sie im verkehrten Verhältnisse ihrer Abstände von der Unterlage U stehen. Sind aber die Richtungen der angebrachten Kräfte zur Lage der Hebelsarme schief, so müssen sie im verkehrten Verhältnisse

der

ter von der Unterlage U auf ihre Richtungen gezogenen senkrechten seyn, damit eine der anderen das Gleichgewicht halte. Der Winkelhebel also kömmt eben so, wie ein anderer zu behandeln.

Bei einem krummen Zapfen, oder einer Kurbel wie Fig. 20. ACDE trägt die Krümmung ACD nichts bey, sondern nur der gerade in DA von dem Mittelpuncte der Zapfenhöhlung A genommene Abstand des Zapfens DE vermehret die Wirkung der Kraft, und der Abstand der Last wird gemeiniglich = AB der halben Weite der Zapfenhöhlung angenommen. Hiemit ist der eigentliche Hebel, welcher dabey vorkömmt ABD ein einarmiger Hebel. Fig. 20.

27.

Jede Stange, deren wir uns zur Erhebung des Körpers auf zweyerley Art bedienen können; jede Zange, und Schere, jedes an einem Ende befestigte Schneidmesser ist ein Hebel. Auch der zum Herausziehen der Nägel gebrauchte Hammer ist ein Hebel. Die Knochen der Glieder des thierischen Körpers sind Hebel. Die Anwendung der Lehre des Hebels auf diese, und ähnliche Werkzeuge wird bey dem mündlichen Vortrage gezeigt, und daraus die Ursache der verschiedenen Bestimmungen und Erscheinungen derselben gegeben werden. Aus der Lehre des Hebels wird nebst anderen auch erkläret, und durch Versuche bestätigt: warum die Rohrknochen beynabe dreymal so stark sind, als volle von gleicher Masse wären,

wären, folglich auch beynabe drey mal so viel Gewicht zur gleichen Stärke haben müßten, wenn sie keine Rohrknochen wären.

28.

Die Wage ist ein Nützzeug, dessen wir uns zur Bestimmung der Gewichte bedienen. Insgemein ist selbe eine gemeine, oder Schnellwage. Erstere brauchen wir, um von was immer für einem Körper nach dem Erfordernisse der Umstände ein mit dem angenommenen gleiches Gewicht zu bestimmen. Die zweyte ist nur zur Bestimmung der Größe des unbekanntes Gewichtes geeignet. Beyde sind, wie es aus derselben Betrachtung ganz einleuchtend wird, zweyärmige Hebel, die Schalenwage aber muß auch gleichärmig seyn.

29.

Fig. 21.

An der gemeinen Wage unterscheiden wir den Wagebalken KL , welcher in zwey und zwar gleiche Arme $KC = LC$ durch die Achse C getheilet ist. An jedem Ende des Wagebalkens in K und L wird eine Schale zur Aufnahme der abzuwägenden Gewichte angebracht. Die durch den Wagebalken durchgeschlagene Achse wird an ihren vorragenden Enden von der Scheere AB unterstützt. Gerade ober der Achse ist das Zünglein DC senkrecht zum Wagebalken befestiget, damit man aus seiner Neigung auf eine, oder die andere Seite auf die Ungleichheit der Gewichte leichter schlüssen könne. Um die Stärke der Neigung des Züngleins genauer beurtheilen zu können,

nen;

nen, werden in Grade eingetheilte Bögen, oder in dem einen Schenkel der Schere senkrecht zum Wagebalken eingeschnittene gerade Linien angebracht; gemeiniglich aber ist die Schere mit einer gerade ober dem Zünglein, folglich eben auch senkrecht zum Wagebalken und zur Spitze des Züngleins sehr nahe stehenden Spitze E versehen, damit aus der Uebereinstimmung dieser zwey Spitzen auf die senkrechte Stellung des Züngleins, aus dem Abstände derselben aber auf die Neigung des Züngleins leichter zu schließen sey.

30.

Der Endzweck, zu welchem die gemeine, oder Schalenwage verwendet wird, macht den Gebrauch derselben sehr zahlreich. Die Schalenwage muß daher jenes, was durch selbe erzielet wird, nicht nur allein richtig und sicher, sondern auch mit möglichster Bequemlichkeit leisten. Sie muß nicht nur richtig, sondern auch bequem im Gebrauche seyn. Hierinn haben wir zwey Gründe, aus welchen wir die nothwendigen sowohl, als nicht nothwendigen Theile, und Bestimmungen derselben an der Schalenwage beurtheilen können.

Daß die Schalenwage ein, und zwar zweyarmiger Hebel sey, die Gewichte folglich im Gleichgewichte eben das Verhältniß haben müssen, in welchem selbe am Hebel stehen §§. 21. 23., bedarf keines Beweises; nachdem der Wagebalken eine unbiegsame feste und schwere Stange ist, an deren äußersten Enden in den an diesen hängen-

den Schalen zwey Gewichte angebracht sind, und zwischen diesen, wo in der Achse eine Unterlage vorhanden ist S. 19. Daß aber der Wagebalken an der gemeinen Wage nicht nur zwey- sondern auch gleicharmig seyn müsse, werden wir aus dem Endzwecke ihrer Bestimmung sogleich sehen.

31.

Damit die Schalenwage richtig sey, müssen ihre zwey Arme gleich lang seyn, und gleiches Gewicht haben.

Die gemeine Wage wird dazu verwendet, daß von was immer für einem Körper so viel Gewicht bestimmt werde, als die Umstände erheischen. Diese Bestimmung wird dadurch erreicht, daß von dem durch die Umstände bestimmten Körper in eine Schale so viel gegeben wird, als nothwendig ist, um dem verlangten in der andern Schale sich befindendem Gewichte das Gleichgewicht zu halten. Damit also die Schalenwage richtig sey, müssen die an derselben ins Gleichgewicht gebrachten Gewichte auch gleich seyn. Im Gleichgewichte muß $K:L::a:A$ seyn S. 29, 21., und, wenn $K=L$, so muß auch $a=A$ seyn. Die Abstände a und A sind an der gemeinen Wage die Länge der Arme. Es müssen daher diese gleich seyn, wie es die Gewichte K und L sind.

Damit $K:L::a:A$, und so, wie $K=L$, auch $a=A$ sey, müssen die Gewichte der Armen keine Veränderung in diesem Verhältnisse geben,

geben, folglich fo feyn, als wenn fie gar nicht vorhanden wären. Der Wagebalken muß wie eine Linie ohne Gewicht betrachtet werden können, indem fein ganzes im Schwerpuncte versammelt gefetztes Gewicht von der Unterlage unterftützt wird. Der Schwerpunct des Wagebalkens muß genau in die Mitte feiner Länge fallen, wozu wenigstens in gleichen Abständen von der Unterlage gleiches Gewicht an den Armen, folglich ein gleiches Gewicht der ganzen Arme erfordert wird.

32.

Diefemnach find: der Wagebalken, und in diefem die zwey gleich langen, und gleich wiegenden Arme, die zwey Aufhangspuncte famt der Achse, oder einer anderen deffen Stelle vertretenden Unterlage, durch welche der Wagebalken in zwey gleiche Theile getheilet wird, nothwendige Theile der gemeinen Wage. Weil die Länge und das Gewicht der Arme nicht eben fo sicher gleich getheilet wird, wenn die Achse nicht fenkrecht, sondern schief durch den Wagebalken durchgeschlagen ist, fo kann auch angenommen werden, daß die zur Länge des Wagebalkens fenkrechte Stellung der Achse an der gemeinen Wage nothwendig fey.

Wenn die Richtigkeit der Schalenwage zu einem größeren Grad der Vollkommenheit steigen foll, wie bey Probierwagen, fo muß die Wage auch sehr empfindlich feyn, das ist: auch das kleinste Uebergewicht durch die Neigung ihres Bal-

fens andeuten. Wozu die Länge der Arme und die Lage des Schwerpunctes in Beziehung auf den Punct der Unterlage vorzüglich beytragen.

33.

Zur Bequemlichkeit der Schalenwage wird erfordert: daß die Wirkung der Gewichte auf dieselbe ohne Beschwerde angebracht, der Unterlage hinlängliche Festigkeit gegeben, aus der Neigung des Wagebalkens auf die Größe des Ueberschusses am einen, und des Mangels am anderen Gewichte geurtheilet, folglich auch diese Neigung gemessen, und die wagrechte Stellung des Wagebalkens bestimmt werden könne, die Achse dort, wo sie aufliegt, nicht stumpf, sondern scharf sey.

Die Schalen daher, die Schere mit ihrem Haggen, das Zünglein samt der Abmessung seiner Neigung, und alle solche Bestimmungen oder Theile der Schalenwage sind nur der größeren Bequemlichkeit wegen nothwendig. Daß der Schwerpunct des Wagebalkens etwas unter der Achse zu stehen komme, ist eben auch nur zur Bequemlichkeit erforderlich. Wenn die zur Richtigkeit erforderlichen Eigenschaften alle vorhanden sind, so werden die an der Schalenwage ins Gleichgewicht gebrachten Gewichte jederzeit, und zuverlässig gleich seyn, der Schwerpunct falle ober, in, oder unter den Punct der Unterlage, um welchen die Bewegung geschieht. Der Wagebalken wird nur
sey

bey jedem Uebergewichte sich ganz verkehren. Er wird in keiner schiefen Stellung im Gleichgewichte stehen, und aus der Größe seiner Neigung wird man auf die Größe des Uebermaßes am Gewichte nicht urtheilen können. Eine am Orte ihrer Auflage stumpfe Achse vermehrt das Hinderniß der Bewegung die Reibung.

34.

Wenn der Schwerpunct des Wagebalkens in, oder ober der Unterlage steht, so kann die Wage bey keiner schiefen Stellung im Gleichgewichte seyn und ruhen, sondern nur, wenn der Schwerpunct unter der Unterlage sich befindet.

ABDE Fig. 22. sey der Wagebalken. Sein Punct der Unterlage in C, der Schwerpunct des Balkens werde zuerst auch in C, dann in F, und endlich in G gesetzt. Zu KL senkrecht ziehe man die Linie MN, welche folglich die Linie der Ruhe seyn wird. Zwey ungleiche Gewichte sollen Anfangs in KL 2. Abh. S. 46., und zwar das größere in K angebracht seyn; so wird der Arm KC mehr herab gedrückt, als CL, und der Wagebalken muß in eine schiefe Stellung wie abde kommen, in welcher K und L die Abstände kQ und IT haben werden. Diese Abstände werden wegen Gleichheit der Dreyecke kCQ, und ICT immer gleich seyn, folglich das Verhältniß $K : L :: a : A :: IT : kQ$ nie eintreffen, wenn

K

$K > L$ vermög Bedingniß ist. Welches Verhältniß doch zum Gleichgewichte erfordert wird §. 21.

Wird der Schwerpunct des Wagebalkens in F gesetzt, so setzen wir die nämlichen Gewichte in A und B 2. Abb. §. 46., und zwar in A das größere angebracht, so sind in der schiefen Stellung $abde$ die Abstände der zwey Gewichte A und B von der Achse: aP und bS , und wegen Aehnlichkeit der Dreyecke aOP , und bOS ist: $aP : bS :: aO : bO$. $aO = af + fO = bf + fO$, bO aber $= bf - fO$, folglich $aO > bO$, also ist auch $aP > bS$. Wenn der Schwerpunct ober der Achse, oder dem Punct der Unterlage zu stehen kommt, ist in jeder schiefen Stellung des Wagebalkens der Abstand des größeren Gewichtes größer, als jener des kleineren. Die Gewichte können daher bey schiefer Stellung des Wagebalkens nie im verkehrten Verhältnisse ihrer Abstände von der Unterlage stehen, einander folglich auch das Gleichgewicht nicht halten.

Betrachten wir den Schwerpunct endlich in G , und die nämlichen Gewichte in E und D , und zwar das größere in E angebracht, so sind bey der schiefen Stellung $abde$ des Wagebalkens die Abstände der Gewichte E und D , eR und dU , und, weil die Dreyecke eIR und dIU ähnlich sind, folglich: $eR : dU :: eI : dI$, $eI = eg - Ig = gd - Ig$, dI aber $= dg + gI$, so ist: $eI < dI$, und auch $eR < dU$. Das größere Gewicht hat in der schiefen Stellung des

Wage-

Wagebalkens jederzeit einen kleineren Abstand von der Achse, als das kleinere, wenn der Schwerpunct unter der Achse, oder dem Puncte der Unterlage zu stehen kommt. Es werden die Gewichte, wenn ihr Unterschied nicht zu groß ist, bey irgend einer schiefen Stellung des Wagebalkens im verkehrten Verhältnisse ihrer Abstände von der Unterlage, und folglich im Gleichgewichte seyn.

Bei jeder richtigen, und bequemen Schallwage muß also der Schwerpunct immer etwas unter der Achse, in welcher der Punct der Unterlage ist, unter der geraden Linie, in welcher der Punct der Unterlage und die zwey Aufhangspuncte liegen, zu stehen kommen S. 33. Wenn ein zwey und gleicharmiger Hebel, welcher so eingerichtet ist, daß man die Achse in, ober, oder unter seinem Schwerpuncte anbringen könne, mit zwey Gewichten beschweret wird, deren eines auch sehr wenig größer ist, als das andere, so bestätigt die Erfahrung alle drey eben erwiesene Sätze.

35.

Je tiefer unter die Achse der Schwerpunct des Wagebalkens bey einer gemeinen Wage fällt, desto leichter und sicherer wird sie mit ungleichen Gewichten beladen in schiefen Stellung ins Gleichgewicht kommen, weil auch der Unterschied der Abstände dieser Gewichte in der Bewegung des Wagebalkens desto schneller merklich, und verändert wird, je größer der Abstand des Schwerpunctes von der Achse ist. Allein die Wage wird in eben

die-

dieser Waſſe langſamer, oder fauler, wodurch der Schalenwage eine andere Unbequemlichkeit zuwächſt.

Fig. 22. Die Betrachtung der Fig. 22. überzeuget von beyden: eR , dIU , und Clg ſind ähnliche Dreyecke, wie es leicht zu erweiſen iſt. Ud alſo muß eben ſo, wie Cg zunehmen, und eR in dem nähmlichen Verhältniſſe abnehmen. Ferner muß der Schwerpunct, welcher Anfangs in G iſt, dann aber auf g übergetragen wird, über einen deſto größeren Bogen Gg erhoben werden, je größer $CG = Cg$ iſt. Dieſe Erhebung fordert auch deſto mehr Kraft, und wird der nähmlichen Kraft deſto beſchwerlicher, je größer ſie iſt.

36.

Eine mit allen erforderlichen Eigenſchaften eingerichtete, folglich ächte Schalenwage kann mit zwey gleichen Gewichten beladen in keiner anderen, als in horizontaler, oder wagerechter Stellung im Gleichgewichte ruhen.

Bei einer ſo beſtellten Schalenwage muß der Schwerpunct des Wagebalkens etwas tiefer als der Punct der Unterlage ſtehen, oder unter der Achſe ſeyn S. 34. Wir können alſo zum Beweiſe den dritten Fall dieſes 34 S. mit der einzigen Abänderung der gleichgeſetzten Gewichte annehmen. Die Achſe, oder der Punct der Unterlage iſt Fig. 22. in C , der Schwerpunct in G , die gleichen Gewichte in E und D , folglich $D = E$. Bei
einer

Fig. 22.

einer schiefen Stellung abde des Wagebalkens werden diesennach die Abstände der Gewichte, welche sich igt in e und d befinden, eR , und dU seyn, auch ist, wie S. 34. erwiesen ist worden, $eR < dU$. Die Wirkungen der Gewichte, welche von der Schwerbestimmung kommen, 1. Abb. S. 56., sind senkrecht zum Gesichtskreise 2. Abb. S. 54., folglich mit einander gleichlaufend; und gleichlaufend wirkende Kräfte behalten das nähmliche Verhältniß gegen einander, wenn sie schief angebracht sind, welches sie gerade angewandt hätten S. 22. Zwey an einer ächten Schalenwage angebrachte gleiche Gewichte haben daher auch in der schiefen Stellung des Wagebalkens, durch welche ihre Richtungen zwar schief werden, doch gleichlaufend unter einander bleiben, gleiche Wirkung auf die Schalenwage, und bey jeder schiefen Stellung des Wagebalkens sind gleiche Kräfte in ungleichen Abständen von der Unterlage angebracht; $eR < dU$. Gleiche Gewichte können bey keiner schiefen Stellung einer ächten Wage im verkehrten Verhältnisse der Abstände seyn, die Schalenwage folglich nie im Gleichgewichte ruhen, sondern es muß durch die Wirkung des an dem erhobenen Arm angebrachten, und im größeren Abstände sich befindenden gleichen Gewichtes der erhobene Arm herabgedrückt, und der andere erhoben, folglich die wagrechte Stellung des Wagebalkens wieder hergestellt werden.

Auf diesen Satz ist die Art, durch die Verwechslung der Schalen die Richtigkeit der Schalenwage zu prüfen, gegründet. Denn, wenn die Wage ächt ist, so muß sie an der Länge, und am Gewichte gleiche Arme haben, und, weil der Schwerpunet des Balkens tiefer; als der Punet der Unterlage stehen muß, folglich gleiche Gewichte nur bey der wagerechten Stellung des Balkens im Gleichgewichte ruhen können, so müßest die Schalen, mit welchen der beladene Wagebalken in wagerechter Stellung vorher ruhete, wenn die Wage ächt ist, gleiche Gewichte haben, folglich auch nach vorgenommenen Wechsel die wagerechte Stellung des Balkens wieder herstellen. Stehet also nach getroffenem Wechsel der Schalen der Balken nicht wieder wagerecht, so sind die Gewichte der Schalen nicht gleich, auch die Arme folglich an der Länge, oder dem Gewichte, oder an beyden ungleich, und die Wage unrichtig.

37.

Weil auch eine unrichtige Schalenwage, deren Arme ungleich sind, ein, und zwar ob schon ungleich = doch zweyarmiger Hebel ist, so kann man das unbekannte Gewicht eines Körpers auch mit Beyhilfe einer unrichtigen Schalenwage bestimmen; wenn das unbekannte Gewicht an jedem der zwey Arme mit einem anderen Gewichte ins Gleichgewicht gebracht, und aus dem Producte der zwey Gewichte, welche dem unbekanntem das Gleichgewicht hielten, die Quadratwurzel herausgezogen wird.

wird. Diese ist dem unbekanntem Gewichte gleich. Der zwey- und ungleicharmige Hebel KKG Fig. 15. soll den Wagebalken einer unrichtigen Wage vorstellen. Das unbekannte Gewicht sey x . Dieses werde zuerst an den Arm KK angewendet und mit einem an KG angebrachten Gewichte P ins Gleichgewicht gebracht; so ist: $\text{K} : \text{P} :: \text{GK} : \text{KK}$. Dann verseye man x in G , und bringe es mit einem andern in K angebrachten Gewichte M wieder ins Gleichgewicht, so ist auch: $\text{M} : \text{K} :: \text{GK} : \text{KK}$, folglich $\text{M} : x :: x : \text{P}$, und $x^2 = \text{MP}$, also auch $x = \sqrt{\text{MP}}$.

Durch die Ausübung wird die Richtigkeit dieser Erwägung bestätigt.

38.

Eine andere Anwendung des zwey- und ungleicharmigen Hebels ist die Schnellwage ACF Fig. 23. Wir bedienen uns dieses Rüstzeuges zum Abwiegen schwerer Körper vorzüglich, wozu größere Schalenwagen nothwendig wären, als insgemein vorhanden sind. Es fordert die Bestimmung eines Gewichtes vermittels der Schnellwage auch weniger Umstände und Gegengewichte, als vermittels der Schalenwage; dagegen ist aber diese auch genauer als jene.

Die Theile einer Schnellwage sind: Der Wagebalken AF , welcher durch die Achse C in zwey sehr ungleiche Arme AC und CF getheilet ist. Diese Achse hängt, wie jene der Schalenwage in einer Schere CD , welche mit dem Haken D

ver-

versehen ist. Senkrecht ober der Achse ist das Zünglein CO angebracht. In einem bestimmten Abstand BC von der Achse C ist an dem kürzeren Arm auch ein Kloben, oder Schere wie CD mit einem Haken, um den Körper anzuhängen, angebracht, dessen Gewicht zu bestimmen kömmt. Der Abstand BC ist durch Einschnitte auf den längeren Arm CF so oft übertragen, als es thunlich war. An diesem Arm endlich befindet sich ein mit dem herabhängenden Haken I versehener Läufer E. Dieser läßt sich nach Erforderniß zu, und von der Achse schieben. An dem Haken I wird das bekannte Gewicht G angebracht, mit welchem das unbekannte M ins Gleichgewicht gesetzt werden muß. Der Anblick der Schnellwage überzeuget schon, daß sie ein zwey- und ungleicharmiger Hebel sey, und die an derselben im Gleichgewichte stehenden Gewichte, wie an jedem Hebel, im verkehrten Verhältnisse ihrer Abstände von der Unterlage seyn müssen.

Da die Arme AC und CF an der Schnellwage sehr ungleiche Längen bey einer gleichförmigen, oder beynah gleichförmigen Gestalt haben, das eigene Gewicht der zwey Arme sehr ungleich, und überdieß auch in desto größerem Abstände angebracht ist, je größer die Unterschiede der Arme und Gewichte sind: das viel größere Gewicht des Armes CF beyläufig in der Mitte CF, und das viel kleinere des anderen Armes, welcher eigentlich nur BC ist, in der Mitte von BC,

so

so muß dem Gewichte des längeren Armes CF durch ein an den kürzeren BC angebrachtes Gegengewicht A das Gleichgewicht gehalten werden, wenn die Schnellwage so behandelt werden soll, als ob sie ohne eigenes Gewicht wäre. Das Gewicht A wird dem längeren Arme CF das Gleichgewicht halten, wenn A samt dem Gewichte des kleineren Armes AC zu dem Gewichte des längeren CF sich so verhält, wie des Schwerpunctes in CF Abstand von der Achse C zum Abstände des Schwerpunctes an dem mit A beladenen AC von C. In den bloß zu Erwägungen verfertigten Schnellwagen ist ein solches Gegengewicht zu eben gedachtem Ende angebracht. Ohne dieses Gegengewicht muß das eigene Gewicht des Wagebalkens der Schnellwage beym Abwiegen nach S. 25., wie bey jedem zwey- und ungleicharmigen Hebel in die Rechnung genommen werden.

39.

Wenn das zu bestimmende Gewicht X an einer mit gedachtem Gegengewichte versehenen Schnellwage im Gleichgewichte stehet, so ist es dem Producte aus dem mit ihm im Gleichgewichte stehenden bekannten Gewichte in dem Abstände gleich, in welchem dieses im Gleichgewichte stehet.

Das Gewicht X des Körpers M Fig. 23. sey zu bestimmen. Dieses sey in B angebracht, und mit dem vermittelst des Läufers bis E ver-

schobenen Gewichte G im Gleichgewichte; so ist:
 $X : G :: EC : BC$ §. 21., folglich: $X \times BC$
 $= G \times EC$, und $X = \frac{EC \times G}{BC}$, weil aber

BC in Vergleich mit EC eine Einheit ist §. 38.,
 folglich nichts dividiret, so ist: $X = EC \times G$.
 Wenn nämlich der Wagebalken AF wie eine Li-
 nie ohne Schwere betrachtet werden kann, wel-
 ches durch gedachtes Gewicht A bewirkt wird.

Da G ein bekanntes Gewicht ist, und die
 im Abstände EC sich befindenden dem BC gleiche
 Eintheilungen gezählet werden können, so ist:
 $EC \times G$ ein aus bekannten Factoren entstan-
 denes, folglich bekanntes Product. Das Gewicht
 G ist in M so oft enthalten, als in EC dem
 BC gleiche Theile $CK = KL = LP$ u. f. w.
 vorhanden sind, und jede dieser Eintheilungen
 drückt für das Gewicht X des Körpers M so viel
 Pfunde aus, als G wieget. Wenn daher jede
 Eintheilung $CK = KL = LP$ in so viele gleiche
 Theile untergetheilet, an den Haupteintheilungen
 aber K, L, P u. f. w. die Zahl der dazwischen
 begriffenen Untertheilungen angezeigt wird, so ist
 zur Bestimmung des Gewichtes X die Multiplica-
 tion des G mit EC nicht mehr nothwendig. Die
 Summe der in den Haupteintheilungen angezeig-
 ten Zahlen, und allenfalls der über die äußerste
 Haupteintheilung zu nehmenden Untertheilungen,
 welche zwischen der Achse C und dem Punkte E ,
 wo der Käufer mit dem Gewichte G im Gleich-
 gewichte

gewichte sich befanden, begriffen werden, giebt das mit G im Gleichgewichte gewesene Gewicht X . Sind die Untertheilungen noch groß genug, daß jede in 4 gleiche Theile getheilet werde, so kann man vermittels einer solchen Schnellwage auch die in X über die Zahl der ganzen Pfunde enthaltenen Viertel bestimmen. Diese Eintheilung zeigt ohne Erinnerung von selbst, daß die Bestimmung des X nach diesen Eintheilungen nur dann richtig sey, wenn X mit dem Gewichte G , oder einem gleichen, auf welches die Eintheilung gegründet ist worden, in der nämlichen Schnellwage im Gleichgewichte stand. Wird statt G ein anderes ungleiches Gewicht hierzu verwendet, so sind die Theile einer jeden Haupteintheilung CK , der Zahl der Pfunde dieses, nicht aber des Gewichtes G gleich.

Nehmen wir $G = 10$ Pfund, so gilt jede Eintheilung zehn Pfunde, folglich $CE = 80$. Wäre $G = 5$ \mathcal{H} , so ist $CK = 5$, und $CE = 40$. Die Anwendung der von der Eintheilung gegebenen Erklärung auf ein bestimmtes Gewicht, dem das G gleich gesetzt wird, setzt dieselbe in volles Licht.

40.

Das in der gemeinen Schnellwage, an welcher kein dem Gewichte des längeren Armes das Gleichgewicht haltendes Gewicht vorhanden ist, mit dem bekannten im Gleichgewichte stehende unbekanntes Gewicht X ist

der Summe jener zwey Producte gleich, deren eines aus dem mit seinem Abstände von der Achse multiplicirten bekannten und mit X im Gleichgewichte gewesenem, das andere aber aus dem mit dem Abstände des Schwerpunctes im Wagebalken von der nähmlichen Achse multiplicirten Gewichte des ganzen Wagebalkens erhalten wird.

Fig. 23. Wenn die Schnellwage AF Fig. 23. ohne das Gegengewicht A genommen wird, so ist ihr Wagebalken eben so, wie der ungleicharmige Hebel S. 25. samt seinem Gewichte zu betrachten. Die so sehr verschiedene Länge der zwey Arme bey der beynahе gleichförmigen Gestalt, und Vertheilung der Masse macht, daß der Schwerpunct des Wagebalkens jederzeit in den längeren Arm CF falle. Es muß daher im Gleichgewichte zu dem Producte des bekannten mit seinem Abstände von der Achse multiplicirten Gewichtes das Product aus dem Gewichte des ganzen Wagebalkens in dem Abstände seines Schwerpunctes von der nähmlichen Achse gegeben werden, und das Product aus dem unbekanntem Gewichte X des Körpers M in seinem Abstände muß jener Summe der Producte gleichen S. 25. No. 2. Um diese Gleichung auszudrücken, sey: das ganze Gewicht des Wagebalkens $AF = W$. Der Abstand seines Schwerpunctes, der in Y gegen die Mitte des AF fallen wird, $= YC$. Das Gewicht G , mit welchem der in B angebrachte Körper M

im

im Gleichgewichte gestanden ist, sey bis F verschoben, sein Abstand folglich EC ; so ist $X \times BC = G \times ED + W \times YC$, folglich $X = \frac{G \times EC + W \times YC}{BC}$. BC als eine Einheit

in Vergleich EC , und YC dividiret nicht, also ist auch: $X = G \times EC + W \times YC$. Aus diesem erhellet, daß bey einer gemeinen, oder solchen Schnellwage, dergleichen insgemein gebraucht werden, die Haupteintheilungen CK , KL , u. s. w. ohne weiteren in so viel Theile, als G Pfunde wiegt, wie S. 39. gezeigt wurde, nicht können untergetheilet werden, sondern auf das Product: $W \times YC$, dabey Bedacht genommen werden müsse. Weil aber dieses die Wirkung des eigenen Gewichtes in dem Wagebalken ausdrückende Product an der nähmlichen Schnellwage unverändert bleibt, in was immer für einem Punkte das bekannte Gewicht G in einzelnen Fällen des Gleichgewichtes zu stehen komme, so ist der Einfluß dieses Productes auf gedachte Untertheilungen nur ein einziger; die aus diesem auf die Untertheilung sich ergebende Abänderung nur einmal zu treffen, und die übrige Untertheilung hängt bloß von den durch die erforderliche Entfernung des bekannten Gewichtes G bewirkten Abänderungen des Productes $G \times EC$. Der Einfluß der durch das Product: $W \times YC$ ausgedrückten Wirkung des eigenen Gewichtes im Wagebalken AF ist vorhanden, wenn auch das Ge-

wicht G in der ersten Haupteintheilung K zu stehen kömmt. Es muß daher die Untertheilung in CK schon mit Beziehung auf das Product: $W \times YC$ getroffen, und die Zahl der Theile in $CK = W \times YC \div G$ genommen werden. Durch die nach dem Erfordernisse der Umstände bestimmte Entfernung des Läufers mit dem Gewichte G von der Achse C wird gedachte Wirkung $= W \times YC$ weder vergrößert, wie die Wirkung des G , noch wiederholt angebracht. Nachdem also die Untertheilung in $CK = W \times YC \div G$ genommen ist worden, sind die übrigen Haupteintheilungen: KL, LP, PQ u. s. w. jede in so viel gleiche Theile, als in G Pfunde sind, und, wenn es der Raum leidet, jeder dieser Theile wieder in vier gleiche zur Bestimmung der Viertelpfunde zu theilen.

Bei der zum allgemeinen Gebrauche verfertigten Schnellwage ist nebst dem Zünglein CO zwischen dem Kloben D in einem größeren Abstände als BC , z. B. in K ein zweyter Kloben a mit dem an der entgegengesetzten Seite des Waagebalkens senkrecht aufgerichteten Zünglein b angebracht, der Abstand BK an der anderen Seite in d, e, f, g u. s. w. so oft als möglich übertragen und untergetheilet; womit BK und KF die zwey Arme der Schnellwage werden. Ist das zu bestimmende Gewicht größer, so wird die Wage an der Achse C , ist es aber kleiner, an der Achse K aufgehangen. Weil die Eintheilungen an die-

fer

ser zweyten Seite größer sind, folglich weniger, so kann das Product: $G \times EC$ an dieser Seite nicht so beträchtlich, als an der ersteren, folglich können auch nicht so große Gewichte an der zweyten, als an der ersten bestimmt werden. Daher wird diese insgemein die schwerere, jene aber die geringere Seite der Schnellwage genannt.

41.

Durch außerordentliche Länge verlieret der Hebel seine Brauchbarkeit. Mit kurzen Hebeln aber kann der Körper nur zu sehr kleinen Höhen erhoben werden. Um Körper also zu einer größeren Höhe mit Beyhilfe des Hebels zu bringen, müssen diese so angebracht seyn, daß der folgende an den zu erhebenden Körper greiffe, nachdem dieser von dem vorhergehenden Hebel so hoch, als es seyn konnte, schon erhoben ist. Eine solche sehr bequeme Anordnung der Hebel haben wir an der Rolle, und dem Rade an der Welle, an welche die zu erhebenden Körper, oder Lasten, und die hiezu wirkenden Kräfte vermittelst der Stricke angebracht werden können. Die Betrachtung dieser einfachen Maschinen überzeuget hievon. Beyde sind daher als Anwendungen des Hebels zu betrachten, ob wir schon das Rad an der Welle nicht zur Erhebung der Lasten allein, sondern auch zu anderen Wirkungen, jedoch nur nach der Lehre des Hebels vielfältig gebrauchen.

Fig. 24.

Eine Rolle Fig. 24. ist jede Scheibe, welche im Mittelpuncte mit einem Holzen C, der ihr zur Achse dienet, durchgeschlagen, und um diesen beweglich ist. Damit der um die Rolle geschlagene Strick nicht abgleite, pflegt man ihren Umkreis wie eine Rinne auszuhohlen, und, um die Rolle irgend wo aufhängen, oder ein Gewicht an ihre Achse anbringen zu können, ist an der Achse C ein um die Rolle beweglicher, und mit einem Haken versehener Kloben CI. Da die Rolle aus einem festen Körper verfertigt werden muß, so kann, und muß jeder Durchmesser AB, und jede Sehne der Rolle wie eine unbiegsame Stange betrachtet werden, an welcher vermittelst der Stricke an den Berührungspuncten A und B, oder durch Beyhilfe des Klobens an dem Mittelpuncte C die Kräfte, und die Unterlage angebracht werden, und, weil durch die Drehung der Rolle stäts ein anderer Durchmesser MN, oder eine andere Sehne zwischen die Berührungspuncte der Stricke gebracht wird, so haben wir an der Rolle so viele Hebel, deren einer nach dem anderen eingreift, wenn folglich eine Last zu erheben ist, die von dem vorhergehenden nach Möglichkeit erhobene Last weiter erhebet, als Durchmesser und Sehnen in einer Scheibe sind. Die Rolle ist daher nicht nur allein eine Anwendung des Hebels, oder ein Hebel, sondern sie leistet auch die Fortsetzung der Wirkung, zu welcher mehrere
nach

nach einander angebrachte Hebel nothwendig wären §. 41.

