Archiv der reinen und angewandten Mathematik.

Zehntes Heft. 1799.

I.

J. H. Lamberts Versuche und Berechnungen über die Blasebälge. *)

I. Die neue für eine Kirche zu Berlin verfertigte Orgel hat mir eine günstige Gelegenheit dargeboten, die verschiedenen Theile eines solchen Werkes zu untersuchen; insbesondere auch den Mechanismus der Blasebälge, mittelst deren die Pfeifen gefüllt werden, um die Töne daraus zu ziehen. Der Verfertiger dieser Orgel, Herr Mark, dessen Geschicklichkeit sehr bekannt ist, hatte die Gefälligkeit, die verschiedenen Fragen, die ich ihm vorlegte, zu beantworten.

II. Ich fieng dabey an, daß ich die Maasse eines der Blasebälge nahm, um sowohl den Grund- als Aufriß desselben zu zeichnen, wie man sie in der ersten und zweyten Figur erblickt. Diese Blasebälge sind aus zwey länglich viereckigen Bretern a b B A zusammengesetzt, die 9 Rheinl. Fuß in der Länge, $4\frac{1}{2}$ in die Breite äusserlich haben. Aber die

*) Aus dessen im October 1775. aufgesetzten französischen Handschrift vom Herrn Director Bernoulli mitgetheilt. H.

die innere Länge von der Axe $\varkappa\lambda$ an ist nur 105 Zoll, und die innere Breite nur 52 Zoll. Diese Breter sind 2 Zoll dick und machen den Boden und den Deckel des Blasebalges aus. Auf beyden Seiten, so wie auch vorne, sind die Breter ADC, ABC, DCB (Fig. 1) oder ACB, acb, BCcb, (Fig. 2.) die sich zusammenlegen. Das Ventil ist im Boden in LQ, welcher auf den drey Balken E, e, D, ruhet. Die Decke des Blasebalges ist in P mit mehrern Gewichten beladen, deren Bestimmung ist, die Luft zusammenzudrücken, den Deckel AB und die Falten des Blasebalges niederzudrücken. Der Deckel wird wieder aufgehoben, mittelst des Hebels FGH, dessen Ruhpunct in G ist, und der, wenn er in F getreten wird, die Stange HK in die Höhe stößet. Die Länge von FG ist 94 Zoll, mithin das doppelte von GH, die 47 hält.

III. Diese ganze Vorrichtung hat einen zweyfachen Zweck. Einmal muß das Gewicht eines Mannes, welches ungefähr 150 Pfund ist, hinreichend seyn, um, indem er den Hebel in F tritt, den Deckel in die Höhe zu stossen. Nun bringen diese 150 Pfund in F eine Kraft von 300 Pfund in HK hervor, und diese Kraft auf den mittlern Punkt M reducirt, beträgt 600 Pfund oder noch mehr. Es ist leicht einzusehen, daß sie dem Gewichte gleich seyn muß, mit welchem der Blasebalg beladen ist, wenn dieses ebenfalls auf den Punct M reducirt wird. Ich fand daß in P 17 sehr grosse Backsteine lagen, und überdies war da ein Holz, welches durch das Deckelbret gieng. Das Gewicht der Backsteine sammt diesem Holze, wurde ungefähr 150 Pfund geschätzt, welche, auf M gebracht, einem Gewichte von 300 Pfund gleich galten. Ferner kann der 9 Fuß lange, $4\frac{1}{2}$ Fuß breite, und 2 Zoll dicke Deckel, nahe an 250 Pfund wiegen, die man als im Punct M concentrirt annimmt. Endlich ist auch noch ein Balken, 4 Zoll im Quadrate dick, der von A bis K geht, beynahe 10 Fuß lang ist, und dessen Gewicht auf M reducirt, bis 50 Pfund betragen mag. Der Hebel FHK kommt hier nicht in Betrachtung, weil der Theil FG mit den Theilen GH, HK im Gleichgewichte ist. Sämmtliche Gewichte also, auf M reducirt, sind = 300 + 250 + 50 = 600 Pfund, so, daß ein Mann, der 150 Pfund wiegt und den Hebel in F tritt, den Deckel des Blasebalges mit der erforderlichen Geschwindigkeit oder vielmehr Langsamkeit in die Höhe heben wird, da seine auf M reducirte Kraft die 600 Pfund nur um soviel übertrift, als der Abstand MK größer ist, als AM. Uebrigens ist dies nur eine beyläufige Berechnung, die indeß hinreichend darthut, daß der Künstler dem ersten Zwecke ziemlich Genüge geleistet hat.

