III.

Theoretisch-praktische Abhandlung

über

die Natur, Beschaffenheit, und bessere Verfertigung der ungleicharmigen römischen, oder unrichtig so genannten Schnellwagen.

Verfasset

von

IGNATZ PICKEL,

Professor der Mathematik und Physik in Eichstädt.

Vorbericht.

Die in Italien, Oesterreich und auch andern Orten bekannten und beliebten, nngleicharmigen oder römischen Waagen werden in unserer und mancher anderer Gegend wenig gebraucht. Man bedient sich derselben fast nur bey sehr grofsen Lasten unter dem Namen der Heuwaagen, wo eine gleicharmige Balkenwaage auf keine Art mehr dienen kann. Eine Ursache davon mag sich wohl in der Anwendung selbst befinden. Sie ist nicht allgemein bekannt; und da man nicht von jeher über den Gebrauch so einer Waage unterrichtet ist, sucht man sie nicht, oder hält sie wohl gar in ihrer Wirkung für verdächtig. Doch dieses Vorurtheil würde bald verschwinden, wenn nicht die unrichtige, fehlerhafte, und dabey auch

unbequeme Verfertigung derselben sie wider alle ihre Verdienste unwerth gemacht hätte. Man nennt sie nur Schnellwaagen, die fast gar nicht in der Ruhe stehen, immer überschlagen, und auf solche Art unrichtig das wahre Gewicht angeben. Daran haben sie aber keine Schuld, sondern der ungeschickte, unwissende Künstler, der sie nach einer unrichtigen Uebergabe auf eine fehlerhafte Art verfertiget.

Die ungleicharmige oder römische Waage ist nicht nur aus ihrer Natur und Beschaffenheit gegen alle Vorwürfe geschützt; sie hat auch viele Vorzüge gegen die gemeine, gleicharmige Kramwaage, wie aus dieser Abhandlung erhellen soll. Wenn sie gleich diese nicht verdrängt, ja auch nicht kann oder will verdrängen, so steht sie doch gut und nützlich neben selber. Zum besondern Gebrauch einer Privathaushaltung soll sie wohl gar den Vorzug erhalten.

Ich liefs schon manche verfertigen, sowohl zu meinem als meiner Freunde Gebrauch. Ich habe ihre Eigenschaft nach theoretischen Gründen untersucht, sie selbst getheilt, und zum sichern Gebrauche hergestellt. Es kam mir auch manche zu Gesicht, bey welcher ich das Fehlerhafte einsehen, dagegen die bessere Einrichtung erkennen, und durch Erfahrung prüfen konnte.

Es wird doch zum allgemeinen Besten nicht undienlich seyn, wenn ich bekannt mache, wie selbe nach richtigen Grundsätzen sollen verfertigt, und auf die beste Art benutzt werden. Was hier zur Beurtheilung und Prüfung als ein ganz kleiner Beytrag zur Maschinenlehre gelehrten besseren Kennern vorgelegt wird, habe ich von keinem geborgt. Es ist auch, mir wenigst, nichts Bedeutendes bekannt, was andere darüber verfasset haben.

Ich gebe anfangs eine allgemeine Vorschrift zur richtigen Verfertigung; beweise sie hernach aus theoretischen Grundsätzen, und zeige zuletzt, wie man so eine Waage schon aus der Zeichnung oder aus dem Modelle überschlagen, noch besser aber, die verfertigte ganz richtig berechnen, und zuletzt praktisch zum Gebrauche herstellen und theilen solle.

---

§. 1.

§. 1.

Allgemeine Vorschrift zur Verfertigung einer römischen Waage.

1. Die römische Waage unterscheidet sich wesentlich von der gemeinen durch die sehr ungleiche Länge, und gegen einander ganz verschiedene Form ihrer Arme oder Balken, wie man sie auch nennt. Der kürzere Arm hat eine seiner nöthigen Stärke angemessene Breite und Dicke zwischen zwey senkrechten Seitenflächen. Der längere Arm ist eine rechtwinklichte vierseitige Stange. Der Durchschnitt davon ist ein ordentliches Viereck, dessen eine Diagonallinie in der Fläche des kürzern Arms liegt, die andere aber darauf rechtwinklicht gestellt ist.

Der kürzere Arm hat insgemein drey, oder besser, wenigst bey kleinern Waagen, zu einem mehr vollständigen Gebrauche, vier schneidige Nägel. Die zwey äufsern sind für die Waagschüssel, und das Abzuwiegende bestimmt; der dritte macht die Gränzen zwischen dem kürzern und längern Arm. An ihm hängt und ruht die Waage selbst, und er wird defshalben der Ruhepunkt genannt. Hat dieser noch einen entgegengesetzten unter sich, so kann auch an ihm in verkehrter Lage die Waage hängen. Der längere Arm bekommt ganz am Ende einen Nagel, der, wie es sonst gewöhnlich war, nicht wegbleiben sollte. So hat die Waage in allem 4 oder 5 Nägel.

2. Die erste Figur stellt nach der wahren Gröfse, mit Ausnahme der ganzen Länge, den senkrechten Durchschnitt einer kleinen römischen Waage vor, die ich mir für meinen Gebrauch zur genauen Abwiegung kleiner Gewichte von 1 bis 25 Pf. habe verfertigen

tigen

tigen lassen; und nach welcher schon etliche sind gemacht worden. Sie kann eben zur allgemeinen Vorschrift dienen bey Verfertigung solcher Waagen.

Sie hat zwey Ruhepunkte, und also 6 Nägel. Zur Zeichnung ihrer Lage und Gröfse kann man hier zum Maafsstabe sowohl, als hernach zum Gewicht das baierische oder auch ein anderes nehmen. In einer Entfernung von $\frac{1}{4}$ Zoll oder 3 Linien werden 3 Parallellinien gezogen, AE, ac und hk. Eine jede ist $21\frac{1}{2}$ Zoll lang. Nimmt man an einem Ende der obersten von A zu C 3 Zoll, und also von C zu E $18\frac{1}{2}$, so bestimmt die erste Distanz die Länge des kürzern, die andere des längern Arms. Die aus A, C und E auf die untere Parallellinie senkrechten Aha, Cc und Eke geben auf selber die den obern zutreffenden Punkte a, c, e.

Theilt man CA und ca in 12 Theile, und trägt davon 5 von C und c zu B und b, so ist aus den Ruhepunkten C und c die Lage und Entfernung der zwey Nägel Aa und Bb für die Waagschüssel bestimmt. Der dritte Nagel Ee am Ende des längern Waagarms gehört für ein beständiges Gewicht, das ich das Hülfsgewicht nenne.

Trägt man auf der mittlern Parallellinie aus h und i zu beyden Seiten $1\frac{1}{2}$ Linie, und zieht aus den so gefundenen Punkten g, l, m, n zu A und a, B und b Linien, so giebt diese Zeichnung den rautenförmigen Durchschnitt der Nägel mit einer hinlänglichen Stärke und Schärfe der Schneide bey A, a, B und B. Für den äufsersten Nagel Ee, der nur ein geringes Gewicht zu tragen hat, kann der kleinere Durchmesser qq statt 3 nur 2 Linien haben. Die Nägel C und c, weil sie die Waage sammt allen Gewichten tragen, bekommen 4 Linien zum Durchmesser rs. tv der halben Route. So erhalten alle Nägel eine hinlängliche Stärke auch noch für beträchtlich gröfsere Waagen. Man siehet auch schon, dafs man

sich

sich eben so streng an diese Zeichnung nicht zu binden habe, wenn nur die Nägel keine stumpfe Schneide bekommen, und sich an die Ringe der daran hängenden Haken nicht so bald anlegen.

Die Linien FD und fd, welche den Rücken des längern Waagarms, und den Weg für das Gewicht des Läufers anzeigen, sollen sich allezeit genau durch die Punkte der Nägel A, B, E und a, b, e, und durch den Ruhepunkt C und c ziehen. Es gehet aber dieser Rücken in keine scharfe, sondern in eine, bey so kleinen Waagen auf $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{3}$ Linie flach abgestumpfte Schneide aus. So ist in die Quere der Durchschnitt dieses durchaus gleich dicken Wagarms mit Abrechnung der kleinen Abstumpfung des Rückens ein rechtwinklichtes gleichseitiges Viereck, dessen jede Seite sehr nahe $4\frac{1}{4}$ Linie hat, und also zur Theilung sammt den dabey einzuschlagenden Zahlen breit genug ist. Der kürzere Arm bekommt so viel Eisen IGF und KHF ober, unter und vor den Nägeln, dabey auch so eine Dicke, hier wenigst von $\frac{1}{4}$ Zoll, dafs diese mit gehöriger Festigkeit können eingesetzt werden. So wiegt dieser ganze kleine Waagbalken sehr nahe 27 Loth nach baierischen Gewicht, und hat einen körperlichen Inhalt nur von 4,2 Kubikzollen, weil der Kubikzoll Stabeisen, wie hier noch wird erklärt werden, 6,4 Loth wiegt.

3. Man siehet aus dieser Zeichnung schon die Absicht bey so einer Waage. Da sie einen doppelten Ruhepunkt hat, und sowohl bey C, als in umgewandter Lage bey c kann aufgehängt werden, haben auch die andern 3 Nägel eine doppelte, und auf dem längern Arm werden alle 4 Seitenflächen zur Theilung benützt; nämlich die von F zu D beyderseits, wenn die Waage an C, und das Abzuwiegende an A oder B hängt; hingegen aber die andern zwey von f zu d, da c, b und a die Anhängpunkte sind. So viel mir bekannt ist, hat man sich dieses Vortheils noch niemals bedient. Es dürfen defshalben die Haken zur Aufhängung der Waage sowohl,

wohl, als der Waagschüssel oder Gewichte keine geschlossene Ringe, sondern offene haben, damit man sie nach Belieben von C auf c, und von A oder a auf B oder b einlegen, und auch bey E oder e anbringen, oder wegnehmen kann. Dem ohngeachtet erhalten sie die nöthige Stärke. Eben auch defshalben sind die Rückenlinien FD und fd genau mit einander parallel, und der Waagarm hat durchaus eine gleiche Dicke.

Es hängt von den Absichten ab, wie man so eine Waage doppelt benutzen wolle. Ich habe auf der hier gezeichneten, bey dem nämlichen Gewichte des Laufers, eine Seite für das baierische, die andere für das nürnbergische in Eichstädt eingeführte Gewicht getheilet. Ein anderer wählte das baierische und das Apotheker-Gewicht; wieder einer liefs sich nebst der Theilung für das baierische, auch eine für das Augsburger Kramgewicht anbringen. Man schafft sich dabey für ein jedes das Hülfsgewicht an, von dem noch wird gehandelt werden.

Man kann auch für eine jede Waage ein besonderes Gewicht des Laufers anbringen. Da ich oft kleine Gewichte, die nicht über 4 oder 5 Pfund gehen, auf das Genaueste bis auf $\frac{1}{10}$ eines Loths abwiegen sollte, habe ich bey so einer andern kleinen Waage für einen Theil nur ein Gewicht von 10 Lothen an den Aufsatz des Laufers angebracht. Mit diesem fängt die Waage an bey $1\frac{1}{2}$ Pf., und geht etwas über $3\frac{1}{2}$, durch das Hülfsgewicht aber auf $5\frac{1}{2}$. Hier nimmt die Theilung für 1 Pf. eine Länge von 84 Linien ein, und kommen auf 2 Loth noch $5\frac{1}{4}$. Diese werden auf dem Sattel des Aufsatzes für den Laufer (Fig. II. A) noch in 8 Theile getheilt, wovon einer $\frac{1}{4}$ und durch ganz zuverlässige Schätzung noch weiter $\frac{1}{10}$ Loth angiebt. Man kann auch von diesem noch das halbe bestimmen, weil die Waage sehr empfindlich ist, und eine fast unmerkliche Verschiebung des Laufers einen beträchtlichen Ausschlag giebt.

4. Will man die Waage nur einfach benutzen, so bleibt beym kürzern Arm der untere Theil abfHK weg, sammt der untern Schneide der Nägel. In diesem Falle ist es eben nicht gefehlt, wenn, doch aber bey unveränderter Lage des obern Rückens FD, unterhalb von f gegen d der längere Arm etwas dünner gemacht wird. Es soll aber dieses ohne Nachtheil der gehörigen Stärke geschehen, damit auch mit dem gröfsten Gewichte, welches die Waage noch tragen soll, sich der längere Waagarm nicht merklich biege.

Durch dessen allmählige Verjüngung erhält man diesen, wenigst bey kleinen Waagen unbedeutenden Vortheil, dafs der weniger überwiegende Waagarm mit einem kleinern am kürzern Arme bey A oder B angebrachten Gewichte das Gleichgewicht erhalte, und so die Waage früher zu dienen anfange. Ich liefs mir eine machen, mit der ich über 2 Centner richtig abwiegen kann. Der längere Arm war nach baierischem Maafse $33\frac{3}{4}$ Zoll lang. Im Anfange bey F hatte seine Dicke Ff 10, am Ende bey D $7\frac{1}{2}$ Linie. Er war noch stark genug, und wog 2 Pf. 18 Loth, hatte auch durch diese Verjüngung kaum 3 Loth verloren.

Ein Pfund von geschmiedetem Eisen hält 5 Kubikzolle, weil, wie schon gemeldet wurde, der baierische Kubikzoll nach baierischem Gewichte sehr nahe 6.4 Loth wiegt. Es darf also ein Waagarm schon lang und dick seyn, wenn er gegen das Ende hinaus, ohne Nachtheil der gehörigen Stärke, dünner gemacht, um ein Pfund soll geringer werden, wodurch der Mittelpunkt seiner Schwere sich nur wenig gegen F nähert. Dabey ist es doch immer besser und sicherer, dem Waagarm eine gröfsere Stärke zu lassen, weil dadurch die Waage an ihrer Richtigkeit sehr wenig oder wohl gar nichts verliert.