43.

Die Rolle ist fest oder beweglich. Fest wird sie genannt, wenn sie sich nur um ihre befestigte Achse drehen kann. Eine solche ist die Rolle C Fig. 24. Vermittels des Klobens CI hängt die Achse C an dem Haken I, und die Scheibe AMBNA drehet sich um C. Kann die Achse samt der Rolle bewegt werden, die Rolle folglich bey ihrer Drehung um die Achse samt dieser steigen, oder fallen, so nennen wir selbe eine bewegliche Rolle. Die Rolle DEF, welche durch den Zug des Strickes DB um ihre Achse E gedrehet, und samt dieser erhoben, oder durch die Nachlassung des Strickes herabgelassen wird, ist eine bewegliche Rolle. Fig. 24.

Die feste Rolle ist ein zwey- und zwar gleich-armiger Hebel. In C hat sie ihre Unterlage, in Berührungspuncten der Stricke A und B sind Kraft und Last angebracht, und ihre Abstände von der Unterlage gleich: $AC = CB$. Die bewegliche Rolle hingegen ist ein einarmiger Hebel von der ersten Art. Im Berührungspuncte F des in G befestigten Strickes FG hat die Rolle ihre Unterstüzung, da sie um ihre Achse E gedrehet, und mit dieser erhoben, oder abgelassen wird. An der Achse E ist durch Beyhilfe des Klobens die Last L angebracht, welche mit der Achse in Bewegung gesetzt werden muß. Im

Berüh-

Berührungspuncte D endlich des Strickes DB, welcher über die feste Rolle C geschlagen ist, und an welchen die Kraft K sich befindet, greift diese an den Hebel DEF.

Damit Kraft und Last an einer Rolle im Gleichgewichte stehen, müssen sie das Verhältniß gegen einander haben, welches vom Hebel S. 21. 23. erwiesen ist worden.

44.

An der festen Rolle muß die Kraft der Last im Gleichgewichte gleich seyn.

Fig. 24.

Die feste Rolle C Fig. 24. ist ein zwey- und gleicharmiger Hebel. Wenn die Stricke AK und BD, an welchen Kraft und Last hängen, gleichlaufend sind, so ist der Durchmesser ACB der Hebel, auf welchen die Kräfte wirken. Es muß daher im Gleichgewichte S. 43. $K : L :: BC : AC$, und gleichwie $AC = BC$ ist, auch $K = L$ seyn. Sind die Stricke, welche jederzeit nach der Richtung der Kräfte gespannt, folglich an die Rolle angebrückt werden, und eben daher die Richtungen der Kräfte anzeigen, nicht gleichlaufend, sondern schief gegen einander; MO z. B. sey die Richtung des Strickes statt AK, so sind die Kräfte in M und B den Berührungspuncten, folglich in dem Winkelhebel MCB angebracht, und müssen im Gleichgewichte im verkehrten Verhältnisse der senkrechten seyn, welche von der Unterlage auf ihre Richtungen gezogen werden S. 23. Diese von C auf MO
und

und BD gezogenen senkrechten sind die von dem Mittelpuncte C zu den Berührungspuncten M, und B gezogenen Halbmesser MC und CB. Es muß also auch bey nicht gleichlaufenden, sondern schiefen Richtungen der Stricke: $K:L::BC::MC$, folglich $K=L$ seyn, wie $BC=MC$ ist.

Eine feste Rolle dienet weder zum Ersparnisse der Kraft, noch der Zeit, sondern nur zur Veränderung der Richtungen. Mit Beyhilfe einer, oder mehr festen Rollen kann die unbequeme Richtung der gesuchten Wirkung nach Belieben in eine bequeme verändert werden. Die feste Rolle ist daher doch unter die einfachen Maschinen zu zählen S. 12. Bey der festen Rolle ist das ganze eigene Gewicht der Rolle mit der Achse C unterstützt, kömmt also in keine Betrachtung.

45.

An der beweglichen Rolle muß im Gleichgewichte Kraft und Last seyn, wie der Halbmesser der Rolle zu ihrer zwischen den Berührungspuncten der Stricke begriffenen Sehne. Wenn diese S und der Halbmesser H genannt wird: $K:L::H:S$.

An der Rolle, deren Achse C Tab. 1. Fig. Fig. 25. sey das Gewicht L als Last angebracht, die Richtung der Last folglich CL senkrecht zum Gesichtskreis. Des durch die Wirkung der Kraft gespannten, und an die Rolle angebrückten Strickes Richtung sey BE, des in F befestigten aber UF; die Unterlage folglich in U, die Kraft in B
ange-

angebracht, und UAB der zu betrachtende Hebel. Die Richtungen der Kräfte BE und CL sind schief gegen einander, und werden wo in L zusammenlaufen, wenn sie hinlänglich verlängert sind. Kraft und Last müssen daher im verkehrten Verhältnisse der von der Unterlage auf ihre Richtungen gezogenen senkrechten seyn S. 23. Die von U auf LE senkrecht gezogene ist UD; auf CL aber ist UB selbst senkrecht, weil CL zugleich die Richtungslinie der Rolle C seyn muß 2. Abh. S. 54., die Rolle folglich auf dem Stricke hängend jederzeit in die Lage kommen, daß CL zu der zwischen den Berührungspuncten U und B begriffenen, und zum Gesichtskreise gleichlaufenden Sehne UB senkrecht sey, und diese in A, wie jede vom Mittelpuncte zur Sehne senkrecht gezogene, in zwey gleiche Theile $UA = AB$. Es muß also an der Rolle: $K : L :: UA : UD :: AB : UB$ seyn. Wenn zum Berührungspuncte B, folglich senkrecht zur Tangente EL, der Halbmesser CB gezogen ist, so sind die Dreyecke UDB, und CAB wegen ihren rechten in D und A, dann Wechselwinkeln in B und U zwischen zwey zur nähmlichen dritten EL senkrechten, mit einander folglich gleichlaufenden AD und CB, ähnlich, und $AB = UA : UD :: CB : UB$; folglich auch: $K : L :: CB : UB : H : S$.

Fig. 24. Greifen die Stricke wie Fig. 24. DB, und FG an die bewegliche Rolle, deren Achse E gleichlaufend, ein, so ist DEF der Durchmesser

messer der Rolle die zwischen den Berührungspuncten D und F begriffene Sehne, folglich $DF = 2FE$. Auch sind FD und FE selbst die von der Unterlage F zu den Richtungen der Kräfte EL und DB senkrecht gezogene Linien. Da FE, und FD als senkrechte zu EL, und DB auch die Abstände von der Unterlage F sind, so ist in diesem Falle auch nach S. 21.: $K:L::FE:FD$. In dem Falle der gleichlaufenden Stricke ist im Gleichgewichte die Kraft K zur Last L, wie 1 zu 2, wie die Zahl der Stricke, an welchen die Kraft K zur Zahl derjenigen, an welchen die Rolle E samt der an deren Achse angebrachten Last hängt.

Weil die mit der Last beschwerte Rolle auf dem umgeschlagenen Stricke ruhet, so muß nebst der Last auch das eigene Gewicht der Rolle von der Kraft im Gleichgewichte erhalten werden. An der beweglichen Rolle daher bestehet die eigentliche Last in der Summe des als Last angebrachten, und des eigenen Gewichtes der Rolle, und, wenn wir dieses R nennen, so muß im Gleichgewichte $K:L + R::R:S$ seyn, nachdem man den Schwerpunct der Rolle in ihrem Mittelpuncte, oder in der Achse setzen kann.

46.

Den Vortheil, welchen die bewegliche Rolle giebt, hat man im Flaschenzuge Tab. 1. Fig. 26. vervielfältiget, indem in jeder Flasche, über jedem Kloben AB, und DC mehrere Rollen ver-

Fig. 26.

bun-

bunden sind worden. Einer dieser Kloben wird vermittleß seines Ringes, oder Hafens E aufgehangen, und befestiget, der andere aber hängt an den über die Rollen laufenden Schnüren, und hält die an seinem Ring F angebrachte Last. Hiemit sind die Rollen des oberen Klobens feste, des unteren aber bewegliche Rollen, und, weil die Schnüre gleichlaufend sind, das Verhältniß der Last :: 2 so oft zu nehmen, als in den beweglichen Kloben DC Rollen verbunden werden. Hiemit erhält man die Zahl der Rollen in beyden Kloben, oder die Zahl der Stricke, an welchen die Last hängt. Am Flaschenzuge ist daher Gleichgewicht, wenn sich die Kraft zu der mit dem Gewichte des Klobens zusammengenommenen Last S. 45., wie die Zahl der Schnüre, an welchen die Kraft hängt, zur Zahl der Schnüre der Last verhält.

Daß der Flaschenzug keine zusammengesetzte, sondern eine einfache Maschine sey, ist aus dem klar, daß bey dem Flaschenzuge vermittleß des unteren, oder beweglichen Klobens, an welchem die Last sich befindet, ein einziger Punct der Last im Schwerpuncte des Klobens, in dem Puncte M, in welchem die Schnur der Kraft vermittleß der ersten Rolle des festen Klobens in die Rollen des beweglichen eingreift, ein einziger Punct der Kraft, und endlich in dem Puncte N, an welchen die an den festen gebundene Schnur um die erste Rolle des beweglichen Klobens zu laufen anfängt,

fängt, ein einziger allen beweglichen Rollen gemeinschaftlicher Punct der Unterlage vorhanden sey.

Diese, und alle in der Erwägung der Maschinen gegebene, oder noch folgende Erklärungen müssen bey dem mündlichen Vertrage in der Ausübung angewendet, und durch Versuche bestätigt werden.

47.

Ein Rad an der Welle ist jedes an einem Cylinder oder einer Walze befestigtes, und samt dieser um ihre als unbeweglich betrachtete Achse bewegliches Rad. Die zwey concentrische Circuln ADEF, und IMBG Tab. 1. Fig. 27. stellen den Durchschnitt eines Rades an der Welle dar. ADEF ist der Durchschnitt des Rades, IMBG der Welle, C der gemeinschaftliche Mittelpunct oder Durchschnitt der Achse. Die zu erhebende Last L wird vermittelst eines Strickes an der Welle oder dem Rundbaum wo in B angebracht. Die Kraft K greift an den Umkreis des Rades wo in A, drehet das Rad samt der Welle um die gemeinschaftliche Achse C, und bewirkt, daß der Strick um die Welle umgewunden, die Last aber eben hiedurch erhoben werde. An dem Rade an der Welle sind die Puncte der Kraft, Unterlage und Last in einer Linie ACB gelagert, und wegen des Zusammenhanges der Theile, wie an einer unbiegsamen Stange ACB, welche ein zwey- und ungleicharmiger Hebel ist S. 19., zu betrachten. Kraft und Last müssen im Gleichgewichte

E die-

dieses Rüstzeuges in dem Verhältnisse stehen, welches §. 21. oder 23. für den Hebel erwiesen ist.
48.

Wenn der Halbmesser des Rades = H, der Welle = h, so ist im Gleichgewichte des Rades an der Welle: $K : L :: h : H$.

Das Rad an der Welle ist wie ein Hebel zu betrachten, indem es nichts anderes, als dessen Anwendung ist. Die Punkte A und B Tab. 1. Fig. 27. des Hebels ACB beschreiben in dessen Drehung um die Achse C die Umkreise des Rades ADEFA, und der Welle BMIGB eben so, wie jeder Theil des Radkreises den ersten, und jeder Theil des Umkreises der Welle den zweyten beschreibt. Kraft und Last müssen daher am Rade an der Welle im Gleichgewichte im nämlichen Verhältnisse stehen, in welchem sie bey dem Hebel sind §. 47. Sind die Kräfte gleichlaufend angebracht wie AK und BL, so muß $K : L :: BC : AC$ seyn §. 21.; sind sie aber schief wie NO, und BL, so müssen selbe im verkehrten Verhältnisse der senkrechten seyn, welche von der Unterlage C auf die Richtungen der Kräfte gezogen werden, folglich, wenn diese NC und BC sind: $K : L :: BC : NC$ §. 23. BC und AC, und weil die vom Mittelpunkte zu jenem der Berührung gezogenen Halbmesser senkrecht zum Tangenten, auch BC und NC als Halbmesser der Welle, und des Rades, vermög Bedingiß h und H sind,

sind, so ist am Rade an der Welle im Gleichgewichte $K : L :: h : H$.

49.

Das Rad an der Welle wird ein Haspel, genannt, wenn die Welle, oder der Rundbaum zum Gesichtskreise gleichlaufend, oder bey nahe wenigstens ist wie Fig. 28. Stehet die Welle, oder der Rundbaum des Rades senkrecht zum Gesichtskreis, so ist es eine Winde oder Cöppel Fig. 29. Aus dieser Erklärung erhellet der Grund, die Haspeln liegende, die Winden aber stehende Räder an der Welle zu nennen. Der Haspel wird in Rad = Kreuz, und Hornhaspel eingetheilet. Fig. 28. ist ein Rad = haspel. Wenn statt des Rades nur Stäbe, oder Balken durch die Welle, wie an der Winde Fig. 29. durchgeschlagen wären, so wäre er ein Kreuz = haspel. Wird der Rundbaum vermittels einer, oder zwey an seinen äußersten Enden angebrachten Kurbeln herumgetrieben, so nennet man solchen Rüstzeug einen Hornhaspel. Die Winde wird auch Erdwinde genannt, wenn ihr Rundbaum sehr kurz ist, selbe folglich nur zur Beförderung der Lasten an der Oberfläche der Erde verwendet wird. Wenn es die Umstände der anzuwendenden Kraft erlauben, und die Zahl der durch die Welle durchzuschlagenden Stäbe, oder Balken nicht zu groß ist, die Welle folglich durch derselben Einzapfung nicht zu sehr geschwächt wird, so schlägt man nur 4 bis 6 Stäbe oder Balken

Tab. 1.
Fig. 28.

Fig. 29.

in die Welle. Müßte aber die Zahl dieser Stäbe zu groß werden, so wendet man statt dieser ein Rad an.

Weil, bey dickeren Stricken vorzüglich, die Bemerkung, daß die Last an der Achse oder den mittleren Faden des Strickes angebracht zu betrachten sey, nicht außer Acht zu lassen ist, indem eben dieserwegen der Durchmesser der Welle um zwey halbe Durchmesser, oder Dicken des sich herumwindenden Strickes, folglich, wenn sich dieser das zweytemal herumwindet, das ist Strick auf Strick gewunden wird, um zwey ganze und zwey halbe, das ist um drey ganze Durchmesser des Strickes vergrößert ist worden, so muß in dem Verhältnisse: $K : L :: h : H$ zu dem Halbmesser der Welle h der halbe Durchmesser, und, wenn der Strick schon das zweytemal umgewunden wird, ein und ein halber Durchmesser des Strickes, vorzüglich, wenn der Strick dick ist, hinzugesetzt werden. Diese Bemerkung giebt eine Ursache, warum die vermittels dickerer Stricke an das Rad an der Welle angebrachte Last, nach dem der Strick das zweyte oder drittemal auf sich selbst umgewunden wird, mehr als bey der ersten Umwindung empfunden werde.

Unter allen Rüstzeugen wird das Rad an der Welle am häufigsten gebraucht, indem beynahe keine zusammengesetzte Maschine vorkommt, in welcher kein Rad an der Welle in die Verbindung gebracht wäre, und diese Maschine zu sehr
vie-

vielen, und verschiedenen Wirkungen mit Vortheil
sich verwenden läßt.

D r i t t e s K a p i t e l

von der

schiefen Fläche, der Schraube, und dem
Keule.

50.

Schiefe Fläche ist jede mit dem Gesichtskreise
einen schiefen, oder nicht rechten Winkel einschließ-
sende Ebene Tab. 1. Fig. 30. Die Linie AC
drückt den Durchschnitt einer solchen Ebene, BC
die Lage des Gesichtskreises, oder einer mit die-
sem gleichlaufenden Fläche aus. ACB der Win-
kel, welchen AC mit BC in C einschließt, ist der
Neigungswinkel der schiefen Fläche. AC, der
nach der Länge von dem höchsten Punkte bis zum
Gesichtskreise, oder der zu dieser gleichlaufenden
Fläche, auf welcher die schiefe Ebene aufliegt,
genommene Durchschnitt ist die Länge, AB, die
vom höchsten Punkte zum Gesichtskreise, oder der
Grundfläche herabgelassene senkrechte, die Höhe,
BC endlich die gerade zwischen der Höhe AB,
und dem Punkte der Auflage C begriffene zum
Gesichtskreise gleichlaufende Linie, die Grund-
Linie der schiefen Fläche.

Tab. 1.
Fig. 30.

Betrachten wir einen auf diese Fläche gestellten Körper, dessen Schwerpunct in D ist, die Schwerbestimmung also in DFG senkrecht zu BC wirke, so muß er seiner respectiven Schwere wegen über die schiefe Ebene AC herabgehen 2. Abb. S. 54. 103. Damit dieses nicht erfolge, sondern der Körper auf der schiefen Fläche im Gleichgewichte stehen bleibe, muß auf denselben noch eine andere Kraft z. B. in der Richtung DL wirken, von welcher er aufgehalten werde. Diesemnach ist die Schwerbestimmung des Körpers, welche ihn herabtreibet, die an der schiefen Fläche zu betrachtende Last; jene Kraft aber, von welcher diese im Gleichgewichte erhalten wird, die Kraft, und es ist das Verhältniß zu bestimmen, welches diese zwey Kräfte gegen einander haben müssen, damit sie im Gleichgewichte sind, daß der Körper D weder herab, noch hinauf gehe, sondern ruhe. Den Winkel DKE, welchen die Richtung der Kraft DL mit der Länge der schiefen Fläche einschließt, nennen wir Richtungswinkel der Kraft.

51.

Damit Kraft und Last an der schiefen Fläche im Gleichgewichte sind, muß sich jene zu dieser wie die Bogenhöhe des Neigungswinkels zur Nebenbogenhöhe (Cosinus) des Richtungswinkels verhalten. Wenn also jene B, diese aber N genannt wird: $K : L :: B : N$ seyn.

Damit

Damit der Körper D Fig. 30. auf der schiefen Fläche AC stehen bleibe, muß er an die Fläche mit einer auf dieselbe senkrechten Kraft DE angedrückt und angehalten werden. Diese Kraft hat der Körper D von seiner in DF wirkenden Schwerbestimmung allein nicht. Es muß also noch eine andere in irgend einer Richtung DK auf ihn zugleich wirkende Kraft vorhanden seyn, welche mit der Schwerbestimmung die zusammengesetzte Kraft DE gebe. 2. Abh. S. 64. 65. Wenn aus E. EM mit DF der Richtung der Last, und EN mit DK der Richtung der Kraft gleichlaufend gezogen wird, folglich durch DM und DN die zwey Kräfte ausgedrückt werden, aus welchen DE zusammengesetzt ist; so muß im Gleichgewichte: $K : L :: DM : DN$ seyn, und, weil $DN = ME$, auch: $K : L :: DM : ME$. Wegen Aehnlichkeit der Dreyecke DEF und FGC ist der Winkel EDF, oder EDN = FCG dem Neigungswinkel der schiefen Fläche. Wegen der gleichlaufenden ME und DN sind auch die Winkel MED und EDN gleich; folglich ist auch MED der Neigungswinkel der schiefen Fläche. DEK ist ein rechtwinkliches Dreyeck, in welchem die zwey gespitzten Winkel zusammen einen rechten ausmachen, und die Bogenhöhe des KDE oder MDE ist zugleich die Nebenbogenhöhe des Richtungswinkels DKE. Die Seiten des Dreyeckes sind gegen einander wie die Bogenhöhen der gegenüber stehenden Winkel. Es ist also: $DM :$

MD :: Bog. MED : Bog, MDE :: B : N,
und K : L :: B : N.

52.

Wenn die Länge der schiefen Ebene L, die Höhe H, die Grundlinie G ist, und 1) DL die Richtung der Kraft gleichlaufend zur Länge der schiefen Fläche AC, so ist: K : L :: H : L.

2) Ist aber DL die Richtung der Kraft gleichlaufend mit der Grundlinie BC, K : L :: H : G.

1) Die erstere Bedingniß der zur Länge gleichlaufenden Richtung der Kraft sey Tab. 1. Fig. 31. DL also gleichlaufend mit AC, so ist der Richtungswinkel, welchen DL mit AC einschließt, unendlich klein, weil gleichlaufende Linien in einem unendlich großen Abstände, oder unendlich verlängert zusammenlaufend gesetzt werden können, folglich seine Ergänzung zu einem rechten MDE ein rechter Winkel, und dessen Bogenhöhe der Halbmesser. In diesem Falle also: K : L wie die Bogenhöhe des Neigungswinkels zur ganzen Bogenhöhe, das ist: dem Halbmesser. Diese aber sint: AB : AC :: H : L, und bey jeder schiefen Fläche ist: K : L :: B : N. S. 51. Es ist also in diesem Falle auch: K : L :: H : L.

Aus der Aehnlichkeit der Dreyecke MED, und ACB, deren ersteres die Seiten MD, und ME hat, durch welche Kraft und Last ausge-
drückt

Tab. 1.
Fig. 31.

drückt werden S. 51., erhält man das nämliche Verhältniß : $K : L :: H : L$.

2) DL sey Fig. 32. gleichlaufend mit BC, Fig. 32. so ist der Richtungswinkel $DKE = KCB$ dem Neigungswinkel. In dem Verhältnisse : $K : L :: B : N$ S. 51. ist die Bogenhöhe und Nebenbogenhöhe des Neigungswinkels ACB zu nehmen. Diese sind : AB und BC, wenn AC für den Halbmesser angenommen wird. Es ist daher in diesem Falle : $K : L :: H : G$.

Das nämliche giebt die Betrachtung des Dreyeckes MDE in dieser Figur.

Die Anwendungen der schiefen Fläche, jene der Schraube und des Keules ausgenommen, sind in der Ausübung meistens die Erhebung, oder das Herablassen der Körper über eine kleine Höhe, wie z. B. bey dem Auf- und Abladen der Lastwagen.

53.

Eine Schraube Tab. 2. Fig. 33. besteht aus einem festen, oder vollen AB, und einem hohlen CD mit Gewinden versehenen Cylinder. Der feste ist die Schraubespindel, und wird auch öfters ohne Zusatz Schraube genannt. Den hohlen, in welchen die Spindel passen muß, nennen wir Schraubemutter. Die Schraube wird in der Zusammensetzung mit einer andern Maschine auch zu andern Wirkungen verwendet, wie z. B. bey der Schraube ohne Ende, bey welcher sie ein Rad an der Welle in Bewegung setzt;

ohne Zusammensetzung aber wird sie gemeiniglich zum Drucke, oder zur Spannung der Körper gebraucht. Damit das Ein- und Auswinden der Schraube bequemer sey, wird sie mit einem Hebel FG, oder einer anderen Handhabe versehen. Wenn die Schraubespindel aus einer festeren Materie, z. B. aus Eisen ist, und in einen minder festen Körper, z. B. Holz, gedrehet wird, so schneidet sie sich ihre Mutter selbst ein.

Tab. 2. Fig. 34. Wenn eine schiefe Fläche, deren Länge AC Höhe aber AB ist, und Grundlinie BC dem Umkreise des Cylinders DE gleich, um diesen Cylinder so herumgewunden wird, daß ihn die Grundlinie BC umfasse, und AB in ab senkrecht zur Grundfläche des Cylinders, folglich gleichlaufend mit seiner Achse zu stehen komme, so giebt AC einen Schraubengang, dessen Höhe AB, der Umkreis der Spindel aber BC ist. Die Schraube wird daher mit allem Rechte für eine Anwendung der schiefen Fläche gehalten, und ist nichts anderes, als eine um den Cylinder, dessen Umkreise ihre Grundlinie gleich, herumgewundene schiefe Fläche.

54.

An der Schraube ist im Gleichgewichte die Kraft zur Last, wie die Höhe eines Schraubenganges zum Umkreise der Spindel. Wenn also dieser U, jene aber H genannt wird: $K : L :: H : U$.

Die Schraube ist eine um den Cylinder, dessen Umkreis ihrer Grundlinie gleicht, herumgewundene schiefe Fläche S. 53. Kraft und Last müssen also im Gleichgewichte an der Schraube in einem der Verhältnisse stehen, welche für die schiefe Fläche Ss. 51. 52. erwiesen sind worden, und um zu bestimmen, welches unter diesen Verhältnissen bey der Schraube eintreffe, müssen die Richtungen der an die Schraube angebrachten Kraft und Last bestimmt werden. Diese sind aus ihrer Bewegung klar. Die Kraft bewegt sich gleichlaufend mit der Grundfläche der Spindel AB Tab. 2. Fig. 33., indem sie diese drehet, und den Umkreis, dessen Halbmesser FG beschreibt; die Richtung der Kraft folglich ist gleichlaufend mit der Grundfläche der Spindel, oder Grundlinie der herumgewundenen schiefen Fläche. Die Last wird während dieser Drehung der Spindel um die Höhe PQ eines Schraubenganges senkrecht zu dessen Grundfläche erhoben, oder hinabgedrückt. Die Richtung der Last daher ist senkrecht zur Grundfläche der Spindel, und Grundlinie der herumgewundenen schiefen Fläche, wie es an dieser die Richtung der Schwere ist. Die Richtungen der Kraft und Last sind also bey der Schraube, wie in dem S. 52. angeführten zweyten Falle an der schiefen Fläche, und Kraft und Last müssen an der Schraube im Gleichgewichte in eben dem dort erwiesenen Verhältnisse seyn: $K : L :: H : G$. Die Höhe H der schiefen Fläche wird

Tab. 2.
Fig. 33.

wird bey ihrer Herumwindung zur Höhe H eines Schraubenganges; die Grundlinie G aber zum Umkreise U der Spindel. An der Schraube also muß im Gleichgewichte: $K:L::H:U$ seyn.

Da die Höhe eines Schraubenganges sehr klein genommen, der Umkreis der Spindel aber vermittels eines angebrachten Hebels, z. B. sehr vergrößert werden kann, so kann auch eine sehr kleine Kraft mit einer sehr großen Last an der Schraube im Gleichgewichte stehen. Durch die Schraube erhält die Kraft sehr viel Vortheil. Wenn die Reibung dabey hinlänglich ist, so windet sich die Schraube von selbst auch nicht wieder auf. Die Schraube hat daher auch den Vortheil vor anderen Maschinen, daß ihre Wirkung auch ohne weitere Anwendung einer äußeren Kraft verharre, und nicht, wie bey anderen Maschinen, gehoben werde, sobald die Kraft zu wirken aufhöret. Die Reibung, wegen welcher die Kraft in Beziehung auf die Last bey der Schraube viel größer seyn muß, als sie es vermög des erwiesenen Verhältnisses seyn müßte, ein sehr starkes Hinderniß folglich an der Schraube ist, giebt ihr doch sehr viele Vortheile.

55.

Zum Keule kann jedes dreyeckiges Prisma dienen. In jedem Messer, jeder Schere, Stemme u. d. g. haben wir einen Keul. Der Gebrauch des Keules ist zur Trennung der Theile, zur Spaltung fester Körper.

Wenn Tab. 2. Fig. 35. zwey massive und gleiche schiefe Flächen ADC und DCB so verbunden werden, daß ihre Grundflächen DC und DC an einander kommen, so entsteht der Keul ACB. Die zwey schiefen Ebenen, wie BCEF und AC, geben die zwey Seitenwände des Keules, welche dabey in die Betrachtung kommen. Die gemeinschaftliche Grundlinie DC ist die Höhe des Keules, die Summe der zwey Höhen AD und DB = AB die Breite des Keulrückens. Aus dieser Betrachtung ersiehet man, daß der Keul als eine schiefe Ebene zu betrachten, und nichts anderes, als eine Anwendung der schiefen Ebene sey. Kraft und Last müssen daher an dem Keule in einem der Verhältnisse seyn, welche wir von der schiefen Fläche S. 51. 52. erwiesenen haben.

56.

Welche die eigentliche Last bey jeder Maschine sey, muß der Endzweck entscheiden, zu welchem sie verwendet wird. Da also der Keul zur Spaltung des Körpers, und zur Trennung seiner Theile dienet; so kann für die eigentliche Last des Keules nichts anderes als die Hebung des Zusammenhanges, oder die Ueberwindung der Kräfte, von welchen der Zusammenhang kömmt, angesehen werden. Alle übrige die Bewegung des Keules hindernde Ursachen sind nur als Nebenlasten mit der eigentlichen Last des Keules eben so in die Betrachtung zu ziehen, wie das eigene Gewicht bey dem Hebel, und die Reibung bey jeder

Ma-

Maschine. Weil wir das Verhältniß jener Bestimmungen, von welchen der Zusammenhang herkömmt, nicht kennen I. Abh. S. 51., so können wir nicht einmal die Stärke der eigentlichen Last des Keules, viel weniger aber die übrigen mit dieser verbundenen, und dessen Wirkung auf den Keul verstärkenden Ursachen genau bestimmen. Zu diesem kann auch die Kraft, welche auf den Keul wirkt, und bey stärkeren Lasten durch Schläge angebracht wird, äußerst schwer ganz genau bestimmt werden, weil die Stärke solcher Schläge mit dem Drucke der Gewichte zwar verglichen, und durch Berechnung festgesetzt werden kann; allein es ist in der Ausübung, wegen des nicht zu bestimmenden Unterschiedes der Zeiten, in welchen der Schlag, und ein gleich starker Druck ihre Wirkungen äußeren, die gleichzeitige Wirkung des Schlages größer, als jene des gleich starken Druckes. Kein Wunder also, wenn weder durch Versuche, noch durch Berechnungen das Verhältniß der Kraft zur Last an dem Keule so zuverlässig bestimmt wird, daß es keinem Zweifel mehr unterworfen wäre. Diese scheinen die Ursachen zu seyn, warum einige Mechaniker das Verhältniß der ganzen, andere der halben Breite des Rückens zur Höhe des Keules angeben. Mir scheint das letztere den Vorzug zu verdienen, wenn die Beziehung auf die eigentliche Last des Keules allein genommen wird. Der nicht so regelmäßige

fige

fige Gebrauch des Keules wie anderer Maschinen macht gedachten Zweifel erträglicher.

57.

Wenn die eigentliche Last des Keules die Trennung der Theile eines Körpers in die Betrachtung gezogen, die halbe Breite des Rückens $\frac{R}{2}$, die Höhe des Keules aber H genannt wird, so ist im Gleichgewichte des Keules: $K:L::\frac{R}{2}:H$.

Betrachten wir den in der Trennung der Theile F und G Tab. 2. Fig. 36. begriffenen Spiz C Tab. 2. des Keules ACB, so ist klar, daß diese in IC Fig. 36. zusammenhängenden Theile in der zur DC senkrechten Richtung FI und GI ihrer Trennung widerstehen, die Wirkung der eigentlichen Last also zur Höhe des Keules senkrecht sey. Die durch einen Schlag, oder Druck auf den Rücken AB angebrachte Kraft ist in dessen Mitte D zu betrachten, und wirkt in der Richtung DC senkrecht auf FG, folglich gleichlaufend mit der Höhe des Keules. Die Höhe DC des Keules ACB ist die gemeinschaftliche Grundlinie der zwey schiefen Ebenen, aus welchen der Keul zusammengesetzt betrachtet wird, und deren gleiche Höhe die halbe Breite des Rückens $= \frac{AB}{2} = AD = \frac{R}{2}$ ist §. 55. Bey dem Keule trifft also in Beziehung

hung auf dessen eigentliche Last der zweyte §. 52.
 angeführte Fall der schiefen Fläche ein, in wel-
 chem: $K:L::H:G$, und, statt der Höhe der
 schiefen Fläche H , die halbe Breite des Rückens
 $\frac{R}{2}$, statt der Grundlinie G aber die Höhe des
 Keiles H gesetzt, ist im Gleichgewichte des Keu-
 les: $K:L::\frac{R}{2}:H$.

Je tiefer der Keul in den Körper hineinge-
 trieben wird, desto weiter müssen die schon ge-
 trennten Theile F und G auseinander getrieben
 werden. Der Zusammenhang der unter dem Spitze
 C noch nicht getrennten Theile hindert die schon
 getrennten dem Keule zu weichen, drückt diese an
 die Seitenwände des Keules, und erschweret eben
 hiedurch sein ferneres Eindringen. Alle diese Um-
 stände als vom Keule zu überwindende Wider-
 stände vermehren zwar die Last, und verändern
 das gegebene Verhältniß: $K:L::\frac{R}{2}:H$; doch
 scheint es nicht, daß die eigentliche Last der Zu-
 sammenhang doppelt zu nehmen sey, weil jedes-
 mal zwey Theile F und G getrennet werden müs-
 sen, indem die Trennung des einen der zwey zu-
 sammenhängenden Theile auch die Trennung des
 anderen ist.

Viertes Kapitel

von

zusammengesetzten Maschinen überhaupt ,
dann von dem Hebel, der Rolle, und dem
Rade an der Welle, und der Schraube
ohne Ende ins besondere.