IV. Der zweyte Endzweck ist den Blasebalg genug zu beladen, um daß die Luft darinn bis auf einen gewissen Grad verdichtet werde, nemlich so, daß diese verdichtete Luft mit einer Columne Wasser von 3, 4 bis 5 Zoll das Gleichgewicht halten könne, je nachdem der Wind, den der Blasebalg geben soll, stark ist. Auf diese Weise bestimmen solche Orgelbauer, die sich der Genauigkeit befleissen, den Grad der Compression der Luft in den Blasebälgen. Hr. Mark zeigte mir das Instrument, dessen er sich bedient, und ich fand, daß die Blasebälge das Wasser auf eine Höhe von $4\frac{1}{2}$ Zoll trieben, welches zu erkennen giebt, daß der Wind mehr als mittelmässig stark war. Nachdem nun die Maasse des Blasebalges, wie auch die Summe der auf den Punct M reducirten Gewichte bekannt waren, versuchte ich, ob die Berechnung eben den Grad der Compression geben würde.

V. Die Gesetze der Hydrostatik lehren uns, daß der Druck einer Flüssigkeit auf eine Fläche in eben dem Verhältnisse zunimmt, als diese Fläche, mit Rücksicht indeß auf die Verschiedenheit der Tiefe. Hier nun, wo von der in einem Blasebalge eingeschlossenen Luft die Rede ist, der nicht leicht über 16 bis 18 Zoll in die Höhe gehoben wird, ist offenbar diese Höhe zu klein, um in Betrachtung zu kommen.

Mithin hat man es nur mit der Oberfläche selbst zu thun. Diese war diejenige, die in der 2ten Figur durch $\varkappa\lambda bB$ bezeichnet ist, wenn man nicht müßte die Falten λcb, $bcCB$, $\varkappa CB$ in Anschlag bringen, welche machen, daß man anstatt der Fläche $\varkappa\lambda bB$ die Fläche $\lambda\beta\gamma\varkappa$ nehmen muß, welche zwischen $\lambda bB\varkappa$ und $\lambda cC\varkappa$ gewissermaaßen das Mittel hält. Nun aber finde ich $\varepsilon\delta = 97\frac{1}{2}$ Zoll, $\varkappa\lambda = 52$ Z. $\beta\gamma = 38$ Z., und daraus ergiebt sich die Area $\lambda\beta\gamma\varkappa = 4387\frac{1}{2}$ Quadratzoll. Der Druck der äussern Luft kommt einer Wassersäule gleich, die 408 Zoll hoch ist. Multiplicirt man dann 408 mit $4387\frac{1}{2}$, so bekommt man 1790100 Cubiczoll Wassers, die an Gewicht 67854 Berliner Pfund betragen. Dieses Gewicht ist das Aequivalent des Druckes der äussern Luft auf die Fläche $\lambda\beta\gamma\varkappa$, oder auf deren Schwerpunkt N. Man wird finden, daß dieser Punct N von der Axe ε nur um $42\frac{1}{2}$ Zoll entfernt ist, während daß AM $= 52\frac{1}{2}$ Zoll ist. Wenn daher die 600 Pfund, die wir für den Punct M gefunden haben, auf N reducirt werden, so verwandeln sie sich in 742 Pfund. Dieses Gewicht zu 67854, als dem der äussern Luft, addirt, giebt 68596 Pfund, und dies ist das Maaß der Kraft der in dem Blasebalge zusammengepreßten Luft, gegen dieselbe Fläche $\lambda\beta\gamma\varkappa$, weil sie mit der Kraft der äussern Luft im Gleichgewichte ist, nachdem diese den Zusatz von 742 Pfund, die man sich im Puncte N aufgeladen denken muß, erhalten hat. Man sage demnach: 67854 verhalten sich zu 742 wie die 408 Zoll Wassers, die dem Drucke der Atmosphäre gleich kommen; zu 4,46 Zoll, so werden diese 4,46 Zoll die Höhe der Wassersäule seyn, die dem Uebermaasse der Elasticität der innern Luft, über die der äussern, entspricht. Die Erfahrung gab $4\frac{1}{2}$ Zoll, mithin war der Unterschied so viel als nichts.

VI. Nehmen wir an, das Wasser sey 840 mal specifisch schwerer als die Luft, so wird diese Columne Wassers so viel gelten, als eine Columne Luft von 312,2 Fuß. Dies ist

ist die Höhe, welche der Geschwindigkeit, mit welcher die Luft aus dem Blasebalge gehet, zukommt; und diese Geschwindigkeit findet sich = 139,2 oder 140 Fuß in einer Secunde.