5. Der Aufsatz, welcher das Gewicht des Laufers trägt, auf dem Rücken des längern Waagarms fortgeschoben wird, und dort das Gewicht des Abgewogenen angiebt, soll mit besonderm Fleifse verfertigt werden. Nach der Art, wie ich ihn verfertige, ist er Fig. II. A und B in jener Gröfse gezeichnet, die für kleinere sowohl, als gröfsere Waagen beynahe unverändert verbleiben kann.

Ein oberhalb durchbrochenes Stück von dünnem Messing ABCDEF trägt den Senkel EF. An dieses ist unter dem Senkel noch ein dünneres CDABGH bey AB am Rande des obern herausgebogenes Blech angeschraubet. Der Winkel Gah = HBH (Fig. II. A und B) ist eben jener, welchen die Seitenflächen am Rücken des langen Waagarms bilden. Es machen also diese zwey messingene Blätter den darauf passenden Sattel. Die Dicke des mittlern Messingblechs, an welches sie befestiget sind, trifft mit der abgestumpften Schneide am Rücken des Waagarms zu, weil sie auf selber aufliegt, und verschoben wird.

Beyde Blätter des Sattels sind bey IK durchbrochen, etwa nach der halben Breite, oder etwas mehr von der Rückenfläche des Waagarms, und in so einer Länge, die sich wenigst auf 3 bis 4 oder 5 Theilungsstriche von selber erstreckt.

Oberhalb der Oeffnung des Sattels in der Mitte ist abermal zu beyden Seiten ein stärkeres Messingstück LMNP angeschraubet, welches das Gewicht des Laufers trägt. Es steht bey NP (Fig. II. B) rechtwinklicht über den Rand des Sattels HBh vor. Die Löcher N und P, an welchen die Gelenkdräte R und R für den Bogen S zum Laufergewicht Q hangen, müssen am untern Rande genau zutreffen mit der Linie AB (Fig. II. A), welche auf dem Rücken des Wagarms fortläuft. Dies ist das Wesentliche auf diesem Aufsatz. Von der Theilung, welche auf dem Sattel kommt, wird bey

dem

dem praktischen Unterrichte für die Theilung des Waagarms Meldung geschehen.

6. Eine hölzerne, mit Eisen beschlagene, und an hanfenen Schnüren oder Stricken hangende Waagschüssel ist höchstens bey grofsen Zentnerwaagen noch zu erdulden, wo die genaue Abwiegung auf etliche Loth, um welche sich ihr Gewicht bey trockenem und feuchtem Wetter leicht verändert, nicht erfodert wird. Bey kleinern Waagen soll sie von Eisen, oder besser von Messing oder Kupfer seyn. Sie soll auch nicht an dreyen, sondern an vier kleinen Ketten hangen, wovon immer zwey mit einem Ringe verbunden sind, damit man zur Einlegung des Abzuwiegenden sie halb öffnen könne.

7. Ueber diese allgemeine Vorschrift zur Verfertigung der römischen Waagen können hauptsächlich drey Fragen gestellt werden. Die erste betrifft die Entfernung der zwey Nägel für die Waagschüssel vom Ruhepunkte, und das Verhältnifs der Theilung auf dem Waagarm mit derselben. Die zweyte Frage beziehet sich auf das Hülfsgewicht und dessen Schwere. Die dritte erfodert eine richtige Erklärung, warum das Gewicht des Laufers genau an der Rückenlinie des Waagarms hängen, und diese sich durch den Ruhepunkt über die Schneide der Nägel ziehen solle. Die richtige Beantwortung dieser dreyfachen Frage enthält die ganze Theorie der römischen Waage, welche bis daher, so viel mir bekannt ist, mehr aus der Erfahrung, als aus bewiesenen Grundsätzen von der Natur des Hebels ist hergeleitet worden.

§. 2.

Entfernung der Nägel für die Waagschüssel vom Ruhepunkte der Waage; und Verbindung der Theilung auf dem Waagarme mit selber.

8. Jede Waage ist ein Hebel, und zwar ein schwerer physischer Hebel, der ohne Schwerpunkte nicht zu denken ist. Er unter-

terscheidet sich dadurch wesentlich von dem mathematischen, wo man sich nichts als die Länge allein vorstellt. Ist der beym Ruhepunkt überwiegende Hebelarm durch ein Gegengewicht an dem geringern in das Gleichgewicht gebracht, so wird er zwar nach den übrigen Eigenschaften als ein mathematischer Hebel betrachtet; es bleibt aber dennoch noch manches zu beweisen übrig, und eben diese Betrachtung selbst darf nicht so ganz frey angenommen werden. Da ich also vorher aus dem mathematischen Hebel beweise, in welcher Verbindung mit der Theilung einer römischen Waage die Entfernung der Nägel für die Waagschüssel von dem Ruhepunkte stehe, so ist auch hernach zu beweisen, dafs diese unverändert bleibe, so bald, nach in das Gleichgewicht gebrachtem überwiegenden Waagarme, das Gewicht des Laufers zu wirken anfängt.

9. *I. Lehrsatz.* Wenn das nämliche Gewicht bald beym weitern, bald beym nähern Nagel einer römischen Waage, dessen Schwere nicht in Betracht genommmen ist, abgewogen wird, haben die Theilungsgröfsen für die nämliche Differenz der Gewichte auf dem längern Waagarme das nämliche Verhältnifs gegen einander, welches die Entfernungen der Nägel vom Ruhepunkte haben.

Bey Fig. III seyen die Punkte A, B, C, F, D, E die nämlichen, wie bey Fig. I. Wenn ein Gewicht = q in A abgewogen wird, habe des Laufers sein Gewicht = p damit das Gleichgewicht in N. Wird aber das nämliche Gewicht in B abgewogen, befinde sich der Laufer in M. Kommt zu q in beyden Fällen noch ein gleiches Gewicht hinzu, so wird zur Erhaltung des Gleichgewichts der Läufer von N in n, und von M in m verschoben werden. Ich sage, es sey $Nn : Mm = CA : CB$.

Be-

Beweis. Nach der Theorie des Hebels ist

$CN : CA = q : p$, und

$CM : CB = q : p$. Folglich ist

$CN : CA = CM : CB$, und

$CN : CM = CA : CB$

wird aber das Gewicht q um eine beliebige Gröfse vermehrt, und rückt in diesem Falle der Laufer von N in n, und von M in m, so ist abermal

$CN + Nn : CM + Mm = CA : CB = CN : CM$, oder

$CN + Nn : CN = CM + Mm : CM$, und

$CN + Nn - CN : CN = CM + Mm - CM : CM$, das ist

$Nn : Mm = CN : CM$, und weil

$CN : CM = CA : CB$, so ist auch

$Nn : Mm = GA : CB$

wie der Lehrsatz lautet.

10. *II. Lehrsatz.* Wenn bey einer römischen Waage an dem nämlichen Nagel A oder B verschiedene Gewichte abgewogen werden, so sind die Theilungsgröfsen auf dem längern Waagarme der Differenz dieser Gewichte proportional.

Beweis. Da an einem Nagel A ein Gewicht = q angebracht ist, sey der Laufer = p in N. Kommt aber an den nämlichen ein anderes Gewicht = Q, werde jener zur Erhaltung des Gleichgewichts von N in n verschoben. So ist nach der Theorie des Hebels

für das erste Gewicht $NC \times p = CA \times q$

für das zweyte $nc \times p = CA \times Q$

und also $nC : NC = Q : q$

und $nC - NC : NC = Q - q : q$

nämlich $Nn : NC = Q - q : q$

oder $Nn : Q - q = NC : q$.

Eben

Eben so, wenn diese Gewichte an dem andern Nagel B hiengen, wäre

$$Mm : MC = Q - q : q, \text{ oder}$$
$$Mm : Q - q = MC : q.$$

Bey was immer für einem, doch dem nämlichen Gewichte $= q$, bleibt das Verhältnifs $NC : q$ oder $MC : q$ unverändert; so bleibt denn auch bey jeder Zulage zu diesem Gewicht der Weg des Laufers oder die Theilungsgröfse Nn, Mm in dem nämlichen Verhältnifs zu $Q - q$. Er wird zwey- und dreymal gröfser, wenn auch die Zulage zu q, oder $Q - q$ zwey- und dreymal gröfser ist, u. s. w.

11. *Zusatz.* Dieser zweyte Lehrsatz führt uns auch wieder auf den ersten zurück.

Denn weil $Nn : NC = Q - q : q$
und auch $Mm : MC = Q - q : q$
so ist auch $Nn : Mm = NC : MC$
und nach Nr. 9 ist $NC : MC = CA : CB$,
so ist denn auch $Nn : Mm = CA : CB$
wie in dem ersten Lehrsatze bewiesen wurde.

Wir haben also bey dem mathematischen Hebel die zur Theilung der römischen Waage so wichtigen zwey Hauptsätze bewiesen, nämlich: 1) Die Theile auf einer jeden Seitenfläche des längern Waagarms sind durchaus einander gleich für gleich anwachsende Gewichte. 2) Die Gröfsen der nämlichen Theile, wie sie das bald am weitern Nagel A, bald am nähern B hängende Gewicht erfodert, verhalten sich gegen einander, wie die Abstände dieser Nägel vom Ruhepunkte der Waage, nämlich wie $AC : BC$. Nur ist noch zu beweisen, dafs diese Anwendung auf den physischen schweren Hebel richtig sey, wie sie zwar die Erfahrung bestätiget.

12. Wenn in A und B gleiche Gewichte abgewogen werden, da der Laufer in N und M sich befindet, ist keineswegs bey dem

schwe-

schweren Hebel $NC \times p = AC \times q$, oder $MC \times p = BC \times q$, weil der Laufer nicht das ganze Gewicht q trägt, sondern nur den Rest, welcher übrig bleibt, wenn von q abgezogen wird jener Theil, welcher für das Gleichgewicht mit dem überwiegenden längern Waagarme verwendet wird.

Es sey in A das dazu erfoderte Gewicht $= r$, in $B = t$, so ist beym physischen Hebel

$$NC \times p = CA \times (q - r)$$
$$MC \times p = CB \times (p - t)$$

oder $CA : NC = p : q - r$

$$CB : MC = p : q - t$$

Beym mathematischen aber ist

$$CA : NC = p : q$$
$$CB : MC = p : q$$

Wenn also das zum Gleichgewicht mit dem schwerern Waagarme erfoderte Gewicht abgerechnet wird, so kommt der physische Hebel mit dem mathematischen überein, da in beyden Gewicht und Gegengewicht, Kraft und Last sich gegen einander in verkehrtem Verhältnisse des Abstandes von dem Ruhepunkte verhalten.

Nur wiegt nicht alsdann der Laufer für sich gleiche Gewichte ab, wenn in A und B gleiche hängen, weil t gröfser ist als r. Setzt man aber zu diesen gleiche Gewichte für den Laufer, so kommt abermal das nämliche Verhältnifs vor, wie beym mathematischen Hebel, und es passen auf ihn die von diesem bewiesene Lehrsätze, nur mit diesem Unterschiede, dafs der Laufer an einem physischen Hebel scheinbar ein gröfseres Gewicht abwiegt, als an dem mathematischen, weil ihm auch jenes zugerechnet wird, welches nur dem schwerern Waagarme das Gleichgewicht hält. Wie sich diese Gewichte r und t gegen einander verhalten, soll untersucht werden,

weil

weil dieses Verhältnifs auch zur praktischen Kenntnifs der römischen Waage sehr vortheilhaft ist.

13. *III. Lehrsatz.* Bey einer römischen Waage verhalten sich die Gewichte, welche am weitern oder nähern Nagel hängend mit dem schwerern Waagarme das Gleichgewicht halten, in verkehrtem Verhältnifs der Abstände dieser Nägel vom Ruhepunkte.

Beweis. Vom längern überwiegenden Waagarme sey der Mittelpunkt der Schwere in R, sein Gewicht = P, so ist sein Moment = CR × P. Vom kürzern sey der Mittelpunkt der Schwere in S, und sein Gewicht = p, folglich sein Moment = CS × p. Dabey hängt in B ein Gewicht = t, oder in A = r zum vollen Gleichgewicht mit dem längern Waagarme, so ist

$$CS \times p + CB \times t = CR \times P \text{ und}$$
$$CS \times p + CA \times r = CR \times P$$
$$CB \times t = CR \times P - CS \times p$$
$$CA \times r = CR \times P - CS \times p$$
$$CA \times r = CB \times t, \text{ und also}$$
$$CA : CB = t : r.$$

Das ist, die Gewichte in B und A, nämlich t und r sind in verkehrtem Verhältnisse der Abstände vom Ruhepunkte, oder wie CA : CB.

14. *Zusatz.* Es ist also in A das Gewicht $r = t \times \frac{CB}{CA}$. Setzen wir diesen Werth bey (Nr. 12) $CA \times (q - r)$, oder $CA \times q - CA \times r$, so wird $- CA \times r = - CA \times t \times \frac{CB}{CA} = - CB \times t$, und statt $NC \times p = CA \times (q - r)$
und $MC \times p = CB \times (q - t)$ haben wir

1. $NC \times p = CA \times q - CB \times t$
2. $MC \times p = CB \times q - CB \times t$

und wenn die 2te Gleichung von der ersten abgezogen wird, giebt die Differenz

$$NC \times p - MC \times p = CA \times q - CB \times q$$

Folglich $NC - MC : CA - CB = q : p$

das ist $MN : AB = q : p$.

Eben das Verhältnifs giebt auch der mathematische Hebel. Bey ihm ist

$$NC \times p = CA \times q$$
$$MC \times p = CB \times q$$

also $NC \times p - MC \times p = CA \times q - CB \times q$

$NC - MC : CA - OB = q : p$

oder $MN : AB = q : p$.

Wenn also gleich am physischen Hebel das in A und B hängende Gewicht q der Laufer allein nicht trägt, so ist doch bey ihm, wie beym mathematischen der von ihm durchlaufene Weg MN zur Differenz AB der Abstände der Nägel A und B vom Ruhepunkte C in dem nämlichen Verhältnifs q:p, wie beym mathematischen Hebel, und es ist abermal bewiesen, dafs sie in ihren Eigenschaften übereinkommen.