58.

Die aus mehr einfachen so mit einander
verbundenen, daß eine in die andere eingreife,
bestehende haben wir S. 14. eine zusammengesetzte
Maschine genannt. Damit die durch Verbindung
mehrerer einfachen bestellte Maschine mit Recht zu-
sammengesetzt genannt werden könne, müssen nicht
nur allein alle in derselben vorkommende einfache
zu der nähmlichen Wirkung beytragen, sondern
es muß auch eine von ver anderen in diesem Bey-
trage abhängen. Die in der Zusammensetzung
folgenden müssen von der ersten, an welcher die
Kraft angebracht ist, in die Bewegung gesetzt
werden, und diese erste vermittels der folgenden
auf die Last wirken. Zu diesem wird erfordert,
daß jede folgende von der unmittelbar vorherge-
henden zur Bewegung bestimmt werde, keine des
vorhergehenden ohne die folgende sich bewegen
könne, hiemit die Last jeder vorhergehenden zu-
gleich Kraft für die in der Verbindung nächstfol-
gende einfache Maschine sey.

Wenn alle einfache in die Verbindung gebrachte Maschinen von einer und der nämlichen Gattung sind, betrachten wir die zusammengesetzten wie gleichartig, und benennen selbe nach der Gattung, zu welcher ihre Theile gehören, z. B. einen zusammengesetzten Hebel, eine zusammengesetzte Rolle u. s. w. Sind die in der zusammengesetzten vorkommenden einfachen Maschinen nicht von einer einzigen Art, so ist sie zum Unterschiede für ungleichartig zu halten. Die zusammengesetzten der ersteren Art, das zusammengesetzte Rad an der Welle ausgenommen, werden in der Ausübung wenig gebraucht, sondern dienen meistens nur zu Erwägungen.

59.

An jeder zusammengesetzten Maschine sind Kraft und Last im Gleichgewichte in dem zusammengesetzten Verhältnisse, welches die Verhältnisse aller einfachen in der Zusammensetzung vorkommenden Rüstzeuge geben.

Da die einfachen Maschinen, aus welchen der zusammengesetzte Rüstzeug bestehet, so verbunden sind, daß jede folgende von der vorhergehenden in die Bewegung gesetzt werde, folglich eine ohne die andere sich nicht bewegen könne S. 58., so müssen alle einfache in der zusammengesetzten vorfindige Maschinen im Gleichgewichte seyn, damit es auch die zusammengesetzte sey. Im Gleichgewichte einer jeden zusammengesetzten Maschine muß die Kraft und Last jeder einfachen enthaltenen in dem

dem Verhältnisse stehen, welches für diese im 2. und 3. Kapitel erwiesen ist worden, und, weil die Producte verhältnißmäßiger Glieder auch verhältnißmäßig sind, so ist im Gleichgewichte jedes zusammengesetzten Rüstzeuges das Product aus allen Kräften der einfachen in der zusammengesetzten vorkommenden Maschinen zum Producte aller Lasten im zusammengesetzten Verhältnisse aus allen Verhältnissen der einfachen und zusammensetzenden Rüstzeuge. Bey jeder zusammengesetzten Maschine ist die Last der vorhergehenden einfachen in der zusammengesetzten vorkommenden zugleich die Kraft der folgenden, S. 58. In gedachten zwey Producten der Kräfte und Lasten sind daher alle Factoren, die Kraft der ersten und die Last der letzten einfachen Maschine ausgenommen, die nämlichen, und es können diese Producte ohne Veränderung des Verhältnisses mit diesen Factoren dividiret werden. Es ist also im Gleichgewichte eines jeden zusammengesetzten Rüstzeuges die Kraft der ersten, das ist: die zur Bewegung der zusammengesetzten wirkende Ursache, zur Last der letzten zusammensetzenden, oder zum Widerstande der ganzen zusammengesetzten in dem zusammengesetzten Verhältnisse, welches die Verhältnisse der einfachen in der zusammengesetzten vorkommenden Rüstzeuge geben.

Zur Anwendung nehmen wir den Tab. 2. Tab. 2.
 Fig. 37. aus dreyen KM, ND, und BL zu Fig. 37.
 sammengesetzten Hebel. Von den Puncten, in
 2
 wel-

den die Kräfte, und Lasten dieser einfachen Hebel angebracht sind, wollen wir sie zur leichtesten Unterscheidung benennen. Die Kräfte also: K, N, und B, die Lasten aber M, D, und L. Der zusammengesetzte Hebel wird nur alsdann im Gleichgewichte seyn, wenn es alle drey ihn bestellende sind, folglich: $K : M :: UM : KU$, $N : D :: DC : NC$, und $B : L :: LE : BE$. §. 21. Im Gleichgewichte dieses zusammengesetzten Hebels also ist: $K \times N \times B : M \times D \times L :: UM \times DC \times LE : KU \times NC \times BE$; und, weil: $M = N$, und $D = B$: $K : L :: UM \times DC \times LE : KU \times NC \times BE$. Wenn wir annehmen, daß: $UM = 1$, $DC = 1$, $LE = 2$, $KU = 3$, $NC = 4$, und $BE = 5$ sey, so ist: $K : L :: 1 \times 1 \times 2 : 3 \times 4 \times 5 :: 2 : 60 :: 1 : 30$. Ohne Beziehung auf die eigenen Gewichte der Hebel, welche in der Ausübung auch noch in die Berechnung genommen werden müssen, wäre an einem solchen zusammengesetzten Hebel ein Pfund mit 30 im Gleichgewichte.

Wenn Kraft und Last an dem einfachen Hebel nicht gleichlaufend wirkten, so müßte das zusammengesetzte Verhältniß aus den verkehrten Verhältnissen der von den Unterlagen zu den Richtungen der Kräfte gezogenen senkrechten §. 23. eben so zusammengesetzt werden, wie es hier aus den Abständen geschehen ist.

Tab. 2.
Fig. 38.

Betrachten wir das Gleichgewicht der aus den einfachen A, B, und C Fig. 38. zusammengesetzten

sehten

festen Rolle, so muß im Gleichgewichte derselben; $K:A::1:2$, dann $A:B::1:2$, und $B:C::1:2$ seyn §., wenn K die erste Kraft, A die Last der ersten mit der zweyten, B der zweyten mit der dritten Rolle, und C die dritte mit der Last L beschwerte Rolle ausdrückt; folglich: $K \times A \times B:A \times B \times C::1 \times 1 \times 1:2 \times 2 \times 2$, das ist: $K:C::1:8$ seyn, und, weil $C=L$ der samt dem eigenen Gewichte der Rolle C genommenen Last: $K:L::1:8$.

In diesem zusammengesetzten Verhältnisse ist zu bemerken, daß es, wenn die Stricke gleichlaufend sind, die Potenz des einfachen Verhältnisses $1:2$ sey, welche durch die Anzahl der in der zusammengesetzten enthaltenen einfachen beweglichen Rollen bestimmt ist. Im angeführten Falle ist $1:8$, das Verhältniß der dritten Potenz von 1 und 2 . Wenn daher die Stricke bey der zusammengesetzten Rolle gleichlaufend sind, so hat man das Verhältniß der Kraft zur Last, wenn 2 zu der durch die Anzahl der vorhandenen einfachen beweglichen Rollen angezeigten Potenz erhoben, und das Verhältniß der Einheit, welche in jeder Potenz unverändert bleibt, zu der bestimmten Potenz von 2 , angesetzt wird.

Sind aber die Stricke an der zusammengesetzten Rolle nicht gleichlaufend, so muß das für diesen Rüstzeug dienende Verhältniß aus dem des Halbmessers zu der zwischen den Berührungspuncten der Stricke begriffenen Sehne der Rolle

so oft bestimmt, und in die Zusammensetzung genommen werden, als einfache bewegliche Rollen an der zusammengesetzten vorkommen.

Tab. 2. Fig. 39. im Gleichgewichte stehe, müssen alle in Fig. 39. demselben enthaltene einfache im Gleichgewichte folglich in jedem $K : L :: h : H$ seyn §. 48. Wenn also die Kraft des ersten Rades K , dessen Last, und zugleich Kraft des zweyten A , die Last des zweyten, welche zugleich die Kraft des dritten ist, B , und die Last des dritten L genannt wird, so muß: $K : A :: EC : DC$, $A : B :: IG : FG$, und $B : L :: NO : MO$, folglich: $K \times A \times B : A \times B \times L :: EC \times IG \times NO : DC \times FG \times MO$, das ist: $K : L :: EC \times IG \times NO : DC \times FG \times MO$ seyn. Nehmen wir nun die Halbmesser der Wellen jeden $= 1$, die Halbmesser der Räder $DC = 5$, $FG = 6$, und $MO = 7$, so ist im Gleichgewichte $K : L :: 1 \times 1 \times 1 : 5 \times 6 \times 7 :: 1 : 210$. Ein Pfund wäre an einem solchen zusammengesetzten Rade an der Welle mit 210 im Gleichgewichte.

Tab. 2. An der Schraube ohne Ende Fig. 40. welche aus einer in das Rad an der Welle, dessen Achse C , eingreifenden Schraube DE , und diesem Rade zusammengesetzt ist, muß im Gleichgewichte die Schraubenspindel sowohl, als das Rad im Gleichgewichte stehen, folglich: $K : L :: H : U$, und auch: $K : L :: h : H$ seyn §. 54. 48.

Wenn

Wenn also die an die Kurbel greifende Kraft K , die in der Bewegung des Rades bestehende Last der Schraube, und zugleich Kraft des Rades A , und endlich die in B vermittelst des Strickes angebrachte Last L ist, DE die Höhe eines Schraubenganges, $KGIFK$ der statt jenes der Spindel zu nehmende Umkreis, den die Kurbel beschreibt, BC dem Halbmesser der Welle, und AC des Rades gleich, so muß im Gleichgewichte dieser Schraube ohne Ende: $K : A :: DE : KGIFK$, und $A : L :: BC : AC$, folglich: $K \times A : A \times L :: DE \times BC : KGIFK \times AC$ seyn, das ist: $K : L :: DE \times BC : KGIFK \times AC$. Setzen wir $DE = 1$, $KGIFK = 40$ in Vergleich mit DE , $BC = 1$, und $AC = 7$, so ist: $K : L :: 1 \times 1 : 40 \times 7 :: 1 : 280$. Hieraus erhellet, wie groß der Vortheil sey, der durch eine solche Maschine ohne Beziehung auf das allgemeine Hinderniß der Maschinen die Reibung der Kraft zuwächst.

Aus dem Beweise des gegebenen Satzes, und aus seinen hier gemachten Anwendungen folgt von selbst, daß die einfachen in der zusammengesetzten vorkommenden Maschinen, und das an jeder ins besondere im Gleichgewichte erforderliche Verhältniß der Kraft zur Last bestimmt, und alle in eines zusammengesetzt werden müssen, wenn das Verhältniß zu bestimmen ist, in welchem Kraft und Last an der gegebenen zusammengesetzten Maschine im Gleichgewichte sind, Mit dieser Bemerkung

lung kann das Verhältniß der Kraft zur Last für das Gleichgewicht eines jeden zusammengesetzten Rüstzeuges ohne Beschwerde festgesetzt, und aus diesem Verhältnisse, wenn die Last bekannt ist, die zum Gleichgewichte erforderliche Kraft, wenn aber die Kraft gegeben wird, dessen vermittelst des Rüstzeuges auf die Last auszuübende Wirkung berechnet werden.

Da die Zahl der ungleichartigen zusammengesetzten möglichen Maschinen nicht einmal bestimmt, folglich die Anwendung des allgemein erwiesenen Satzes auf alle mögliche nicht einmal gegeben werden kann, und diese Anwendung der Maschinenlehre eigentlich zukömmt, so werden diese allgemeine Bemerkungen, und die Anweisung, wie selbe anzuwenden sind, nebst der Bestätigung durch Versuche für die allgemeine Naturlehre hinreichend seyn.

Fünftes Kapitel

von

dem vorzüglichsten Hindernisse in Maschinen
der Reibung.

60.

Nachdem alle Körper ohne Ausnahme Zwischenräume haben, welche mit keinen gleichartigen Theilen besetzt, und auch mit fremdartigen nicht ganz
aus-

ausgefüllt sind; die Körper, und ihre Theile sich nicht mathematisch, sondern nur dem Scheine nach berühren 1. Abh. SS. 35. 36. 50, so kann kein Körper so geglättet, und polirt werden, daß an seiner Oberfläche keine mit Vertiefungen untermengte Hervorragungen zurückblieben. Die Glättung vermindert diese desto mehr, und macht selbe desto unmerklicher, je genauer sie ist, doch geben die Hervorragungen und Vertiefungen ihr Daseyn durch Versuche jederzeit zu erkennen. Ein solcher ist der in der 1. Abh. S. 35. angeführte Versuch mit dem glattesten unserer Körper dem Spiegel, an welchem das mit dem Taufsteine gemachte, dann so, daß es nicht mehr sichtbar sey, abgewischte Zeichen durch den Hauch wieder sichtbar wird, und uns überzugenet, daß die Theile des Taufsteines, welche die Feuchtigkeit vom Hauche an sich ziehen, zwischen die Theile des Spiegels sich so hineinbegeben haben, daß sie durch das Wischen nicht herausgebracht werden.

Diesemnach müssen die Hervorragungen der Körper, welche auf einander liegen, in ihre dazwischen vorfindige Vertiefungen sich wechselweise versenken, und, wenn einer auf den anderen bewegt werden soll, an einander wegen, oder reiben, indem sie abgebrochen, herausgehoben, oder wenigstens gebeuget werden müssen, damit die Körper auf einander fortgleiten können. Jede dieser drey Wirkungen ist mit einer Beschwerde verbunden. Diese Beschwerde ist ein Hinderniß

der Bewegung, weil ein Theil der zur Bewegung wirkenden Bestimmung zu derselben Tilgung verwendet wird. Diese Beschwerde ist auch das, was wir durch die Reibung der Körper verstehen.

61.

Die Theile der Maschinen, vorzüglich jener, welche im Großen zum Gebrauche verfertigt werden, sind nie spiegelartig, sie müssen daher dort, wo sie auf der Unterlage, oder auf einander aufliegen, und sich bewegen, eine desto stärkere Reibung leiden, je mehr die Glättung ihrer Oberfläche von jener eines Spiegels abweicht. Diese Reibung, als ein unvermeidliches Hinderniß der Bewegung, ist an jeder Maschine eine wahre Last §. 13., muß daher von der zur Bewegung, oder auch zum Gleichgewichte der Maschine angewandten Kraft eben so überwältiget oder getilget werden, wie die in Beziehung auf den Rüstzeug äußere seine Bewegung hindernde Last. Diese, und die Reibung zusammengenommen geben erst die ganze Last einer Maschine, und, wenn die Reibung R genannt wird, so ist das Verhältniß der Kraft und Last, welches für jede einzelne Maschine erwiesen wird, nur alsdann richtig, wenn für die Last $L + R$ genommen, die Reibung folglich mit der Last berechnet ist worden.

Um die Reibung bey jedem Rüstzeuge in die Berechnung nehmen zu können, muß ihre Stärke und Ursache bekannt, folglich bestimmt seyn. Die
Stärke

Stärke der Reibung, als einer Wirkung, steht mit ihrer Ursache im Verhältnisse. Welche daher die eigentliche Ursache des Hindernisses der Bewegung, welches wir Reibung nennen, sey? wird am zuverlässigsten aus dem Verhältnisse bestimmt, in welchem die Reibung ist. Damit also die Reibung an jeder Maschine genau berechnet werden könne, muß derselben Verhältniß samt der Ursache, so viel möglich ist, festgesetzt werden.

62.

Die Reibung der Körper nimmt mit der Rauigkeit ihrer sich reibenden Oberflächen zu.

Wenn es nicht ganz unmöglich ist, so fällt es doch sicher äußerst schwer, die Grade der Rauigkeit an den Oberflächen der Körper, und folglich auch der Reibung genau zu bestimmen. Dessen ungeachtet überzeugen uns die mit Körpern von verschiedener Glättung, zur Vermeidung aller Zweifel aber, gleichen Oberflächen, und gleichem Gewichte angestellten Versuche, daß die Reibung desto stärker sey, je rauher die sich reibenden Oberflächen sind. Zur Bewegung des Körpers A Tab. 2. Fig. 41., welcher eine bestimmte Oberfläche hat, mit welcher er aufsteigt, und mit eigenem, oder anderem Gewichte gleich beschwert ist, damit er an seine unterlegte Fläche gleich angedrückt werde, wird desto mehr Gewicht erfordert, je rauher die Oberfläche ist, mit welcher er aufsteigt.

Tab. 2.
Fig. 41.

Diese

Diese Zunahme der Reibung scheint auch in der natürlichen Ursache derselben vollkommen gegründet zu seyn. Je rauher die Oberfläche des Körpers ist, desto stärker und höher sind die Hervorragungen, und zwischen diesen die Vertiefungen; desto tiefer werden diese bey ihrem Andrücken in einander versenkt; desto tiefer müssen die Hervorragungen abgebrochen, oder desto höher erhoben, oder endlich desto mehr gebeugt werden, damit ein Körper auf dem anderen fortgleiten, und sich bewegen könne. Desto größer muß also auch das Hinderniß der Bewegung seyn, welches wir Reibung nennen, von was immer für einer der eben gedachten drey Ursachen es eigentlich herzu-
 zuleiten sey.

63.

Die Reibung ist nicht im Verhältnisse der sich reibenden Oberfläche des Körpers.

Um auf die Grade der Glättung, welche sehr unbestimmt sind, keine besondere Aufmerksamkeit richten zu müssen, sey Tab. 2. Fig. 41. A ein aus festem oder harten Holze geschnitztes, und geglättetes Parallelepipedum, folglich ein Körper von mittlerer Glättung. Um dieses auf einer gleich geglätteten Ebene in Bewegung zu setzen, wird nicht merklich mehr Gewicht erfordert, wenn es mit seiner größeren Oberfläche BCOE, als wenn es mit der kleineren BEFG ausliegt. Wäre die Reibung im Verhältnisse der reibenden Oberfläche, so müßte selbe im ersten Falle stärker seyn,
 als

Tab. 2.
 Fig. 41.

als im zwenten, wie die aufliegende Oberfläche BCOE merklich größer ist, als BEFG.

64.

Die Reibung der mittelmässig geglätteten Körper ist nicht ihrem ganzen Gewichte, sondern nur dessen dritten Theile ungefähr gleich.

Wenn bey dem eben angeführten Versuche das Gewicht Q nach und nach mit kleinen Zusätzen vermehret wird, bis der Körper A sich kaum mehr hält, sondern beynah schon in Bewegung geräth, dieses Gewicht dann angemerkt, und vergrößert wird, bis es den Körper A in Bewegung setzt, so ist das zwischen diesen zwey Gewichten im stäten arithmetischen Verhältnisse stehende so genau, als möglich, jenes, welches der Reibung des Körpers gleich; indem das erstere etwas kleiner, das letzte aber etwas größer, als die Reibung war. Um aber mit aller Genauigkeit zu Werke zu gehen, muß dafür gesorgt werden, daß die Reibung der Rolle R an ihrer Achse, über welche die Schnur des Gewichtes Q geschlagen wird, die kleinste sey, die Rolle folglich höchst beweglich, und so gering, als möglich. Durch diese Bestimmungsart wird Q dem dritten Theile des Gewichtes A gleich gefunden, wenn der Körper A samt der Fläche, auf welcher er liegt, eine mittlere Glättung haben, es sey, daß er mit seiner größeren, oder kleineren Fläche die Unterlage berühre.

Wenn

Wenn an der schiefen Ebene BC Tab. 2. Tab. 2. Fig. 42., welche zur bequemeren Bestimmung Fig. 42. der Grade ihres Neigungswinkels nach einem durchgeschlagenen Circulbogen verschoben werden kann, und eine mittelmässige Glättung hat, der Körper A Fig. 41. steht, und die schiefe Ebene nach und nach erhoben wird, bis der Körper A herabzugleiten anfängt, so findet man, daß der Neigungswinkel BCD, bey welchem A noch ruhet, beynah 18° 26' habe. Das Verhältniß der Länge zur Höhe der schiefen Ebene also sehr nahe :: 3 : 1 sey. Es muß daher auch das Gewicht des Körpers A, welches ihn über die schiefe Fläche herabtreibt, zu seiner Reibung, von welcher er aufgehalten wird, sehr nahe :: 3 : 1, und diese bey mittelmässig geglätteten Oberflächen nächsten dem dritten Theile ihres Gewichtes gleich seyn.

Da die Reibung mit der Rauigkeit der sich reibenden Oberflächen zunimmt S. 62., so erhellet von selbst: daß bey Körpern, deren Glättung die Mittelmässigkeit nicht erreicht, die Reibung größer als der dritte Theil ihres Gewichtes eben so anzunehmen sey, wie die Reibung mehr als mittelmässig geglätteter Körper kleiner, dann dieser Theil ihres Gewichtes ist. Viele Mechaniker setzen die Reibung dem halben Gewichte des Körpers gleich, wenn seine Glättung schlechter als mittelmässig anzunehmen ist.

65.

Die vorzüglichste Ursache jenes Hindernisses der Bewegung, welches wir Reibung nennen, ist die Beugung, welche die Hervorragungen an den Oberflächen der sich reibenden Körper leiden müssen, damit selbe aus den Vertiefungen entwickelt werden, in welche sie vor der Bewegung versenkt waren, und während derselben sich stäts versenken.

Daß dieses Hinderniß der Bewegung von dem wechselseitigen Einsenken der Hervorragungen in die zwischen diesen begriffenen Vertiefungen herkomme, ist aus der S. 60. gegebenen Erklärung der Reibung einleuchtend. Nach diesem wechselseitigen Einsenken bewirkt die abstossende Bestimmung, als die Ursache der Undurchdringlichkeit der Körper I. Abh. S. 46., daß die Hervorragungen des einen der Bewegung jener des andern Körpers im Wege stehen, und, um die Körper in Bewegung zu setzen, einander aus dem Wege geräumt werden müssen. Dieses kann nur durch das Abbrechen, oder durch die vollständige Heraushebung über einander, oder endlich durch eine solche Beugung der Hervorragungen bewirkt werden, daß eine an der anderen fortgleiten könne. Jede dieser drey den Hervorragungen zu ertheilenden Bestimmungen fordert eine Kraft, ist folglich mit einer Beschwerde verbunden, und das Hinderniß der Bewegung, welches eine Folge der rauhen Oberflächen der Körper ist, und wir Reibung

bung nennen, muß unter diesen drey den Hervorragungen zu ertheilenden Bestimmungen eine, oder mehr zur vorzüglichen Ursache haben.

Wenn die Haupt- oder vorzüglichste Ursache dieses Hindernisses der Bewegung das Abbrechen der Hervorragungen wäre, oder daher käme, daß die Hervorragungen abgebrochen werden müssen, damit ein Körper auf dem anderen fortgleiten könne, so müßte die Reibung desto stärker seyn, je mehr Hervorragungen zwischen einander versenkt sind, folglich abgebrochen werden müssen, und, da diese bey gleicher Glättung desto zahlreicher sind, je größer die sich reibenden Oberflächen genommen werden, so müßte die Reibung auch bey gleicher Glättung der Körper in dem Verhältnisse der sich reibenden Oberflächen stehen. In diesem Verhältnisse ist die Reibung nicht S. 63 die vorzüglichste, oder Hauptursache der Reibung ist also nicht, daß die in einander verwickelten Hervorragungen der Körper abgebrochen werden.

Damit die zwischen einander eingebrungenen Hervorragungen durch eine vollständige Heraushebung entwickelt werden, müssen die Körper so weit von einander entfernet, der aufliegende folglich so hoch erhoben werden, als es die größten, oder höchsten Hervorragungen der sich reibenden Oberflächen erheischen. Bey dieser Erhebung kommt das ganze Gewicht des Körpers zu überwältigen. I. Abb. S. 48. Wäre also die Hauptursache des

die

die Reibung genannten Hindernisses der Bewegung von der Beschwerde die Hervorragungen über einander herauszuheben herzuführen, so müßte die Reibung dem ganzen Gewichte des aufliegenden Körpers gleich seyn, was sie nicht ist S. 64.

Nachdem keines von diesen zweyen die vorzüglichste, oder Hauptursache der Reibung ist, und es doch eine der drey angeführten seyn muß, so folgt von selbst, daß es die Beugung sey, welche an den Hervorragungen bewirkt werden muß, damit selbe auf einander fortgleiten können. Diese Beugung der Hervorragungen wird auch jederzeit mit dem Gewichte des Körpers im Verhältnisse stehen, welches desto größer ist, je stärker die Hervorragungen, folglich je rauher die sich reibenden Oberflächen sind; weil gebachte Beugung von dem schiefen Drucke der aufliegenden, und zu erhebenden Masse bewirkt wird.

66.

Da ich behaupte, daß die vorzüglichste, oder Hauptursache des die Reibung genannten Hindernisses der Bewegung in der Beugung der Hervorragungen enthalten sey, stelle ich nicht in Abrede, daß auch andere Ursachen zur Vergrößerung der Reibung mit beytragen. Im Gegentheil setzt selbst meine Behauptung die Mitwirkung anderer Nebenursachen voraus. Diese sind auch mehr als eine. Die Erfahrung überzeugt uns, daß die Oberflächen der sich reibenden Körper mehr Glättung erlangen, als sie vor der Reibung hatten.

ten. Da also die Glättung in dem Abstoßen der Hervorragungen bestehet, so müssen durch die Reibung einige Hervorragungen jederzeit abgestoßen, und die sich reibenden Oberflächen eben dadurch mit Vermehrung der Reibung geglättet werden. Wenn die Hervorragungen nicht ganz eben abgebrochen, und sogleich aus dem Wege geschafft werden, welches anzunehmen kein Grund vorhanden ist, so müssen selbe obschon gebeugt, doch etwas erhoben, und hiemit ein Theil des Druckes überwunden werden, den die schief über einander weggleitenden gebeugten Hervorragungen auf einander ausüben. Da endlich die Theile der festen elastischen Körper jederzeit in bestimmten ihrer Gattung eigenen Gestalten zusammenwachsen I. Abh. S. 74., ihre Fieberchen folglich nicht minder, als die mit diesen untermengten Zwischenräume in verschiedenen Körpern verschieden sind, und die verschiedene Gestalt der Hervorragungen, und Vertiefungen, welche nichts anderes als Fieberchen und Zwischenräume sind, einen nicht zu bestimmenden Einfluß auf die Reibung hat, so haben wir in dieser Gestalt eine die Reibung verändernde Ursache, welche in keine gegründete Berechnung genommen werden kann.

Alle diese Nebenursachen scheinen Grund genug zu geben, daß die Reibung auch bey mittelmäßig geglätteten Körpern größer als der dritte Theil des Gewichtes in dem reibenden Körper angenommen, und so als ein Theil der an der Maschine

schine

schine zu überwindenden Last in die Berechnung gezogen werde.

67.

Alle über die Reibung bisher gegebene Erklärungen beweisen deutlich genug, daß selbe bey keinem Rüstzeuge ganz vermieden werden könne, deren Verminderung folglich, wenn auch die Reibung auf das genaueste berechnet werden könnte, im Gebrauche der Maschinen sehr viel Vortheil verschaffen müsse. Grund genug zu dieser Verminderung Mittel zu suchen, und die gefundenen vorzuschlagen.

Jedes zur Verminderung der Reibung dienende Mittel muß den ersten Grund der Reibung, das wechselseitige Einsenken der Hervorragungen, oder wenigstens seine Wirkung auf die Maschine vermindern. Hierinn haben wir einen Grund, die wider die Reibung bekannten Mittel in zwey Arten, der Ordnung wegen, zu theilen, und nach dieser Eintheilung anzuführen. Die gewöhnlichsten sind folgende:

1) Wenn die zwischen den Hervorragungen begriffenen Vertiefungen mit einer fremdartigen Materie zum Theile ausgefüllt sind, so können jene in diese nicht so tief eindringen, die Beschwerde folglich bey der Entwicklung der Hervorragungen nicht so groß werden. Zu diesem Ende dienet das Bestreichen der sich reibenden Oberflächen mit Fett, Dehl u. d., doch kömmt dabey zu bemerken, daß der hiezu verwendete Körper den Um-

ständen des Rüstzeuges angemessen seyn muß, weil es sich ereignen kann, daß die Bewegung durch die Dazwischenkunft eines solchen schmierigen Körpers mehr gehemmt, als durch die bewirkte Verminderung des Einsenkens der Hervorragungen befördert werde.

2) Die Ungleichheit der Hervorragungen, und Vertiefungen der zwey sich reibenden Oberflächen verhindert das wechselseitige Einsenken derselben zwischen einander, weil alsdann die Vertiefungen der einen von Hervorragungen der anderen Oberfläche nicht angemessen sind. Ein Mittel also, den ersten Grund der Reibung, das wechselseitige Eindringen der Hervorragungen in die Vertiefungen zu mindern, ist, die zwey sich reibenden Körper von verschiedenen Gattungen zu nehmen, oder wenn dieses nicht leicht thunlich wäre, die sich reibenden Oberflächen wenigstens mit verschiedener Materie zu belegen, z. B. daß Eisen an Holz, oder Messing u. s. w. sich reibe.

3) Wenn das gleichzeitige Eindringen der Hervorragungen in die Vertiefungen auf eine sehr geringe Zahl eingeschränkt wird, und auch die wenigen in einander greifenden Hervorragungen zugleich eine solche Lage erhalten, daß sie sich ohne viele Beugung leicht entwickeln, so ist der erste Grund zur Reibung eben auch vermindert worden. Dieses die Reibung in ihrem Ursprunge vermindernde Mittel wird damit angewendet, daß den sich reibenden Oberflächen der Körper
statt

statt einer ebenen, eine runde sphärische nämlich, oder cylindrische Gestalt gegeben, oder, wie wir uns auszudrücken pflegen, die gleitende Reibung in eine rollende verwandelt werde. Wie sehr die Reibung durch dieses Mittel vermindert sey, überzeuget uns die Erfahrung, vermög welcher sehr großen auf einer Ebene fortzuschaffenden Lasten Walzen, oder in ausgehauten Rinnen fortrollende, und über diese herausragende feste Kugeln unterlegt, und so ohne Vergleich leichter fortgebracht werden. Auf eben dieses die Reibung verminderende Mittel ist die Einrichtung der Räder an Wägen gegründet. Die an dem Umkreise des Rades durch dessen Andrückte an die Erde erzeugte Reibung, welche gleitend wäre, wenn das Rad nicht um seine Achse lief, ist durch dessen Beweglichkeit in eine rollende verwandelt, und zugleich an die Oberfläche der Achse des Rades übertragen.

4) Je näher an die Unterlage eine Kraft angebracht wird, desto kleiner ist ihre Wirksamkeit, da diese durch das Product aus der Kraft in ihrem Abstände von der Unterlage ausgedrückt wird. Ein Mittel, die Wirksamkeit der Reibung auf den Rüstzeug zu vermindern, ist die Reibung so nahe, als es möglich ist, an die Unterlage zu übersetzen. Dieses erlangt man z. B. an einem Rade an der Welle, dessen Zapfen sich an dem Zapfenlager reiben, wenn den Zapfen ein so kleiner Durchmesser gegeben wird, als es die erforder-

berliche Dauer des Rüstzeuges leidet. Aus dieser Ursache werden an hölzerne Wellen nicht selten metallene Zapfen angefügt, damit die Dicke derselben durch die Festigkeit der Materie ersetzt werde, und zugleich ohne Verminderung der Dauer die an der Oberfläche der Zapfen in den Zapfenlagern entstehende Reibung näher an die Achse des Rundbaumes, in welcher die Unterlage zu betrachten kömmt, zurückgesetzt sey.

Eben dieses in der Zurücksetzung der Reibung bestehende Mittel wird mit einer Uebersetzung angewendet, indem man die Wirkung der Reibung auf dem Rüstzeuge wo andershin versetzt, als sich selbe ohne diesem befände. Statt, daß der Zapfen, dessen Durchschnitt DNMC Tab. 2. Fig. 43., in das Zapfenlager gelegt werde, liegt er an zwey Rollen auf, deren Achsen A und B. Drehet sich der Zapfen in der Richtung NCDM, so muß sich die Rolle A in der Richtung LKI, B aber in EHG drehen. Hiemit ist die Reibung, welche im Zapfenlager um NMCD gewirkt hätte, zur Bewegung der Rollen um ihre Achsen A und B angewendet, und an diese übersezt, nachdem der ganze Druck der Maschine von denselben getragen wird. Die Wirkung der Reibung ist in dem Verhältnisse vermindert worden, in welchem ihr Abstand von der Unterlage vermindert ist, des Halbmessers der Rolle nämlich zum Halbmesser ihrer Achse. Die nämliche Uebersetzung der Reibung, und folglich Verminderung

rung

Tab. 2.
Fig. 43.

rung ihrer Wirksamkeit hat man bey der Einrichtung der Wagenräder getroffen. Auch bey diesem ist die Wirksamkeit der Reibung im Verhältnisse des Halbmessers der Räder zu jenem ihrer Achsen vermindert. Diese Uebersetzung der Reibung ist bey großen Lasten der Rüstzeuge nicht anwendbar, weil selbe in solchen Fällen viele, und große Beschwerden nach sich ziehet.