VII. Um zu sehen, ob diese Geschwindigkeit mit der Erfahrung übereinstimme, öffnete Hr. Mark auf meine Bitte ein rundes Loch von 7 Zoll im Durchmesser, um der Luft den Ausgang zu lassen. Wir bemerkten, daß 53″ Zeit verflossen, während daß der Punkt B um 1 Fuß niedersank. Nachdem ich denn das Volumen der Luft berechnete, welche in dieser Zeit von 53 Secunden aus dem Blasebalge gestossen worden, fand ich 23760 Cubiczoll, mithin 448 Cubiczoll in einer Secunde. Da nun ein Wind, der durch ein cirkelrundes Loch von 7 Zoll Durchmesser mit einer Geschwindigkeit von 139,2 Fuß bläst, jede Secunde ein Volumen Luft von

$$\frac{7}{12} \cdot \frac{7}{12} \cdot \frac{11}{14} \cdot 139{,}2 \;.\; 12 = 447 \text{ Cubiczoll}$$

ausstößt, so ist dies nur 1 weniger, als die so eben gefundenen 448 Cubiczoll.

VIII. Zwar kommt demnach der Calcul so genau als man verlangen kann mit der Erfahrung überein, allein diese Uebereinstimmung rührt doch mehr vom Zufalle her. Der Unterschied hätte der Theorie unbeschadet, weit grösser seyn können, indem wohl nicht möglich ist, die Maasse mit zulänglicher Schärfe zu nehmen. Im Gegentheil, man war genöthiget durch die äusserlich genommene Maasse, und indem man die Dicke der Breter in Anschlag brachte, die Maasse der inneren Theile des Blasebalges zu bestimmen. Ferner, da ich den Druck der äussern Luft durch eine Wassersäule von 408 Zoll oder 34 Rheinl. Fuß ausdrückte, glaubte ich dadurch sowohl der Höhe des Quecksilbers im Barometer, als dem Zustande der Luft, wie er im October zu seyn pflegt, wo das Thermometer nur um einige Grade über dem temperirten, und die Luft mittelmäßig feucht ist, Genüge zu leisten. Folglich, anstatt das Wasser 840 mal schwerer, als die Luft zu setzen, hätte auch wohl können

nen ein grösseres oder kleineres Verhältniß statt finden: jenes habe ich angenommen, nicht nur weil es dem gewöhnlich festgesetzten ziemlich nahe kommt, sondern auch in Absicht der Bequemlichkeit der Berechnung, weil die Zahl 840 durch 12,5, 7 theilbar, oder = 12 . 70 ist.

IX. In diesen Berechnungen habe ich verschiedene Umstände aus der Acht gelassen, die in solchen Fällen von keinem Belange sind. Z. B. die Luft, die beständig aus der kleinen Oefnung, die man gemacht hatte, herauskam, trägt so viel, als nichts bey, die Elasticität der zurückbleibenden Luft zu verändern, und kann das Herabsinken des Deckels nicht merklich beschleunigen. Deswegen habe ich auch den Punct B um einige Zolle niederfallen lassen, ehe ich das Maaß dieses Falles nahm. Das Fallen gehet anfangs beschleunigt, bald aber nähert es sich der endlichen Geschwindigkeit, mit welcher es hernach einförmig vor sich gehet. Hierzu werden nur 1 oder 2 Secunden Zeit erfordert. Die Berechnung, die ich oben angestellt habe, beruhet demnach auf der Voraussetzung, daß der Deckel des Blasebalges nur allmählig, wie der Wind ausgehet, herabsinkt, und daß dieses Fallens ungeachtet, die Compression der Luft so ziemlich dieselbe bleiben würde, wenn auch das Loch, aus welchem der Wind gehet, beträchtlich größer wäre.

X. Ich gehe zu einer andern Gattung und Einrichtung der Blasebälge über, welche in der 3ten Figur, nach Maassen, die ich im J. 1745 genommen habe, vorgestellt ist. Die Blasebälge A B, haben die Gestalt von abgestutzten Pyramiden und sind von Holz. Das Bret, welches den Boden ausmacht, ist unbeweglich; daher der Deckel hingegen mit den Seiten auf- und absteigt. Das in die Rinne C D geleitete Wasser fällt auf das Rad E, und dieses treibt seine Welle herum, in welcher die Zähne F eingelassen sind. Diese Zähne, indem sie die Kette F G herabwinden, drücken zugleich den Blasebalg in B nieder, und ziehen die

Ket-

Kette BH herab, welche die andere Kette IL mittelst des Balaucier's HI steigen macht. Dieser hängt an einer biegsamen hölzernen Stange, welche hilft den andern Blasebalg plötzlich in die Höhe zu heben, während daß der andere mit der gehörigen Langsamkeit niedersinkt.