15. Zur vorläufigen Berechnung einer römischen Waage, die auch am Ende wird vorgenommen werden, mufs nothwendig bekannt seyn das Verhältnifs des Abstandes der Nägel vom Ruhepunkte. Die Ausmessung mit dem Zirkel giebt diese Abstände schon mit grofser Genauigkeit. Durch die in A und B angebrachten Gewichte, mit welchen der Waagarm den waagrechten Stand erhält, bekommt man eben dieses Verhältnifs sehr richtig, wenn zu diesen Gewichten auch das Gewicht der Waagschüssel sammt dem Hacken, an welchem sie hängt, hinzugesetzt wird. Die Theilungen auf dem Waagarme selbst, wie Nr. 9 bewiesen wurde, geben vorzüglich die-

ses Verhältnifs sehr richtig an. So hat man also ein dreyfaches Mittel, diese nöthige Kenntnifs zur Prüfung der Waage genau zu erhalten.

16. Es kann aber hier noch die nützliche Frage angestellt werden, was für ein Verhältnifs des Abstandes der Nägel vom Ruhepunkte für das bessere zu wählen; und wie grofs die Entfernung zu nehmen sey.

Setzt man den nähern Nagel in einem etwas weitern Abstande vom Ruhepunkte, und bringt ihn also näher zu den äufsern, so werden die Theile auf dem längern Waagarm gröfser; es ist zum Gleichgewichte mit diesem kein so grofses Gewicht erfodert, und der Laufer kommt in die Wirkung mit einem geringern in der Waagschüssel, oder, wie man sagt, die Waage fängt früher an. Sie gehet aber auch nicht so weit, da der an das Ende bey D geführte Laufer kein so grofses Gewicht mehr abwiegt. So übersteigt auch das gröfste am weitern Nagel von ihm abgewogene, um vieles das kleinste beym nähern, und so leisten beyde durch viele Pfunde ohne Noth oder besondern Vortheil den nämlichen Dienst.

Ganz das Entgegengesetzte ereignet sich, wenn der mittlere Nagel näher zum Ruhepunkt gesetzt wird. Die Theile auf dem längern Arm werden kleiner; ein gröfseres Gewicht ist zum Gleichgewicht mit diesem erfodert; die Waage fängt später an, gehet aber weiter mit dem an das Ende geführten Laufer; und das kleinste Gewicht an diesem Nagel ist nicht so beträchtlich unterschieden vom gröfsten beym ersten. Man siehet also schon, dafs mit Rücksicht auf die Absichten bey so einer Waage ein Mittel müsse getroffen werden.

Der nähere Nagel wird nur defshalben angebracht, dafs man gröfsere Gewichte abwiegen könne. Wollte man aber auf ihn allein

durch

durch grofse Annäherung an den Ruhepunkt eine zu schwere Last legen, so würde nicht nur mit Nachtheile einer genauern Abwiegung die Abtheilung auf dem längern Waagarm zu klein ausfallen, sondern es würde die Waage selbst fehlerhaft werden, weil sie später bey diesem Nagel anfieng, als sie sich mit dem gröfsten Gewichte beym weitern Nagel endiget; oder, wie man sagt, die Waage hätte hier eine Lücke. Es gehe z. B. das gröfste Gewicht, welches der Laufer am weitern Nagel abwiegt, bis 45 Pfund. Beym Nähern aber fange er erst an mit 60, so hätte die Waage eine Lücke von 45 bis 60, und die Zwischengewichte könnten darauf nicht abgewogen werden.

Will man es aber weiter treiben, als es der Laufer für sich bringen kann, so wird am Ende bey E ein Hülfsgewicht angebracht. Dieſs sollte auch allezeit geschehen, damit die Waage die möglichste Wirkungskraft erreiche. Wie viel aber dieses Hülfsgewicht leisten soll, wird bald erklärt werden.

Nach guter Erfahrung und angestellten Rechnungen sollte das Verhältniſs der Abstände des nähern und weitern Nagels vom Ruhepunkte, oder der Linien CB zu CA niemals auf 1 zu 2 steigen, und auch nicht leicht unter 1 zu 3 fallen. Das Verhältniſs 5 : 12, als das Mittel zwischen $6:12 = 1:2$, und $4:12 = 1:3$ habe ich bis daher für ganz gut und vortheilhaft gefunden. Es giebt die Theilungen für den nähern Nagel nicht zu klein, und der Laufer fängt weder zu früh, noch zu spät an zu wirken, wenn man eine gute Auswahl für sein Gewicht durch eine vorläufige Untersuchung getroffen hat. Wie aber diese anzustellen sey, werde ich in der Folge zeigen.

17. Was die absolute Länge von AC, und also auch von BC anbelangt, ist sie zwar für sich ebenfalls nicht bestimmt: doch wenn der längere Arm CE von $1\frac{1}{2}$ nicht viel über 3 Schuh gehet,

 kann

kann AC 3 Zoll und BC $1\frac{1}{4}$ in der Länge haben. Wächst der längere Arm von 3 bis 6 Schuh an, so kann der kürzere auf 4 bis 5 oder auch 6 Zoll gehen. Nur bey den gröfsten Last- oder Heuwaagen bekommt dieser 12 bis 15 Zoll. Wenn man beynahe bestimmt, wie grofs die Pfundtheilung auf der Waage seyn soll, und dabey Rücksicht nimmt auf das am Ende bey E anzubringende Hülfsgewicht, läfst sich die passende Länge durch Rechnung mit hinlänglicher Richtigkeit ausfindig machen, auch bey Ermanglung eines vorliegenden guten Musters. Am Ende dieser Abhandlung wird mit einer Waage so eine Rechnung angestellt werden.

§. 3.

Wahre Gröfse des Hülfsgewichts am Ende des längern Waagarms.

18. Nachdem der Waagarm schon durch ein Gegengewicht den waagrechten Stand erhalten hat, soll das Hülfsgewicht für sich allein ohne Laufer so viel tragen, als dieser auch für sich abwiegt, da er seinen ganzen Weg von dem nächsten Stande beym Ruhepunkte bis an das Ende des Waagarms durchlaufen hat. So leistet es die gröfsten Dienste. Geringer darf es wohl seyn, aber nicht schwerer, wenn nicht die Waage fehlerhaft werden, und eine Lücke bekommen soll.

Wir wollen setzen, die Waage beym Nagel B fange an mit 26 Pf., und gehe bis 116, so darf für sich das Hülfsgewicht $116 - 26 = 90$ abwiegen, und nicht mehr. So trägt mit dieser Beyhülfe die Waage $116 + 90 = 206$ Pf. ohne Lücke. Nach angebrachtem Hülfsgewichte stehe der Laufer am Anfange bey 26, so werden hier von beyden zugleich abgewogen $26 + 90 = 116$, nämlich eben so viel, als von dem an das Ende geschobenen Laufer allein. Wird er hernach vom nächsten Stande weiter verschoben

auf

auf 27, 28 u. s. w. bis zu 116, so werden 27 + 90, 28 + 90, u. s. w. bis 116 + 90 = 206 ohne alle Lücke abgewogen. Hätte aber das Hülfsgewicht für sich schon mehr, z. B. 100 Pf. getragen, wäre das Kleinste, so es mit dem Laufer abwiegt, schon 100 + 26 = 126, und von 116 bis 126 könnte nichts abgewogen werden, weil die nächste Verschiebung des Laufers schon 100 + 27 = 127 giebt.

Wenn also, allgemein zu reden, das kleinste Gewicht, welches der Laufer abwiegt = m, das gröfste = M, so soll für sich das Hülfsgewicht tragen M — m. Auf solche Art ist abermal das kleinste, welches es mit dem Laufer abwiegt, = M — m + m = M, und das gröfste = M — m + M = 2 M — m. Wäre das Hülfsgewicht schon auf eine gröfsere Last = M + a — m gerichtet worden, so hätte die Waage zwischen M dem gröfsten Gewichte mit dem Laufer allein, und dem kleinsten mit diesem, und dem Hülfsgewichte = M + a — m + m = M + a eine Lücke von M bis M + a.

19. So ein Hülfsgewicht verändert die Theilung für den Laufer nicht. Es macht nur den längern Wagarm um so viel schwerer, dafs noch ein Gewicht M — m = 90 bey B nöthig ist, mit welchem es neuerdings den waagrechten Stand erhält. Nur zur Pfundzahl bey der Theilung für den Laufer allein wird beständig M — m = 90 bey B hinzugesetzt. Giebt M — m keine zu dieser freyen Addition fügliche Zahl, so wählt man eine kleinere, keineswegs aber gröfsere, mehr bequeme. Wäre z. B. M = 117, und m = $25\frac{1}{2}$, würde M — m = $91\frac{1}{2}$. Statt dieser nimmt man füglicher die gerade Zahl 90.

20. Der grofse ganz besondere Vortheil, welchen das beständige Hülfsgewicht leistet, besteht in der beträchtlichen Abkürzung des Waagarms. Hätte man ohne selben 206 Pf. abwiegen wollen, so wäre der Waagarm fast um den ganzen Weg länger geworden, welchen der Laufer von F bis D, von 26 bis 116 durchläuft. Das mit dieser Verlängerung anwachsende Gewicht des Waagarms, und der dadurch wei-

ter

ter fortgerückte Mittelpunkt der Schwere hätte ein gröfseres Gegengewicht bey A und B erfodert, und die Waage hätte später angefangen brauchbar zu werden.

Es ist allerdings gefehlt, wenn man sich dieses Vortheils nicht bedient. Noch mehr aber, wenn man bey Weglassung desselben lästig lange Waagbalken verfertigen läfst, oder doch ein zu schweres Gewicht für den Laufer wählt, ohne zu bedenken, dafs daher, bey kleiner ausfallender Theilung auf dem Waagarm, die Abwiegung mit weniger Genauigkeit verrichtet werde.

21. Wenn gleich beym weitern Nagel so grofse Gewichte, wie beym nähern, nicht können abgewogen werden, so sollte man doch auch für ihn ein Hülfsgewicht bestimmen. Man erhält doch diesen Vortheil dadurch, dafs auch hier die Waage für gröfsere Gewichte dienet, und zwar mit beträchtlich gröfserer Genauigkeit, weil für diesen Nagel die Pfundabtheilungen in dem Verhältnifs CB : CA gröfser sind. Hat man dafür das Hülfsgewicht bestimmt, so untersucht man nur, um wie viel es für den nähern Nagel leichter oder schwerer seyn solle. Wird dieses weggenommen oder beygelegt, so hat man mit wenigem Aufwande die Hülfsgewichte für beyde Nägel.

Beym Nagel A fängt meine Waage an mit 7 Pf., und geht bis 45. Wäre dafür ein Hülfsgewicht verfertigt auf $45 - 7 = 38$, könnten auch hier 83 sehr genau abgewogen werden, weil jedes Pfund an dem Aufsatze des Laufers von 2 zu 2 Loth getheilt ist, welches für den Nagel B nur von 4 zu 4 füglich geschehen könnte.

Doch da ich mich mit der ganz zuverlässigen Rechnung befriedige, so dient mir auch für den Nagel A ohne Abänderung das für den nähern B auf 90 Pf. verfertigte Hülfsgewicht. Denn weil die mit ihm das Gleichgewicht haltenden Gewichte bey A und B in verkehrtem

Ver-

Verhältnifs ihrer Abstände vom Ruhepunkte CA und CB (Nr. 13) sind, so ist $CA : CB = 90 : 90 \times \frac{CB}{CA}$.

Dieses Verhältnifs giebt schon am genauesten die Theilung des Waagarms. Für den Nagel A haben 4 Pfunde 223,4, für den Nagel B aber 95,6 Tausendtheile des Pariser Schuh. So ist also $CA : CB :: = 223{,}4 : 95{,}6$, und $90 \times \frac{CB}{CA} = 38{,}513 = 38$ Pf. $16\frac{3}{8}$ Loth. So viel trägt dieses Hülfsgewicht bey A, mit einer kleinen Lücke von $16\frac{3}{8}$ Loth, weil es nur 38 tragen sollte. Kommt der Fall dahin, kann man sich leicht helfen durch ein in die Waagschüssel gelegtes Gewicht von einem halben oder ganzen Pfunde.

Das Hülfsgewicht wiegt genau 110,75 Loth. Sollte es auf A zu 38 Pf. justirt werden, wäre $38{,}513 : 110{,}75 = 38 : 109{,}275$. Es sollte also dieses Gewicht geringer werden um $110{,}75 - 109{,}275 = 1{,}475$ Loth, oder, da ich das Loth in $16 \times 16 = 256$ Theile abtheile, wären nur $1\frac{122}{256}$ Loth abzuziehen. Wäre anfangs für A das Hülfsgewicht auf 38 Pf. verfertigt worden, dürften ihm nur $\frac{122}{256}$ Loth beygelegt werden, damit es bey B auf 90 Pf. diente. Ich habe es unterlassen, und wollte diese Rechnung nur zur vollständigen Berichtigung solcher Gewichte anstellen.

§. 4.

Die Rückenlinie des längern Waagarms oder der Weg des an selbem hangenden Laufers soll sich genau durch den Ruhepunkt der Waage und über die Schneide der Nägel für die Waagschüssel ziehen.

23. Es soll hier jede Waage wieder in ihre Rechte eingesetzt werden, aus welchen sie irrige Meynungen von Vielen verdrungen

gen haben. In einer jeden Waage sind 4 Punkte zu betrachten, nämlich zwey A und B, an welche das Gewicht und Gegengewicht
Fig. IV. angebracht ist. Der dritte Punkt ist der Ruhepunkt C, jener nämlich, an welchem die Waage hängt; der vierte endlich ist der Mittelpunkt der Schwere oder der Schwerpunkt G. Die Linie AB, welche durch die ersten zwey Punkte gezogen wird, wollen wir die Waaglinie; die andere CG, welche den Ruhepunkt mit dem Schwerpunkt verbindet, die Centrallinie nennen.