68.

Wenn Stricke bey einem Rüstzeuge wie bey der Rolle, und dem Rade an der Welle verwendet werden, welche sich um einen Umkreis beugen, so muß auch diese Beugung von der die Maschine in Bewegung setzenden Kraft bewirkt werden. Die Beugung der Stricke also ist ein Hinderniß der Bewegung des Rüstzeuges. Je kleiner der Halbmesser, folglich je stärker die Krümmung des Umkreises ist, um welchen der Strick sich windet, je dicker, und je steifer der Strick, desto beschwerlicher ist seine Beugung. Je schneller endlich die Bewegung des Rüstzeuges, und folglich die Beugung des Strickes vollbracht wird, desto mehr Beschwerde muß von dieser auf die Maschine folgen, weil bey einer schnelleren Bewegung die Wirkungen des Hindernisses in eine kürzere Zeit zusammengezogen werden, welche bey einer kleineren Geschwindigkeit auf eine längere Zeit, folglich in mehr, und kleinere Theile zertheilet bleiben. Die Steife, oder Unbiegsamkeit des Strickes wächst zwar mit der Dicke, oder

mit feinem Durchmesser, jedoch nicht in diesem Verhältnisse allein, sonst müßte ein Strick die nämliche Unbiegsamkeit oder Steife beybehalten, so lang er den nämlichen Durchmesser hat, von welchem er doch durch den Gebrauch nicht wenig verlieret. Die Stärke des Eindrehens der Fiebern, und die Art des Zusammenhanges ihrer Theile mit anderen eben auch nicht genau genug zu bestimmenden Rehenumständen verändern die Steife der Stricke. Aus diesen Ursachen läßt sich das von der Beugung der Stricke den Maschinen zukommende Hinderniß der Bewegung desto schwerer genau bestimmen, je zusammengesetzter sein Verhältniß ist. Doch überzeugen die gegebenen Bemerkungen, daß Umkreise von kleinerer Krümmung, oder größeren Halbmessern, und durch den Gebrauch biegsamer gewordene Stricke zur Verminderung des Hindernisses dienen, welches die Maschinen wegen der Beugung ihrer Stricke leiden, und größere Rollen nicht nur wegen des Verhältnisses ihrer Halbmesser zu jenem der Achsen § 67. No. 4, sondern auch wegen der von der Beugung der Stricke entstehenden Hindernisse mit mehr Vortheil gebraucht werden, als kleinere.

Zweyter Abschnitt,

Hydrostatik.

Erstes Kapitel

vom

Drucke der flüssigen Körper überhaupt.

69.

Die Theile der flüssigen Körper haben an, und unter einander freyen Umlauf, und die hiezu erforderliche sphärische Gestalt 1. Abh. S. 72. Ihr Zusammenhang ist so schwach, daß sie nicht selten durch ihr eigenes Gewicht getrennt werden. Keine größere Masse des flüssigen Körpers, wenn selbe nicht auf irgend eine Art zusammengehalten wird, kann als ein Ganzes betrachtet einen einzigen allen ihren Theilen gemeinschaftlichen Schwerpunct haben, sondern in jeder Molekel, deren Theile zu kleinem Gewicht zu ihrer Trennung besitzen, kömmt ins besondere ein eigener Schwerpunct zu betrachten, in welchem ihr ganzes Gewicht vereiniget gesetzt wird 2. Abh. S. 51. Wenn also die Schwerpuncte der auf einander liegenden Molekeln nicht vollkommen unterstützt sind, so muß jede der ausliegenden an der unterlegten abgleiten, und sich dadurch in die Fläche versetzen,

in welcher die unterste liegt. Die Schwerpunkte der in einer Reihe auf einander liegenden Molekeln sind zugleich die Mittelpunkte ihrer Ausdehnung, und nur alsdann vollkommen unterstützt, wann sie alle in der nämlichen zum Gesichtskreise senkrechten, folglich in der Richtungslinie sich befinden 2. Abb. S. 54. 55. 56. Gehet die vom Mittelpunkte der in der Reihe obersten bis zur letzten senkrecht zum Gesichtskreise gezogene Linie nicht durch die Mittelpunkte aller in der Reihe sich befindenden Molekeln, liegen sie nicht senkrecht auf einander, so müssen alle oben aufstehende in die Fläche der untersten herabgleiten. Keine der oberen kann auf die untere einen schiefen Druck ausüben, wenn jene nicht von irgend einer äußeren Ursache in einer gegen die untere schiefen Stellung erhalten wird. Die Drücke der auf einander aufliegenden Molekeln gehen nicht in eine Summe, in den Druck der ganzen Masse über, wenn diese durch irgend eine Art der Bände nicht zusammengehalten wird. Die Theile der festen Körper haben, wenn diese weich, einen gehinderten, wenn sie aber elastisch sind, gar keinen Umlauf, und einen zu ihrer Erhaltung in jeder Stellung aufeinander hinlänglichen Zusammenhang 1. Abb. S. 73. 74. Die Theile eines jeden festen Körpers machen von selbst, und in jeder Stellung des Körpers ein Ganzes aus. Die einzelnen von der Schwere oder einer anderen Bestimmung erzeugten Drücke der Theile können in dem

dem gemeinschaftlichen Schwerpunkte der ganzen Masse versammelt betrachtet werden, und geben ohne Zuthun einer äußeren Ursache eine Summe, den Druck des ganzen Körpers. Von diesen Bestimmungen, und Umständen der Theile hängt die Stärke des Druckes einer Masse nicht minder, als dessen Richtung ab; durch die Stärke, und Richtung des Druckes aber werden seine Folgen bestimmt. Es muß also, wie S. 1. bemerkt wurde, der von der nämlichen Schwerbestimmung erzeugte Druck in flüssigen und festen Massen verschiedene Folgen haben, und eben dieserwegen abgesondert behandelt, und im Gleichgewichte betrachtet werden, damit man die aus der Flüssigkeit der Körper folgenden Abänderungen der allgemeinen Gesetze des Gleichgewichtes genauer bestimmen könne.

70.

Hydrostatik wird die Lehre des Gleichgewichtes der Flüssigen genannt S. 1., ungeachtet, daß Hydrostatik eigentlich nur die Lehre vom Gleichgewichte des Wassers ausdrücke. Es werden nämlich die Grundsätze dieser Lehre durch Versuche mit Wasser, welches keinen Werth hat, bestätigt, und, weil diese Grundsätze alle im Wasser, seiner Flüssigkeit wegen, welche es mit allen flüssigen Körpern gemein hat, eintreffen, so werden selbe auf alle flüssige gegen einander und gegen das Wasser gehaltene Körper mit allem Grunde ausgedehnet, und ihre Sammlung Hydrostatik genannt.

71.

71.

Die Wirkung, welche von der Schwerkraft in jedem Körper erzeugt wird, nennen wir Gewicht des Körpers, und dieses ist, wenn die übrigen Umstände gleich sind, jederzeit wie die Masse I. Abh. S. 56. Weil nun die Masse des Körpers mit und ohne Beziehung auf seine Ausdehnung genommen werden kann, unter einer gleichen Ausdehnung in allen Körpern nicht gleich ist, und der Druck, welchen die flüssigen Körper auf einander, oder auf feste ausüben, auch von ihrer in Beziehung auf die Masse genommenen Ausdehnung abhängt, so wird auch das Gewicht des Körpers oft ohne, oft aber mit der Beziehung auf seine Ausdehnung genommen. Um diesen Unterschied kurz durch die Benennung selbst anzudeuten, nennen wir das ohne Beziehung auf seine Ausdehnung genommene Gewicht des Körpers sein absolutes, jenes mit dieser Beziehung genommenes aber sein eigenthümliches Gewicht.

72.

Die eigenthümlichen Gewichte der Körper sind im geraden Verhältnisse ihrer Massen, und im verkehrten der Ausdehnungen. Wenn die eigenthümlichen Gewichte E und e, die Massen M und m, die Ausdehnungen aber A und a genannt werden: $E : e ::$

$$\frac{M}{A} : \frac{m}{a} :: Ma : mA.$$

Je dichter der Körper ist, je näher seine Theile an einander gestellt sind, desto mehr wiegt ein gleich großer Theil desselben I. Abh. S. 69. 56. Das mit Beziehung auf die Ausdehnung genommene ist das eigenthümliche Gewicht des Körpers. Dieses also ist in dem Verhältnisse der Dichte:

$$E : e :: D : d. \quad \text{Es ist aber: } D : d :: \frac{M}{A} : \frac{m}{a}$$

$$:: Ma : mA. \quad \text{Also auch: } E : e :: \frac{M}{A} : \frac{m}{a} ::$$

Ma : mA, und:

Wenn $A = a$ so ist: $E : e :: M : m.$

— $M = m$ — $E : e :: a : A.$

— $E = e$ — $Ma = mA,$ und:

$M : m :: A : a,$ und umgekehrt.

73.

Gleichwie die Körper in Beziehung auf ihre übrigen Eigenschaften in gleich- und ungleichartige getheilet werden I. Abh. S. 85., eben so theilet man selbe, und vorzüglich die flüssigen in Beziehung auf ihr mit der Ausdehnung verglichenes Gewicht, von welchem ihr Druck bestimmt wird, in gleich- und ungleichartige. Gleichartig sind, welche gleiche eigenthümliche Gewichte haben; ungleichartig, in welchen das eigenthümliche Gewicht ungleich ist. In dieser Beziehung können Körper, welche unter der nämlichen Art, oder Gattung begriffen werden, ungleichartig, und Körper von verschiedener Art, gleichartig seyn.

74.

Nachdem die Schwerkbestimmung eine allgemeine Eigenschaft der Körper ist 1. Abb. S. 48., so wird jeder Theil des flüssigen Körpers so, wie des festen durch selbe ohne Zuthun einer anderen Ursache senkrecht zur Oberfläche der Erde zu streben 2. Abb. S. 54., folglich zu drücken bestimmt, wenn dieß Streben keine Bewegung erzeugen kann. Die Summe dieser in einer bestimmten Masse des Flüssigen vorhandenen Drücke giebt den Druck der ganzen Masse, und zwey bestimmte Massen der flüssigen werden im Gleichgewichte stehen, wenn ihre Drücke gleich, und gerade entgegengesetzt sind, wie sie es bey festen Körpern seyn müssen. Bey flüssigen Körpern ist also das Gleichgewicht eben auch nichts anderes, als Gleichheit ihrer entgegengesetzten Drücke, oder Wirkungen, S. 5., da wir auch die in flüssigen Körpern von einer anderen Bestimmung erzeugten Drücke nach jenen der Schwere messen S. 2.

Diesemnach muß auch im Gleichgewichte der flüssigen $MG = mg$, und $M : m :: g : G$ seyn, wie bey festen S. 8., und bestimmt werden, welchen Abänderungen dieses Verhältniß bey flüssigen ihrer Eigenschaften wegen unterworfen sey?

Um alle diese Bestimmungen und Folgen derselben leichter, und deutlicher erklären zu können, werde ich die ganze Masse des flüssigen im Gefäße ABDC Tab. 2. Fig. 44., oder was immer für einem Behälter eingeschlossenen Körpers

aus

Tab. 2.
Fig. 44.

aus senkrecht zum Gesichtskreise neben einander stehenden gleich dicken Säulen ab, cd, ef, u. s. w. zusammengesetzt betrachten, und nach dem Erfordernisse der Umstände mehrere, oder weniger in eine breitere, oder schmalere Säule zusammennehmen. Diese Betrachtung ist auf der S. 69. gegebenen Erklärung gegründet, scheineth daher eben so annehmbar zu seyn, wie jene, in welcher die festen Körper aus gleichlaufenden mit den Theilen derselben besetzten Flächen zusammengesetzt angenommen werden.

75.

Die Stärke des zum Gesichtskreise senkrechten Druckes, den der flüssige Körper ausübet, ist wie die Höhe, zu welcher er über den Ort des Druckes reicht.

Damit auch eine kleinere Masse an der Höhe merkliche Veränderung gebe, muß der Durchmesser des Cylinders klein seyn. Aus diesem Grunde wird der Erfolg des Versuches merklicher, wenn zu demselben die Röhre von keinem größeren Durchmesser genommen wird, als zur bequemen Unterscheidung des in dem Röhrrchen enthaltenen Quecksilbercylinders erforderlich ist. Wird an einem Ende dieser beyderseits offenen Röhre eine Blase in der Gestalt eines Beutels angebunden, und diese mit Quecksilber so angefüllet, daß es ober dem Beutel in der Röhre stehe, so siehet man deutlich das Quecksilber in dem Röhrrchen desto höher steigen, je tiefer unter die Oberfläche
des

des Wassers der Beutel versenkt wird. Weil das Steigen des Quecksilbers im Röhrchen mit dem Versenken des Beutels anfängt, zu- und abnimmt, so ist die Ursache des Steigens sicher eine solche, welche durch das Eintauchen zur Wirkung angebracht wird; und, weil das Quecksilber nur aus dem Beutel in die Röhre kommen kann, so muß gedachte Ursache durch das Zusammendrücken des Beutels das Quecksilber aus diesem in das Röhrchen treiben. Auf den Beutel, nachdem er unter der Oberfläche des Wassers ist, kann nichts anderes drücken, als die ihm anliegenden Theile des Wassers. Die Zahl, oder Summe dieser Theile, wie die Ausdehnung des Beutels und hiermit der auf den ganzen Beutel ausgeübte Druck würde der nämliche bleiben, und das Quecksilber nicht immer mehr und mehr aus dem Beutel in die Röhre hinaufgetrieben werden, wenn der Druck gedachter Wasser Theile nicht desto stärker würde, die Ausdehnung des Beutels desto mehr verminderte, je tiefer dieser unter das Wasser versenkt, je größer folglich die Höhe wird, in welcher das Wasser ober dem Beutel stehet.

Wenn wir die natürliche Ursache des Druckes, die Schwerebestimmung, nach welcher wir alle übrige messen, betrachten, und ihre Wirkung in Verbindung mit der Flüssigkeit bestimmen, so überzeuget uns diese, daß der Druck der Flüssigen der Stärke nach wie ihre Höhe sey. Daß die natürliche Ursache des Druckes auch in flüssigen

gen

gen Körpern ihre Schwerbestimmung sey, zeigt §. 74. Die Stärke des Druckes in jedem flüssigen Körper muß daher in dem Verhältnisse seyn, in welchem seine Schwerbestimmung wirkt. Diese ist wie die Masse des Körpers, wenn die übrigen Umstände, das ist: der dritte Körper, gegen welchen sie wirkt, und die Abstände gleich sind. 1. Abb. S. 55. Die Stärke des Druckes in jedem flüssigen Körper muß also wie die drückende Masse seyn. Die drückende Masse bey flüssigen Körpern besteht aus den senkrecht auf einander liegenden Molekeln, oder Theilen der Flüssigen §. 69., und diese sind in dem nähmlichen Körper desto mehr, je höher die Reihe derselben, 1. Abb. S. 69., je größer die Höhe des Flüssigen über dem Ort des Druckes ist. Die drückende Masse, und folglich die Stärke des Druckes ist bey jedem flüssigen Körper wie diese Höhe.

Der Druck des festen Körpers ist der nähmliche, so lang seine Masse die nähmliche bleibt, diese sey in einer größeren oder kleineren Höhe gestellt. Der Druck des Flüssigen unterscheidet sich daher von jenem des Festen schon dadurch, daß seine Stärke von der Höhe seiner Masse abhängt, und durch deren horizontale, oder wagerechte Vertheilung abnehme.

76.

Die Richtung des Druckes der Flüssigen ist jede. Oder: Der flüssige Körper drückt in allen Richtungen, und zwar gleich stark.

§

Wenn

Wenn etwas weitere, z. B. von einem Zolle im Durchmesser, und in verschiedene Winkel gekrümmte Glasröhren an einem Ende mit Kork geschlossen samt einer geraden ins Wasser eingetaucht werden, so dringt dieses nach Eröffnung der oberen Mündung in alle, steigt, und bleibt in jeder so hoch, als es außer den Röhren steht. Dieß Eindringen, und das Steigen sind Wirkungen des durch die Schwere bestimmten Druckes. Eine andere bestimmende Ursache ist nicht vorhanden. In die gerade Röhre dringt, und steigt das Wasser senkrecht hinauf, in die rechtwinklichte wagerecht, in die gespitzwinklichte schief hinab, in die stumpfwinklichte schief hinauf, und außer den Röhren dringt es senkrecht herab. In allen ist das Dringen, und die Höhe des Wassers gleich. Da also diese alle mögliche Arten der Richtungen sind, so drückt das Wasser, folglich jeder flüssige Körper in allen Richtungen, und zwar gleich stark.

Die mit der Elastizität verbundene Flüssigkeit bewirkt, daß die flüssigen Körper in allen Richtungen, und zwar gleich drücken. Wir werden es in der Folge vom Wasser beweisen, daß es sich zusammendrücken lasse, und in seine vorhergehabte Gestalt wieder zurücksetze, folglich elastisch sey. Auf ähnliche Art kann es von anderen flüssigen Körpern erwiesen werden. Ich nehme daher indessen ohne Weiteres an, daß alle flüssige Körper elastisch sind, sich wenigstens etwas zu-

sam-

fammendrücker lassen, und nach gehobener äußerer Kraft wieder herstellen. Ihre Flüssigkeit haben sie von der sphärischen Gestalt ihrer Molekeln 1. Abh. S. 72. Wenn daher eine Molekel durch das Gewicht einer oder mehr aufliegenden senkrecht herab gedrückt wird, so muß sie der Elastizität wegen ihre sphärische in eine eysförmige oben und unten etwas flache Gestalt, folglich von allen Seiten desto mehr ändern, je stärker sie in der senkrechten Richtung zusammengedrückt wird. Diese Veränderung der Gestalt kann ohne Druck auf die um- und anliegenden Molekeln nicht erfolgen, und wird durch deren Gegendruck gehindert. Jede Molekel des Flüssigen muß also, wenn sie durch den senkrechten Druck der Schwere dazu bestimmt wird, der Flüssigkeit und Elastizität wegen nicht nur in allen Richtungen, sondern auch eben so stark drücken, als die Bestimmung des Druckes der Schwere ist.

Hierinn haben wir eine zweyte den Druck der flüssigen von jenem der festen unterscheidende Bestimmung, durch welche alle Folgen des Druckes der flüssigen, und ihres Gleichgewichtes entscheidend verändert werden.

77.

Bey flüssigen Körpern ist die Stärke des Druckes in jeder Richtung wie die Höhe, zu welcher sie über dem Orte des Druckes reichen.

Jeder flüssige Körper drückt in allen Richtungen, und zwar gleich stark, nach der Bestimmung

nähmlich, welche er von dem Drucke der Schwere senkrecht zum Gesichtskreise erhält S. 76. Die Stärke dieses Druckes ist wie die Höhe, zu welcher der flüssige Körper über dem Orte des Druckes reicht S. 75. Die Stärke des Druckes der Flüssigen ist also auch in allen übrigen Richtungen wie diese Höhe.

In was immer für einer Richtung unter den nähmlichen, oder unter gleichartigen flüssigen Körpern S. 73. ist der Druck gleich, wenn der Flüssige gleiche Höhe hat; sind aber diese ungleich, desto stärker, je größer seine Höhe ist. Bey ungleichartigen flüssigen Körpern muß, wie wir bald sehen werden, das eigenthümliche Gewicht zur Bestimmung der Stärke des Druckes mit der Höhe genommen werden, weil die Größe der drückenden Masse ungleichartiger flüssiger Körper nicht wie die Höhe allein, sondern wie diese und das eigenthümliche Gewicht ist.

Weil man mit keiner Wahrscheinlichkeit annehmen kann, daß die Molekeln der Flüssigen unter den unendlich vielen möglichen Lagen gegen einander gerade jene senkrechte Stellung haben, in welcher die vom Schwerpunkte der obersten zum Gesichtskreis gezogene senkrechte durch die Mittelpunkte aller unten liegenden Molekeln gehe, eine auf der anderen folglich ruhen könne, S. 69.; so müssen selbe bey jedem flüssigen Körper in irgend einer anderen von den unendlich vielen möglichen Lagen betrachtet werden, in welchen

chen eine an der anderen von der Schwerkbestimmung angetrieben, des freyen Umlaufes wegen, abgleite; bis sie auf den anderen am Grunde aufliegenden, und durch die Wände des Gefäßes zusammengehaltenen hinlängliche Unterstützung finden, und folglich ruhen können. Sobald die Molekeln des Flüssigen alle ruhen, so ist die Höhe bestimmt, zu welcher es im Gefäße reicht. Man kann daher die Bestimmung dieser Höhe als eine Wirkung der Schwerkbestimmung ansehen, und in dieser Betrachtung drückt die Höhe des im Gefäße stehenden flüssigen Körpers die Stärke seines Druckes aus, welcher von der Schwerkbestimmung in der senkrechten Richtung herab erzeugt wird. Mit dieser Voraussetzung giebt der §. 76 angeführte Versuch auch die Bestätigung des in diesem §. bewiesenen Grundsatzes, indem die in allen Röhren mit jener außer den Röhren gleiche Höhe, zu welcher das Wasser durch seinen Druck in den übrigen Richtungen steigt, hinlänglich beweiset, daß die Wirkungen des Druckes in jeder anderen Richtung jener in der senkrechten herab gleich, folglich wie diese Höhe sind.

Zweytes Kapitel

vom

Drucke der Flüssigen in die Gefäße, in welchen selbe eingeschlossen sind.

78.

Aus der §. 69. gegebenen Erklärung ist die natürliche Ursache der schon §. 3. angeführten, und durch die tägliche Erfahrung allgemein bestätigten Bemerkung einleuchtend, daß wir keinen flüssigen Körper ohne Gefäße, in welchem er eingeschlossen sey, behandeln können. Aus der nämlichen Ursache ist von selbst klar, daß die Gefäße, von welchen flüssige Körper eingeschlossen werden, feste, oder solche Körper seyn müssen, welche aus Mangel des freyen Umlaufes ihrer Theile und durch die Stärke ihres Zusammenhanges nicht nur zu ihrer eigenen, sondern auch zur Zusammenhaltung flüssiger Theile hinreichend sind.

Der flüssige im Gefäße enthaltene Körper wirkt durch sein Gewicht nicht nur allein auf den Boden, auf welchem er aufliegt, sondern auch in die Wände des Gefäßes, nachdem seine Theile von der nämlichen Ursache an einander abzugleiten bestimmt werden. Durch den Widerstand der Wände werden diese Seitendrucke gehoben, und die Theile des Flüssigen aufgethürmet erhalten. Dieser Seitendruck ist eine Bestimmung des Druckes

kes der Flüssigen, und die ihm gleiche Gegenwirkung der Wände des Gefäßes 2. Abh. S. 53., trägt auch zur Stärke des senkrecht herab wirkenden Druckes durch den Einschluß des Flüssigen bey. Um also den Druck der Flüssigen vollständig zu behandeln, muß auch ihr Druck in die Gefäße bestimmt werden, damit alle seine Folgen in die Betrachtung kommen.

Weil nun der Druck der Flüssigen in allen Richtungen gleich stark ist S. 76.; so ist derselben Druck in die Gefäße bestimmt, sobald er es nur in einer Richtung ist. Daher pflegt man nur den Druck auf die Böden der Gefäße festzusetzen, und die Seitenbrücke in die Wände nach dieser Bestimmung zu berechnen. Wir betrachten hiebey den Boden des Gefäßes in jeder Tiefe unter dem Flüssigen, in welcher der Druck zu bestimmen kömmt.

79.

Durch die Gestalt der Gefäße wird der Druck, den die Flüssigen auf dem Boden ihrer Gefäße ausüben, nicht verändert, oder diese Gestalt trägt zum Drucke nichts bey, wenn nur die Höhe der Flüssigen, und die Grundflächen der Böden gleich sind.

Versuche, welche zur Bestätigung dieses Satzes dienen sollen, fordern Gefäße mit beweglichen und nicht verbundenen Böden, damit diese selbst durch den Druck auf den Boden von Gefäßen getrennet, vermittels derselben folglich ges

dachter Druck gemessen werden könne. Der bewegliche Boden muß an einer Schalenwage vorher ins Gleichgewicht gebracht werden, damit sein Gewicht von jenem, welches dem Drucke auf den Boden das Gleichgewicht hält, genau unterschieden werde. Aus eben dieser Ursache muß jedes an den Boden passende Gefäß, welches zum Versuche gebraucht wird, vorher auf den Boden gestellt ins Gleichgewicht versetzt, oder an einem anderen Körper so befestiget werden, daß sein Gewicht auf die den Boden andrückende Schalenwage gar nicht wirke.

Wenn auf dem nämlichen an einer genauen Schalenwage im Gleichgewichte hangenden Boden Gefäße, welche an der Gestalt wie immer verschieden sind, nach der angegebenen Bemerkung angebracht, und bis zu einer gleichen Höhe von dem nämlichen flüssigen Körper, z. B. Wasser, angegossen werden, so hält das nämliche Gewicht dem Drucke auf den Boden das Gleichgewicht. Dieser folglich muß auch bey jeder Gestalt des Gefäßes gleich seyn, wenn die Grundfläche und Höhe des Flüssigen gleich ist.

Der Druck des Flüssigen auf den Boden des Gefäßes, in welchen er eingeschlossen wird, ist die Summe aller jener Drücke, welche von den auf den Boden aufstehenden Säulen, wie Tab. 2. Fig. 44. ab, cd, ef, u. s. w. nach der S. 74. gegebenen Erklärung sind, auf denselben ausgeübt werden. Der Druck des Flüssigen auf den

Tab. 2.
 Fig. 44.

den

den Boden des Gefäßes wird also durch die Zahl und Stärke dieser einzelnen Drücke bestimmt, wie jede Summe von der Zahl und Größe ihrer Theile abhängt. Die Zahl gedachter Säulen, folglich auch der auf verschiedene Theile des Bodens, oder der Grundfläche ausgeübten einzelnen Drücke ist die Zahl der unmittelbar auf der Grundfläche aufliegenden Theile des Flüssigen, welche gleich ist, wenn die Grundfläche die nämliche, oder gleich genommen wird; weil gleichartige oder die nämlichen Körper in gleichen Räumen, oder Ausdehnungen gleiche Massen haben. Die Stärke dieser einzelnen Drücke ist bey jedem flüssigen Körper, und in jeder Richtung wie die Höhe, zu welcher der Flüssige über den Ort des Druckes reicht S. 77., wo die Höhen folglich gleich sind, auch gleich. Wenn also die Grundflächen und die Höhen der flüssigen Körper gleich sind, ist die Zahl und die Stärke der einzelnen auf verschiedene Theile der Grundfläche ausgeübten Drucke, deren Summe den ganzen Druck auf den Boden des Gefäßes giebt, gleich, was immer für eine Gestalt die Gefäße haben, und auch dieser ganze Druck muß gleich seyn.

Es ist aus dem Gesetze, nach welchen Wirkung und Gegenwirkung jederzeit gleich sind, 2. Abh. S. 53. klar, daß die an die Wände des Gefäßes angedrückten Säulen des Flüssigen gleich, und gerade entgegengesetzt zurückgedrückt werden. Wegen des in allen Richtungen gleichen Druckes

des Flüssigen werden auch jene Säulen, welche wegen der Gestalt des Gefäßes kleinere Höhe haben in dem Verhältnisse der im nähmlichen Gefäße größten Höhe angedrückt S. 77. Diese Säulen also werden in solchen Gefäßen, ihrer kleineren Höhe ungeachtet, vermittelst der Wände des Gefäßes eben so stark gegen den Boden gedrückt, als die im Gefäße höchsten. In dem nähmlichen Gefäße ist der Druck aller an der Höhe noch so verschiedenen, unmittelbar auf der Grundfläche aufstehenden Säulen eben so stark, als der höchsten, seine Stärke folglich in allem gleich.

Weil die Gestalt des Gefäßes zum Drucke des Flüssigen auf die Grundfläche nichts beyträgt, diesen nicht ändert, so kann man bey dessen Bestimmung die Gestalt des Gefäßes ganz außer Acht lassen, den Bedacht nur auf die Grundfläche und Höhe des Flüssigen nehmen, und, was von dem Drucke auf den Boden in einem Gefäße bestimmt wird, muß ohne Widerspruch für jedes andere Gefäß angenommen werden, in welchem der Flüssige gleiche Grundfläche und Höhe hat.

80.

Der Druck der Flüssigen auf die Böden ihrer Gefäße ist im geraden Verhältnisse ihrer Höhen, Grundflächen und eigenthümlichen Gewichte; oder: Wenn die Drücke P und p , die Höhen: H und h , die Grundflächen: G und g , die eigenthümlichen Gewichte endlich:

lich: E und e genannt werden, so ist: P : p :: HGE : hge.

Zur Bestätigung dieses Satzes dienen Gefäße, welche, wie §. 79. gemeldet ist worden, bestellt sind. Ein solcher mit dem Drucke des in doppelter Höhe stehenden Wassers beladener Boden braucht auch zweymal so viel Gewicht zum Gleichgewichte. Ist die Höhe des aufgegossenen Wassers gleich, die beweglichen Boden der Gefäße aber wie eins und drey z. B., so sind auch die dem Drucke auf dem Boden das Gleichgewicht haltenden Gewichte :: 1 : 3. Giebt man endlich in das nämliche Gefäß, auf die nämliche Grundfläche folglich, einmal Wasser, das anderemal z. B. Quecksilber, beydes in gleicher Höhe, so sind die dem Drucke auf den Boden gleiche Gewichte wie 1 : 14, wie das eigenthümliche Gewicht des Wassers zu jenem des Quecksilbers. Ueberhaupt zeigen diese Versuche durch die dem Drucke auf die Grundflächen das Gleichgewicht haltenden Gewichte, daß dieser Druck, wenn die Grundflächen und eigenthümlichen Gewichte gleich sind, wie die Höhen, wenn die Höhe, und das eigenthümliche Gewicht die nämlichen sind, wie die Grundflächen, und endlich wie das eigenthümliche Gewicht sey, wo die Höhen und Grundflächen einerley sind. Woraus dann erwiesen ist, daß in Fällen, in welchen keine dieser drey Bestimmungen in beyden Flüssigen gleich, der Druck auf die Böden der Gefäße in dem angegebenen zusammen-

sam:

sammengesetzten Verhältnisse sey. Dieser nähmliche mit zwey Gefäßen von ungleichen Böden, ungleichartigen flüssigen Körpern, deren Höhe ungleich genommen wird, angestellte Versuch hat seiner Zusammensetzung wegen nicht immer den genauesten Erfolg, doch dienet er auch zur Bestätigung des gegebenen Verhältnisses.

Nachdem der Druck des Flüssigen auf den Boden seines Gefäßes die Summe jener einzelnen Drücke ist, welche von den auf dem Boden aufstehenden Säulen des Flüssigen auf verschiedene Theile seiner Grundfläche ausgeübt werden, so ist es erwiesen, daß der Druck auf den Boden des Gefäßes in dem angegebenen Verhältnisse seyn müsse, wenn erwiesen wird, daß die Zahl, und die Stärke gedachter einzelnen auf verschiedene Theile der Grundfläche wirkenden Drücke, wie die Grundfläche, Höhe, und das eigenthümliche Gewicht sey, oder durch diese drey Bestimmungen festgesetzt werde. Je größer das eigenthümliche Gewicht des Körpers ist, desto mehr Theile oder Masse hat der Körper unter der nähmlichen Ausdehnung S. 72.; desto mehr Theile folglich liegen auch unmittelbar auf der Grundfläche des Bodens. Diese nähmliche Zahl der Theile ist auch desto größer, je größer die Grundfläche ist, auf welcher sie aufliegen. Da also auf jede Grundfläche so viele einzelne Drücke der Säulen wirken, als Theile auf derselben unmittelbar aufliegen, so muß die Zahl gedachter einzelnen auf

ver=

verschiedene Theile der Grundfläche ausgeübten Drücke desto größer seyn, je größer das eigenthümliche Gewicht, und die Grundfläche des Flüssigen ist. Die Stärke dieser einzelnen Drücke ist wie die Höhe S. 75. Die Zahl und die Stärke gedachter einzelnen Drücke wird also durch das eigenthümliche Gewicht, durch die Grundfläche, und Höhe des Flüssigen bestimmt, und die Summe aller dieser: Der ganze Druck auf den Boden muß in dem Verhältnisse dieser drey Bestimmungen seyn.

P : p :: HGE : hge, folglich:

Wenn $E = e$ so ist auch: $P : p :: HG : hg.$

— $G = g$ ——— $P : p :: HE : he.$

— $H = h$ ——— $P : p :: GE : ge.$

— $HG = hg$ — $P : p :: E : e.$

— $HE = he$ — $P : p :: G : g.$

— $GE = ge$ — $P : p :: H : h.$

— $P = p$ ——— $HGE = hge$, und

$HG : hg :: e : E$, oder :

$HE : he :: g : G$, oder :

$GE : ge :: h : H$ u. s. w.

wenn dabey $H = h$, oder $G = g$, oder endlich $E = e$ ist.

Aus diesem Verhältnisse des Druckes der Flüssigen auf die Böden ihrer Gefäße muß derselben Druck auf die Seitenwände bestimmt, und die Erklärung aller jener Erscheinungen und Versuche gegeben werden, deren Ursache der Druck der Flüssigen auf die Gefäße ist. Von diesem Verhältnisse hängt auch das Verhältniß ab, in welchem

hem die Flüssigen im Gleichgewichte gegen einander stehen.