In Elementarbüchern der Physik, wenn von der gemeinen oder gleicharmigen Waage gehandelt wird, stehet vielfältig dieser Satz: Der Ruhepunkt soll über der Waaglinie stehen, und wird als fehlerhaft angegeben, wenn er sich durch diese ziehet. Diefs ist aber grundfalsch, und der dazu angeführte Beweis pafst nur auf einen mathematischen Hebel ohne Schwere, der eigentlich sowohl zur Theorie als zur Praxis eines schweren physischen Hebels, den wir allein haben, gar nichts taugt, und schon lange genug bey Aufsuchung der physischen Ursache vom Gleichgewichte des physischen Hebels irre geführt hat *). Dagegen stelle ich diesen Satz:

24. Es ist nicht nur besser, sondern gehört zur wesentlichen Vollkommenheit einer jeden gleich- oder ungleicharmigen Waage, dafs die Waaglinie sich durch den Ruhepunkt ziehe. Es mufs aber der ganze Bau des schweren Hebels so eingerichtet seyn, dafs der Schwerpunkt G unter die Waaglinie falle. Diefs hat bey einer römischen ungleicharmigen Waage, wenn sie nicht, wie viele, fehlerhaft gemacht ist, ganz seine Richtigkeit, weil der Rücken des schwerern längern Arms gemäfs der Nr. 2. gemachten Vorschrift genau nach der Linie ACB, unter welcher fast all sein Eisen liegt, sich fortziehen soll.

Der

*) Ich werde vielleicht darüber ein andersmal meine Betrachtungen mittheilen.

Der Satz wird dadurch erklärt und bewiesen, wenn aus der Natur des Gleichgewichts mit Ueberweisung gezeigt wird, dafs die Abwiegung auf einer jeden Waage, ohne und mit Ausschlag ganz richtig geschehe, wenn die Waaglinie durch den Ruhepunkt geht; keineswegs aber, wenn dieser über derselben steht.

25. Es müssen eigentlich auf einer Waage oder jedem schweren Hebel drey Schwerpunkte betrachtet werden. Einer des längern Waagarms befindet sich bey diesem in einem Punkte R; der andere beym kürzern in S, wenn an ihm noch kein Gewicht hängt. Fällt der dritte gemeinschaftliche Mittelpunkt von beyden (*centrum commune gravitatis*) nicht in den Ruhepunkt C, sondern aufser diesem, z. B. in F, so erfolgt kein Gleichgewicht; die Waage überschlägt, und sinkt an der Seite bey F, weil sie nicht in F, sondern in C aufliegt. Wird aber in einem Punkte, das ist, an einem Nagel A oder B ein Gewicht angebracht, so rückt der Schwerpunkt S gegen A oder B, und F gegen C. Geschiehet es, dafs F wirklich in C falle, so erfolgt das Gleichgewicht. Wird nun bey einer römischen Waage der Laufer aufgesetzt, und dagegen ein Gewicht in die Waagschüssel bey A oder B gelegt, so verrücken wieder die Schwerpunkte; und durch Verschiebung des Laufers bringt man es dahin, dafs der gemeinschaftliche wieder zum Gleichgewicht in C falle. Fig. III.

Es wurde vorher, besonders Nr. 11, 12 und 13, die Waage als ein doppelter Hebel, physischer und mathematischer, betrachtet. Der erste diente nur, den Hebel für sich in das Gleichgewicht zu bringen; der andere, ohne Schwere betrachtet, den Weg des Laufers, und das Verhältnifs der Gewichte bey A und B zu bestimmen. Diefs geschah auch ganz recht, und so dient allein der mathematische Hebel, obwohl er in der Natur nicht existirt, wo alles eine Schwerkraft hat, und es nur so, wie hier erklärt wurde, mit Verrückung der Schwerpunkte hergehet, bey einem seiner Schwere nach immer veränderten Hebel. Hier ist also schon richtig, dafs die Schwer-

punkte des längern und kürzern Waagarms oder Hebels in einer Linie mit dem Ruhepunkte liegen, den man in der Naturlehre das Hypomochlium zu nennen pflegt. Er ist auch bey einem mathematischen Hebel der Mittelpunkt der Schwere (*centrum gravitatis*), nicht aber bey jener schweren gleich- oder ungleichförmigen Waage, die unsern Absichten angemessene Dienste leisten soll, wie es hier besonders noch zu erklären ist.

Fig. IV. 26. Wenn durch angebrachte Gewichte in A, und von da aus über den Ruhepunkt C weiter fort, wo immer in B das Gleichgewicht erhalten ist, so wird und mufs die Centrallinie W C G zugleich die auf die Waaglinie A B senkrechte Verticallinie seyn, weil in keinem Falle ein schwerer Körper um einen Punkt ruhet, wenn nicht die aus diesem gezogene Verticallinie durch den Schwerpunkt gehet.

Fällt dieser in C selbst, wo $CG = o$, so ist die Waage untauglich, und ruhet in jeder Lage D F oder E H, weil die von da aus auf A B gezogenen senkrechten D a E, F b H auf Punkte in a und b fallen, wo abermal $aC : bC = AC : CB$. Das mindeste Uebergewicht würde hier die Waage überschlagen. Noch schneller würde dieses geschehen, wenn der Schwerpunkt oberhalb A B in W fiel, wo er bey jeder Neigung sich dem senkenden überwiegenden Hebelarm näherte, und sein Uebergewicht vermehrte. Er mufs also nothwendig in G unter C fallen.

Wenn hier, wie es bey Verschiebung und Aufsuchung des Standorts für den Laufer zur Erhaltung des Gleichgewichts unvermeidlich ist, der Hebel in eine Schwingung gebracht wird, bey welcher A und B in gegenseitiger Richtung D und F, oder E und H sich erhöhen oder herabsenken, so erfolgt keine Ruhe, bis nicht, wie bey einem Pendel, der aufser der senkrechten Linie C G in g oder k gebrachte Schwerpunkt G in der Lage C G ruhet. Er allein

wirkt,

wirkt, weil bey jeder Neigung, wie schon gemeldet wurde, das zum Gleichgewicht erfoderte Verhältnifs CA : CB = CD : CF = CE : CH = Ca : Cb unverändert bleibt.

27. Hat man aber bey Verschiebung des Laufers den gehörigen Stand noch nicht vollkommen erhalten, so dafs A gegen B noch etwas zu gering oder zu schwer ist, so würde die Ruhe ober- und unterhalb der wagrechten Linie AB erfolgen, oder, wie wir sagen, die Waage würde einen Ausschlag geben. Treibt das bey A zu schwere Gewicht das andere bey B in die Höhe, so wird der von G in k gehobene Schwerpunkt entgegen wirken, bis mit seiner Beyhülfe das in H etwas zu geringe Gewicht in einer schrägen Lage ECH das Gleichgewicht erhält. Wäre aber B gegen A etwas zu schwer, so würde es gegen F herabsinken, und A in D, den Schwerpunkt aber von G in g erheben. Dieser wirkt nun mit A, ersetzt den kleinen Abgang, und bringt das Gleichgewicht in einer andern schrägen Lage DF. Der Winkel HCB = ACE oder FCB = ACD wird um so gröfser seyn, als B gegen A geringer oder schwerer, und der Abstand CG des Schwerpunkts vom Ruhepunkte gröfser ist, oder, wie wir sagen, wenn die Waage unterhalb mehr Eisen hat. Sie zeigt in diesem Falle ein etwas gröfseres Uebergewicht, sie überschlägt später, und ist nicht so empfindlich, als wenn CG kleiner ist, wo der nämliche Winkel eine kleinere Differenz zwischen B und A angiebt, und die Waage sehr empfindlich ist, folglich früher überschlägt. Die hier gemachte Erklärung ist bey allen gleich- oder ungleicharmigen Waagen richtig, wenn die Waaglinie AB durch den Ruhepunkt geht. Auf solche Art ist vollkommen bekannt das verlangte Gewicht aus dem waagrechten Stande des Hebelarms AB, wie es bey aller Abwiegung, vorzüglich aber bey der römischen Waage gesucht wird. Eben in diesem bestehet schon das Wesentliche einer jeden Waage. Leistet diefs eine gemeine Kramwaage nicht, so ist sie fehlerhaft, und eigentlich keine gleicharmige, sondern eine ungleicharmige römische Waage.

28. Nun wollen wir auch vor Augen legen, wie im Gegentheile es für die Waage sehr nachtheilig sey, wenn die Waaglinie sich unter dem Ruhepunkte vorbeyziehet. Es ereignen sich hier verschiedene Fälle. Da beym Gleichgewichte die Centrallinie CG zugleich senkrecht auf der wahren Waaglinie AB stehet, geschieht bey einer fehlerhaften Waage, dafs Gewicht und Gegengewicht sich nicht in A und B befinden, sondern in N und L; in N und A; in B und L; in M und L; in N und T, oder in M und T. In allen diesen Fällen wird die Abwiegung mehr oder minder unbequem, und nachtheilig ausfallen.

Bey manchen fehlerhaften römischen Waagen treten nach verschiedenem Stande des Laufers auch zwey und drey Fälle ein. Obwohl schon gegen die Nägel für die Waagschüssel der Nagel des Ruhepunkts zu hoch gesetzt ist, so stehet doch anfangs der Rücken des längern Waagarms noch höher, senkt sich aber nachmals auch bis unter die Linie der andern Nägel, weil er auch von oben herab gegen das Ende zu verjünget und zugefeilt ist. Anfangs haben Waagschüssel und Laufer gegen den Ruhepunkt die Lage LCM, nachmals LCB, und endlich LCN, wie es schon die ungleiche Ueberschnellung des kaum jemals in die Ruhe zu bringenden Waagarms anzeigt. Das Nachtheiligste ist noch dabey, dafs zuweilen an dem fehlerhaften Aufsatze das Gewicht des Laufers über der Rückenlinie hängt, und die Waage zur Ueberschnellung ganz eignet, so dafs in der Lage LCM der Ruhepunkt gar unter die Linie LM fällt. Ganz unnöthig wäre es, alle Fehler von so verschiedener Lage zu entwickeln. Wir wollen nur eine LCM untersuchen, die auch bey gemeinen gleicharmigen Waagen die gewöhnlichste ist, da LN unter AB und dem Ruhepunkte C liegt.

Hat bey dieser Lage der Waaglinie die Waage eine Schwingung erhalten, welche den Punkt B in F und N in r; den Punkt A in D und L in l gebracht hat, so ziehe man auf AB die senkrechten Fb, rp, Da,

ly

ly, so ist das zum Gleichgewicht erfoderte Verhältnifs der Distanzen CB : CA oder Cb : Ca gehoben, weil Cp gegen Cb kleiner, Cy aber gegen Ca gröfser geworden ist. So wird also das von L zu l gebrachte Gewicht in dieser Lage überwiegen, und das andere von r in N wieder erheben, und zwar um so schneller, weil auch der von G in g gebrachte Schwerpunkt mitwirkt. Es bleibt also r in N nicht stehen, sondern steigt mit erhaltener Schwungkraft in n, und bringt auf dem andern Arm das Gewicht L in v. Läfst man nun hier von n und v auf AB die senkrechten nq und vz fallen, so hat Cq gegen Cb zugenommen, Cz aber gegen Ca abgenommen; der Schwerpunkt G ist auch gegen k gestiegen. So senkt sich also jetzt n mit verdoppelter Kraft, bringt v wieder in l, und das vorige Spiel fängt auf ein neues an. Das Gleichgewicht ist kaum zu erwarten, bis endlich der Widerstand durch die Reibung beyde Theile schwächt, und so die Schwingungen zu Ende bringt.

Waren noch dabey, wie es auch anfangs besonders bey einer römischen Waage kaum anderst zu erwarten ist, die Gewichte L und N noch nicht in gehöriger Lage für das Gleichgewicht, so ist die Ueschnellung kaum zu vermeiden. Wenn das nur wenig überwiegende von N in r sich senkende Gewicht, wo es an seiner Kraft etwas verliert, das andere von L in l erhebt, so erhält dieses auch mit Beyhülfe des Schwerpunkts das Uebergewicht, schwingt also das erste von r in n hinauf, wo es schon vorhinein etwas überwiegend noch mehr Kraft durch die Lage und den Schwerpunkt erhält. Dies bewirkt ein schnelles Herabfallen, so, dafs bey erhaltener Schwungkraft das andere sammt der Waage wohl gar überschlagen wird. Geschiehet auch dieses nicht, so wird nach langer Unruhe die Waage mit einem geringen Ausschlage endlich stille stehen, weil einerseits das schwerere Gewicht N bey der Herabsinkung in seiner Kraft etwas verliert; das geringere Gehobene L hingegen mit vermehrter Distanz und der Beyhülfe des Schwerpunkts mehr Kräfte erhält.

29. Es wäre unnöthig mehrere Fälle zu entwickeln. Man sieht schon das Fehlerhafte in jeder Lage, wo der Ruhepunkt nicht durch die Waaglinie geht. Bey jeder Schwingung, es mögen Gewicht und Gegengewicht das Gleichgewicht haben oder nicht, wirkt nicht nur der Schwerpunkt, sondern auch jedes Gewicht selbst, und zwar mit immer veränderter, bald steigender, bald fallender Kraft. Dadurch bleibt die Waage in langer Unruhe, überschlägt leicht, oder giebt nur einen kleinen, der ungleichen Kraft der Gewichte nicht anpassenden Ausschlag.

Liegt aber der Ruhepunkt in der Waaglinie, so wirkt bey den Schwingungen im Falle des Gleichgewichts der Schwerpunkt allein. Fehlt das Gleichgewicht mit nicht zu grofsem Uebermafse, so wirken auch die Gewichte, aber immer gleich, und geben nach Verhältnifs der gröfsern Kraft einen gröfsern Ausschlag, weil in jeder Lage die Entfernungen des Gewichts und Gegengewichts in unverändertem Verhältnifs bleiben. Die römischen Waagen sind nur alsdann Schnellwaagen, wenn sie gegen ihre Natur und wesentliche Eigenschaft fehlerhaft verfertigt sind.

Eine kleine Abweichung, bey welcher der Ruhepunkt nur ganz wenig über der Waaglinie stehet, hat nichts zu bedeuten, und bringt die nachtheilige Wirkung nicht. Es ist doch jeder Waagarm biegsam, und wenn er eine schwere Last trägt, senkt er sich etwas herab. Doch merklich darf das nicht seyn, und über seine Kraft soll der Arm keine Last tragen. Auch eine gemeine Waage trägt nur ein ihrer Stärke anpassendes Gewicht, und wird durch ein gröfseres verdorben.

30. Nach dieser theoretischen Abhandlung über den physischen Hebel oder die römische Waage sind noch praktische Vorschriften und Bemerkungen übrig, die eigentlich in 2 Theile zerfallen. Der erste enthält die Art, wie man vorläufig über eine noch

nicht

nicht verfertigte Waage einen auf die Absichten passenden Ueberschlag machen, und in der Hauptsache berechnen könne. Sie beziehet sich vorzüglich auf gröfsere Waagen, für die ein taugliches Muster mangelt. Die andere Art giebt den ganzen Unterricht, wie man eine Verfertigte behandeln, dafür das Laufergewicht bestimmen, und nach der Auswahl von diesem die Theilung auf dem Waagarme und auf dem Sattel des Aufsatzes für den Laufer machen solle. Wenn hier mit der praktischen Ausübung auch die Rechnung verbunden wird, wird es doch Jenem nicht unangenehm fallen, der einsehen will, wie genau die Theorie mit der Ausübung zutreffe, und wie diese durch jene geleitet und erleichtert werde.

§. 5.

Vorläufiger Ueberschlag über eine römische Waage, die man nach bestimmten Absichten will verfertigen lassen.

31. Wenn man nicht schon ein geprüftes Muster vor sich hat, so ist es rathsam, dafs man die Waage nach der wahren Gröfse, wie es hier für eine kleine Fig. I geschehen, auf ein mit Papier überzogenes Brett zeichne. Man kann dadurch aus der festgesetzten Breite, Dicke und Länge aller Theile den körperlichen Inhalt nach einem angenommenen Maafsstabe mit bekannter Art berechnen, und auch hinlänglich das Gewicht vom Eisen entdecken, wenn die spezifische oder eigenthümliche Schwere von Stabeisen, und das absolute Gewicht von einem Kubikschuh Regenwasser bekannt ist.

Die erste, wie ich selbst im Mittel gefunden habe, darf man annehmen = 7,786. Der baierische Kubikschuh Regenwasser wiegt 1420,5 Loth nach dem neuen baierischen Gewicht, eben, weil das Pfund in Zukunft genau 560 Grammes enthält nach dem neufrän-

fränkischen Gewichtsystem. Es wiegt also der Kubikzoll Wasser $\frac{1420,5}{1728} = 0,82$ sehr nahe. So ist das Gewicht von einem Kubikzoll Stabeisen $= 7,786 \times 0,82 = 6,38452 = 6,4$ Loth beynahe, wie es schon Nr. 4 angesetzt wurde. Multiplicirt man mit dieser Zahl den durch Rechnung gefundenen körperlichen Inhalt der Waage in baierischen Kubikzollen, so hat man schon vorläufig das Gewicht des eisernen.

32. Wurde aber das Modell nach der wahren Gröfse von Holz gemacht, wie es für grofse Last- oder Heuwaagen geschehen sollte, so erhält man noch leichter das Gewicht des Eisens, wenn die specifische Schwere des Holzes bekannt ist. Wer diese nicht selbst zu finden weifs, oder mit einer guten Waage dafür nicht versehen ist, kann bey trockenem Tannenholz annehmen 0,55; bey Lindenholz 0,604; bey Eichenholz 0,845. Dividirt man damit die spezifische Schwere des Stabeisens $= 7,786$, so zeigt der Quotient an, um wie viel der eiserne Waagbalken schwerer sey als der hölzerne. Da man dieses Gewicht zur vorläufigen Rechnung so genau zu wissen nicht nöthig hat, und nicht wissen kann, wenn nach dem Modell der Wagbalken nicht so richtig geschmiedet und bearbeitet wird, darf nur das Gewicht von diesem beym Tannenholz mit 14,2; beym Lindenholz mit 12,9; beym eichenen mit 9,2 multiplicirt werden, um das Gewicht des eisernen zu erhalten.

33. Bey grofsen Lastwagen ist es sehr vortheilhaft, wenn man schon aus dem Modell ihre Wirkung beynahe übersehen kann. Ich nehme also so eine zum Muster, und stelle darüber die Rechnung an. Der starke, bey 2 Zoll dicke, gegen 5 Zoll breite, und mit dem vorstehenden Theile über 14 Zoll lange, sammt den Nägeln von Tannenholz gemachte kürzere Waagarm wiegt 86 Loth. So wird also der eiserne wiegen $86 \times 14,2 = 1221 = 38$ Pf. 5 Loth, oder gerade aus 38 Pf. Der äufsere Nagel steht 12, der in-

innere 5 Zoll vom Ruhepunkte ab. Der Mittelpunkt der Schwere ist von diesem entfernt durch 7 Zoll, wie man es entdeckte durch Auflegung des Modells über die Schneide eines Messers. Diese Entfernung darf auch sicher für den eisernen Arm angenommen werden.

Der andere Waagarm ist vom Anfange bey C bis zum Nagel E für das Hülfsgewicht 12 Schuh lang. Der Durchmesser F f hat $2\frac{1}{2}$, der äufsere D d noch 2 Zoll. Das Modell von Tannenholz wiegt 212 Loth. Es wird also der eiserne Arm ein Gewicht haben von $212 \times 14{,}2 = 3010$ Loth $= 94$ Pf.; der Mittelpunkt der Schwere stehet vom Ruhepunkte ab durch 60 Zoll. Fig. I.

34. Wenn das an dem weitern Nagel A angebrachte Gewicht $= r$ mit dem längern Arm das Gleichgewicht haben soll, mufs seyn (Nr. 13) Fig. III.

$$CA \times r = CR \times P - CS \times p \text{ . oder hier}$$

$$12 \times r = 60 \times 94 - 7 \times 38 \text{ : daher wird}$$

$r = 448$ Pf. Nach dem Verhältnifs 5 : 12 ist bey B für den nähern Nagel $t = 1075$ Pf.

Die 4 starken bey 20 Schuh langen Ketten mit ihren Haken, welche bey A oder B hängen, dürfen sicher auf ein Gewicht von 150 Pf. angesetzt werden. Ziehet man diese von den vorigen ab, so ist das Gegengewicht mit dem längern Waagarme bey A $= 298$, bey B $= 925$ Pf.

Das Gewicht des Laufers sammt dem Aufsatz, an welchem es hängt, wird unterdessen auf einen Zentner angesetzt. Wenn es sich also bey F dem Ruhepunkte C auf 6 Zoll nähern kann, trägt es bey A ein Gewicht $= \frac{100 \times 6}{12} = 50$; bey B $= \frac{100 \times 6}{5} = 120$ Pf. Es fängt

also

also bey A die Waage an mit $298 + 50 = 348$, bey B mit $925 + 120 = 1045$ Pf.

Wird der über den Rücken des Waagarms auf Rollen gesetzte Laufer bis zu D verschoben, wo er von E noch 6 Zoll absteht, so ist vom Ruhepunkte seine Entfernung $CD = 144 - 6 = 138$ Zoll, und er trägt da für sich allein ein Gewicht bey $A = \frac{138 \times 100}{12}$ $= 1150$, bey $B = \frac{138 \times 100}{5} = 2760$ Pf. Setzt man dazu bey A 298, bey B 925, so geht bey A die Waage bis 1448, bey B bis 3685 Pf.

Das in E angebrachte Hülfsgewicht darf ohne Lücke (Nr. 18) bey A tragen $1448 - 348 = 1100$, bey $B = 3685 - 1045 = 2640$ Pf. oder 2600 in ganzer Zentnerzahl. So kann man damit abwiegen bey A 2548, bey B 6280. Weil der Abstand $CE = 144$ Zoll, ist für A das Hülfsgewicht $= \frac{1100 \times 12}{144} = 91\frac{2}{3}$ Pf., für $B = \frac{2600 \times 5}{144}$ $= 90\ \frac{10}{36}$ Pf. Wird es auf dieses justirt, so dürfen nur dazu noch 45 Loth sehr nahe gesetzt werden, damit es auch für A diene.

Vom kleinsten Gewichte $= 348$, mit welchem die Wage bey A anfängt, bis zum gröfsten $= 1448$, wird der Laufer verschoben durch 132 Zoll. So viel nimmt also die Theilung ein für 1100 Pf., Es kommen also auf 10 Pf. noch 1,2 Zoll zur Theilung auf dem Rücken der Waage, und zur Theilung auf dem Sattel für 1 Pf. noch 0,12 Zoll $= 1{,}44$ Linien. Für B ist die Theilung kleiner in dem Verhältnifs 12 : 5 (Nr. 9). Sie ist also für 10 Pf. $= \frac{1{,}2 \times 5}{12}$ $= \frac{1}{2}$ Zoll, und für 2 Pf. auf dem Sattel $= 1{,}2$ Linien.

35. So wäre alles schon aus dem Modelle für eine grofse Waage berechnet. Sollten damit mehr als 62 Zentner abgewogen werden, so müfste das Gewicht des Laufers auf $\frac{5}{4}$ Zentner gesetzt, und die Rechnung damit erneuert werden. Fängt beym weitern Nagel, wie es kaum anders zu erwarten ist, die Waage zu spät an, so, dafs ein kleiner leerer Wagen damit kaum könnte abgewogen werden, so hängt man da das Hülfsgewicht von 90 Pf. an, ohne auf die wenige Lothe zu sehen, welche es darüber hat, und ziehet eben so viel vom Gewichte des Wagens ab, der doch eine Schwere haben wird von $348 - 90 = 258$ Pf.

Die Auslage für so eine Waage ist grofs, und es lohnt sich wohl die Verfertigung eines auch doppelten Modells wenigst für den längern Arm, damit man versichert sey, dafs die Absichten damit erreicht werden. Wie man es aber mit einer wirklich verfertigten anzugehen habe, und welche Rechnungen darüber anzustellen seyen, ist noch zu erklären übrig.

§. 6.

Praktisches Verfahren bey einem verfertigten Waagbalken zur Auswahl des Laufers und Theilung der Waage.

36. Es soll hier zum Muster eine Waage dienen, die ich so stark verfertigen liefs, dafs auf selber 3 Zentner genau konnten abgewogen werden. Sie war auf das Umwenden nicht eingerichtet, und hatte nur 4 Nägel A, B, C und E. So genau waren sie nicht eingesetzt, wie es die Zeichnung foderte; aber die Rückenlinie des längern Arms hatte die gehörige Lage, und die Waage machte gute Dienste. Fig. III.

Bey

Bey der Beschreibung aller Theile nehme ich hier zum Maafsstabe den in 1000 Theile getheilten Pariser Schuh; gebe auch das Gewicht unbestimmt an, wenn es gleich das Nürnbergische war. Kommen hier bey der Berechnung einige Wiederholungen vor, so möchte man bedenken, dafs sie der Zusammenhang des ganzen Verfahrens erfodert habe.

37. Nach der Ausmessung mit dem Zirkel war AC = 245, BC = 94, CE = 3124. An dem Aufsatze des Laufers (Fig. II. A) hatte der Sattel eine Breite AB = 210. War dieser am Nächsten bey F zum Ruhepunkt C geschoben, so stand sein Mittelpunkt davon ab durch 175 Theile. In der weitern Entfernung bey D war der Abstand von E = 145, und also CD = 2979. Wird von dieser noch CF = 175 abgezogen, so giebt der Rest den Weg des Laufers an dem längern Arm = 2804.

38. Der starke eiserne Waagbalken wog 5 Pf. 8 Loth; der gröfsere Haken für die Waagschüssel 18 Loth; der kleinere für das Hülfsgewicht $4\frac{1}{2}$. Die eiserne Waagschüssel mit 4 Ketten und 2 eisernen Ringen 448 = 14 Pf.; der messingne Aufsatz für den Laufer 8 Loth.

Mit Ausnahme des Gewichts von der ganzen Waage, welches doch unverändert bleiben wird, sollte jedes der dazu gehörigen Stücke in der Beschreibung angemerkt werden, damit, wenn eines verloren gieng, oder eine Reparation nöthig hätte, es wieder mit unverändertem Gewichte könnte hergestellt werden. Sie werden deshalb vorhinein, so viel es thunlich ist, auf bekannte Abtheilungen eines Gewichts justirt.

Die Waagschüssel mit dem dazu gehörigen Haken, als ein beständiges, von einem Nagel der Waage zum andern wanderndes Gewicht, wird zwar nothwendig in die Rechnung gebracht; bey der

Ab-

Abwiegung aber ist sie als ein Theil der Waage selbst schon abgezogen, wenn nicht selbe ohne sie geschehen wäre, in welchem Falle ihr Gewicht von 14 Pf. dem Abgewogenen müfste beygesetzt werden, doch ohne Beyrechnung des verbleibenden Hakens, der, damit keine Verwechselung geschehe, sich durch eine Endspitze von dem da abgerundeten für die ganze Waage unterscheidet.

Der Senkel EF (Fig. II. A) wird nach der bekannten Art, wie bey allen Setzwaagen, durch doppeltes verkehrtes Aufsetzen vorher justirt, damit er genau die waagrechte Lage von AB und den Rücken des Waagarms angebe.

39. Nach dieser vorläufigen Uebersicht der ganzen Waage schreitet man zur Bestimmung des Laufergewichts, und hernach zur Theilung. Der sich mit Rechnen nicht helfen kann oder will, geht es praktisch also an. Er bringt an den Aufsatz des Laufers ein Gewicht, welches er glaubt seinen Absichten angemessen zu seyn, und führt es gegen F so nahe, als es der Aufsatz gestattet. Er legt alsdann in die am nähern Nagel hangende Waagschüssel so viele Gewichte, bis er das Gleichgewicht erhalten hat. So ist ihm das kleinste Gewicht bekannt, welches der Laufer abwiegt, oder mit welchem die Waage anfängt am nähern Nagel für gröfsere Gewichte. Nach diesem werden noch 2, 4 oder 6 Pf. in die Waagschüssel gebracht, und der Stand des Laufers für das Gleichgewicht genau angemerkt. Der mit dem Zirkel abgenommene Weg, welchen der Laufer vom kleinsten Gewichte bis daher durchlaufen hat, wird an dem Waagarme weiter fortgetragen, bis zum weitesten Stande des Laufers in D. Auf solche Art ist auch das gröfse Gewicht bekannt, welches er noch abwiegt. Die Differenz vom vorigen kleinsten giebt an, wie viel das Hülfsgewicht tragen könne (Nr. 18). Macht dieses zum gröfsten addirt eine Summe von 300 oder etwas darüber, so ist die Wahl für das Laufergewicht wohl getroffen. Ist sie aber zu klein oder zu grofs, so mufs der Laufer schwerer

oder

oder geringer werden. Man wiederholt also die Untersuchung, bis das gefundene Gewicht den Ansichten entspricht.