81.

Tab. 2. In dem Gefäße ABDC Tab. 2. Fig. 44. Fig. 44. in welchem der flüssige Körper, z. B. das Wasser, bis EF reicht, und die Grundfläche durch CD angedeutet wird, können wir uns in jeder Tiefe GS, GL, GK, mit der Grundfläche CD gleichlaufende Flächen ST, LQ u. s. w. als eben so viele Grundflächen vorstellen S. 78. In jeder dieser Grundflächen ist der Druck wie das Product aus der Grundfläche in das eigenthümliche Gewicht, und in die Höhe GS, GL des Flüssigen über der betrachteten Grundfläche S. 80., und die Stärke jedes einzelnen Druckes der auf dieser Grundfläche stehenden Säulen wie die Höhe GS, GL u. s. w. S. 75. Weil also der Druck in allen Richtungen gleich ist, und zwar wie die Höhe des Flüssigen über dem Orte des Druckes S. 77., so ist auch die Stärke des Druckes auf die in gleicher Tiefe unter EF an der Seitenwand BD sich befindenden Punkte T, Q, P, u. s. w. wie ihre Tiefe, oder die Höhe GS, GL, GK. Nehmen wir nun, der leichteren Erklärung wegen, indessen an, daß die Seitenwand BD zur Grundfläche CD senkrecht stehe, und bestimmen in CD die Linie MD = GM der ganzen Höhe des Flüssigen, so werden durch die von dem obersten Punkte F, der gebrückten Seitenwand FD zu M gezogene gerade Linie FM alle Höhen

Höhen GM, GS u. s. w., in welchen der flüssige Körper ober D, T, Q steht, wegen Aehnlichkeit der Dreiecke in MD, gT, hQ, folglich auch die Stärke der Drücke auf gedachte Punkte D, T, Q u. s. w. bestimmt. Die Summe aller dieser zu FD senkrechten Linien MD, gT, hQ u. s. w. giebt den ganzen auf die Linie FD der Seitenwand BD von dem flüssigen Körper ausgeübten Drucke. Aus der Aehnlichkeit der Dreiecke FMD, FgT u. s. w. wird ohne Beschwerte erwiesen, daß gedachte zu FD senkrechte Linien in einer arithmetischen Reihe abnehmen. Die Summe einer jeden arithmetischen Reihe oder Progression ist dem halben Producte aus der Summe der äußersten in die Zahl der Glieder gleich. Der ganze auf FD ausgeübte Druck ist also auch dem halben Producte aus der Summe der zwey äußersten Linien in der gedachten Reihe in die Anzahl derselben gleich. Die Zahl gedachter die Stärke der einzelnen Drücke darstellenden Linien, oder die Zahl dieser Drücke ist desto größer, je größer FD ist, und je mehr Theile des Flüssigen in FD sich befinden, das ist, je größer das eigenthümliche Gewicht des Flüssigen ist. §. 72. Die Länge der Linie FD folglich, und das eigenthümliche Gewicht des Flüssigen geben die Zahl der Glieder in gedachter Reihe. Die Summe der zwey äußersten Glieder in dieser Reihe ist das erste den stärksten Druck in D anzeigende Glied $MD = GM$, weil der flüssige Körper in dem

dem obersten Puncte F eine unendlich kleine Höhe hat, welche in Vergleich mit MD verschwindet. Der Druck des Flüssigen auf die ganze Linie FD der Seitenwand BD also ist dem halben Producte aus der Linie FD, und dem eigenthümlichen Gewichte des Flüssigen in seine Höhe MD $= GM$ gleich, oder dem Producte aus FD, und dem eigenthümlichen Gewichte des Flüssigen in die Hälfte seiner Höhe GM, zu welcher derselbe im Gefäße reicht. Damit man den Druck, welcher auf die ganze der ACYX gleiche Seitenwand RBD ausgeübt wird, erhalte, muß der Druck auf FD so oft genommen werden, als FD in ECYZ, oder in der Fläche, deren Linie FD ist, enthalten wird, oder in RB $= EZ$ Puncte sind. Um den Druck auf die ganze Seitenwand, deren Linie FD, und welche $= ECYZ$ ist, zu bestimmen, muß gedachtes Product aus FD und dem eigenthümlichen Gewichte des Flüssigen in die Hälfte seiner Höhe noch mit RB $= EZ$ multipliciret werden. FD mit RB multipliciret, giebt die ganze vom Flüssigen gedrückte Fläche der Seitenwand RBD. Der ganze auf diese Seitenwand ausgeübte Druck des Flüssigen ist daher dem Producte gleich, welches die gedrückte mit dem eigenthümlichen Gewichte des Flüssigen, und der Hälfte seiner Höhe multiplicirte Fläche giebt. Hiemit ist der Druck auf die Seitenwand aus dem Verhältnisse des Druckes auf den Boden der Gefäße bestimmt.

Wenn

Wenn die Seitenwand BD zum Boden des Gefäßes CD nicht senkrecht, sondern schief, z. B. wie FM und auch RB zu BD, oder vielmehr zu der angenommenen Lage FM schief wäre, so könnte FD in der Lage FM für die Zahl der senkrechten ST, LQ u. s. w. nicht angenommen werden, sondern man müßte GM die senkrechte annehmen. Eben so wäre im gesetzten Falle nicht EZ, oder RB, sondern die zwischen XY und AC begriffene senkrechte in das oben gedachte Product zu nehmen. Mit einem Worte die gedrückte Fläche der Seitenwand des Gefäßes, welche in gedachtes Product kömmt, muß nach den Umständen aus geometrischen Gründen bestimmt, und dann mit dem eigenthümlichen Gewichte des Flüssigen, und der Hälfte jener Höhe, zu welcher er im Gefäße reicht, multipliziret werden, damit dessen Druck auf die ganze Seitenwand bestimmt sey.

82.

Alle bisher bestimmte Verhältnisse des Druckes, welchen der flüssige Körper auf eine Fläche ausübt, sind auf dessen durch die Schwere bestimmte Stärke gegründet, und aus dieser Ursache kömmt die Höhe, in welcher der Flüssige stehet, in das gedachten Druckes bestimmende Product S. 80. Wenn daher die Stärke des Druckes nicht von der Schwere, sondern von einer anderen Ursache bestimmt wird, so muß diese Ursache, oder ihre verhältnißmäßige Wirkung, statt der Höhe des

Flüssigen in gedachtes Product aus seinem eigent-
 thümlichen Gewichte in die von ihm gedrückte
 Fläche genommen werden. Nach dieser Bemerkung
 giebt das Product aus der von was immer
 für einer Ursache bestimmten Geschwindigkeit des
 an eine Fläche anlaufenden Wassers, in diese
 Fläche und das eigenthümliche Gewicht des Was-
 sers jenen Druck, den das anlaufende Wasser auf
 die Fläche, an welche es anlauft, ausübet. Weil
 aber die Zahl der in einer bestimmten Zeit anlau-
 fenden Theile der Flüssigkeit auch wie die Geschwin-
 digkeit ist, so muß gedachtes Product noch ein-
 mal mit der Geschwindigkeit multipliziret werden,
 um den Druck einer bestimmten Zeit zu erhalten.

D r i t t e s K a p i t e l

v o m

Drucke des Flüssigen gegeneinander, oder
 in Gemeinschaft habenden Röhren.

83.

Gemeinschaft habende Röhren sind zwar
 im eigentlichen Verstande cylindrische Gefäße,
 aus deren einem in das andere der Flüssige über-
 gehen, oder fließen kann. Allein, da die Ge-
 stalt der Gefäße den Druck auf den Boden nicht
 verändert, wenn die Höhe und Grundfläche gleich
 ist S. 79., so sind jede mit einander Gemeinschaft
 haben

habende Gefäße, oder Behälter der Flüssigen wie Gemeinschaft habende Röhren zu betrachten, und für solche zu halten. Diesemnach sind jede zwey oder mehr im Uebrigen wie immer bestellte, jedoch Gemeinschaft habende Behälter der Flüssigkeiten, für Gemeinschaft habende Röhren anzusehen, und alles, was vom Drucke der Flüssigen in diesen erwiesen wird, gilt auch für den Druck des Wassers, und anderer Flüssigkeiten in was immer für Gemeinschaft habenden Behältern. Auch die Säulen der im nämlichen Gefäße, oder Behälter enthaltenen Flüssigkeit haben Gemeinschaft mit einander. Alle diese Säulen daher sind wie in Gemeinschaft habenden Röhren eingeschlossene Flüssigkeiten zu betrachten, und das von diesem Erwiesene ist auch auf jene auszudehnen.

Aus der nämlichen Ursache der zum Drucke auf dem Boden der Gefäße nichts beytragenden Gestalt derselben und der Gemeinschaft, oder des Ueberganges wegen, welcher bey Gemeinschaft habenden Röhren, oder Gefäßen vorhanden seyn muß, ist die eigentliche Grundfläche der in solchen Gefäßen eingeschlossenen Flüssigkeiten dort zu nehmen, und zu betrachten, wo der Uebergang aus einem in das andere ist. Weil nun dieser Uebergang für beyde in Gemeinschaft habenden Röhren eingeschlossene Flüssigkeiten einer und der nämliche ist, so ist auch die Grundfläche, auf welche die in solchen Gefäßen enthaltenen Flüssigkeiten drücken, die nämliche, und im Verhältnisse $P : p ::$

HGE : hge §. 80. sind die Grundflächen G und g als gleiche Größen für Gemeinschaft habende Gefäße wegzulassen, wodurch: $P : p :: HE : he$ ist.

Von selbstn muß es meines Erachtens einleuchtend seyn, daß hey Gemeinschaft habenden Röhren keine die Wirkung des Druckes der Flüssigkeiten verändernde, oder hindernde Ursache vorhanden seyn müsse, damit der Druck jene Folgen habe, die wir erweisen. Aus diesem Grunde müssen diese Röhren so bestellt seyn, daß die anziehende Bestimmung, und deren Uebermacht, welche von der Materie der Röhren auf die Theile der Flüssigkeit ausgeübt wird, auf diese keinen die Folgen des Druckes verändernden Einfluß habe. Die Durchmesser der Röhren folglich groß genug, und die Röhren keine Haarröhrchen sind, in welchen selbst die Uebermacht der anziehenden in kleinsten Abständen wirkenden Bestimmung vermögend ist, die Flüssigkeit über die Libelle in dem Röhrchen zu erheben.

84.

Der nähmliche, oder gleichartige flüssige Körper haben in Gemeinschaft habenden Gefäßen, wenn selbe im Gleichgewichte stehen, gleiche Höhen, das ist: gleiche von ihrer obersten Fläche zum Gesichtskreise, oder einer anderen mit diesem gleichlaufenden Fläche herabgelassene Senkrechte, von was immer für einer Gestalt die Gefäße sind.

Das in die Gemeinschaft habenden Röhren
 ACB Tab. 2. Fig. 45., oder andere solche Ge- Tab. 2.
 fäße, welche Gestalt selbe auch haben, gegebene Fig. 45.
 Wasser, oder was immer für gleichartige Flüssigkeiten zeigen, wenn sie ruhen, daß die von ihren obersten Flächen A und B zum Gesichtskreise herabgelassenen senkrechten AE, und BD, oder ihre Höhen jederzeit gleich sind.

Zwey in Röhren, oder Gefäßen von was immer für einer Gestalt, welche Gemeinschaft haben, eingeschlossene gleichartige, oder Säulen der nähmlichen Flüssigkeit heben und erhalten einander durch den Druck, welchen selbe wegen der Gemeinschaft auf einander ausüben. Dessen überzeuget uns die Erfahrung, und die Natur der Flüssigen. Die Erfahrung, weil die eine Flüssigkeit, z. B. AC sogleich herabsinkt, als die andere BC beseitiget wird. Die Natur der flüssigen Körper: weil die Stärke ihres Druckes durch das Aufthürmen ihrer Theile, zu welchen die Wände der Gefäße beitragen, eben ihrer Natur wegen bestimmt wird §. 78. Damit beyde Säulen oder Massen ruhen können, und im Gleichgewichte sind, müssen ihre Drücke gleich, und gerade entgegengesetzt seyn §. 5., folglich $P = p$. Es ist aber in Gemeinschaft habenden Gefäßen: $P : p :: HE : he$ §. 83., und, wenn $P = p$, auch $HE = he$. In Gemeinschaft habenden Gefäßen muß also: $HE = he$, folglich: $H : h :: e : E$ seyn. Wenn daher, wie gesetzt wird, die

eigenthümlichen Gewichte gleich sind, $E = e$,
so muß auch $H = h$ seyn.

Die Höhen werden durch die von der obersten Fläche eines Körpers zum Gesichtskreise, oder einer mit diesem gleichlaufenden Fläche gezogenen senkrechten gemessen. Diese also müssen in Gemeinschaft habenden Gefäßen, wenn gleichartige Flüssigkeiten im Gleichgewichte stehen, als Mäßen gleicher Höhen gleich seyn.

Flächen, zwischen welchen zwey begriffene senkrechte Linien gleich sind, müssen gleichlaufend mit einander seyn, weil ihre Lagen durch zwey gerade Linien, und die Lage einer jeden geraden Linie durch zwey Punkte bestimmt ist. Die obersten Flächen der zwey in Gemeinschaft habenden Gefäßen eingeschlossenen gleichartigen Flüssigkeiten müssen in der nähmlichen zum Gesichtskreise gleichlaufenden Fläche stehen, wenn selbe im Gleichgewichte ruhen.

85.

Alle an der Dicke gleiche, oder ungleiche Säulen des nähmlichen im Gefäße eingeschlossenen flüssigen Körpers S. 74. sind wie gleichartige in Gemeinschaft habenden Gefäßen oder Röhren eingeschlossene Flüssigkeiten zu betrachten S 83., und die obersten Flächen aller dieser Säulen müssen in der nähmlichen zur Oberfläche der Erde gleichlaufenden Fläche stehen, wenn sie im Gleichgewichte sind, wofern die Flüssigkeit, welche aus selben bestehet, im Gefäße ruhet. Die obersten Flächen

gedach=

gedachter Säulen geben die Oberfläche der ganzen im Gefäße eingeschlossenen Flüssigkeit. Diese also muß im Gleichgewichte oder in der Ruhe zur Oberfläche der Erde gleichlaufend seyn.

Die zur Oberfläche der Erde gleichlaufende Fläche nennen wir Libelle. Die Behauptung also, daß die Oberfläche der Flüssigkeiten sich nach der Libelle richten, hat ihre Richtigkeit, und die zur Oberfläche der Erde gleichlaufende Fläche wird durch die Oberfläche des im Gefäße eingeschlossenen Flüssigen sicher bestimmt. Diese Eigenschaft der flüssigen Körper kann auch aus der S. 69. gemachten Bemerkung erwiesen werden. Denn wenn die Molekeln der Flüssigkeiten an einander abgleiten müssen, wenn sie nicht senkrecht auf einander stehen, (welches sehr unwahrscheinlich ist), oder von einer äußeren Ursache, den Wänden der Gefäße unmittelbar, und vermittelst anderer dazwischen sich befindenden Molekeln auf einander erhalten werden, so kann keine Säule des Flüssigen über die andere vorragen. Die Molekeln müssen an einander abgleiten, bis sie an dem unteren hinlängliche Unterstützung finden, die Oberflächen aller Säulen in der nämlichen Fläche liegen, und ihre Abstände von der Oberfläche der Erde, das ist: ihre Höhen, gleich sind.

Auf diese Eigenschaft ist die Einrichtung, und der Gebrauch der Wasserrwaage, oder des Werkzeuges gegründet, dessen wir uns zur Bestimmung der mit der Oberfläche der Erde gleichlau-

fenden Fläche bedienen. In eine 9 bis 10 Zoll lange, und einen halben Zoll ungefähr im Durchmesser haltende Röhre wird Wasser, oder Weingeist mit einer Luftblase eingeschlossen. Diese Röhre befestiget man an einer metallenen, oder anderen aus festem Körper gefertigten flachen Schinne, so, daß ein End der Röhre vermittels einer Schraube etwas erhoben, und niedergedrückt werden könne. Die Mitte der Länge wird durch einen an der Röhre angebrachten Ring zur Erleichterung des Gebrauches bestimmt. Weil die Oberfläche des ruhenden flüssigen Körpers mit der Oberfläche der Ende gleichlaufend ist, so muß gedachte Luftblase genau in der Mitte der Röhre sich befinden, wenn diese mit der verbundenen Schinne eine wagerechte Lage hat. Mit diesem Werkzeuge also läßt sich bestimmen, ob, und wann die Fläche, auf welcher derselbe aufliegt, wagerecht sey.

Nachdem was immer für Behälter, welche Gemeinschaft haben, so weit sie auch von einander entfernt sind, wie Gemeinschaft habende Röhren zu betrachten kommen §. 83., muß auch das in solchen Höhlungen, oder Vertiefungen, welche Gemeinschaft haben, in, oder ober der Erde eingeschlossene Wasser in gleicher Höhe stehen, und in jedem dieser Wasserbehälter die Oberfläche des Wassers mit der Oberfläche der Erde gleichlaufend seyn. Wird zwey Wasserbehältern, bey welchen selbe nicht vorhanden ist, durch Röhren, oder Rinnen Gemeinschaft, oder Verbindung gegeben,

geben, so muß das Wasser aus einem in den andern überfließen, bis es in beyden gleiche Höhe hat. Hieraus ist leicht zu erweisen, daß, wenn ein Wasserbehälter höher liegt, als der Ort, zu welchem das Wasser geleitet wird, dieses an dem tieferen Orte bey einer angebrachten Mündung beynabe eben so hoch hinausspringen müsse, als es in dem oberen Behälter stehet. Vermöge des §. 84. erwiesenen Satzes sollte das Wasser an dem tieferen Orte sich so hoch aufthürmen, als es an dem höheren stehet, es muß daher sich so hoch erheben, als es seine in der Leitung, und bey dem Herausspringen verminderte Bestimmung des Druckes fordert.

Die Ursache, von welcher die gleichen Höhen bey gleichartigen Flüssigkeiten in Gemeinschaft habenden Gefäßen, oder bey Säulen des nämlichen im Gefäße eingeschlossenen flüssigen Körpers bestimmt werden, ist die Schwerkraftbestimmung. Die gleichen Höhen gedachter Säulen des Flüssigen sind daher in den Richtungen der vom Schwerpunkte der Erde zu ihrer Oberfläche gezogenen Halbmesser zu nehmen, in welchen die Schwerkraftbestimmung wirkt 2. Abh. SS. 52. 54. In diesen Richtungen genommene gleiche Höhen geben so, wie jene der Erde ist, eine convexe Oberfläche. Die Oberfläche der Flüssigen ist, und muß also eigentlich convex seyn, und nur ihrer kleinen Strecke wegen eben scheinen. Bey Wasseransammlungen, welche wir Meere nennen, und

oft sehr beträchtliche Ausdehnungen in die Länge und Breite haben, muß diese Krümmung der Wasserfläche merklich seyn. Gegenstände, welche über die Oberfläche der Erde merklich hervorraggen, werden uns von ihrem Gipfel an sichtbar, wenn wir denselben, oder sie uns näher kommen.

86.

Die Höhen ungleichartiger flüssiger Körper in Gemeinschaft habenden Gefäßen sind, wenn selbe ruhen, im verkehrten Verhältnisse ihrer eigenthümlichen Gewichte $H:h::e:E$.

Tab. 2. Fig. 45. Wenn in die nämlichen Gemeinschaft habenden Röhren AC und BC, Tab. 2. Fig. 45., in eine Quecksilber, in die andere Wasser gegeben wird, so findet man, daß die Höhe des Quecksilbers FE der vierzehnte Theil der Höhe des Wassers BD sey, wie das eigenthümliche Gewicht des Wassers vierzehnmal ungefähr kleiner ist, als jenes des Quecksilbers. Ueberhaupt zeigen jede zwey ungleichartige Flüssigkeiten, wenn selbe auf die nämliche Art mit einander ins Gleichgewicht gebracht werden, daß ihre Höhen verkehrt wie die eigenthümlichen Gewichte sind. Nur ist bey derley Versuchen zu bemerken, daß, wenn die zwey mit einander zu versuchenden Flüssigkeiten mischbar sind, oder einander auflösen, unten, wo die Gefäße Verbindung haben, eine dritte Flüssigkeit zwischen dieselben gegeben werde, welche mit keiner von beyden mischbar ist, und beyde an
eigen-

eigenthümlichem Gewichte übertrifft, damit jene vermittels dieser auf einander drücken.

In Gefäßen, welche Gemeinschaft mit einander haben, ist: $P : p :: HE : he$ §. 83. Da also im Gleichgewichte $P = p$, folglich auch $HE = he$, so muß im Gleichgewichte der in Gemeinschaft habenden Röhren eingeschlossenen Flüssigkeiten: $H : h :: e : E$ seyn. Der Druck auf den Boden des Gefäßes wird durch die Höhe die Grundfläche, und das eigenthümliche Gewicht der Flüssigkeit bestimmt, wenn folglich die Grundflächen gleich sind, durch die Höhe, und das eigenthümliche Gewicht §. 80.; weil die Stärke der einzelnen Drücke, deren Summe den ganzen Druck auf den Boden giebt, wie die Höhe, die Zahl dieser Drücke aber, wenn die Grundflächen gleich sind, wie das eigenthümliche Gewicht ist. Damit also zwey auf einander drückende Flüssigkeiten im Gleichgewichte sind, folglich gleichen Druck haben, muß der Mangel, welchen die drückende Masse wegen des kleineren eigenthümlichen Gewichtes hat, durch die Höhe ersetzt werden; die Flüssigkeit folglich, welche in ihrer Art geringer ist, im Gleichgewichte desto größere Höhe haben, je kleiner ihr eigenthümliches Gewicht ist, und ungekehrt. $H : h :: E : e$.

Die Gefäße, oder was immer für als Gefäße zu betrachtende Behälter mögen also noch so weit von einander entfernt seyn, wenn selbe nur Gemeinschaft haben, so müssen doch zwey in denselben

selben enthaltene ungleichartige Flüssigkeiten im Gleichgewichte Höhen haben, welche im verkehrten Verhältnisse ihrer eigenthümlichen Gewichte stehen, und können nicht ruhen, bis von einem Behälter in den anderen so viel überfließt, als die Abänderung der Höhen in diesem verkehrten Verhältnisse der eigenthümlichen Gewichte erfordert.

87.

Weil auch die Säulen des in dem nämlichen Gefäße eingeschlossenen flüssigen Körpers wie in Gemeinschaft habenden Röhren enthaltene Flüssigkeiten zu betrachten sind § 83., so müssen auch die Höhen der in dem nämlichen Behälter eingeschlossenen Flüssigkeit das verkehrte Verhältniß ihrer eigenthümlichen Gewichte erhalten, wenn diese ungleich sind, oder werden, und die Säulen im Gleichgewichte seyn sollen. Von den Säulen, welche größeres eigenthümliches Gewicht bekommen haben, muß die Flüssigkeit in jene, deren eigenthümliches Gewicht kleiner ist, so lang überfließen, bis ihre Höhen im verkehrten Verhältnisse der eigenthümlichen Gewichte abgeändert sind, und das Gleichgewicht wieder hergestellt wird. Nehmen wir diesennach an, daß eigenthümliche Gewicht der Luft in verschiedenen Gegenden, und des nämlichen an zwey verschiedenen Orten, oder zweyer mit einander Gemeinschaft habenden Meere werde aus was immer für einer Ursache verändert, so muß die Luft und das

Wasser

Wasser von der Gegend, in welcher ihr eigenthümliches Gewicht vergrößert ist worden, in die Gegend, in welcher es vermindert wurde, oder unverändert blieb, so lang überfließen, bis das Gleichgewicht durch die im verkehrten Verhältnisse der eigenthümlichen Gewichte stehenden Höhen hergestellt werde. Diesen Fluß der Luft nennen wir Wind, jenen der Meerwässer Fluth und Ebbe. Wir haben daher in dem Satze des vorhergehenden §. die unmittelbare Ursache des Windes, der Fluth und Ebbe, und es bleibt nur noch jene Ursache an seinem Orte zu bestimmen übrig, von welcher die eigenthümlichen Gewichte verändert werden.

Wenn das eigenthümliche Gewicht einer Flüssigkeit bekannt ist, so können die eigenthümlichen Gewichte der übrigen durch Versuche in Gemeinschaft habenden Röhren bestimmt werden, nachdem: $H:h::e:E$. Die Höhen können gemessen werden, wenn daher eines der eigenthümlichen Gewichte bekannt ist, so sind drey Glieder dieser Proportion bekannt, und das vierte läßt sich finden.

Sind die eigenthümlichen Gewichte der in Gemeinschaft habenden Röhren eingeschlossenen, oder wie solche zu betrachtenden Flüssigkeiten bestimmt, und kann die Höhe der einen gemessen werden, so läßt sich die Höhe der anderen berechnen; weil in diesem gesetzten Falle eben auch drey Glieder der Proportion $H:h::e:E$ bekannt sind. Nehmen

men wir indessen, bis es erwiesen wird, daß die Quecksilbersäule im Barometer durch den Druck der Luft erhoben, und erhalten werde, und setzen die eigenthümlichen Gewichte des Quecksilbers, und der Luft mit hinlänglicher Genauigkeit bestimmt. Die Höhe des Quecksilbers im Barometer ist ohnehin bekannt, oder für jede Zeit ohne Beschwerde zu bestimmen. Daß die auf die Quecksilbersäule drückende Luftsäule mit jener wie zwey ungleichartige in Gemeinschaft habenden Röhren eingeschlossene Flüssigkeiten zu betrachten sind, ist aus S. 83., vörzüglich nach der gesetzten Annahme einleuchtend. Im Gleichgewichte dieser zwey Flüssigkeiten also muß: $H:h :: e:E$ seyn. Die Höhe des Quecksilbers zur Höhe der Luftsäule wie das eigenthümliche Gewicht der Luft zu jenem des Quecksilbers. Unter gesetzten Bedingnissen sind in dieser Proportion drey Glieder bekannt. Es läßt sich also auch das vierte, die Höhe der mit der Quecksilbersäule des Barometers im Gleichgewichte stehenden Luftsäule daraus bestimmen. Diese Höhe ist die Höhe des Dunstkreises der Erde. Wenn also das eigenthümliche Gewicht der Luft sich eben so genau bestimmen läßt, als jenes des Quecksilbers, so kann aus dem für das Gleichgewicht der Flüssigkeiten in Gemeinschaft habenden Röhren erwiesenen Verhältnisse die Höhe des Dunstkreises der Erde berechnet, und bestimmt werden. Die an seinem Orte in dieser Beziehung anzuführenden Gründe

Gründe werden zeigen, ob das eigenthümliche Gewicht der Luft in unserm Dunstkreise zuverlässig genug bestimmt werde.

Viertes Kapitel

vom

Drucke der flüssigen auf die festen in jene eingetauchten Körper, und der Art, die eigenthümlichen Gewichte zu bestimmen.

88.

Sehen wir, daß ein fester Körper A Tab. 2. Fig. 46., welchem wir der genaueren Bestimmung wegen die Gestalt eines Würfels geben wollen, auf die Oberfläche MN einer Flüssigkeit, z. B. des Wassers, gestellt werde. Die Erfahrung überzeuget uns, daß kein Körper auf der Oberfläche MN stehen bleibe, sondern jeder mehr oder weniger eingetaucht werde, je nachdem sein eigenthümliches Gewicht größer, oder kleiner ist. Die Anwendung der bisher erwiesenen Grundsätze des Druckes in flüssigen Körpern überführet, daß diese Erscheinung nur so, und nicht anders seyn könne. Deutlichkeit halber denken wir uns die ganze unter MN sich befindende Flüssigkeit nach der §. 74. gegebenen Bemerkung in die Säule D, B, C, u. s. w. getheilet, welche mit A gleiche Grundflächen haben. Die Säule B, auf welche

Tab. 2.
Fig. 46.

welche A zu stehen kömmt, drückt um das ganze Gewicht des A stärker auf den Boden, als die übrigen D, C, u. s. w. Das Gleichgewicht ist also gehoben, und muß dadurch wieder hergestellt werden, daß von der Säule B so viel in die anderen übertrete, als nothwendig ist, damit: $H:h::e:E$ sey S. 86. Sobald die Flüssigkeit von der Säule B in die übrigen überfließet, so würde unter A ein leerer Raum entstehen, und A ohne Unterstützung stehen bleiben müssen, wenn der Körper A den Raum nicht einnähme, den ihm die in B weichende Flüssigkeit giebt, folglich nicht zum Theile wenigstens zwischen die Säulen D, C, u. s. w. getaucht würde. Der auf die Oberfläche einer Flüssigkeit gelegte Körper kann daher auf derselben nie stehen bleiben, sondern er muß jederzeit zum Theile wenigstens eingetaucht werden.

Wie weit der feste Körper A eingetaucht werde, kann nur die Stärke der das Eintauchen bewirkenden, und die Schwäche der hindernden Ursache bestimmen, indem sonst keine Ursache bey dieser Erscheinung vorkömmt. Die das Eintauchen bewirkende Ursache ist der Druck der Schwere des Körpers A, sein Gewicht, welches ihn senkrecht zur Oberfläche der Erde, folglich gegen den Boden des Gefäßes antreibt. Die das Eintauchen hindernde Ursache ist der Gegenruck der Flüssigkeit B, von welchem A in seiner senkrechten Bewegung gegen die Grundfläche gehindert

bert

bert wird. Der Druck der Schwerbestimmung, das Gewicht des Körpers ist wie seine Masse 1. Abb. S. 55. 56. Die Stärke der das Eintauchen des Körpers A bewirkenden, oder suchenden Ursache ist wie seine Masse M. Je größer die Ausdehnung des Körpers A ist, desto mehr sind der Theile B, auf welchen er aufsteigt, desto mehr Theile der Flüssigkeit drücken auf den Körper A zurück. Die Stärke des Gegendruckes, welchen die Flüssigkeit auf A ausübt, ist wie die Ausdehnung A. Die Stärke der das Eintauchen des A hindernden Ursache also ist wie die Ausdehnung A; ihre Schwäche folglich verkehrt wie diese Ausdehnung. Das Eintauchen eines jeden festen Körpers in den flüssigen wird durch die Größe seiner Masse und Kleinheit seiner Ausdehnung, oder durch das geometrische Verhältniß seiner Ausdehnung zur Masse bestimmt, in welchem auch das eigenthümliche Gewicht des Körpers festgesetzt ist S. 72. Die Zahl der Theile des Flüssigen, welche auf den festen Körper zurückdrücken, hängt nicht nur allein von der Größe der Ausdehnung des Körpers A, als von welcher die Ausdehnung des zurückdrückenden Theiles der Flüssigkeit B bestimmt wird, sondern auch von dem eigenthümlichen Gewichte der Flüssigkeit ab. S. 80. 76. Das Eintauchen der festen Körper in den flüssigen hängt also nicht nur vom eigenthümlichen Gewichte des festen, sondern auch

des flüssigen ab, und muß durch das Verhältniß dieser Gewichte bestimmt werden.

Diesemnach muß die Betrachtung des Druckes der flüssigen auf die festen eingetauchten Körper nach den drey Beziehungen abgetheilet werden, welche das eigenthümliche Gewicht des festen zu jenem des flüssigen Körpers haben kann. Diese Gewichte sind gleich, oder ungleich, und, wenn sie ungleich sind, so ist jenes des festen Körpers kleiner, oder größer, als des flüssigen.

89.

Wenn der feste in den flüssigen getauchte Körper gleiches eigenthümliches Gewicht mit dem flüssigen hat, so sinkt er unter die Oberfläche des flüssigen, und bleibt in jeder Tiefe unter derselben stehen, in welche er von einer äußeren Ursache gebracht wird; verlieret sein ganzes Gewicht, welches dem flüssigen zuwächst.

Weil es etwas schwerer hält, einen Körper zu finden, welcher mit dem Wasser genau gleiches eigenthümliches Gewicht habe, so sey ein aus dünnem, der gleichförmigen Vertheilung des Gewichtes wegen, inwendig mit Bley überzogenen Messingbleche gefertigter Würfel, dessen eigenthümliches Gewicht jenem des Wassers gleich gerichtet wird. Wenn dieser an einer genauen Schalenwage ins Gleichgewicht gebrachte Würfel in das an einer anderen Schalenwage im Gleichgewichte stehende Wasser getaucht wird, so muß

an dem nämlichen Arm der Schalenwage, an welchem der Würfel hängt, ein dem Gewichte des Würfels gleiches, und eben so viel an die andere Schalenwage zum Gewichte, welches dem Wasser das Gleichgewicht hielt, angebracht werden, um das Gleichgewicht an beyden Schalenwagen wieder herzustellen. Der Würfel hat also sein ganzes Gewicht verloren, und das Gewicht des Wassers ist um das nämliche vergrößert worden. Der nämliche Würfel ruhet nicht, bis er nicht unter der Oberfläche des Wassers ist, und bleibt in jeder Tiefe, in welche er hinabgedrückt wird. Den nämlichen Erfolg haben die mit was immer für festen, und flüssigen Körpern, welche gleiches eigenthümliches Gewicht haben, angestellten Versuche.