40. Bey kleinern Waagen geht dieses praktische Verfahren ziemlich wohl an, und führt auch bald zum Zweck. Wären aber gröfsere Gewichte umzulegen, so könnte es nicht ohne längern Aufenthalt und viele Beschwernifs ausgeführt werden. Man hilft sich also mit einer kurzen leichten Rechnung, mit welcher weitere Untersuchung, besonders bey grofsen Heuwaagen, entbehrlich wird.

Man macht sich nur bekannt, welches Gewicht auch mit Beyrechnung der Waagschüssel sammt ihren Haken am nähern Nagel B mit dem längern Waagarm ohne Laufer das Gleichgewicht halte. Aus diesem erhält man hernach das Laufergewicht durch die Rechnung.

Fig. III. Es sey der nächste Standort für den Laufer = CF, der weiteste = CD; das Gewicht des Laufers sammt dem Aufsatz = x. So trägt er in F ein bey B hangendes Gewicht $= \frac{CF \times x}{BC}$, weil $BC : CF = x : \frac{CF \times x}{BC}$. Setzt man dazu das vorhinein gesuchte Gewicht, welches hier mit dem Waagarme das Gleichgewicht hält, und macht es = b, so ist das kleinste Gewicht, welches der Laufer x hier abwiegt, $= \frac{CF \times x}{BC} + b = m$, wie es Nr. 18 genannt wurde. Eben so ist das gröfste Gewicht, wenn der Laufer in D geführt wurde, $= \frac{CD \times x}{BC} + b = M$. Das Hülfsgewicht in $E = M - m$ soll mit M, wie hier verlangt wird, 300 Pf. = d machen. So haben wir also $2M - m = d$, nämlich

$$\frac{2\,CD \times x}{BC} + 2b - \frac{CF \times x}{BC} - b, \text{ oder}$$

(2

$$\frac{(2\,CD - CF) \times x}{BC} + b = d, \text{ und daher}$$

$$x = (d - b) \times \frac{BC}{2\,CD - CF}.$$

Zu dieser allgemeinen Formel für das Gewicht des Laufers gab Nr. 37 die Ausmessung BC = 94, CF = 175, CD = 2979. Es wurde auch für diese Waage gefunden b = 43,5 Pf. sehr nahe. Da also seyn soll d = 300, so ist

$$x = 256{,}5 \times \frac{94}{5783} = 4{,}1693 \text{ Pf.} = 4 \text{ Pf. } 5{,}4 \text{ Loth}$$

sehr nahe sammt dem Aufsatz. Weil es aber doch besser ist, dafs d etwas gröfser als genau nur = 300 erhalten werde, und dafs auch der Laufer dabey ein sonst noch brauchbares Gewicht erhalte, so wird dieses ohne den 8 Loth wiegenden Aufsatz auf ganze 4 Pfund festgesetzt, und so x = 4,25 Pf. angenommen.

Setzt man diesen Werth in der aus der vorigen hergeleiteten Gleichung für das gröfste Gewicht, welches die Waage sammt dem Hülfsgewichte abwiegt, so wird $d = \frac{(2\,CD - CF) \times x}{BC} + b = \frac{5783 \times 4{,}25}{94} + 43{,}5$ = 305 sehr nahe. Eben dieser Werth von x giebt für das gröfste Gewicht $M = \frac{CD \times x}{BC} + b = \frac{12660{,}75}{94} + 43{,}5 = 178{,}18$; und für das kleinste $m = \frac{CF \times x}{BC} + b = \frac{743{,}75}{94} + 43{,}5 = 51{,}41$. Es dürfte also in E das Hülfsgewicht abwiegen sehr nahe 178 — 51 = 127 Pf., und so gienge die Waage auf 178 + 127 = 305 Pf., wie vorher gefunden wurde. Ich wollte aber das Hülfsgewicht nur auf 125, und so das ganze Gewicht auf 303 Pf. bestimmen und festsetzen.

41. Ehvor man nach dem so erhaltenen Gewichte des Laufers zur Theilung schreitet, ist noch zu untersuchen, mit welchem

Ge-

Gewichte beym weitern Nagel A die Waage anfange, wie weit sie dort gehe, und ob nicht im Uebergange von A zu B eine Lücke an der Gewichtszahl vorkomme. Da man auch hier das Gewicht = b, welches mit dem Waagbalken das Gleichgewicht hält, berechnen will, so mufs zum vorigen bey B = 43,5 Pf. = 1392 Loth das Gewicht der Waagschüssel sammt dem Haken = 14 Pf. 18 Loth = 466 Loth gesetzt werden, weil auch dieses zum Gleichgewichte beyträgt, und nochmals von B zu A wandert. So war eigentlich bey B das ganze Gewicht = 1858. Da nun diese Gewichte in B und A gegen einander in verkehrtem Verhältnifs BC : BA (Nr. 13) sind, oder hier 245 : 94 (Nr. 37), so ist 245 : 94 = 1858 : 713 sehr nahe = 22 Pf. 9 Loth. Ziehet man davon wieder ab das Gewicht der Waagschüssel sammt dem Haken, bleiben 7 Pf. 23 Loth, welche nebst der Waagschüssel in A mit dem Waagbalken das Gleichgewicht halten.

Für sich trägt am Nagel A der Laufer bey F ein Gewicht $= \frac{175 \times 4{,}25}{245} = 3$ Pf. 1 Loth sehr nahe. Kommen dazu 7 Pf. 23 Loth, so fängt hier die Waage an mit $10\frac{3}{4}$ Pf.

Wird hernach der Laufer bis an das Ende zu D geführt, so trägt er für sich bey A ein Gewicht $= \frac{CD \times 4{,}25}{AC} = \frac{2079 \times 4{,}25}{245}$ = 51 Pf. 22 Loth sehr nahe. Kommen dazu die 7 Pf. 23 Loth, so geht hier die Waage bis 59 Pf. 13 Loth. Da sie bey B anfängt mit 51, so hat sie keine Lücke von $10\frac{3}{4}$ bis 178, und durch das Hülfsgewicht bis 303 Pf.

42. Wie schwer aber dieses seyn solle, ist auch vorläufig zu berechnen. Weil es, da der Waagarm schon horizontal ist, für sich 125 Pf. zu tragen hat, so ist $CE \times x = CB \times 125$, und also dieses Gewicht $x = 125 \times \frac{CB}{CE} = 125 \times \frac{94}{3124}$ (Nr. 37) = 3,7612 Pf. = 3 Pf. 24,3584

24,3584 Loth. Der Haken dafür wiegt 4,5 Loth (Nr. 38), so mufs also nach der Rechnung das Hülfsgewicht wiegen 3 Pf. 19,8584 Loth = 3 Pf. 20 Loth sehr nahe.

Bey A würde es tragen ein Gewicht $= 3{,}7612 \times \frac{CE}{AC}$ $= 3{,}7612 \times \frac{3124}{245} = 47{,}957 = 48$ Pf. sehr nahe. So würden mit ihm an dem weitern Nagel bey A abgewogen 59 + 48 = 107 Pf.

Genau auf 48 berechnet würde für A das Hülfsgewicht $= 48 \times \frac{AC}{CE} = 48 \times \frac{245}{3124} = 3{,}7644$, gegen 3,7612 nur um 0,0032 eines Pfundes, oder 0,1024 eines Loths geringer.

43. Endlich soll auch noch vorher in Ueberschlag kommen, wie grofs die Theilung zu 1 Pfund auf dem Waagarm ausfalle, wenn die Abwiegung in A oder B vorgenommen wird, damit man auch vorhinein einsehe, mit welcher Richtigkeit sie geschehen werde.

Bey A fängt die Waage an (Nr. 41) mit $10\frac{3}{4}$ Pf. = 3,44 Loth, und geht bis 59 Pf. 13 Loth = 1901 Loth. Es wiegt also der Laufer für sich ab 1901 — 344 = 1557 Loth, da er von F bis D durchläuft 2804 (Nr. 37). So haben wir also 1557 : 2804 = 32 : 57,629 sehr nahe für 32 Loth, oder ein Pfund, welche machen 8,3 Pariser Linien sehr nahe. Die Theilung für A ist zur Theilung für B, wie AC : BC (Nr. 9). So ist also 245 : 94 = 8,3 : 3,18 = 57,6295 : 22,11.

Da ersieht man, dafs für A die Theilung eines Pfundes = 8,3 Lin. noch ganz leicht auf dem Sattel in 8 Theile, oder von 4 zu 4 Loth könne abgetheilt werden, da ein Theil über eine Linie lang ist. Eben dieses kann für B noch von 8 zu 8 geschehen. Ist

die Schneide der nicht schräg eingesetzten Nägel scharf, und sind die darauf liegenden Ringe des Hakens für die Waagschüssel parallel, gleich hoch, und innerhalb wohl zugeschliffen, so wird die Verschiebung des Laufers auf beynahe $\frac{1}{2}$ Linie oder 2 Loth noch einen merklichen Ausschlag geben; und so können bey A die Gewichte bis auf 2, bey B bis auf 4 Loth richtig abgewogen werden. Welche gleicharmige gemeine Waage würde von 10 bis 300 Pf. mit so zuverlässiger Bestimmung die Gewichte angeben? Wenn auch insgemein so genau die Abwiegung nicht gefodert wird, so gehört doch zur Vollkommenheit einer Waage, dafs man sie fodern kann.

44. Nach dieser vorläufigen Berechnung aller Wirkungen einer römischen Waage, welche die darüber verfafste Theorie in so hellem Lichte zeigt, schreitet man zur Theilung, die mit allem möglichen Fleifse geschehen mufs, und auch geschehen kann, wenn die Theilungsflächen auf dem Waagarme fein abgezogen sind, und eine geübte Hand mit guten Zirkeln von Stahl versehen ist. Man gehet es also an.

Fig. II. A Am Sattel des Aufsatzes wird nahe an dem von F (Fig. I.) mehr entfernten Rande K der Oeffnung IK ein feiner Strich gemacht, zu welchem als dem Anfange der Theilung nachmals o eingeschlagen oder gestochen wird. Nach diesem setzt man den Aufsatz mit dem anhangenden und schon richtig verfertigten Gewichte des Laufers auf den Waagarm, so dafs A oder I am Sattel nahe zu F bey der Waage kommt. Will man die Theilung für den weitern Nagel anfangen, wo die Waage bald nach 10 Pf. brauchbar ist, so legt man in die Waagschüssel gleich 12 Pf., und verschiebt den Laufer, bis er bey vollkommener Ruhe des Senkels genau das Gleichgewicht mit dem Horizontalstande angiebt. Man kann auch der Waage eine kleine Schwingung geben, um zu erfahren, ob der wieder ruhende Senkel richtig zutreffe. Auf dieses wird der Arm über eine Stütze

fest

fest gehalten, und mit der scharfen Spitze eines an dem Striche o auf dem Sattel mit der Schneide angelegten Federmessers ein feiner Punkt an dem Waagarm eingedrückt, den man mit dem Bleystift, und auch der angeschriebenen Zahl 12 bemerkt. Nun legt man noch 2, oder besser 4 Pf. in die Waagschüssel, und sucht eben den Punkt für 16 Pf. Zur Versicherung geschieht dieses noch für 20 und 24, oder auch noch mehr, wenn man will und mit so vielen Gewichten versehen ist. Zur Prüfung der so gefundenen Punkte nimmt man mit einem scharfen Zirkel die Distanz für die ersten 4 Pfunde ab, und untersucht, ob sie auch bey den übrigen zutreffe, da man sich auch eines Vergröfserungsglases bedient. Zeigt sich eine etwas bedeutende Differenz, so wiederholt man die Untersuchung bis zur gänzlichen Befriedigung. So hat man Punkte genug für die richtigste Theilung,

Eben so gehet man es an für die andere Seite des Waagarms, da das Gewicht zum nähern Nagel in B kommt. Man macht auch hier vorhinein einen auch mit o gezeichneten Strich auf der andern, bey der Zeichnung hier nicht sichtbaren Seite des Sattels. Man weifs hier schon aus der Rechnung zum voraus, dafs die Waage nach 51 Pf. anfange, legt also gleich 54 oder 60 in die Waagschüssel, und fährt so fort von 8 zu 8 oder 10 zu 10 Pf., bis man 3 oder 4 richtige Punkte gefunden hat.

Nach diesem wird die Waage abgenommen, und die Theilung für einzelne Pfunde, ja wohl auch, wenn diese, wie hier für A, noch grofs genug ist, für halbe Pfunde gemacht. Sie wird von o zurück auch auf den Sattel getragen, und hier noch in 8 Theile von 2 zu 2 Loth fortgesetzt.

Die Linien auf dem Waagarme werden keineswegs mit einem Meifsel eingehauen, sondern nur mit einer scharfen stählernen Spitze fein gezogen, und die Zahlen dazu mit stählernen Setzziffern ein-

 ge-

geschlagen. Diefs kann auch auf dem Sattel geschehen. Doch hier darf man sie stechen lassen, weil er dadurch nichts Bedeutendes an seinem Gewichte verliert.

45. Nach so vollbrachter Theilung erhielten 12 Pfund für den weitern Nagel A eine Länge von 692; es bekam also ein Pfund 57,666. Die Rechnung (Nr. 43) gab 57,629 mit einer unbedeutenden Differenz von 0,037 Tausendtheilen des Pariser Schuh. Bey der Theilung für B erstreckten sich 40 Pf. über 886, und ein Pfund hatte 22,15; vorher nach der Rechnung 22,11, nur mehr um 0,04. Es war also nach der Theilung das sehr richtige Verhältnifs $CA : CB = 57{,}666 : 22{,}15 = 245 : 94{,}1$.

46. Wenn das Hülfsgewicht für B gesucht wird, wo es 125 Pf. tragen soll, so legt man da auf die Waagschüssel, wenn allenfalls so viele nicht beyhanden sind, wie es sich vorzüglich bey grofsen Lastwaagen ereignet, nur den halben oder vierten Theil von $62\frac{1}{2}$ oder $31\frac{1}{4}$ Pf. Das dafür gefundene sammt dem Haken doppelt oder vierfach genommene Hülfsgewicht ist das wahre für 125. Hier wurde es genau gefunden zu 3 Pf. 20 Loth, wie es die Rechnung nach $CB = 94{,}1$ erfodert, Nr. 42. Man kann es hernach auch für AC berechnen oder praktisch bestimmen.

47. Bey einer doppelten Waage mit 5 Nägeln geht man es an der umgewendeten eben so an. Die kleine Abtheilung für ein Fig. II. A Pfund wird an dem vordern Rande des Sattels bey I angebracht, aber so, dafs der Strich o gegen die Mitte kommt, weil er allezeit vorangehen soll, wenn der Laufer weiter fortgerückt wird. So zeigt hernach sein Abstand von dem nächstfolgenden, in die Theilung des Sattels fallenden Theilungsstriche des Waagarms, wie viele Loth noch darüber zu nehmen seyen.

Die

Die Ausmessung und vorläufige Rechnung aus der Bestimmung der Punkte o, h, c, f, d, e geschieht eben so. Nur, wenn nicht besondere Absichten ein anderes erfodern, behält man das für die obere Waage berechnete und angenommene Gewicht des Laufers. Fig. I.

§. 7.

Bestimmung des Laufergewichts, mit welchem im Uebergange von der gröfsten Last, welche die Waage beym weitern Nagel trägt, zur kleinsten beym nähern, keine Lücke entstehe.

48. Mit Rücksicht auf die Gewichte, welche sowohl beym weitern als nähern Nagel mit dem schweren langen Waagarme das Gleichgewicht halten, scheint die Vollkommenheit einer römischen Waage so eine Auswahl für das Gewicht des Laufers zu erfodern, dafs die gröfste Last, welche mit ihm, da er sich in der weitesten Entfernung vom Ruhepunkte C in D befindet (Fig. III.), beym weitern Nagel in A abgewogen wird, gleich sey der kleinsten, welche er zum nächsten in F verschoben, beym nähern Nagel in B abwiegt. Wäre diese gröfser als jene, z. B. wie 30 zu 24, so hätte die Waage eine Lücke, und über 24 bis 30 könnte nichts abgewogen werden. Im Gegentheile, wenn die gröfste für den weitern Nagel sich bis 46 erstrecken würde, da die kleinste beym nähern schon mit 26 anfängt, so könnten Gewichte von 26 bis 46 zweymal abgewogen werden, und der Dienst, den auch der nähere Nagel dazu leistet, wäre überflüssig, wie schon Nr. 16 gemeldet wurde.

So eine genaue Bestimmung für das Gewicht des Laufers hängt nicht nur von der Lage der Nägel ab, die man schon voraus festsetzen kann, sondern vorzüglich auch von jenen Gewichten an beyden Nägeln, die für sich das Gleichgewicht mit dem

Waag-

Waagarme halten, und die man erst bey schon verfertigter Waage richtig entdecken kann.

Damit in dieser Abhandlung nach unserm Wissen nichts ermangle, was zur theoretischen Kenntnifs und praktischen Ausübung erfodert wäre, wollen wir zum Schlusse eine Rechnung bey einer schon verfertigten Waage darüber anstellen, und zugleich die Bemerkung beyfügen, in wie weit die so genaue Bestimmung des Laufers mit der Erzielung des gröfsten und besten von der Waage erfoderten Dienstes zu vereinbaren sey.

49. In einer bis zur Theilung verfertigten Waage (Fig. III.) sey das Gewicht, welches den Waagarm horizontal stellt, beym weitern Nagel in A = n, beym nähern in B = m. CD sey für den Laufer die gröfste und CF die kleinste Entfernung vom Ruhepunkte C. Von diesem seyen auch die Abstände der Nägel AC und BC nach einem gleichen Maafsstabe angegeben.

So viel ist schon voraus von selbst richtig, dafs die Waage eine Lücke haben würde, wenn am weitern Nagel A der Laufer bey D für sich nicht mehr tragen würde als m — n. Denn so, mit Beyrechnung des Gewichts = n für das Gleichgewicht mit dem Waagarme selbst bey A, wäre hier die gröfste Last, welche die Waage trägt, nur m — n + n = m, jene nämlich, welche schon der waagrechte Stand für sich ohne Laufer in B erfodert. Wäre hernach auch dieser aufgesetzt und in F gestellt, so würde er noch eine Last tragen in dem Verhältnifs $\frac{CF}{BC}$, weil durchaus BC : CF, wie das Gewicht des Laufers in F zur Last, die er in B trägt.

Wir wissen also, dafs, was ohne Beyrechnung von n der Laufer bey D am Nagel A tragen solle, gröfser sey als m — n. Machen

wir

wir diese Last $= x$, so ist das Gewicht des Laufers $= \frac{AC}{CD} \times x$. Wird er zurück in F verschoben, so trägt er in B eine Last $= \frac{CF}{CB} \times \frac{CA}{CD} \times x$. So ist das gröfste Gewicht bey $A = n + x$, und das kleinste bey $B = m + \frac{CF}{CB} \times \frac{CA}{CD} \times x$. Es soll aber seyn $n + x = m + \frac{CF}{CB} \times \frac{CA}{CD} \times x$, oder wenn Kürze halber $\frac{CA}{CD} = a$, und $\frac{CF}{CB} = b$,

$$m + x = m + abx.$$

$$\text{So ist } x = \frac{m - n}{1 - ab}.$$

Weil $\frac{CA}{CD} = a$ allezeit ein kleiner Bruch ist, und CF doch niemals beträchtlich gröfser als BC, zuweilen auch kleiner, so ist allezeit $ab > 1$, folglich x eine positive Gröfse, und zwar gröfser als $m - n$.

Die Differenz $m - n$ bleibt unverändert, wenn auch sowohl zu m als n eine gleiche Gröfse addirt wird. So ist es also hier ein Ding, ob man dazu das Gewicht der Waagschüssel setze oder nicht. Dies melden wir nur der schweren Ketten halber bey grofsen Lastwagen.

Bey einer verfertigten Waage war ohne Beyrechnung der Waagschüssel $m = 579{,}5$ Loth, $n = 117{,}5$, $m - n = 462$; $CA = 35{,}9$, $CD = 374$ Lin., $CB = 15{,}12$, $CF = 38{,}8$. Folglich $a = \frac{CA}{CD} = 0{,}096$, und $b = \frac{CF}{CB} = 2{,}566$, $ab = 0{,}246336$; $1 - ab = 0{,}753664$.

Nach

Nach diesen Zahlen ist — — $x = \frac{462}{0{,}753664} = 613$;

kommt dazu — — — — n — = 117,5,

so ist die gröfste Last, welche bey A die Waage trägt = 730,5 Loth.

Das Gewicht des Laufers ist $\frac{AC}{CD} \times x = 0096 \times 613 = 58{,}848$ Loth. Dieses trägt in B bey F eine Last

$= \frac{CF}{CB} \times 58{,}848 = 2{,}566 \times 58{,}848$ — — — = 151;

kommt dazu m — — — — — = 579,5,

so ist die kleinste Last bey B — — — = 730,5

wie vorher die gröfste bey A gefunden wurde.

50. So wäre also nach der hier gesetzten Bedingnifs das Gewicht des Laufers genau bestimmt. Aber um zu sehen, ob es auch vortheilhaft für die Waage, und auf die Absichten bey selber passend sey, berechne man die gröfste Last, welche es in D verschoben bey B tragen würde.

Diese ist $= \frac{CD}{CB} \times 58{,}848 = \frac{374}{15{,}12} \times 58{,}848 = 1456$ Loth, und mit Beysatz von m = 2035 Loth = 63 Pf. 19 Loth. Die Waage war nach ihrer Gröfse und Stärke auf mehr als einen Zentner bestimmt. Es würde also so ein geringes Gewicht des Laufers die ganze Absicht vereiteln, und die Waage wenig brauchbar machen. Ein Gewicht des Laufers von 4 Pf. ohne seinen Aufsatz war ganz dienlich, und die Waage gieng beym weitern Nagel von 7 bis 46, und beym nähern von 26 bis 116 Pfund ohne Hülfsgewicht, das noch 90 Pf. trug.

Bey

Bey Verfertigung einer Waage hat man also insgemein keine Rücksicht auf die hier erklärte theoretische uneigentliche Vollkommenheit zu nehmen. Sey man nur dahin bedacht, dafs die Lücke vermieden, und das Gewicht des Laufers auf die Absichten für die Waage passend gewählt werde.

51. So wäre nun alles nach meiner Meinung hinlänglich erklärt, was sowohl zur theoretischen Kenntnifs, als zur ganz richtigen Verfertigung, Justirung und Eintheilung einer ungleicharmigen römischen Waage könnte verlangt oder gefodert werden. Man wird daraus ersehen, dafs diese Waage so einer grofsen Vollkommenheit fähig sey, die nicht leicht eine gemeine gleicharmige zuläfst, besonders wenn sie schwerere Gewichte abwiegen soll. Es liegt auch nicht eine Ursache dieses Unterschieds zum Grunde.

Die gemeine Waage erfodert, mit grofser Auslage, viele, und bey grofsen Lasten sehr schwere Gewichte. Wer hier eine Untersuchung angestellt hat, ist durch die Erfahrung überzeugt, dafs diese selten so genau justirt sind. Oder wären sie auch anfangs richtig, so werden sie doch bey längerm Gebrauche und unfleifsiger Verwahrung wenigst so viel fehlerhaft, als bey einer wohl verfertigten römischen Waage niemals sich ereignen wird, die mit einem freyhangenden, einer Beschädigung fast gar nicht ausgesetzten geringen Gewichte alles abwiegt.

Wie schwer es sey, einer gemeinen Waage die wesentliche Vollkommenheit zu geben, und auch praktisch zu untersuchen, ob beyde Arme gleich schwer und gleich lang seyen, ist nur Jenem bekannt, der so eine mühesame Justirung vorgenommen hat. Man wird selten gröfsere Waagen antreffen, die in dieser Art richtig sind. Man kauft und gebraucht sie ohne weitere Untersuchung und ohne Sorge, dafs sie nicht nach und nach fehlerhaft werden. Dies fällt bey einer ungleicharmigen Waage ganz weg.

Auch die Reibung an den Nägeln ist bey beyden nicht ganz die nämliche. Der gegen grofse Gewichte ganz geringe Laufer erfährt auf seinem Nagel jenen Widerstand nicht, den schwerere Lasten verursachen. Und doch hängt nur von ihm die Bestimmung ihrer Gewichte ab. Wegen weiterer Entfernung aber vom Ruhepunkte überwindet er mit einer kleinen Verrückung einen beträchtlich gröfsern Widerstand.

Die Verfertigung der Nägel mit einer scharfen geraden Schneide macht eben nicht mehr Beschwernifs für eine römische Waage, als die Einsetzung der Achse und Bearbeitung der Anhängpunkte zu den Waagschüsseln bey einer gemeinen. Sind auch die zwey Nägel der ersten nicht ganz in dem Verhältnifs des Abstandes vom Ruhepunkte eingesetzt, wie man gewünscht und vorgeschrieben hatte, so nimmt diefs der Vollkommenheit gar nichts, und verändert nur unbedeutend die Gröfse der Theilungen auf dem längern Waagarm.

Dafs der Rücken von diesem in jener geraden Linie fortlaufe, die sich durch die Schneide der Nägel ziehet, ist das Wichtigste, das hier vom Künstler soll, und auch mit angewendetem Fleifse kann ausgeführt werden. Eine kleine Abweichung hat wenig zu bedeuten, und kann auch insgemein noch verbessert werden, bevor man zur Theilung der Waage schreitet. Gröfsere Fehler werden nicht geduldet, und die damit behaftete Waage wird verworfen.

So viel ist aber gewifs, dafs ein gemeiner Eisenschmied nicht leicht eine gute römische Waage zum Gebrauch verfertigen werde, wenn nicht ein geschickter Künstler die weitere Berichtigung und Austheilung übernimmt. Da eben dieses nützliche und vortheilhafte Werkzeug in mancher Gegend noch wenig bekannt ist, so wird es vielleicht noch lange hergehen, bis es gute Künstler richtig verfertigen, dabey für ihre Arbeit gute Belohnung und vielen Absatz finden, weil der Gebrauch davon noch insgemein unbekannt, und eben darum nicht beliebt ist. Kann diese Abhandlung dazu etwas beytragen,

gen, so ist die viele Mühe und lange Untersuchung darüber hinlänglich belohnt.

Inhalt.

§. 1.

Allgemeine Vorschrift zur Verfertigung einer römischen Waage.

1. Die von der gemeinen ganz verschiedene römische Waage hat theils für die Gewichte, theils für den Anhäng- oder Ruhepunkt 4 bis 5 Nägel.

2. Die kleine hier nach der wahren Gröfse gezeichnete ist eine doppelte mit zwey entgegengesetzten Anhäng- oder Ruhepunkten.

3. Man hat dabey verschiedene Absichten.

4. Will man aber die Waage nur als eine einfache benutzen, so kann der längere Waagarm unterhalb gegen das Ende etwas verjünget werden. Man gewinnt aber bey kleinern Waagen nicht viel dabey.

5. Der Aufsatz für das Gewicht des Laufers erfodert vielen Fleifs.

6. Die Waagschüssel soll nicht von Holz seyn, sondern von Metall mit eisernen oder messingnen Ketten.

7. Die drey Fragen über die Verfertigung so einer Waage erfodern zur Beantwortung die vollständige, bis daher fast nur aus der Erfahrung hergenommene Theorie der römischen Waage.

§. 2.