Um die natürliche Ursache dieser Wirkungen einzusehen, und uns zu überzeugen, daß selbe gerade so seyn müssen, betrachten wir den Druck des festen Körpers A Tab. 2. Fig. 46. Tab. 2. auf die Flüssigkeit, und den Gegendruck dieser Fig. 46. auf jenen unter der gesetzten Bedingniß der gleichartigen eigenthümlichen Gewichte.

Der auf die Oberfläche MN gestellte Körper A kann ober MN nicht stehen bleiben, sondern er muß nach dem Verhältnisse der eigenthümlichen Gewichte mehr oder weniger eingetaucht werden. S. 88. Das eigenthümliche Gewicht A ist jenem der Flüssigkeit, vermög Bedingniß, gleich. Es ist also in Beziehung auf den Druck gegen den Bo-

den eben so viel, ob der Körper A, oder ein gleich großer Theil der Flüssigkeit MN auf der Säule BF gestellt werde, und die Wiederherstellung des Gleichgewichtes muß ganz auf die nämliche Art, und mit dem nämlichen Erfolg geschehen. Wenn A ein Theil der nämlichen unter MN stehenden Flüssigkeit wäre, so würde die Flüssigkeit von der mit A beschwerten Säule in die übrigen D, C, u. s. w. überfließen, bis sie alle gleiche Höhe haben S. 84. Auch der feste Körper A muß also den unterstehenden flüssigen zum Weichen zwingen, und diesem folgen, bis seine oberste Fläche mit jener der Säulen D, C, u. s. w. gleich hoch stehe. Womit der Körper A ganz in den flüssigen versenkt ist, und unter dessen Oberfläche stehet, z. B. in B.

Nachdem des festen Körpers A eigenthümliches Gewicht jenem der Flüssigkeit vermög Bedingniß gleicht, ist es in Beziehung auf den Druck das nämliche, wenn A, oder ein gleich großer Theil der Flüssigkeit genommen wird. Der Körper A muß sich also im gesetzten Falle wo immer unter der Oberfläche des flüssigen in E, oder F u. s. w. eben so verhalten, wie ein gleich großer Theil E, F u. s. w. der nämlichen Flüssigkeit, folglich wie dieser in jeder Tiefe, in welche er versetzt wird, ruhen.

Der Körper A drückt mit seinem ganzen Gewichte auf die Flüssigkeit, und diese drückt auf ihn gerade entgegengesetzt und gleich zurück S.

76., weil das eigenthümliche Gewicht gleich ist. Des festen Körpers A Gewicht wird also von der Flüssigkeit ganz unterstützt, auf den unterstützenden Körper übersezt, und kann auf die Schalenwage, auf welche es vor dem Eintauchen wirkte, keinen Eindruck mehr machen.

90.

Eben erklärte Bestimmung des Druckes der Flüssigkeiten bewirkt, daß jeder größere und kleinere Theil der Flüssigkeit, so lang er unter den übrigen Theilen derselben sich befindet, eben so, wie ein fester Körper von gleichem eigenthümlichen Gewichte ganz unterstützt sey, und durch sein Gewicht auf einen anderen Körper keinen Eindruck mehr machen könne, so lang er in der nämlichen Flüssigkeit versenkt bleibt. Auf eben diese Folge des Druckes der flüssigen Körper deutet der uneigentliche Ausdruck: Der Flüssige ist in seinem Elemente, oder Urstoffe nicht schwer. Aus der nämlichen Folge des Druckes der Flüssigen muß die Ursache gegeben werden, warum das Gewicht des unter dem Wasser angefüllten Eimers bey seinem Herausziehen nicht ehe gefühlt, als dieser über die Oberfläche des Wassers zu steigen anfängt, und erst alsdann ganz empfunden werde, nachdem er ganz außer dem Wasser sich befindet.

91.

Ein fester Körper, dessen eigenthümliches Gewicht kleiner ist, als jenes des flüssigen

figen , in welchen er getaucht wird , sinke nur , bis der herausgedrückte Theil der Flüssigkeit ihm am Gewichte gleichet. Er schwimmt daher an der Oberfläche des flüssigen. Verlieret sein ganzes Gewicht , indem dieses auf die Flüssigkeit übertragen wird , durch deren Gegendruck es gehoben ist.

Da beynah alle Gattungen des Holzes kleineres eigenthümliches Gewicht haben , als Wasser , so sind zu Versuchen , welche diesen Satz bestätigen , leicht Körper zu haben , und es wäre überflüssig , zu diesen einen Würfel nach der S. 89. gegebenen Beschreibung zu verfertigen , wenn man diesen der gleichförmigen Gestalt wegen nicht verlangt.

Tab. 2. In das Gefäß BFC Tab. 2. Fig. 47. ,
 Fig. 47. welches in C mit dem Hahne A versehen ist ,
 werde Wasser bis über BC , in welcher Fläche die Röhre des Hahnes angebracht ist , gegeben ,
 so fließt es nach Eröffnung des Hahnes heraus ,
 bis es in der nämlichen Libelle BC mit der untersten Wand des Hahnes stehen wird. Der
 nach geschlossenem Hahne in das Wasser eingetauchte Körper E von kleinerem eigenthümlichen
 Gewichte sinkt etwas unter BC , und drückt das Wasser über BC hinaus. Dieses wird daher
 nach geöffnetem Hahne wieder abfließen , und gerade der Theil des Wassers seyn , welchen der feste Körper E herausgedrückt hat. Wird dieses
 Wasser mit Genauigkeit gesammelt , und abgewogen ,

gen, so gleichet es jedesmal dem ganzen Gewichte des eingetauchten Körpers E, und dieser sinkt nie ganz unter die Oberfläche des Wassers.

Bringen wir an einer Schalenwage den Körper E, an der anderen ein Gefäß mit Wasser ins Gleichgewicht, wie S. 89., so hat das Eintauschen des festen E in das Wasser die nämliche Folge auf die Gewichte beyder Körper, welche S. 89. angegeben, und erwiesen ist worden. Mit einem andern festen, und flüssigen Körper nach der gesetzten Bedingniß angestellte Versuche haben den nämlichen Ausschlag.

Des Körpers A Tab. 2. Fig. 46. eigentümliches Gewicht sey kleiner, als jenes des unter MN stehenden flüssigen, so drückt A nicht so viel, als ein gleich großer Theil B der angenommenen Flüssigkeit. Die Säule B wird daher durch den ausliegenden Körper A um dessen ganzes Gewicht zwar mehr drücken, als die übrigen D, C, u. s. w., allein dieß Uebermaß des Druckes ist kleiner, als der Druck eines mit A gleich großen Theiles B der angenommenen Flüssigkeit. Zur Wiederherstellung des Gleichgewichtes kann also von der Säule BF in die übrigen D, C, u. s. w. kein an der Größe, sondern blos an Gewichte mit A gleicher Theil B überfließen. Der Raum, welcher dem Körper A gegen B durch das Weichen der Flüssigkeit gegeben wird, ist nicht so groß als A, sondern nur so, wie selbst ein gleiches Gewicht der Flüssigkeit hat, de-

Tab. 2.
Fig. 46.

ren eigenthümliches Gewicht größer ist. Dieser Raum kann den ganzen Körper A nicht fassen. Er muß also nur zum Theile, dem die Ausdehnung eines gleichen Gewichtes der Flüssigkeit gleich ist, sinken, mit dem übrigen Theil seiner Ausdehnung aber über die Oberfläche der Flüssigkeit vorragen, welches wir durch Schwimmen bedeuten.

Der Körper A drückt auf die Säule BF, und diese drückt auf A zurück; allein, da der Druck unter gleichen Ausdehnungen wie das eigenthümliche Gewicht ist §. 80., so muß im angenommenen Falle der Gegendruck des flüssigen größer, als der Druck des festen A seyn, und des festen Gewicht ganz getilgt, 2. Abh. §. 6., und auf die Flüssigkeit übertragen werden.

92.

Auf diesen §. 91. erwiesenen Satz ist der Bau der Schiffe und ihr Gebrauch gegründet. Die Folgen des Druckes, den die flüssigen auf feste Körper von kleinerem eigenthümlichen Gewichte ausüben, geben die Erklärung von beyden. Wenn auch das eigenthümliche Gewicht der Materie, aus welcher etwas geformet wird, größer ist, als jenes des Wassers, so wird doch der geformte Körper auf dem Wasser schwimmen, wenn seine Ausdehnung so groß ist, daß er kleineres eigenthümliches Gewicht habe, oder unter der erhaltenen Ausdehnung weniger wiege, als das Wasser. So schwimmt eine hinlänglich verdünnte Bley =

Bley = Kupfer = u. s. w. Platte, ungeachtet, daß die nämliche Masse unter einer kleineren Ausdehnung untergehe. Um so viel mehr muß ein Körper auf dem Wasser schwimmen, welcher aus einer Materie, aus dem Holze zusammengesetzt ist, welche kleineres eigenthümliches Gewicht, als Wasser, und überdieß durch die ihm gegebene Höhlung auch noch eine größere Ausdehnung in der Zusammensetzung erhalten hat.

Solche Körper sind die Schiffe. Sie sind aus Holz, und so gebauet, daß sie eine Höhlung bilden. Der Körper des Schiffes, oder seine Wände samt dem Boden haben weniger Gewicht, als die Wassermasse, welche mit dem samt seiner Höhlung genommenen Schiffe gleiche Ausdehnung hat. Es muß daher nicht nur allein das leere, oder nicht geladene Schiff schwimmen, sondern es kann auch noch mit Beziehung auf den Unterschied des eigenthümlichen Gewichtes beladen werden. Das Schiff wird nicht untersinken, wenn die Summe seines eigenen, und des Gewichtes der aufgeladenen Körper kleiner ist, als das Gewicht der Wassermasse, welche mit dem Schiffe gleiche Ausdehnung hat S. 91. Die Beziehung, nach welcher die Ladung des Schiffes bestimmt werden muß, ist auf das eigene Gewicht der mit diesem an der Ausdehnung gleichen Wassermasse zu nehmen. So lang dieses Gewicht größer ist, als gedachte Summe der Gewichte des Schiffes, und seiner Ladung, wird

das stehende Schiff nicht unter sinken. Da aber das Ziel und End der Schiffe nicht ist, die Lasten in der Ruhe an der Oberfläche des Wassers zu erhalten, sondern auch fortzubringen, und hiebey verschiedene Umstände sich ergeben, welche nicht außer Acht zu lassen sind, so muß der Unterschied zwischen dem Gewichte des Schiffes mit der Ladung, und jenem des Wassers unter gleicher Ausdehnung größer gelassen werden, als es zur Verhinderung des Versenkens bey einem ruhenden Schiffe seyn müßte. Beym mündlichen Vortrage kann diese Anwendung des S. 91. erwiesenen Satzes im Beyspiele deutlicher gemacht werden.

Da die Wässer nicht alle gleiche eigenthümliche Gewichte haben, so ist aus dem nähmlichen Grunde auch einleuchtend klar, daß die Ladung des Schiffes nicht für jedes Wasser, auf welchen es fortzubringen ist, die nähmliche seyn kann; sondern auf dem Wasser, dessen eigenthümliches Gewicht größer ist, auch stärker seyn kann, wo aber jenes Gewicht kleiner ist, kleiner seyn müsse, damit das Schiff nicht sinke, oder wo die Tiefe des Wassers kleiner ist, nicht aufsitze. Hieraus ist die Ursache zu geben, warum die dem Meerwasser angemessene Ladung der Schiffe für die süßen Wasser der Flüsse zu groß sey? die aus dem Meere in Flüsse einlaufenden Schiffe einen Theil ihrer Ladung an Port geben, oder überladen müssen, wenn selbe dem eigenthümlichen Gewichte

wichte

wichte des Meerwassers angemessen beladen sind; nachdem diese Wässer, der fremdartigen Theile wegen, welche in denselben aufgelöst sind, größeres eigenthümliches Gewicht, als die süßen Wässer der Flüsse haben.

Weil die Körper, aus welchen die Ladung des Schiffes bestehet, oft größere eigenthümliche Gewichte haben, als das Wasser, und, wenn ihr Gewicht in seiner Art auch kleiner ist, das Schiff mit denselben doch immer so beladen wird, daß der Unterschied zwischen dem Gewichte des beladenen Schiffes, und jenem des Wassers unter gleicher Ausdehnung mit dem Schiffe, dessen Untergang auch in der Bewegung zu hindern hinreichend bleibe, so folgt von selbst, daß ein Schiff untergehen müsse, sobald durch das eindringende Wasser gedachter Unterschied der Gewichte gehoben wird. Ist das eigenthümliche Gewicht des Schiffes durch das eindringende Wasser jenem des Wassers unter gleicher Ausdehnung bloß gleich geworden, so muß das Schiff unter der Oberfläche des Wassers schweben S. 89. Ist aber jenes Gewicht durch das eingedrungene Wasser größer geworden, als dieses, so muß das Schiff, wie wir bald sehen werden, bis an den Grund des Wassers sinken.

93.

Der nämliche S. 91. erwiesene Satz giebt eine Art, das eigenthümliche Gewicht jener festen Körper zu bestimmen, bey welchen dieses Gewicht
flei-

ner ist, als jenes des flüssigen, den man zur Bestimmung brauchen will, z. B. des Wassers.

Ein solcher Körper drückt von dem flüssigen, in welchen er getaucht wird, vermög gedachten Satzes eine am Gewichte ihm gleiche Masse heraus. Diese Masse des flüssigen giebt also das Gewicht, welches der eingetauchte feste unter seiner bestimmten Ausdehnung hat. Dieses Gewicht ist das eigenthümliche des Körpers S. 71. Das Gewicht der Masse des Flüssigen also, welche durch das Eintauchen des in seiner Art geringeren festen Körpers herausgedrückt wird, giebt das eigenthümliche Gewicht dieses festen Körpers. Werden die fernach verschiedene in ihrer Art geringere feste Körper unter gleicher Ausdehnung genommen, in den nämlichen flüssigen, dessen eigenthümliches Gewicht größer ist, als jene der zu untersuchenden festen, einer nach den anderen getaucht, und das Gewicht der von jedem herausgedrückten Masse des flüssigen bestimmt, wie alles dieses bey dem S. 91. angeführten Versuche geschehen ist, so sind diese Gewichte der herausgedrückten Massen der Flüssigkeit eben jene, welche die untersuchten festen Körper unter gleicher Ausdehnung haben, folglich ihre eigenthümliche Gewichte S. 71. 72.

Die nach dieser Art beym mündlichen Vortrage z. B. im Wasser vorgenommenen Bestimmungen werden die gegebene Erklärung in volles Licht setzen.

Wenn der nämliche feste Körper in verschiedene Flüssigkeiten getaucht wird, derer eigenthümliches Gewicht größer ist, als jenes des festen, so muß dieser desto mehr steigen, je größer das eigenthümliche Gewicht der Flüssigkeit ist, und die Abmessungen der über die Oberfläche der Flüssigkeiten vorragenden Ausdehnungen des hierzu geeigneten festen Körpers sind wie die eigenthümlichen Gewichte der Flüssigkeiten. Die Einrichtung, und der Gebrauch der Wasser-, Salz-, Bier-, u. d. g. Wagen, sollen beym mündlichen Vortrage erklärt, und in der Ausübung gezeigt werden. Durch die Anwendung dieser Wagen wird zwar bestimmt, welche von den untersuchten Flüssigkeiten größeres eigenthümliches Gewicht habe; allein von welchen in der Flüssigkeit aufgelösten Theilen die Vermehrung des eigenthümlichen Gewichtes komme, muß auf eine andere Art bestimmt werden.

94.

Wenn des festen in den flüssigen getauchten Körpers eigenthümliches Gewicht größer ist, als jenes des flüssigen, in welchen er getaucht wird, so kann der feste nur auf dem Grunde des flüssigen ruhen, muß folglich untergehen, (wie wir uns auszudrücken pflegen). Der feste Körper verlieret von seinem Gewichte so viel, als der flüssige unter gleicher Ausdehnung wiegt, und dieses Gewicht wächst dem flüssigen zu.

Bley,

Bley, Eisen, Kupfer u. s. w. alle Metalle, und was immer für ein fester Körper, dessen eigenthümliches Gewicht größer ist, als jenes des Wassers, sinken, wie es aus der Erfahrung bekannt ist, im Wasser bis zum Boden des Behälters, und ruhen auf demselben, wie auf jeder festen Unterlage.

Tab. 2. Zum Beweise der anderen angeführten Folgen des Druckes, und zugleich zur Erklärung der Fig. 48. SS. 89. 91. mit Schalenwagen beschriebenen Versuche, sey Tab. 2. Fig. 48. der hohle Kubikzoll G, welchen der feste K genau ausfüllt. Dieser habe größeres eigenthümliches Gewicht, als das Wasser, und hänge vermittelst eines Pferdehaares an dem hohlen. Wenn beyde so mit einander verbunden an einer genauen Schalenwage DEF mit dem Gewichte M ins Gleichgewicht gesetzt werden, und K in das im Gefäße L an der Schalenwage ACB mit dem Gewichte N im Gleichgewichte stehende Wasser eingetaucht, so ist das Gleichgewicht beyder Schalenwagen gehoben. Der Arm CB mit dem Gefäße L sinkt, DE aber mit G und K wird erhoben. Das Gewicht $G + K$ ist also durch das Eintauchen des K kleiner, und jenes des Gefäßes L mit dem Wasser größer geworden. Durch dieses Eintauchen des Kubikzoll K ist weder am Gefäße L, noch an dem Kubikzoll G, sondern nur an dem in L enthaltenen Wasser, und dem eingetauchten Kubikzoll K eine Aenderung geschehen. Gedachte Ver-

meh-

mehrung des Gewichtes ist also in dem Wasser, und die Verminderung an dem eingetauchten K erfolgt. Wird alsdann der hohle Kubikzoll G von dem in L sich befindenden Wasser angefüllt, so ist das Gleichgewicht an beyden Schalenwagen wieder hergestellt. Vermög Bedingniß wird G mit K genau ausgefüllt. Da also G mit dem aus L genommenen Wasser angefüllt wird, so ist dem in L enthaltenen Wasser eine dem Kubikzolle K an der Ausdehnung genau gleiche Masse benommen, und dem Gewichte K zugesetzt worden, und K hat durch das Eintauchen ins Wasser an seinem Gewichte genau so viel verloren, als das Wasser unter gleicher Ausdehnung wiegt, und dem Gewichte des Wassers zugewachsen ist.

Der Würfel A Tab. 2. Fig. 46. sey der in diesem Satze angenommenen Bedingniß gemäß von größerem eigenthümlichen Gewichte als die unter MN stehende Flüssigkeit, so muß A aus den §§. 89. 91. angeführten Ursachen um so viel mehr eingetaucht werden, als in gedachten zwey Fällen. Setzen wir diesennach, daß A in B genau unter die Oberfläche MN gesunken sey, so ist die Säule BF doch immer noch mehr drückend, als die übrigen D, C, u. s. w., weil A unter gleicher Ausdehnung vermög Bedingniß mehr wiegt, folglich auch drückt, als die Masse der Flüssigkeit, welche den Raum B vorher einnahm. A also kann in B nicht stehen bleiben, sondern muß der noch immer weichenden Flüssigkeit

feit

keit folgen, und tiefer sinken. Aus der nämlichen Ursache kann A weder in E, noch in F, u. s. w. schweben. A also muß bis an den Grund der Flüssigkeit MN sinken, allwo er eben so wie außer der Flüssigkeit unterstüzt ist.

Da die Flüssigkeit MN auf den Körper A, und zwar so viel zurückdrückt, als sie unter gleicher Ausdehnung wiegt §. 76. 80., so muß durch diesen Gegenruck der Flüssigkeit ein ihm gleicher Theil des Druckes in A getilgt, 2. Abh. S. 61., und auf dessen Stütze die Flüssigkeit übersezt werden. Wodurch das Gewicht des A um so viel weniger, jenes der Flüssigkeit um eben so viel mehr Wirkungen haben muß, als das Gewicht beträgt, welches in einer mit A gleiche Ausdehnung habenden Masse der nämlichen Flüssigkeit vorhanden ist.

95.

Auf diesen §. 94. erwiesenen Satz ist die bequemste Art, das eigenthümliche Gewicht der Flüssigkeiten durch Eintauchen eines festen Körpers, dessen eigenthümliches Gewicht größer ist, zu bestimmen, gegründet. Der so bestellte feste Körper verlieret bey seiner Einsenkung in die Flüssigkeit von seinem Gewichte so viel, als diese unter gleicher Ausdehnung wiegt. Wird also der feste Körper von einer bestimmten Gestalt, und größerem eigenthümlichen Gewichte an einer genauen Schalenwage ins Gleichgewicht gesetzt, in die zu untersuchenden Flüssigkeiten versenkt, und das Gewicht,

wicht, welches der feste in jeder verloren hat, genau bestimmt, so sind diese selbst jene Gewichte, welche in den untersuchten Flüssigkeiten unter einer mit A, folglich auch mit einander gleichen Ausdehnung vorhanden sind, und eben bestwegen die eigenthümlichen Gewichte derselben S. 71. 72.

Der feste Körper muß, wenn es die Flüssigkeit leidet, an einem Pferdehaare hängen, wie im Versuche S. 94. angezeigt ist worden, damit die Bestimmung durch die von einem anderen Faden einzufangende Flüssigkeit nicht zweydeutig werde. Bey Flüssigkeiten, von welchen auch das Pferdehaar angegriffen wird, muß ein solcher Bindkörper genommen werden, welcher der Wirkung des flüssigen nicht unterworfen ist.

Wenn der zu untersuchende flüssige ein Auflösungsmittel des zu anderen Bestimmungen gebrauchten festen Körpers ist, so muß dieser mit einer anderen, der Wirkung des flüssigen nicht unterliegenden Materie überzogen, und gesichert, oder mit einem anderen gedachter Wirkung nicht ausgesetzten Körper verwechselt werden.

Alle diese, und ähnliche Bestimmungen müssen beym mündlichen Vortrage in der Ausübung gezeigt werden.

96.

Das eigenthümliche Gewicht der festen Körper, welches größer ist als jenes der Flüssigkeiten, kann eben auch nach dem S. 94. erwiesenen Satze bestimmt werden, wenn von den zu

untersuchenden festen Körpern gleiche an einer ge-
 nauen Schalenwage im Gleichgewichte stehende Ge-
 wichte in den nähmlichen flüssigen eingetaucht,
 und die verlorne Theile ihrer Gewichte genau
 bestimmt werden. Nachdem der feste Körper,
 dessen eigenthümliches Gewicht größer ist, in dem
 flüssigen geringeren gerade so viel am Gewichte
 verlieret, als dieser unter gleicher Ausdehnung
 wiegt, und ein gleiches Gewicht in ungleichar-
 tigen Körpern ungleiche Ausdehnungen haben muß
 S. 71. 72., so wird unter den zu untersuchen-
 den festen Körpern jener mehr an seinem Gewichte
 verlieren, welcher größer ist, und folglich kleine-
 res eigenthümliches Gewicht hat S. 72., und ge-
 vachte verlorne Gewichte sind wie die Ausdeh-
 nungen der untersuchten festen Körper. Da also
 die eigenthümlichen Gewichte in dem geometrischen
 Verhältnisse der Ausdehnungen zu ihren Massen,
 oder mit diesen verhältnißmäßigen Gewichten 1.
 Abb. S. 56. sind: $E : e :: \frac{M}{A} : \frac{m}{a}$ S. 72., so

muß das ganze Gewicht eines jeden der gedach-
 ter Massen untersuchten festen Körpers mit seinem
 im Eintauchen verlorne Gewichte dividiret das
 eigenthümliche Gewicht des nähmlichen geben.
 Diese Quotienten sind die eigenthümlichen Ge-
 wichte der untersuchten festen Körper.

Nach dieser Art kann auch das eigenthüm-
 liche Gewicht eines flüssigen Körpers bestimmt
 werden, in welchem dieses größer ist, als in dem
 festen

festen zur Bestimmung vorhandenen. Das eigenthümliche Gewicht des zur Aufnahme dieser Flüssigkeit bestimmten Gefäßes wird nach der eben erklärten Art zuerst ohne, dann mit gedachter Flüssigkeit durch Eintauchen in einen andern angemessenen flüssigen Körper bestimmt. Jene von dieser abgezogen läßt das gesuchte eigenthümliche Gewicht der Flüssigkeit über.

Um die nach einer, oder der andern der bisher gegebenen Arten bestimmten eigenthümlichen Gewichte genauer miteinander vergleichen zu können, ist es gewöhnlich: das eigenthümliche Gewicht eines der bekanntesten Körper (gemeinlich wird jenes des Wassers hiezu genommen) für eine Einheit anzusehen, und in mehrere gleiche Theile zu theilen, deren Zahl nach dem Erfordernisse der gesuchten Genauigkeit größer, oder kleiner angenommen wird. Die eigenthümlichen Gewichte der übrigen Körper werden alsdann durch Verhältnisse in eben die Theile übersetzt, in welche das als Einheit angenommene getheilet ist worden.

Bei verschiedenen berühmten Naturforschern findet man Tafeln, in welchen die eigenthümlichen Gewichte der meisten Körper mit aller Genauigkeit bestimmt und aufgetragen sind. Da aber auch Körper von der nämlichen Art, und sogar der nämliche Körper in verschiedenen Umständen oft verschiedene eigenthümliche Gewichte haben, so scheint mir, daß es in Fällen, in welchen die äußerste Genauigkeit erreicht werden

soll, sicherer sey, die eigenthümlichen Gewichte der zu verwendenden Körper mit dem erforderlichen Grade der Wärme selbst zu bestimmen, als selbe auch nach der genauesten Tafel anzunehmen.

97.

Tab. 2. Wenn Tab. 2. Fig. 49. an einer Schalen-
Fig. 49. wage ACB ein sehr langes, oder hohes mit Wasser angegossenes Gefäß DG samt dem in das Wasser versenkten, und an den nähmlichen Arm CB angebrachten Körper E, dessen eigenthümliches Gewicht größer ist, als jenes des Wassers, mit dem Gewichte F im Gleichgewichte siehet, und der Faden BE, an welchen E hängt, zur Vermeidung aller den Erfolg zweyveutig machenden Erschütterung angebrannt wird, so ist das Gleichgewicht gehoben. Das Gewicht F bekömmt das Uebergewicht, bis der Körper E den Boden des Gefäßes G erreicht, alsdann aber wird das Gleichgewicht der Schalenwage von selbst wieder hergestellt.

Der Erfolg dieses Versuches hat seine Erklärung eben auch aus dem S. 94. erwiesenen Satze. In dem Arme CB kann man vier Gewichte angebracht mit Grund unterscheiden: das Gewicht des Gefäßes DG, des in diesem enthaltenen Wassers, den Theil des Gewichtes, welchen der Körper E durch sein Eintauchen verloren hat, und auf das Wasser übertragen ist, und endlich das noch übrige Gewicht des Körpers E, welches vermittels des Fadens BE auf den Arm CB wirkt.

wirkt. Dieses letzte Gewicht verlieret durch das Abbrennen des Fadens seinen Einfluß auf den Arm CB, und erhält diesen erst alsdann wiederum, wenn der Körper E auf den Boden G des Gefäßes aufliegt, vermittels dieses folglich auf den Arm BC wieder wirken kann. Das allen vier gedachten Gewichtern zusammen das Gleichgewicht haltende Gewicht F also muß durch das Abbrennen des Fadens BE das Uebergewicht bekommen, und erst, nachdem E in G aufliegt, wieder ins Gleichgewicht gebracht werden.

98.

Nachdem erwiesen ist, daß der feste Körper, welcher gleiches eigenthümliches Gewicht mit der Flüssigkeit hat, in dieser bis unter die Oberfläche sinke, unter dieser aber in jeder Tiefe, in welche er versetzt wird, schwebe S. 89. Der feste, dessen eigenthümliches Gewicht kleiner ist, nur zum Theile sich eintauche, und an der Oberfläche der Flüssigkeit schwimme S. 91. Der feste Körper endlich, dessen eigenthümliches Gewicht größer ist, als jenes der Flüssigkeit, in diesem zu Boden sinke S. 94., so kann man auch ohne Bedenken umgekehrt schließen: daß der Körper mit der Flüssigkeit gleiches, kleineres als diese, oder größeres eigenthümliches Gewicht habe, wenn er in der Flüssigkeit in jeder Lage unter der Oberfläche stehen bleibt, in der Flüssigkeit steigt, und an der Oberfläche schwimmt, oder gegen Boden sinkt.

Hieraus hat das Steigen und Fallen des in einem länglichten und mit einer Bläse verbundenen Gefäße im Wasser schwimmenden sogenannten Cartesfanischen Teufels, oder hohlen Glasfigürleins, dessen eigenthümliches Gewicht jenem des Wassers gleich kömmt, seine Erklärung. Das Sinken ähnlicher Figürchen, welche verschiedene eigenthümliche Gewichte haben, und so, wie der Grad der Wärme in der Flüssigkeit, in der sie schweben, zunimmt, tiefer sinken, ist eben auch aus gedachter Bemerkung zu erklären. Das verschiedene eigenthümliche Gewicht mehrerer in einander nicht auflösbarer Flüssigkeiten I. Abb. S. 93. ist auch die Ursache, warum sich solche Flüssigkeiten sogleich wieder trennen, und nach den Graden ihres eigenthümlichen Gewichtes in verschiedenen Tiefen sich lagern, nachdem die äußere Erschütterung aufhört, durch welche derselben Theile mit Gewalt unter einander verfest werden, und die Flüssigkeiten ihren Druck ungestört ausüben können. Quecksilber, Wasser, Derbenthinöhl und Luft können zum Versuche dienen. Warum das Geistige des Weines gegen dessen Oberfläche sich erhebe, und der aus dem nähmlichen Fasse herausgehobene Wein geistiger sey, als der durch den Hahn in der Tiefe herausfließende. Warum das Feth der Milch, ihre schmackhaftesten Theile an ihre Oberfläche steigen, und den Rahm bilden, muß eben auch durch das kleinere eigenthümliche Gewicht dieser Theile als der übrigen Flüssig-

Flüssigkeit erkläret werden. Erscheinungen dieser Art giebt es in der Natur genug. Alle haben daher ähnliche Ursachen, weil sie selbst ähnlich sind.
 1. Abb. Vorb. S. 27. No. 2.

Fünftes Kapitel

von

den Folgen des Druckes der Flüssigen auf ihre Bewegung aus den Gefäßen, in welchen selbe eingeschlossen sind.

99.

Die Böden, und die Wände der Gefäße, in welchen selbe eingeschlossen sind, halten die Theile der Flüssigkeiten zusammen, und auf einander. Die Böden und Wände der Gefäße müssen daher den Druck der eingeschlossenen Flüssigkeiten durch ihren gleichen Gegendruck tilgen, der Flüssigkeit folglich von allen Seiten S. 76. zur Stütze, oder Unterlage eben so dienen, wie die Grundfläche, auf welcher der feste Körper ruhet, in der einzigen Richtung seines Druckes denselben unterstützt. Gleichwie dieser Körper in der Richtung seines von der Bestimmung erzeugten Druckes sich zu bewegen anfängt, sobald ihm seine Unterlage entzogen ist, eben so muß die im Gefäße eingeschlossene Flüssigkeit mit der vom Drucke erhaltenen Bestimmung sogleich, und in der Richtung sich zu

Bewegen anfangen, sobald, und in welcher Richtung ihr die Stütze, oder die Unterlage mit der Beseitigung eines Theiles des Bodens, oder der Seitenwand entzogen wird. Wenn an den Boden, oder an einer Seitenwand des Gefäßes eine Oefnung angebracht wird, so ist der Theil beseitiget, von welchem diese Oefnung vorher geschlossen wurde. Von dieser Seite also ist der Flüssigkeit ihre Unterlage entzogen worden, und selbe muß bey gedachter Oefnung sich herausbewegen, die Oefnung sey an Boden, oder an was immer für einer Seitenwand des Gefäßes angebracht. Diese Bewegung der Flüssigkeit nennen wir Fluß, und sagen, daß der Körper herausfließe, weil die Theile seiner Masse nicht in einen Klumpen, oder Glog, sondern nur nach und nach in einem dem Scheine nach ununterbrochenen Zuge sich fortbewegen, in welchem der von den vorhergehenden Theilen verlassene Raum vom nächst folgenden besetzt wird, bis die ganze im Gefäße, oder Behälter eingeschlossene Masse den Raum des Zuges durchgelaufen ist.

Die inwändige Ausdehnung der Oefnung, oder den durch die Oefnung von der festen Materie des Gefäßes leer gewordenen Raum nennen wir die Lichte der Oefnung oder Mündung, welche in dem die Lichte bestimmenden Rande des festen Körpers bestehet. Nicht selten aber wird statt der Lichte die Oefnung, oder Mündung, oder auch derselben Größe gebraucht. Die Masse der Flüss-

Flüssigkeit, welche zur Befetzung der ganzen Lichte der Mündung erfordert wird, betrachten wir als eine zugleich, und unter einem herauspringende Masse, und nennen selbe einen Wurf der Flüssigkeit. Alle diese in der Fläche ihres Durchschnit- tes der Lichte der Mündung gleiche Würfe zusam- mengengenommen geben die ganze aus dem Gefäße, oder Behälter fließende Masse der Flüssigkeit.