Entfernung der Nägel für die Waagschüssel vom Ruhepunkte der Waage und Verbindung der Theilung auf dem Waagarme mit selber.

8. Wenn gleich die Waage ein schwerer physischer Hebel ist, so wird doch anfangs aus dem Mathematischen bewiesen, in welcher Verbindung mit der Theilung der Abstand der Nägel vom Ruhepunkte stehe.

9. *I. Lehrsatz.* Die dem weitern und nähern Nagel zukommenden Theilungsgröfsen auf dem längern Waagarme verhalten sich, wie die Entfernung dieser Nägel vom Ruhepunkte.

10. 11. *II. Lehrsatz.* Für den nämlichen Nagel aber sind sie der Differenz der Gewichte proportional.

12. Diese aus dem mathematischen Hebel hergeleiteten Eigenschaften werden auch für den physischen bewiesen. Dazu dient noch

13. 14. Der *III. Lehrsatz.* Dafs die Gewichte an beyden Nägeln, welche mit dem schweren Waagarme das Gleichgewicht halten, gegen einander seyen in verkehrtem Verhältnifs ihrer Abstände vom Ruhepunkte.

15. So hat man also ein dreyfaches Mittel dieses zur Rechnung so nothwendige Verhältnifs richtig zu finden.

16. In der praktischen Ausführung sollte es durchaus wie 5 zu 12 angenommen werden.

17. Die absolute Entfernung des weitern Nagels vom Ruhepunkte hängt von der Gröfse der Waage ab, fängt insgemein bey 3 Zoll an, und geht bis 12.

§. 3.

Wahre Gröfse des Hülfsgewichts am Ende des längern Waagarms.

18. Wenn das kleinste Gewicht, welches der Laufer am nähern Nagel abwiegt = m, das gröfste = M, so kann das Hülfsgewicht

wicht für sich abwiegen M — m, und das gröfste mit diesem für die Waage ist 2M — m. Weniger, aber nicht mehr darf dieses Gewicht tragen, damit nicht die Waage eine Lücke bekomme für einige Zwischengewichte, die sie nicht abwiegen kann.

19. Die Theilung für den Laufer verändert das Hülfsgewicht nicht.

20. Der besondere Vortheil dabey besteht in beträchtlicher Verkürzung des Waagarms.

21. Auch für den weitern Nagel sollte ein Hülfsgewicht bestimmt werden.

22. Dabey kann man sich aber durch Rechnung helfen.

§. 4.

Die Rückenlinie des längern Waagarms oder der Weg des an selbem hangenden Laufers soll sich genau durch den Ruhepunkt der Waage und über die Schneide der Nägel für die Waagschüssel ziehen.

23. Gegen die Meynung mancher Physiker wird dieser Satz aufgestellt.

24. Es ist nicht nur besser, sondern gehört zur wesentlichen Vollkommenheit einer jeden, gleich- oder ungleicharmigen Waage, dafs die Waaglinie sich durch den Ruhepunkt ziehe.

25. Die veränderliche Lage dreyer Schwerpunkte bestimmt in jedem Falle das Gleichgewicht im physischen Hebel.

26. In diesem Falle ist die Centrallinie, in welcher sich der Mittelpunkt der Schwere von beyden Waagarmen befindet, allezeit senkrecht auf die Waaglinie. Ziehet sich diese durch den Ruhepunkt, und steht der Schwerpunkt unter selber, so ist die Waage tauglich, und bey jeder Schwingung wirkt der Schwerpunkt allein.

27. Ist aber das Gleichgewicht noch nicht ganz hergestellt, so wirken zwar auch die Gewichte mit dem Schwerpunkte, aber im-

mer gleich, und geben einen ihrem Uebermaafse ganz proportionirten Ausschlag.

28. Wenn der Ruhepunkt nicht in der Waaglinie liegt, so ereignen sich verschiedene Fälle, von welchen oft zwey bis drey bey der nämlichen fehlerhaften römischen Waage nach verschiedener Stellung des Laufers eintreten. In jedem Falle, wo aber zum Muster ein mehr gewöhnlicher entwickelt wird, wirken mit dem Schwerpunkte auch die Gewichte, doch aber mit ungleicher und veränderlicher Kraft. Dadurch entsteht ein Ueberschnellen der Waage, oder doch eine lange Unruhe, bis endlich ein kleiner, der Differenz der Gewichte nicht proportionirter Ausschlag erfolgt.

29. Eben daher ist bewiesen die Nothwendigkeit für eine vollkommene gute Waage, dafs der Ruhepunkt in der Waaglinie liege. Nur ganz kleine, durch die Beugung fast unvermeidliche Abweichungen haben nichts zu bedeuten.

30. Auf die theoretische Abhandlung folgt eine doppelte Vorschrift zur praktischen Ausübung.

§. 5.

Vorläufiger Ueberschlag über eine römische Waage, die man nach bestimmten Absichten will verfertigen lassen.

31. Mit Beyhülfe einer Zeichnung nach der wahren Gröfse einer Waage, kann man davon den körperlichen Inhalt, und wenn die spezifische Schwere des Stabeisens, sammt dem Gewichte von einem Kubikschuh Regenwasser bekannt ist, auch das Gewicht des Eisens berechnen.

32. Eben dieses erhält man noch leichter aus dem abgewogenen hölzernen Modelle und der spezifischen Schwere des Holzes und des Stabeisens.

33. Zum Muster dient hier eine grofse Last- oder Heuwaage, bey welcher aus dem nach der wahren Gröfse verfertigten höl-

hölzernen Modelle das Gewicht, und auch der Mittelpunkt der Schwere von jedem Waagarme bekannt ist.

34. Daher wird berechnet, mit welchem Gewichte an beyden Nägeln der lange Waagarm das Gleichgewicht halte; wie viel der auf einen Zentner angenommene Laufer für sich allein, und auch mit dem Hülfsgewichte abwiege, und wie grofs die Theilung auf dem Waagarme ausfalle.

35. Sollte noch mehr abgewogen werden, so wird ein gröfseres Gewicht für den Laufer gewählt. Man kann sich auch helfen, wenn die Waage auch beym weitern Nagel für kleine leere Waagen zu spät anfängt.

§. 6.

Praktisches Verfahren bey einem verfertigten Waagbalken zur Auswahl des Laufers, und Theilung der Waage.

36. Das Verfahren wird bey einer Waage gezeigt, mit der man 3 Zentner richtig abwiegen kann.

37. 38. Vorläufig werden alle Theile ausgemessen, ihre Gewichte abgewogen, und der Senkel des Aufsatzes für den Laufer auf den Horizontalstand justirt.

39. Nach diesem schreitet man zur praktischen Auswahl des Laufergewichts.

40. Leichter, besonders bey gröfsern Waagen, erhält man dieses, sammt dem, was das Hülfsgewicht tragen soll, durch eine allgemeine Formel.

41. Man erhält auch so das gröfste und kleinste Gewicht der Waage,

42. und die Gröfse des Hülfsgewichts.

43. Endlich auch, wie grofs die Theilung ausfallen werde,

44. die man nachmals praktisch vornimmt,

45. wodurch man die durch Rechnung gefundene,

46. sammt dem Hülfsgewichte prüft.

47. Bey einer doppelten Waage wird das nämliche Verfahren wiederholt.

§. 7.

Bestimmung des Laufergewichts, damit im Uebergange von der gröfsten Last beym weitern Nagel zur kleinsten beym nähern, welche die Waage trägt, keine Lücke entstehe.

48. Die Vollkommenheit einer römischen Waage scheint zu erfodern, dafs sie beym nähern Nagel, jene Last zu tragen anfange, welche die gröfste war beym weitern, damit in ihr nicht nur keine Lücke, sondern auch nichts Ueberflüssiges vorkomme.

49. Darüber wird bey einer schon verfertigten Waage die Rechnung angestellt,

50. welche zeigt, dafs man zwar die Lücke bey der Waage zu vermeiden, auf diese vermeinte Vollkommenheit aber insgemein nicht zu sehen habe.

51. Aus allem, was bis daher erklärt wurde, zeigt sich, welcher Vollkommenheit eine römische Waage fähig sey, die von einer gleicharmigen, besonders wenn sie gröfsere Gewichte abwiegen soll, aus verschiedenen Ursachen nicht zu erwarten ist. Doch kann man nicht in Abrede stellen, dafs nicht ein jeder Eisenschmied eine gute römische Waage zu verfertigen im Stande sey, wenn er nicht gute Leitung erhält, und eine geschickte Hand die Theilung übernimmt.

Denkschr. 1814.

Fig. I.

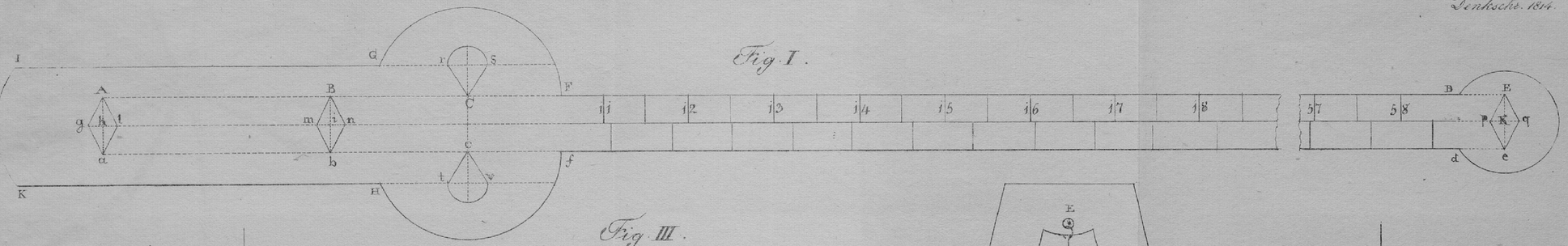


Fig. III.

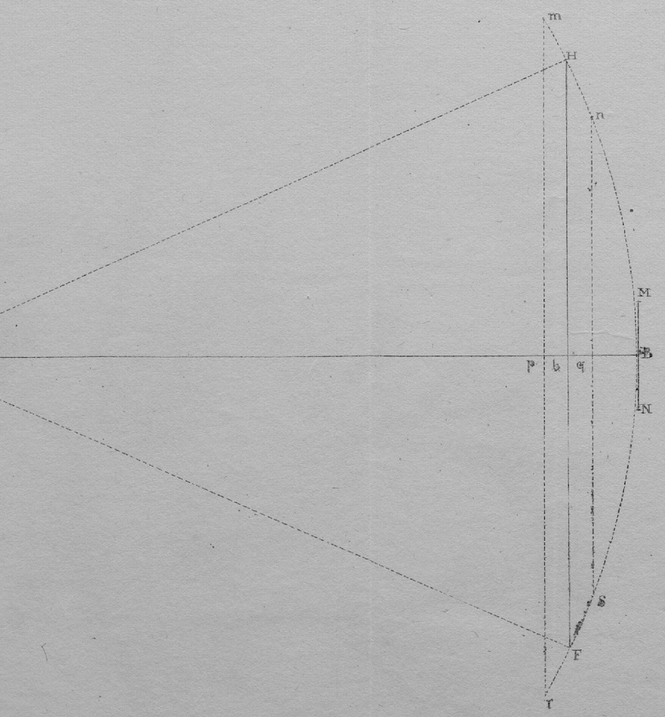


Fig IV.

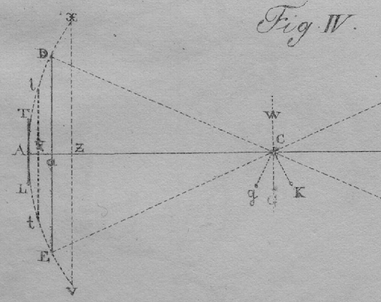


Fig. II. A.

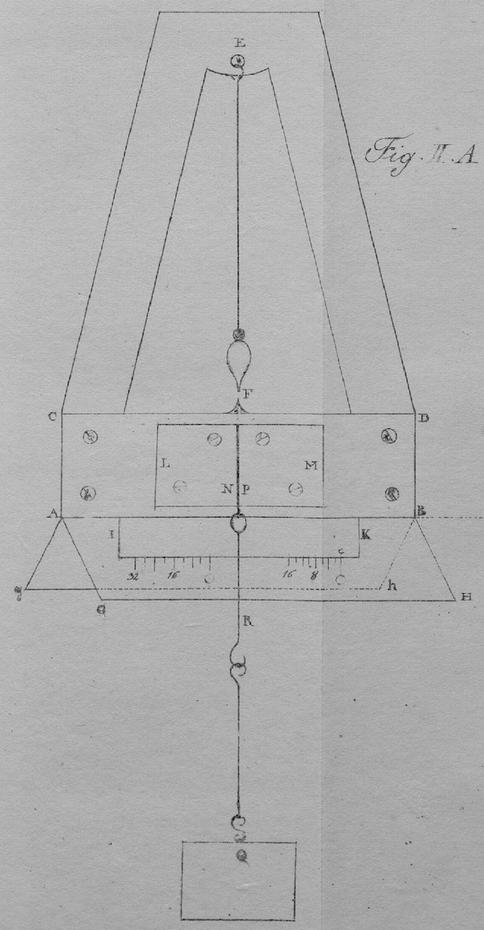
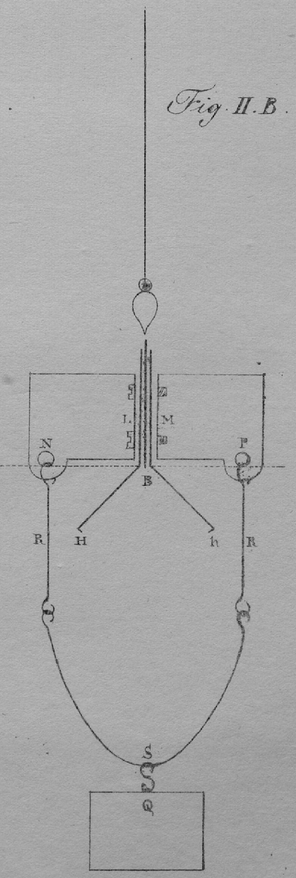


Fig. II. B.



Zu Pickels Abh.