100.

Ein jeder Wurf der aus dem Gefäße, oder Behälter herausfließenden Flüssigkeit hat eben so, wie jeder an der Oberfläche der Erde geworfene Körper, zwey Bestimmungen: eine von dem in allen Richtungen gleichen Drucke S. 76. der im Gefäße sich befindenden Flüssigkeit, welche der Wurf am Ende der Zeit beym Herauspringen empfand; die andere von der Schwerebestimmung, von welcher die flüssigen ihrer Unterlage beraub- ten Theile eben so, wie die festen Körper zur Be- wegung bestimmt werden müssen. Die Bewegung jedes Wurfs der Flüssigkeit also kann, wie jene des festen an der Oberfläche der Erde geworfenen Körpers betrachtet, und die Bestimmung dersel- ben muß nach den nähmlichen in der 2. Abb. SS. 125. 126. 127. angeführten Gründen vorge- nommen, und vollbracht werden. Diesemach ist die vom Drucke jedem Wurf der Flüssigkeit zu- kommende Geschwindigkeit, mit welcher er auch ohne Beziehung auf die fernere Wirkung seiner Schwerebestimmung herauspringt, zuerst zu be-

stimmen, und dann ihre Richtung mit jener der Schwere zusammenzuhalten, damit die Bewegung der aus Gefäßen in was immer für einer Richtung austretenden Flüssigkeit festgesetzt werde.

101.

Die Geschwindigkeit, mit welcher der flüssige Körper bey jeder am Gefäße angebrachten, und in Vergleich der Weite des Behälters Kleinen Oefnung herauspringt, oder fließt, ist jener gleich, welche er im freyen Falle über die Höhe der Flüssigkeit oder der Mündung erhalten hätte.

Tab. 2. Sehen wir Tab. 2. Fig. 50. im Gefäße
 Fig. 50. FGKL, welches mit einer Flüssigkeit, z. B. mit Wasser ganz voll ist, und, damit die Höhe AB der Flüssigkeit unverändert bleibe, auch voll erhalten wird, die Oefnung, deren Richte BE am Boden angebracht, und die zum Auffluß nächst eintretende Masse der Flüssigkeit DBEC, welche im Durchschnitte der Mündung BE gleich, aber eine äußerst kleine Höhe DB hat. Der in allen Richtungen, und zwar gleiche Druck der Flüssigkeit S. 76. muß bewirken, daß nicht nur die mit der Richte der Oefnung im geraden Zuge stehenden Theile, sondern auch die neben liegenden herausbringen, und auch nach und nach fließen müssen. Auch überzeuget uns hievon die Erfahrung. Die im Heraustreten begriffene Masse DBEC wird, auch da sie schon zu weichen anfängt, nicht nur von ihrer Schwerebestimmung, welche

welche wie die Masse selbst wirkt, sondern auch von dem Drucke, dessen Stärke = AD, oder AB, nachdem DB äußerst klein gesetzt wird, zur Bewegung so lang bestimmt, bis selbe aus der Mündung BE getreten, folglich dem Drucke der übrigen wie die Höhe AB drückenden Theilen der Flüssigkeit nicht mehr ausgesetzt ist, bis sie nämlich den Raum DB beschritten hat. Diesen Raum DB beschreibt die Masse DBEC also mit einer beständig, und gleich, nämlich wie AB, wirkenden Bestimmung, folglich einer gleichförmig zunehmenden Bewegung; und: wenn die Zeit dieser Bewegung in der Strecke DB, Z, die letzte Geschwindigkeit aber, mit welcher die Masse DBEC heraustrit, G genannt wird, so ist: $G :: AB \times Z$, und $DB :: AB \times Z^2$.

Abh. §§. 74. 77. 78., folglich auch $\frac{G}{AB} :: Z$,

und $\frac{G^2}{AB^2} :: Z^2$. Wird dieser Werth des Z^2

statt diesem in dem Verhältnisse des Raumes DB gesetzt, so ist: $DB :: \frac{AB \times G^2}{AB^2} :: \frac{G^2}{AB}$, und

$G^2 :: DB \times AB$. Das Quadrat der Geschwindigkeit mit welcher die Flüssigkeit bey der Mündung BE heraustrit, ist wie das Product aus der Höhe der Flüssigkeit ober der Mündung in die Höhe der im Heraustreten betrachteten Masse. Sehen wir nun, daß diese nämliche Masse DBEC

über

über die Höhe der Flüssigkeit AB frey herabfalle, so ist AB der beschriebene Raum, DB wie die beschleunigende Kraft, weil diese die Schwerebestimmung, und auch die Wirkung des Druckes dieser Bestimmung, welcher die flüssige Masse DBEC über die Höhe AB herabtreibt, wie die Höhe DB ist §. 75. Wenn also die letzte Geschwindigkeit zur Unterscheidung g genannt wird, so erhalten wir durch den nähmlichen auf eben angeführten Sage gegründeten Vergleich der Verhältnisse für jede gleichförmig zunehmende Bewegung: $g^2 :: AB \times DB$, folglich ist: $G : g^2 :: DB \times AB : AB \times DB$, und gleichwie $DB \times AB = AB \times DB$, so ist auch $G^2 = g^2$, und $G = g$.

Weil der Druck in allen Richtungen gleich stark, und wie die Höhe, in welcher die Flüssigkeit ober dem Orte des Druckes steht §. 77., so muß auch die Geschwindigkeit der aus dem Gefäße heraustretenden Flüssigkeit, welche die Wirkung des Druckes ist, gleich seyn, in was immer für einer Richtung die Flüssigkeit austritt, wo immer am Boden, oder der Seitenwand die Mündung angebracht ist, wenn nur in gleicher Tiefe, oder unter gleichen Höhen der oben aufstehenden Flüssigkeit. In jeder Richtung ist gedachte Geschwindigkeit die nähmliche, welche der flüssige Körper im freyen Falle über die Höhe erhalten hätte, in welcher er ober der angebrachten Mündung im Gefäße steht.

102.

Die Geschwindigkeit, mit welcher die Flüssigkeit bey der angebrachten Oefnung aus dem Gefäße trit, ist auch wie die Quadratwurzel der Höhe, in welcher sie ober der Oefnung im Gefäße stehet $G :: \sqrt{H}$.

Da die Quadrate der lezten Geschwindigkeiten des freyen Falles wie die Räume, folglich wie die Höhen sind, über welche die Körper fallen 2. Abh §. 100.; so ist auch $g^2 :: AB$, und weil $G^2 = g^2$ §. 101., auch $G^2 :: AB$, und $G :: \sqrt{AB}$. Wenn also die Höhe der Flüssigkeit im Allgemeinen durch H ausgedrückt wird, so ist: $G :: \sqrt{H}$.

103.

Diese Geschwindigkeit des flüssigen aus dem Gefäße tretenden Körpers ist wie die Wurfsbestimmung des festen mit Hindansetzung der Hindernisse für eine gleichförmige Bewegung bewirkende Bestimmung anzusehen, nachdem diese Geschwindigkeit weder vermehret, noch vermindert wird; weder wächst, noch abnimmt. Nicht wächst, weil die austretende Flüssigkeit sogleich, als sie herausgetreten ist, den Druck der übrigen im Gefäße enthaltenen Flüssigkeit nicht mehr empfindet, folglich keine Ursache mehr zur Vermehrung ihrer Geschwindigkeit vorhanden ist. Nicht abnimmt, weil wir alle Hindernisse eben so, wie bey dem Wurfe der festen Körper, beseitiget setzen. Die Schwerbestimmung der austretenden Masse des flüssi-

flüssigen bestimmt diesen zur gleichförmig zunehmenden Bewegung, wie den festen geworfenen Körper. Der Wurf der Flüssigkeit hat daher zwey nicht im nähmlichen Verhältnisse wirkende Bestimmungen, und es kommt darauf an, welche Beziehung die Richtungen dieser zwey Bestimmungen gegen einander haben. Ob selbe gleichlaufend, gerade entgegengesetzt, oder schief gegen einander sind, und unter einem Winkel wirken. In ersten zwey Fällen beschreibt die Flüssigkeit gerade, im dritten Falle aber eine krumme Linie. 2. Abb. S. 60. 61. 97.

104.

Senkrecht herab aus den Gefäßen tretende Flüssigkeiten beschreiben eine zum Gesichtskreise dem Scheine nach senkrechte Linie, oder der Zug, den die austretende Masse der Flüssigkeit bildet, ist dem Scheine nach senkrecht zum Gesichtskreise, und ihre Bewegung die schnellste.

Wenn die Flüssigkeit senkrecht herab aus dem Gefäße tritt, so ist die Bestimmung, welche sie zum Austritt vom Drucke erhält, senkrecht herab, mit jener der Schwere folglich gleichlaufend. Der Zug, den die Flüssigkeit im Aufflusse bildet, oder die Richtung ihrer Bewegung muß die beyden ihren Bestimmungen gemeinschaftliche seyn, und die Geschwindigkeit wie die Summe derselben 2. Abb. S. 60. Da die Geschwindigkeit in keinem der übrigen Fälle wie gedachte Summe ist, so muß
auch

auch der Ausfluß der Flüssigkeit, oder ihre Bewegung in diesem Falle die schnellste seyn.

105.

Die senkrecht hinauf aus dem Gefäße tretende, oder springende Flüssigkeit muß mit Hindansetzung der Hindernisse eben so hoch steigen, als der flüssige Körper im Gefäße stehet.

In diesem Falle ist die vom Drucke der austretenden Flüssigkeit mitgetheilte Bestimmung senkrecht hinauf; jener der Schwere folglich gerade entgegengesetzt. Die Bewegung muß mit der Differenz derselben, und gleichförmig abnehmend erfolgen 2. Abb. S. 61. 100. Die vom Drucke in der heraustretenden Masse der Flüssigkeit bestimmte Geschwindigkeit ist jener gleich, welche der Körper durch den freyen Fall über die Höhe der Flüssigkeit ober der Mündung erhalten hatte, und $\therefore \sqrt{H}$ S. 101. 102., und mit dieser erhebt sich der Körper zur gleichen Höhe 2. Abb. S. 100., wenn alle Hindernisse beseitiget wären. Auch die senkrecht hinaufspringende Masse des Flüssigen muß sich also unter der nähmlichen Bedingniß zu eben der Höhe erheben, in welcher die Flüssigkeit im Gefäße ober der Oefnung stehet.

Da die Geschwindigkeit der senkrecht hinauf aus dem Gefäße springenden Masse des flüssigen Körpers $\therefore \sqrt{H}$, und die nähmliche ist, welche sie am Ende des freyen Falles über die Höhe, in welcher die Flüssigkeit im Gefäße ober der Oefnung

nung stehet, erhalten würde, mit dieser aber der Körper in gleichförmiger Bewegung doppelten Raum in gleicher Zeit beschreiben muß 2. Abh. S. 90., so würde die austretende Masse der Flüssigkeit, wenn selbe ohne Schwerbestimmung wäre, sich zweymal so hoch erheben, als der flüssige Körper im Gefäße stehet. Weil also die aus dem Gefäße tretende Flüssigkeit in jeder Richtung wie ein fester an der Oberfläche der Erde geworfener Körper zu betrachten ist S. 100., und dieser senkrecht hinauf geworfene sich zur Hälfte jener Höhe erhebt, zu welcher er mit der Wurfsbestimmung ohne Schwere gestiegen wäre 2. Abh. S. 129., so muß sich auch die senkrecht hinauf aus dem Gefäße springende Flüssigkeit zur Hälfte jener doppelten Höhe erheben, zu welcher sie ohne Schwere steigen würde, das ist zur Höhe, in welcher die Flüssigkeit im Gefäße ober der Deffnung stehet. Womit der nähmliche Satz aus den für den Wurf der festen Körper gegebenen Bestimmungen erwiesen ist.

106.

Durch diese aus dem Drucke der Flüssigkeiten folgende Bestimmung ihrer Bewegung ist die S. 85. schon angeführte Art, Springbrünne zu bauen, bestätigt. Vermög dieser Bestimmung der Bewegung der Flüssigkeit müßte das von einem höheren Orte in die Tiefe in Röhren geleitete, und alda senkrecht hinauffspringende Wasser so hoch sich erheben, als es an dem höheren Orte stehet,
wenn

wenn keine Hindernisse vorhanden wären. Da aber eine Menge Hindernisse auch bey den Bewegungen der Flüssigkeiten vorkommen, welche nicht beseitiget werden können, so weichen in der Ausübung die Erfolge der Versuche, von den in der Erwägung genau bestimmten Gesetzen der Bewegung in Flüssigkeiten so sehr ab, daß diese durch Versuche nie genau bestätigt werden. Die bey dem mündlichen Vortrage über diese und nachfolgende Bestimmungen der Bewegungen des flüssigen Körpers anzuführende Versuche werden diese Bemerkung hinlänglich bestätigen.

Die vorzüglichsten Hindernisse, durch welche die Geschwindigkeit des senkrecht hinauf z. B. springenden Wassers, folglich auch die Höhe, zu welcher es steigt, vermindert wird, sind folgende: 1) Durch die Reibung, welcher das Wasser in der Leitung selbst an den Wänden der Röhren ausgesetzt ist, wird die Geschwindigkeit des zur Mündung des Springbrunnens desto mehr vermindert, je größer jene ist, folglich, weil diese Reibung auch mit der Geschwindigkeit des zufließenden Wassers, und diese mit seiner Höhe in dem Wasserbehälter zunimmt, so ist die Reibung des Wassers in der Leitung selbst ein desto stärkeres Hinderniß seiner Bewegung, je größer die Höhe ist, von welcher die Leitung kommt, und zu welcher das Wasser steigen sollte, oder würde, wenn kein Hinderniß vorhanden wäre. Zugleich haben wir eine Ursache, warum, wie es die Er-

M

fab-

fahrung lehret, die Höhe, zu welcher das Wasser bey Springbrünnen wirklich steigt, von jener, zu welcher es gelangen sollte, desto mehr abweiche, je größer diese letztere ist. 2) Die Reibung des Wassers an der Mündung, durch welche es heraustrit, ist eben auch desto stärker, je größer die Geschwindigkeit des zufließenden Wassers ist, folglich auch ein desto stärkeres Hinderniß seiner Bewegung zur Verminderung der Geschwindigkeit, und Höhe seines Wurfses. 3) Das aus der Mündung tretende Wasser muß die ober der Mündung stehende Luft trennen, heben, und vor sich fort-treiben. Dieser also mit Verlust einen Theil seiner Bestimmung nach den Gesetzen des Stosses 2. Abh. 10. Kap. mittheilen. 4) Der vorhergehende Wurf des Wassers hat aus allen angeführten Ursachen, und selbst seiner Schwerbestimmung wegen schon mehr, als der nächst folgende, und zwar desto mehr Verlust an seiner Geschwindigkeit gelitten, je höher derselbe schon gestiegen ist. Selbst jeder vorhergehende Wurf des springenden Wassers ist dem nächstfolgenden zu einigem Hindernisse. Daher ist der erste Wurf jederzeit der höchste. 5) Nachdem die Wassertheile ihre ganze Bestimmung durch gedachte Hindernisse, und vorzüglich die Schwerbestimmung verloren haben, müssen selbe mit beschleunigter Bewegung senkrecht herabfallen, sind daher den senkrecht steigenden zum Hindernisse. Aus dieser Ursache steigt das ganz senkrecht hinaufspringende Wasser nie so hoch,

als

als wenn seine Richtung etwas schief genommen wird. 6) Die Anhänglichkeit der Theile des Flüssigen an einander, und an die Wände der Gefäße, und der Oefnung, ist oft auch ein nicht außer Acht zu lassendes Hinderniß ihrer Bewegung. Die Erfahrung überzeuget endlich auch, daß die Höhe des hinauffspringenden Wassers von dem Verhältnisse der Mündung gegen die Leitung abhängt, und aus einer in Beziehung auf die Leitung zu großen, oder zu kleinen Mündung nie so hoch steigt, als aus einer verhältnißmäßigen. Ist die Mündung zu klein, so ist die zufließende Masse in Vergleich der springenden zu groß, jene also wird angehäuft, und mit Verminderung ihrer zum Springen mitgebrachten Bestimmung an die Mündung zu sehr gedrückt. Ist die Mündung aber, bey welcher das Wasser herausspringt, in Vergleich der Zuleitung zu groß, so fließt das Wasser in der zum Wurf erforderlichen Menge nicht zu, kann also auch nicht ununterbrochen zur erforderlichen Höhe steigen.

Alle diese angeführte Haupthindernisse samt einigen minder wichtigen von diesen abhängenden sind Ursachen genug, daß die Folgen des Druckes der Flüssigkeiten auf ihre Bewegung in der Ausübung von der Erwägung sehr abweichen müssen, die Versuche folglich mit der erwägenden Lehre nicht übereinstimmen können.

Gleichlaufend, oder schief zum Gesichtskreise aus den Gefäßen herauspringende Flüssigkeiten beschreiben dem Scheine nach eine Parabel, oder der Zug, den die so herausspringende Masse der Flüssigkeit darstellt, ist dem Scheine nach eine Parabel.

Der gleichlaufend, oder schief zum Gesichtskreise aus dem Gefäße springende flüssige Körper hat zwey in dem nähmlichen Verhältnisse, und unter den nähmlichen Winkeln auf jedem seiner Würfe wirkende Bestimmungen, wie der gleichlaufend, oder schief zum Gesichtskreise geworfene feste Körper S. 103. Dieser beschreibt dem Scheine nach eine Parabel 2. Abh. S. 130. Auch jeder Wurf, der gleichlaufend, oder schief zum Gesichtskreise, aus dem Gefäße, oder Behälter herausspringenden Flüssigkeit also muß dem Scheine nach eine Parabel beschreiben, und, weil diese Würfe dem Scheine nach ununterbrochen auf einander folgen, so muß auch der Zug, den sie darstellen, dem Scheine nach ein parabolischer seyn.

Wenn bey Versuchen bewirkt wird, daß die Höhe der Flüssigkeit im Gefäße durch hinlänglichen Zufluß unverändert, und hiemit die Gleichheit des Druckes, der die Geschwindigkeit des herausspringenden flüssigen Körpers, z. B. des Wassers, bestimmt, beybehalten werde, und die Bewegung mit Beziehung auf die S. 106. angeführten Hindernisse betrachtet wird, so siehet man
 doch

hoch aus dem Erfolg der Versuche , daß dieser mit der Erwägung genau übereinstimmen würde, wenn alle Hindernisse beseitiget werden könnten.

108.

Eine Folge des durch ihre Schwere bestimmten, und an einer schiefen Ebne nicht hinlänglich unterstützten 2. Abh. S. 56. 102. zum Gesichtskreise senkrechten Druckes ist das Herabrollen der Flüssigkeit über eine schiefe Ebne, wie dieses aus der S. 69. gegebenen Erklärung erhellet. Die Rinnsäle der Flüsse, Ströme, und ähnlicher über schiefe Ebenen ablaufenden, oder rollenden Wässer sind wahre Wasserbehälter, folglich wie Gefäße zu betrachten, in welchen jeder zum Gesichtskreise senkrechte Durchschnitt für eine zum Ausflusse dienende Oefnung, oder Mündung des ober diesem Durchschnitte befindlichen Theiles des Rinnsales anzusehen ist, so, wie dieser Durchschnitt in Beziehung auf den unter denselben folgenden Theil des Rinnsales zum Einflusse in diesen dienet. Was also von der durch den Druck bestimmten Bewegung der Flüssigkeiten bisher erwiesen ist worden, oder noch erwiesen wird, muß mit Beziehung auf die Schiefe der Grundfläche, auf welche solche Wässer drücken, auch auf die in Strömmen und Flüssen, u. d. g. ablaufenden Wässer ausgedehnet werden.

109.

Die Massen der Flüssigkeiten, welche in bestimmten Zeiten aus den Gefäßen fließen,

sind wie die Mündungen, bey welchen, die Geschwindigkeiten mit welchen, und die Zeiten in welchen selbe herausgestossen sind, $M : m :: LGZ : lgz.$

Wenn man in der Ausübung versuchen will, in wie weit diese mit der Erwägung übereinstimmt, so muß, wie schon erinnert ist worden, die Höhe der Flüssigkeiten in jedem Gefäße samt dem mit ihr verhältnißmäßigen Drucke unverändert erhalten werden. Wenn mit dieser Beobachtung Versuche gemacht werden, so zeigt derselben Erfolg eine merkliche zwar, doch die Hindernisse nicht übersteigende Abweichung von dem in der Erwägung Erwiesenen. Aus zwey gleichen in gleichen Tiefen unter der Oberfläche des Wassers ausgetretene Wassermassen sind nahe wie die Zeiten, in welchen selbe ausfloßen, daß in zwey Minuten ist ungefähr zweymal so viel, als in einer. Wenn die Mündungen ungleich, jedoch in der nähmlichen Tiefe genommen werden, und die Zeiten, in welchen das Wasser aus beyden fließt, gleich sind, so sind die ausgetretenen Wassermassen wie die Mündungen. Wenn eine im Lichten zweymal so groß ist, als die andere, ist auch die bey der ersten ausgetretene Wassermasse ungefähr zweymal so viel, als jene der zweyten. Sind gleiche Mündungen in ungleichen Tiefen angebracht, und die Zeiten des Ausflusses gleich, so sind die herausgetretenen Wassermassen beynabe wie die Quadratwurzel der Höhen des Flüssigen ober den Mündun-

dungen, z. B. sind diese 4 und 1, so sind gedachte Wassermassen :: 2 : 1. In welchem Verhältnisse auch die Geschwindigkeiten sind S. 102.

Die Versuche daher überzeugen uns nicht gerade, sondern nur mit Beziehung auf die uns bekannten Hindernisse von der Richtigkeit des angeführten Satzes. Allein die natürlichen Ursachen setzen diesen außer allen Zweifel. Die bey einer Mündung in was immer für einer Zeit herausgetretene Masse der Flüssigkeit ist nichts anderes, als die Summe aller Würfe derselben S. 99, welche in der bestimmten Zeit durch die nämliche Mündung ausgetreten sind. Je größer daher jeder dieser unter einander gleichen Würfe ist, und je mehr sie sind, desto größer muß auch die ganze ausgetretene Masse seyn. Die Größe der Masse eines jeden Wurfs ist selbst die Größe der Mündung S. 99. Die Zahl der Würfe ist desto größer, je länger die Zeit, und je größer die Geschwindigkeit des Austrittes ist. Je größer diese Geschwindigkeit ist, desto kürzer ist das Zeitchen, welches jeder Wurf der Flüssigkeit in der Mündung im Durchgange zubringt, desto mehr denn Scheine nach ununterbrochen auf einander folgende Würfe müssen in der nämlichen bestimmten Zeit durch die Mündung treten. Je länger dann diese bestimmte Zeit ist, desto mehr solche gleiche Zeitchen enthält sie, dergleichen zum Austritte eines Wurfs nothwendig ist, desto größer ist also die Zahl der Würfe. Auch die ganze in einer

bestimmten Zeit aus dem Gefäße tretende Masse der Flüssigkeit muß desto größer seyn, je größer die Mündung und Geschwindigkeit, und je länger die Zeit des Austrittes ist. Wenn daher zwey derley Massen: M und m , die Gröſſen ihrer Mündungen, im Pichten nähmlich: L und l , die Geschwindigkeiten G und g , Zeiten endlich Z und z sind, so ist: $M:m::LGZ:lgz$, und Wenn $L=l$, so ist auch $M:m::GZ:gz$.

— $G=g$, ——— $M:m::LZ:lz$.

— $Z=z$, ——— $M:m::LG:lg$.

— $M=m$, ——— $LGZ=lgz$, und

$Lg:lg::z:Z$,

$LZ:lz::g:G$.

$GZ:gz::l:L$.

Diese letzten drey Verhältnisse geben unter den Bedingnissen, daß $L=l$, oder $G=g$, oder endlich $Z=z$, wieder andere einfachere Verhältnisse, wie es von selbst einleuchtend ist.

110.

Da die Rinnsäle der Ströme und Flüſſe eben auch wie Wasserbehälter oder Gefäße zu betrachten sind, in welche das Wasser bey ihren oberen Durchschnitt ein- und bey den unteren, in Beziehung nähmlich auf die Richtung des ablaufenden Wassers, ausfließt §. 108., so kann man die Menge, oder die Masse des durch was immer für einen Durchschnitt des Rinnsales in bestimmter Zeit durchlaufenden, oder abfließenden Wassers nach den §. 109. erwiesenen Satz be-

stim-

stimmen, wenn der Durchschnitt des Rinnfalses, und die Geschwindigkeit des Wassers in demselben samt der Zeit bekannt sind. Das aus diesen drey Größen erhaltene Product giebt gedachte Masse des Wassers. Wie die Durchschnitte der Rinnfäle, und die Geschwindigkeiten des Wassers in denselben bestimmt werden können, wird bey der Betrachtung der Flüsse und Ströme angezeigt werden.

Wenn L und l , wodurch wir §. 109. die Mündungen in Lichten ausgedrückt haben, zwey verschiedene Durchschnitte des nähmlichen Rinnfalses, G und g die Geschwindigkeiten in eben diesen Durchschnitten, Z und z die Zeiten, M und m endlich die durch selbe fließende Wassermassen ausdrücken, so ist: $M : m :: LGZ : lgz$. Setzen wir, daß die im Rinnfale ablaufende Wassermasse weder zu- noch abnehme, der Fluß folglich im Beharrungsstande sey, so muß eben so viel, nicht mehr und nicht weniger Wasser in den Rinnfal einfließen, als in gleicher Zeit ausfließt. Wenn daher in diesem Falle M die ein- und m die ausfließende Wassermasse ausdrücken, so muß $M = m$ in der nähmlichen Zeit, folglich auch $Z = z$ seyn, und eben daher auch $LG = lg$, und $G : g :: l : L$, das ist, die Geschwindigkeiten bey dem Ein- und Ausflusse sind im verkehrten Verhältnisse der Durchschnitte, wenn der Fluß im Beharrungsstande ist.

Die wellenförmige Bewegung der Flüssigkeiten ist eben auch eine Folge des Druckes in denselben, wenn das Gleichgewicht durch irgend eine Ursache gehoben wird. Setzen wir, daß an der Tab. 2. Oberfläche MN Tab. 2. Fig. 51. der Flüssigkeit in A durch irgend einen auffallenden Körper, oder einen anderen Druck das Gleichgewicht der Säulen gehoben werde, indem der Druck auf dem Boden in der unter A stehenden Säule durch gedachte Ursache vermehret wird; so muß von der Säule A ein mit dem äußeren Drucke verhältnißmäßiger Theil der Flüssigkeit in die umliegenden übertreten S. 86., in A folglich eine Höhlung, um A ringsherum aber wie in B und C eine Erhebung der Flüssigkeit erfolgen. Durch diese Erhebung, oder dieß Aufthürmen, und die Bestimmung zur Bewegung gegen B, und C wird der Druck ringsherum wie in D und E vermehret, folglich eine Höhlung erzeuget u. s. w. Nachdem die auf A wirkende Ursache zu wirken aufgehört, läuft die Flüssigkeit von B und C ringsherum zwar wieber gegen A, E und D, u. s. w. herab, allein sie erhebt sich wiederum wegen der erhaltenen Bestimmung zur gedachten Bewegung, und so hält die wellenförmige Bewegung in der abwechselnden Höhlung, und Erhebung der Flüssigkeit so lang an, bis das Gleichgewicht der Säulen wieder hergestellt ist. Wenn indessen in A kein weiterer Eindruck geschehen ist, so

nimmt

nimmt gebachte Bewegung nach und nach ab, indem die in entgegengesetzten Richtungen dabey erhaltenen Bestimmungen der Theile des Flüssigen sich wechselweise heben, und eben hiedurch nach und nach immer mehr und mehr geschwächt werden, bis selbe ganz getilgt sind. Ein in das Wasser geworfener Stein, oder anderer auf dessen Oberfläche auffallender Körper, oder der Eindruck des Windes u. d. g. bewirken eine solche Bewegung in dem Wasser.

Aus dieser Erklärung erhellet zugleich, daß die wellenförmige Bewegung in die Rundung, das ist in Cirkul verbreitet, und fortgepflanzt werde, wenn der dieselbe bestimmende Eindruck nur in einer kleinen Fläche, wie z. B. beym Ausfalle eines Körpers, wirkt. Wird aber dieser Eindruck auf eine größere in die Länge gestreckte Fläche, wie jener des Windes angebracht, so sind die entstehenden Wellen auch von einer solchen Gestalt, wie uns von beyden die Erfahrung überzeuge.

Wenn in einer kleineren oder größeren Entfernung zwey Eindrücke auf die Oberfläche des Wassers gemacht werden, so folgt auf jedem eine wellenförmige Bewegung, und die Wellen derselben kreuzen sich oft, ohne daß sie sich zu verwirren scheinen. Aus dieser Erscheinung ist der Grund zur Behauptung genommen worden, daß die wellenförmigen Bewegungen ohne Verwirrung fortgepflanzt werden können. Allein diese Behauptung

tung

tung scheint dem in der 2. Abh. S. 64. erwiesenen allgemeinen Gesetze der Bewegung zu widersprechen, vermög welchen jeder Körper, oder Theil desselben, wenn er zwey, oder mehr Bestimmungen zugleich erhält, selbe in eine zusammensetzen muß, folglich auch die im Durchschnitte der Wellen sich befindenden Molekeln der Flüssigkeit die Bewegungen der sich kreuzenden Wellen in eine zusammensetzen, folglich keine von beyden, sondern eine dritte annehmen müssen, mit welcher selbe am Ende der Bewegung eben dahin gelangen, wohin sie gekommen wären, wenn sie eine der einfachen Bewegungen nach der anderen gehabt hätten 2. Abh. S. 65. Daß wir diese Verwirrung oder vielmehr Zusammensetzung der wellenförmigen Bewegungen an den sich kreuzenden Wellen des Wassers, wenigstens nicht hinlänglich, unterscheiden, ist kein hinlänglicher Grund, selbe wider das allgemeine Gesetz der Bewegung zu verneinen; nachdem die in dem freyen Umlauf der Theile bestehende Natur der Flüssigkeiten, und die aus diesem folgende mit einer schnelleren Aufnahme aller Bestimmungen zur Bewegung untereinander verbundene sphärische Gestalt der Molekeln die genauere Unterscheidung der Theile erschweren. Zudem scheint die Fortpflanzung des Schalles in der Luft, wegen welcher selbe vielleicht größtentheils angenommen wird, gedachte Behauptung nicht zu heischen. Wie wir an seinem Orte sehen werden.

Eine unter der Oberfläche der Flüssigkeit entstandene Veränderung an dem Drucke einer Säule muß auch bewirken, daß die Flüssigkeit in eine wellenförmige Bewegung versetzt werde. Wie wir solche beim Aufsteigen der Blasen aus dem Wasser, und anderen unter dem Wasser ähnlich wirkenden Ursachen an der Oberfläche des Wassers sehen. Wenn also auf die Luft durch irgend eine Ursache ein ähnlicher Eindruck geschieht, so muß selbe zur wellenförmigen Bewegung bestimmt, diese auf alle Seiten, folglich in die Sphäre verbreiten, und von dem Orte des geschehenen Eindruckes so weit fortpflanzen, bis der auf die im quadratischen Verhältnisse der Abstände zunehmende Masse vertheilte Eindruck unmerklich wird.

112.

Die Strecke, welche zwischen zwey Erhebungen, oder Vertiefungen der sich wellenförmig bewegenden Flüssigkeit, wo selbe am stärksten sind, eingeschlossen, und bestimmt wird, ist die Breite der Welle. So sind FB, BC, CG u. s. w. die Breiten der Fig. 51. gezeichneten Wellen. Daß diese Breiten der Wellen durch die Zahl jener Theile bestimmt werden, welche in der Zeit eines und des nähmlichen Eindruckes in Bewegung gesetzt werden, die Zahl dieser Theile aber desto größer sey, je länger der Eindruck dauret, je länger dessen Zeit ist, scheint von selbst einleuchtend, und durch die in der 2. Abh. S. 171. angeführte, und erklärte Erscheinung bestätigt

zu seyn. Die Breite der Wellen also ist mit der Dauer des Eindruckes, von welchen selbe bestimmt, und in die Bewegung gesetzt werden, verhältnißmäßig. Wo die Dauer dieses Eindruckes, oder seine Zeit doppelt, dreyfach, vierfach, u. s. w. ist, muß auch die Breite der von demselben in Bewegung gesetzten Wellen doppelt, dreyfach, vierfach u. s. w. seyn, und gleichwie die zweymal, dreyimal u. s. w. genommene einfache Dauer der doppelten, dreyfachen u. s. w. gleicht, so müssen auch zwey, drey, u. s. w. Wellen von einfacher Breite zusammengenommen in der nähmlichen Flüssigkeit der von doppelten, dreyfachen u. s. w. an der Strecke gleichen. Die wellenförmige Bewegung muß in gleichen Zeiten auf gleiche Abstände oder Entfernungen von dem Orte der Eindrücke in der nähmlichen Flüssigkeit durch breitere, und schnellere Wellen fortgepflanzt werden.

Anmerkungen

zum dritten Kapitel des zweyten Abschnittes.

S. 83.

In diesem S. ist die Bemerkung gemacht worden, daß keine die Folgen des Druckes hindernde oder verändernde Ursache vorhanden seyn müsse, damit der Druck der Flüssigkeit jene Folgen habe, zu welchen derselbe durch die Eigenschaft der Flüssigkeit bestimmt wird. In Hahnröhrchen aber sey eine Ursache vorhanden, welche bewirkt, daß die Flüssigkeiten in denselben über die Libelle erhoben werden. Um diese Bemerkung in ihr volles Licht zu setzen, muß die Erscheinung, welche wir in dem Hahnröhrchen bemerken, sammt ihrer Ursache betrachtet und bestimmt werden.

1) Aus dem S. 84. erwiesenen Satze ist klar, daß die in Gemeinschaft habenden Röhren eingeschlossene Flüssigkeit im Gleichgewichte gleiche Höhen haben müsse, wenn selbe folglich aus einer Röhre in die andere übertritt, in dieser sich eben so hoch, und nicht höher erheben könne, als sie in der ersten stehet. Aus dem nämlichen Grunde muß die in einem Gefäße eingeschlossene Flüssigkeit, wenn in dieselbe eine an beyden Enden offene Röhre getaucht wird, in dieser eben so hoch, und nicht höher steigen, und stehen bleiben, als selbe außer der Röhre stehet, das ist in der Röhre die nämliche Libelle erreichen, und erhalten, welche sie außer der Röhre hat.

hat. Wenn die beyderseits offene Röhre einen so kleinen Durchmesser hat, daß ihre Höhlung dem Hare nachahme, in welchem Falle selbe ein Harröhrchen genannt wird, so steigt die Flüssigkeit in dem Röhrrhen sehr oft über die Libelle, und wird in dieser Höhe erhalten. Hierin bestehet das allgemeine der Erscheinung in Harröhrchen, welche zu betrachten, und mit ihrer Ursache zu bestimmen kömmt.

Nicht jede Flüssigkeit steigt in jedem Harröhrchen über die Libelle, so erhebt sich das Quecksilber in dem gläsernen Röhrrhen nicht, in welchem Wasser über die Libelle steigt, und auch die Höhe, zu welcher die nämliche Flüssigkeit in verschiedenen Harröhrchen sich erhebet, ist verschieden, je nachdem die Materie, aus welcher das Harröhrchen bestehet, verschieden ist, wenn auch die Durchmesser derselben gleich sind. Auch ist die Geschwindigkeit, mit welcher sich die Flüssigkeit in dem Harröhrchen erhebet nicht nur bey verschiedenen Durchmessern, sondern auch bey verschiedener Materie derselben verschieden. Um die Erhebung der Flüssigkeiten über die Libelle bequemer und genauer bemerken zu können, bedienet man sich bey Versuchen der Glasröhrchen, welche die durchsichtigsten sind. Die nämlichen Abänderungen, welche durch die Verschiedenheit der Flüssigkeiten in dem nämlichen, oder gleichartigen Glasröhrchen erzeugt werden, müssen, wegen der zu bestimmenden Ähnlichkeit der Ursache, auch aus der Verschiedenheit der Materie, von welcher die Harröhrchen genommen werden, folgen.

Die von verschiedenen berühmten Naturforschern angeführten Erscheinungen, und Versuche haben so wenig Uebereinstimmung, daß sich solche nicht selten auch entgegengesetzt sind, und jeder, der sich mit Versuchen der Harröhrchen selbst hinlänglich bekannt gemacht hat, findet, daß diese in beson-

besondern Fällen äußerst schwer, und nicht mit der erforderlichen Zuverlässigkeit vereinigt werden können. Die Natur der Ursache, von welcher diese Erscheinungen erzeugt werden, und deren Verhältnisse uns nichts weniger als hinlänglich bekannt sind. I. Abh. S. 51. ist ganz sicher auch das Hinderniß ihrer vollständigen Erklärungen. Könnten wir diese geben, so würden uns auch sehr viele, und die herrlichsten Erscheinungen, welche das Pflanzenreich vorzüglich darbiethet, einleuchtend seyn. Allein so bleiben uns selbe noch immer dunkel, und alles, die allgemeinste Ursache ausgenommen, was wir zur Erklärung der besonderen Umstände dieser Erscheinungen darbringen können, hat die erforderliche Zuverlässigkeit nicht.

Da es bey einem Anfänger in der Naturforschung, so wie in jeder Wissenschaft, vorzüglich nur darauf ankömmt, daß er, so viel, als es möglich ist, richtige Grundsätze erhalte, und derselben zweckmäßige Anwendungen erlerne, damit er seine Gründe nicht nur zur Fortsetzung seiner Naturforschung, sondern auch zur Bestimmung anderer Gründe und Ursachen der besonderen natürlichen Wirkungen mit gutem Erfolge verwenden könne; und, da dieser vorzügliche Endzweck des Unterrichtes sehr viel Abbruch leidet, oft auch ganz verfehlet wird, wenn den Anfängern zu viel nicht gehörig übereinstimmende, und mit keiner Zuverlässigkeit erklärbare Erscheinungen vorgetragen werden, so glaube ich dazu hinlänglich berechtiget zu seyn, daß ich ohne die den Anfänger mehr verwirrende, als aufklärende Menge der nicht ganz erklärbaren Erscheinungen in Har Röhrchen anzusehen mit der Haupte- und allgemeinen Erscheinung des Steigens über die Libelle, und derselben Ursache mich begnüge, ihre Anwendung durch einige besondere Erscheinungen zeige, und die hiemit zu erlernende Art der weiteren Nach-

forschung dieser Erscheinungen dem künftigen Fleiß meiner Schüler überlasse.

2) Nach der schon gegebenen Anzeige, welche aus den bey dem mündlichen Vortrage anzustellenden Versuchen gezogen wird, bestehet das Allgemeine der Erscheinungen in Harröhrchen in dem: daß die Flüssigkeiten in diesen nicht, wie in andern Gemeinschaft habenden Röhren, nur bis zur Libelle, sondern auch über diese sich erheben, und erhoben bleiben; die allgemeinen Abänderungen dieser Erscheinung aber sind: die verschiedenen Geschwindigkeiten, mit welchen, und Höhen, zu welchen Flüssigkeiten von verschiedener Art, in verschiedenen Gattungen der Harröhrchen sich erheben, und stehen bleiben.

Alle Versuche, welche hierüber angestellet worden, zeigen, daß nur jene Flüssigkeiten in dem Harröhrchen über die außer diesen bestehende Libelle steigen, von welchen der feste Körper, aus dem das Harröhrchen gebildet ist, benetzt wird; kein flüssiger Körper in dem Harröhrchen steige, welches er nicht benetzt. Versuche zeigen, daß die Flüssigkeit im Harröhrchen desto schneller und höher über die Libelle sich erhebe, je stärker das Röhren von derselben benetzt wird. Da derley Versuche keiner besondern Beschreibung bedürfen, werden selbe ganz zum mündlichen Vortrage vorbehalten. Aus diesen Versuchen ist also erwiesen: das Steigen der Flüssigkeiten über die Libelle in Harröhrchen sey nicht nur allein mit der Benutzung derselben unzertrennlich verbunden, sondern auch im nähmlichen Verhältnisse. Die Ursache gedachter Erscheinungen in Harröhrchen muß daher auch eben jene seyn, von welcher die Benetzung der festen Körper bewirkt wird, die Uebermacht der anziehenden Bestimmung in kleinsten Abständen nähmlich von Seite der festen Körper, I. Abh. S. 87. im gegenwärtigen Falle, von Seite der Harröhrchen.

Da der feste Körper mit dem flüssigen, dessen Theile an jenem stärker, als an einander gehalten werden, eine chymische Verwandtschaft hat, als welche in der Neigung der Körper sich zu vereinigen, und zu verbinden bestehet. I. Abh. S. 88. Da die unmittelbare Folge der Uebermacht der anziehenden Bestimmung von Seite des festen Körpers die Neigung des Flüssigen sich mit jenem zu vereinigen ist, und diese Vereinigung durch die Gestalt des festen Körpers, welche er in dem Harröhrchen hat, die Erhebung über die Libelle nach sich zieht, so kann man auch sagen, daß die unmittelbare Ursache der gedachten Harröhrchen = Erscheinung derselben chymische Verwandtschaft mit der steigenden Flüssigkeit sey.

3) Da die Verhältnisse, in welchen die in kleinsten Abständen eintreffende anziehende Bestimmung wirkt, wegen der Kleinheit dieser Abstände, in welche wir mit unsern Versuchen nicht bestimmt genug eindringen können, sich nicht fortsetzen lassen, I. Abh. S. 51. so ist es kein Wunder, daß wir von den Wirkungen dieser Bestimmung, zu welchen vermög Beweis, auch die Erscheinungen der Harröhrchen gehören, mit Zuverlässigkeit keine besondere ganz genaue, sondern nur allgemeine Erklärungen geben können.

Um das Allgemeine der Erscheinungen in Harröhrchen durch eine solche Erklärung zu beleuchten; setzen wir FLKG Tab. 2. Fig. 50. sey ein Harröhrchen. DC, oder BE sey der jenem eines Haares nahe kommende Durchmesser der inneren Höhlung. Der feste Körper, aus welchem dieses Harröhrchen bestehet, sey in Beziehung auf die Flüssigkeit, in welche es eingetauchet wird, mit der Uebermacht der anziehenden Bestimmung begabt, er habe mit der Flüssigkeit chymische Verwandtschaft. Die innere Oberfläche dieses Röhrchens können wir aus gleichlaufenden Linien, wie AB ist, und in welchen die

Tab. 2.
Fig. 50.

Theile der Materie des Röhrchens mit ihren Zwischenräumen geordnet sind, zusammengesetzt betrachten, und, was von einer dieser Reihen der Theile des Röhrchens richtig ist, muß auf jede andere ausgedehnet werden.

Fig. 50. Mit dieser Voraussetzung nehmen wir an: daß A, B, und C, Fig. 52. drey in der Linie AB Fig. 50. auf einander geordnete Theile der inneren Oberfläche eines, wie gesekt ist worden, bestimmten Haarröhrchens sind, dessen untere Oefnung BK in eine Flüssigkeit eingetaucht ist, welche an das Röhrchen stärker gezogen wird als ihre Theile an einander gehalten werden. (Will man die folgende Erklärung noch mehr bestimmen, so kann die Materie des Haarröhrchens z. B. im Glase, die Flüssigkeit aber im Wasser bestimmt in der ganzen Erklärung angenommen werden.) Setzen wir, mehrerer Deutlichkeit wegen, daß die aus A, B, und C, als Mittelpuncten beschriebenen inneren Circulbögen ea, ab, und bd jene Strecken begrängen, in welchen die abstossende Bestimmung der Theile A, B, und C, von der wirklichen bis zur scheinenden Berührung nämlich auf die Theile der unterstehenden Flüssigkeit wirkt. Die äußeren Bögen ea, ab, und bd, der aus den nämlichen Mittelpuncten beschriebenen, folglich mit den inneren concentrischen Circuln, sollen die Strecken schlüssen, in welchen die anziehenden Bestimmungen der Theile A, B, und C, folglich auch derselben Uebermacht auf die Theile der angenommenen Flüssigkeit ausgeübt werden. Der bey allen als gleichartigen Theilen A, B, und C gleiche die äußersten Gränze der anziehenden Bestimmung fesssegende Halbmesser BD sey endlich größer, als der halbe Abstand der Theile AB, oder BC, u. s. w.

Wenn

Wenn die Flüssigkeit gegen A bis e langt, so müssen die Theile derselben, wegen der Uebermacht der anziehenden Bestimmung, welche von Seite des A ist, sich von der übrigen Masse der Flüssigkeit trennen, und die Strecke, deren Durchschnitt zwischen den zwey concentrischen Circulbögen ea bestimmt ist, ausfüllen. Jene Theile dieser Flüssigkeit, welche ober a stehen, sind, wegen der angenommenen Bedingniß, näher zu B, als zu A, in deren Anziehungstrecke sie sich befinden, werden daher von B stärker, als von A angezogen, und müssen in der Strecke, deren Durchschnitt ab ist, bis b steigen. Diesen Theilen der Flüssigkeit folgen andere, welche durch die Uebermacht der anziehenden Bestimmung des A von der übrigen Masse getrennt, die Strecke ea stäts voll erhalten. Die über a in der Strecke ea hinauflangenden Theile müssen daher in der Strecke ab so lang steigen, bis auch diese angefüllt ist. Aus der nähmlichen Ursache müssen die in der Strecke ab über b erhobenen Theile der Flüssigkeit in der Strecke bd weiter steigen, bis auch diese ganz angefüllt ist, u. s. w. bis irgend eine Bestimmung hinreichend ist, gedachtes Steigen der Flüssigkeit zu hemmen.

Nehmen wir nun ein ähnliches Steigen für jede Linie AB. Fig. 50. nach der ganzen inneren Oberfläche des Röhrchens FLKG an, so haben wir die Flüssigkeit an der ganzen inneren Oberfläche des Röhrchens über die Libelle erhoben, und, so viele an den Ringen des Röhrchens hängende Ringe der Flüssigkeit, als die noch zu bestimmende Ursache gestattet, oder ein flüssiges an den festen hängendes Röhrchen. Die Theile der Flüssigkeit, welche sich in gedachten Anziehungstrecken ea, ab, bd, u. s. w. befinden, werden wegen ihres Zusammenhanges auch andere Theile, welche außer gedachten Strecken sind, mit sich nehmen, wodurch die Mitte

eines jeden erhobenen Ringes der Flüssigkeit mit einem Blättchen derselben, wie EF, DC, u. s. w. sind, ausgefüllt wird. Alle diese Blättchen hängen untereinander zusammen, und eben dadurch an dem obersten Ring der Flüssigkeit. Das Gewicht des ganzen flüssigen zwischen den Ringen erhobenen Cylinders wie DBEC muß also durch dessen Zusammenhang mit seiner obersten Fläche DC, und durch die Verbindung dieser Fläche mit dem obersten Ringe erhalten werden. Die Flüssigkeit kann daher, gedachter Uebermacht der anziehenden Bestimmung von Seite des Röhrchens ungeachtet, in diesem nicht höher über die Libelle steigen, als bis die Höhe des erwähnten mittleren flüssigen Cylinders so groß ist, daß sein Gewicht der erklärten Verbindung des obersten Ringes der Flüssigkeit mit dem Haarröhrchen gleich werde.

Wenn Fig 52. der Halbmesser BD der Anziehungsstrecken ea, ab, u. s. w. nicht größer wäre, als der halbe Abstand AB, BC der Theile A, B, C, des Haarröhrchens, so würden die über a erhobenen Theile zu B nicht näher als zu A seyn, die ober b stehenden zu C nicht näher als zu B u. s. w. Diese Theile also würden des stärkeren Anziehens wegen den unteren Theilen des Haarröhrchens von den oberen nicht entzogen werden, die Flüssigkeit folglich über die Libelle nicht steigen, wie es klar ist. Gedachte Bedingniß ist daher zur Wirkung in dem Haarröhrchen nothwendig.

Nicht minder einleuchtend klar ist es, daß die über a erhobenen Theile der Flüssigkeit nicht mit der ganzen Kraft des B, sondern nur mit der Differenz der Kraft des B, und jener der A, mit welcher jene Theile dem A entzogen werden müssen, erhoben, und erhalten werden. Auf die nämliche Art ist nur die Differenz der Kräfte C und B in der Erhebung der ober b sich befindenden Theile der Flüssig-

Flüssigkeit zu betrachten. Wenn dieses auf die ganzen Ringe des Haarröhrchens ausgedehnet wird, so ist klar, daß nur der ober der Libelle erste, oder unterste Ring des Haarröhrchens mit der ganzen Uebermacht seiner anziehenden Bestimmung zur Erhebung der Flüssigkeit, oder des ihm anklebenden flüssigen Ringes, alle übrigen hinauf zu folgenden Ringe des Haarröhrchens aber nur mit der Differenz ihrer und des nächst unteren Ringes Kräfte wirken. Diese zur Erhebung der Flüssigkeit wirkende Kraft wird durch den Zusammenhang der zu erhebenden mit dem unterstehenden, und durch das Gewicht der mit zu erhebenden Theile gehindert. Im Gleichgewichte also muß jene zur Erhebung und Erhaltung der Flüssigkeit wirkende Kraft mit diesen zweyen die nähmliche Wirkung hindernden gleich seyn.

Will man diese Gleichung der leichteren Erklärung wegen algebraisch ausdrücken, so muß die Kraft, welche jeder Theil des Haarröhrchens auf die Flüssigkeit ausübt, in allen gleich, die Masse des Röhrchens folglich gleichartig gesetzt werden. Eben so muß die Masse der zu erhebenden Flüssigkeit gleichartig, die Stärke des Zusammenhanges folglich zwischen allen Theilen der Flüssigkeit gleich angenommen werden. Keines von beyden ist zuverlässig. Die zu gebende algebraische Formel also ist, wie ich erkläret habe, wirklich nur der leichteren Erklärung wegen, und nichts weniger, als mathematisch genau. Der angenommenen Voraussetzung gemäß werde die in allen Theilen des Haarröhrchens gleiche zur Erhebung der Flüssigkeit wirkende Kraft K , die in allen Theilen der Flüssigkeit gleiche, gedachte Erhebung hindernde Kraft des Zusammenhanges Z , das Gewicht der zu erhebenden Theile, G , der Durchmesser des Haarröhrchens endlich D genannt. Damit man die Kraft, welche ein jeder ganze Ring des Haarröhrchens auf den betreffenden

Ring der Flüssigkeit ausübet, ausdrückt, muß die Kraft K eines jeden Theiles mit der Ausdehnung des Ringes, welche als ein Circul, wie der Durchmesser und bey gleichartig gesetzter Masse mit diesem verhältnißmässig ist], multipliciret werden. Diese Kraft also, welche zur Erhebung wirkt, ist: KD . Aus der nämlichen Ursache drückt ZD die Stärke des Zusammenhanges aus], welchen ein ganzer jenem des Röhrchens angemessener Ring der Flüssigkeit mit deren übrigen Theilen hat, und welcher die Erhebung hindert. Das Hinderniß dieser Erhebung also ist: $ZD + G$, und vermög gegebenen Erklärung muß $KD = ZD + G$ seyn.

Wenn $KD = ZD + G$, so ist: $KD - ZD = G$ im Gleichgewichte, und die Flüssigkeit muß aufhören zu steigen, sobald $G = KD - ZD$ ist. Man kann daher auch $KD - ZD$ als die hebende, und erhaltende Kraft, G aber als die zu erhebende, und erhaltende Last betrachten.

Weder KD , ZD ist in dem nämlichen Haarröhrchen eine veränderliche Größe, wenn das Haarröhrchen cylindrisch ist, oder wenigstens durch seine ganze mit der Flüssigkeit anzufüllende Strecke gleichen Durchmesser hat, und die zu erhebende Flüssigkeit die nämliche ist. Es muß daher die nämliche Flüssigkeit in cylindrischen Röhrchen von gleichartiger Materie und gleichem Durchmesser auch gleich hoch über die Libelle steigen, wenn auch die Längen der Röhrchen nicht gleich sind.

Aus der gegebenen Erklärung folget von selbst, daß jeder Theil der mit der Flüssigkeit ausgefüllten Höhlung, folglich die ganze innere Oberfläche des Haarröhrchens zur Erhebung und Erhaltung der Flüssigkeit beytrage. Die erhobenen Ringe der Flüssigkeit sind durch die Wirkung aller betreffenden Ringe des Haarröhrchens erhoben worden, und werden durch eben diese Wirkungen erhalten.

4) Die Uebermacht der anziehenden Bestimmung des nämlichen festen Körpers ist in Beziehung auf verschiedene Flüssigkeiten, und jene verschiedener festen Körper in Vergleich der nämlichen Flüssigkeit verschieden, da also die Geschwindigkeit des Steigens der Flüssigkeit von der Stärke dieser Uebermacht, als von ihrer Ursache abhängt, so muß auch die Geschwindigkeit des Steigens der nämlichen Flüssigkeit in verschiedenen, Flüssigkeiten in gleichartigen Haarröhrchen sich unterscheiden.

Nach der gegebenen Erklärung wird die Höhe, zu welcher die Flüssigkeit im Haarröhrchen steigt, durch den Zusammenhang der Theile der Flüssigkeit und deren Verbindung mit dem Haarröhrchen bestimmt. Auch diese Höhe muß also in verschiedenen Umständen eben so verschieden seyn, wie es gedachter Zusammenhang und Verbindung sind.

In Röhren, deren Durchmesser größer ist, als daß selbe einem Haare ähnlich sind, ist das Gewicht des mittleren flüssigen Cylinders, seines Durchmessers wegen, auch unter einer, so zu sagen unendlich kleinen Höhe mit dem Zusammenhange der Flüssigkeit und derselben Verbindung mit der Röhre im Gleichgewichte. In solchen Röhren kann die Flüssigkeit nur zu einer unendlich kleinen Höhe, welche unmerklich ist, über die Libelle steigen. Ähnlich ist die Ursache, warum die Flüssigkeit außer dem Haarröhrchen um und um nicht eben so hoch steige, als selbe in dem Röhrchen über die Libelle sich erhebet.

Auf eben die Art, nach welcher die Uebermacht der anziehenden Bestimmung bewirkt, daß eine Flüssigkeit in wirklichen Haarröhrchen über die Libelle sich erhebe, muß die nämliche Ursache bewirken, daß angemessene Flüssigkeiten in den hohlen Zü-

gen, welche durch die engen Zwischenräume der Körper gebildet werden, sich in diesen über die Libelle erheben müssen. Woraus man das Steigen der Flüssigkeiten in Zucker, Schwämme, u. d. m. die Erhebung der zum Wachstume der Pflanzen und aller Gewächse des Pflanzenreiches als Nahrung dienenden Säfte über die Oberfläche der Erde auch bis an den Gupf der höchsten Bäume, im Allgemeinen erklären kann.

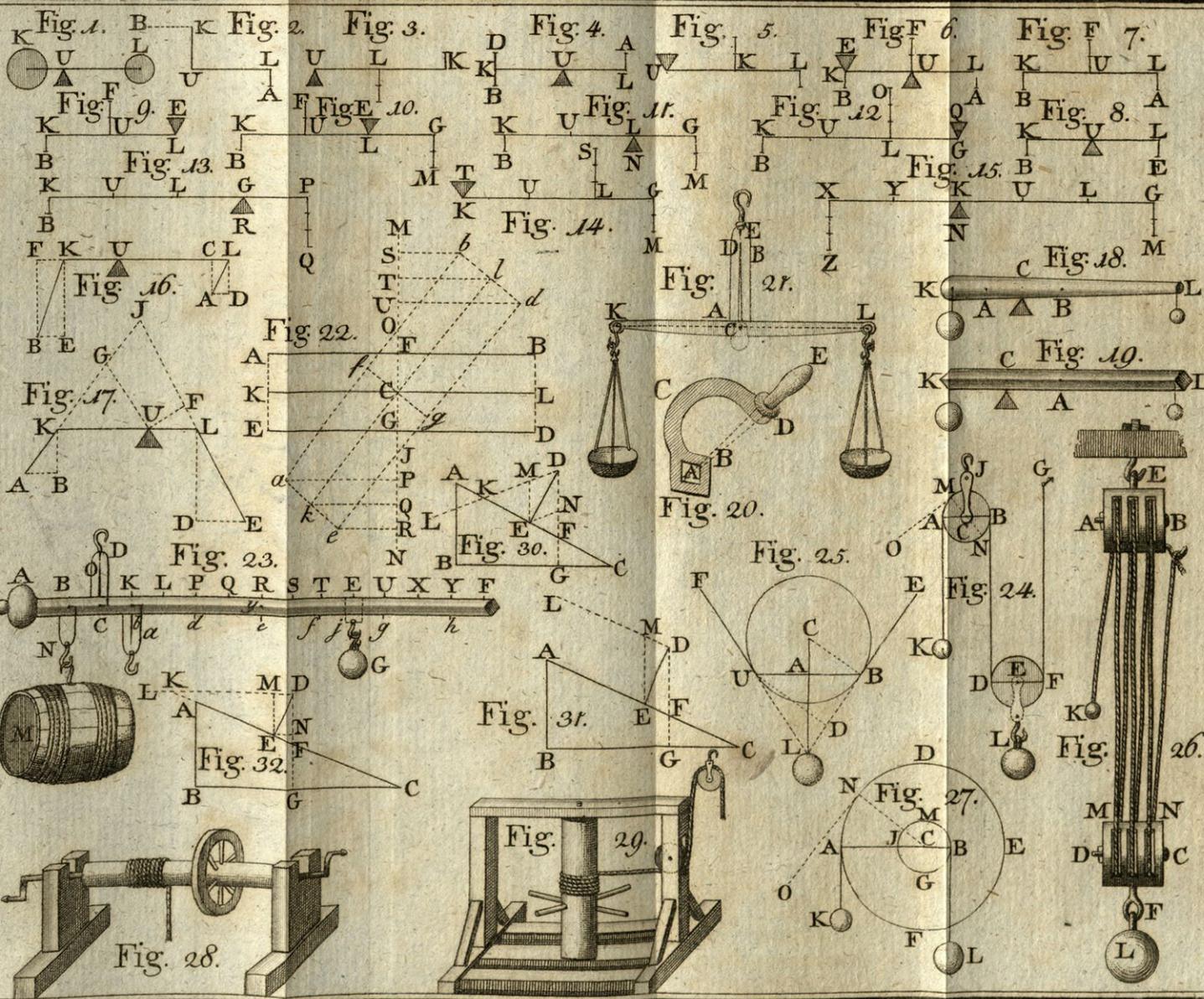
Wenn $G = KD - ZD$ ist, muß, wie gezeigt ist worden, die Flüssigkeit in Haarröhrchen zu steigen aufhören. Das Gewicht des Körpers ist wie seine Masse. Die Massen gleichartiger Körper sind wie ihre Ausdehnungen. 1. Abb. S. 56. 69. Die Ausdehnungen der in Haarröhrchen erhobenen Flüssigkeiten sind Cylinder, folglich wie die Producte aus den Höhen in die Quadrate der Durchmesser. Wenn daher die Höhe des im Haarröhrchen erhobenen Cylinders der Flüssigkeit H genannt wird; ist: $G = HD^2$, und im Gleichgewichte: $HD^2 = KD - ZD$. Beyde Glieder mit D dividiret: $HD = K - Z$. Dieß nähmliche kann für ein anderes gleichartiges Haarröhrchen in Beziehung auf einen gleichartigen flüssigen Körper mit kleinen Buchstaben ausgedrückt werden: $hd = k - z$. Es ist als, wenn beyde mit einander verglichen werden: $HD : hd :: K - Z : k - z$. In Haarröhrchen von gleichartiger Materie ist in Beziehung auf die nähmliche Flüssigkeit $K - Z = k - z$. Unter den nähmlichen Bedingnissen folglich ist auch: $HD = hd$, und $H : h :: d : D$. Das ist: die Höhen, zu welchen die nähmliche Flüssigkeit in gleichartigen Haarröhrchen von verschiedenen Durchmessern über die Libelle sich erhebet, sind im verkehrten Verhältnisse der Durchmesser.

Die Massen dieser erhobenen Säulen der nämlichen Flüssigkeit oder ihre Gewichte 1. Abb. S. 65. erhält man, wenn die Höhe mit dem Quadrate des Durchmessers multiplizieret wird. Wenn also diese Massen M und m genannt werden, so ist: $M : m :: HD^2 : hd^2$. Weil also, vermög eben gegebenem Beweise $Hd = hd$, so ist, beide letzten Glieder mit der gleichen Größe dividiret: $M : m :: D : d ::$ Die Massen der in zwey gleichartigen Haarröhrchen von verschiedenen Durchmesser über die Libelle erhobenen Flüssigkeiten sind, im geraden Verhältnisse der Durchmesser, desto größer, je größer der Durchmesser ist.

Weil die zu erhebende Masse der nämlichen Flüssigkeit desto größer ist, je größeren Durchmesser das Haarröhrchen hat, so wird die Erhebung derselben durch ihr Gewicht auch desto mehr gehindert, und die Flüssigkeit kann in einem weiteren Haarröhrchen nicht so schnell steigen, wie in dem dünneren. Wenn daher in einem Röhrchen, welches abnehmende Durchmesser hat, oder kegelförmig ist, und wagrecht lieget, etwas Flüssigkeit eingeschlossen wird, so muß diese immer gegen den Theil des Röhrchens sich begeben, dessen Durchmesser kleiner ist.

Wenn ein Haarröhrchen wie ein Heber gekrümmt ist, dessen kürzere Schenkel an eine Flüssigkeit gebracht wird, deren Theile von der Materie des Haarröhrchens stärker, als von einander angezogen werden, und der kürzere Schenkel kleiner als die Höhe ist, zu welcher gedachte Flüssigkeit in dem Haarröhrchen über die Libelle steigen würde, so wird diese Flüssigkeit nicht nur allein den ganzen kürzeren Schenkel übersteigen und ausfüllen, sondern auch in den längeren übergehen, und doch gedachte angemessene Höhe nicht erreichen. Sie wird auch diesen längeren Schenkel durch ihr Gewicht durchgehen,
und

und bey denselben so lang ausfließen, als der kürzere
 Schenkel an die Flüssigkeit im Gefäße reicht. Diese
 ist die Ursache, warum die in einem Gefäße eingee-
 schlossene Flüssigkeit durch ein mit der nähmlichen
 Flüssigkeit benetztes Tuch, oder einen Docht ohne
 Saugen ausfließt.



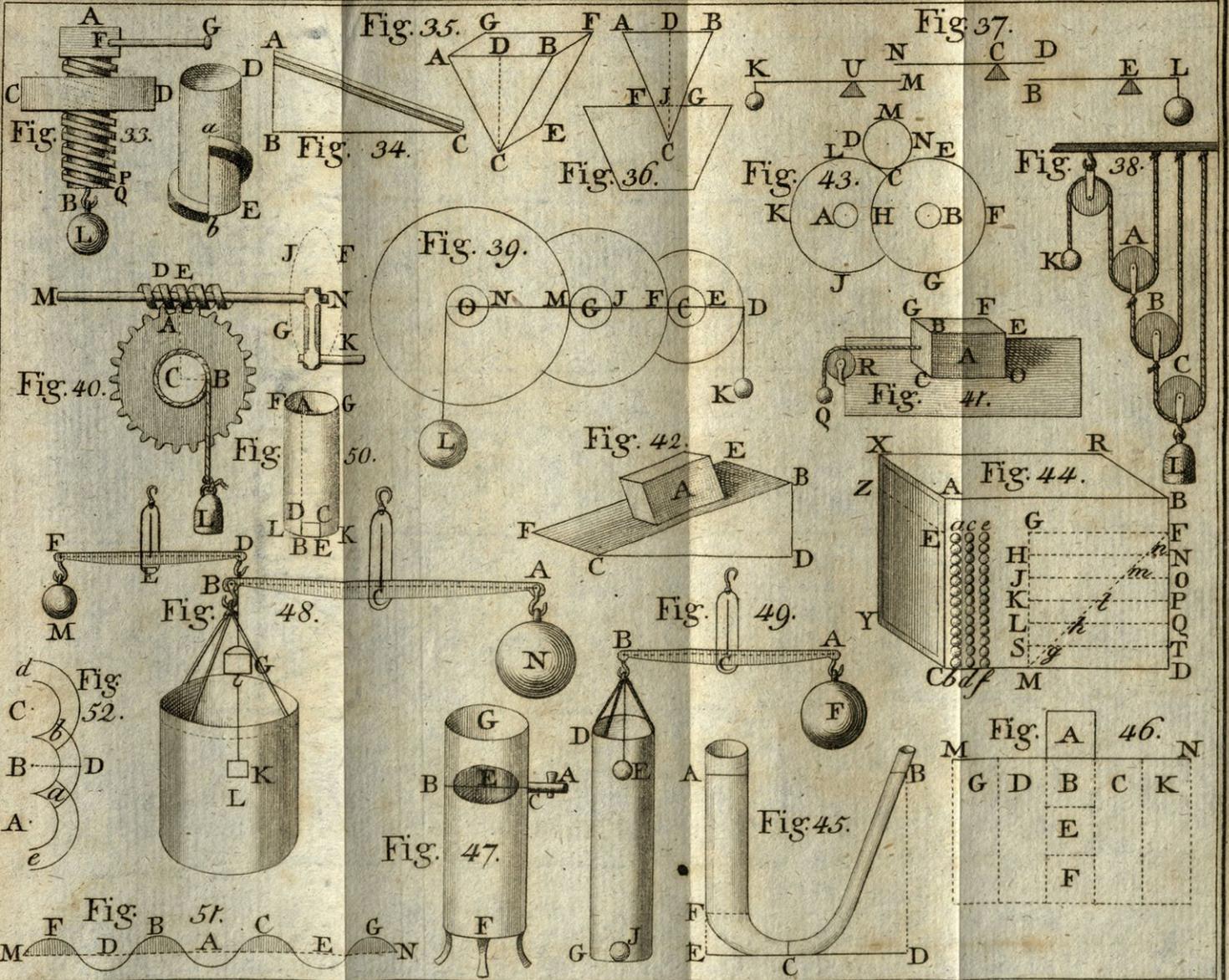


Fig. 46.

M	A	N
G	D B C K	
	E	
	F	