XI. Der Zufluß des Wassers ist geringe genug, um blos die Kästen des Rades anzufüllen. Der äussere Halbmesser des Rades ist 3 Fuß 2 Zoll Pariser Maaß: der innere Halbmesser hält einen Fuß weniger die Länge der Kästen oder die innere Breite des Rades ist 3 Fuß, und die Fläche der Schaufeln macht mit dem Halbmesser des Rades einen Winkel von 30 Gr. In allem sind 12 Kästen. Das äussere Ende der Zähne F stehet von der Axe der Welle $1\frac{1}{4}$ Fuß ab. Jeder Blasebalg sinkt 3 mal während einer Umdrehung des Rades. Durch die mit diesen Datis angestellte Berechnung fand ich, daß die Kraft, mit welcher die Kette GF niedergezogen wird, dem Gewichte von ungefähr $7\frac{1}{2}$ Cubicfuß Wassers, oder 525 Pfunden gleich kommt. Diese auf den Schwerpunct der inneren Fläche des Deckels reducirte Kraft muß um die Hälfte vermehrt werden, wodurch sie denn dem Gewichte von ungefähr $11\frac{1}{4}$ Cubicfuß Wassers gleich wird.

XII. Die innere Fläche des Deckels ist ein Trapez von 7 Fuß in der Länge, 2 Fuß breit in L und $\frac{2}{3}$ Fuß breit in M; und hält demnach

$$\tfrac{1}{2}\,(2 + \tfrac{2}{3}) \cdot 7 = \tfrac{28}{3} \text{ Quadratfuß.}$$

Nun aber ist der Druck der äussern Luft einer 33 Fuß hohen Wassersäule gleich. Vermehrt man denn $\frac{28}{3}$ mit 33, so ist das Produkt = 308 Cubicfuß Wasser, und das Gewicht dieser Masse gleicht dem des Druckes der Luft auf den Blasebalg. Noch addirt man zu diesen 308 Cubicfuß Wasser die $11\frac{1}{4}$ Cubicfuß, die der Kraft des Rades zukommen;

die Summe ist $= 319\frac{1}{4}$ Cubikfuß Wasser, und das Gewicht dieser Masse drückt die Kraft der in dem Blasebalge comprimirten Luft aus. Daraus entsteht das Verhältniß:

$$308 : 11\tfrac{1}{4} = 33 : 1\tfrac{1}{5}$$

nemlich: Wie der Druck der äussern Luft auf den Deckel des Blasebalges sich verhält zu der von dem Rade herrührenden Kraft, so verhält sich der durch eine 33 Fuß hohe Wassersäule vorgestellte absolute Druck der Luft zu $1\frac{1}{5}$ Fuß, wodurch die Höhe einer Wassersäule vorgestellt wird, deren Druck dem Ueberschusse der Elasticität der im Blasebalge zusammengepreßten Luft gleich kommt.

XIII. Diese $1\frac{1}{5}$ Fuß hohe Wassersäule mit 850 multiplicirt, giebt 1020 Fuß für die Höhe einer gleichgeltenden Luftsäule. Die dieser Säule zukommende Geschwindigkeit ist die des Windes, der aus dem Blasebalge ausgeht, und beträgt 247 Fuß in einer Secunde.

XIV. Der Wind kommt aber aus einer 1 Zoll im Durchmesser habenden Röhre, deren Oeffnung demnach $= \frac{1}{144} \cdot \frac{11}{14} = \frac{11}{2016}$ Qudratfuß ist. Multiplicirt man diesen Raum mit 247 Fuß, als der Geschwindigkeit des Windes, so hat man $\frac{2717}{2016}$ Cubicfuß Luft, die in einer Secunde ausgeht. Das Ende des Deckels aber steigt und fällt $\frac{3}{4}$ Fuß. Mithin macht die während einem Herabsinken ausgestossene Luft ein Volumen von $\frac{3}{4} \cdot \frac{27}{4} = \frac{81}{16}$ oder ungefähr 5 Cubicfuß. Theilt man diese $\frac{81}{16}$ durch $\frac{2717}{2016}$, so kommen $3\frac{3}{4}$ heraus. Mithin geschiehet das Fallen des Blasebalges in $3\frac{3}{4}$ Secunden Zeit; und da während einer Umdrehung des Rades jeder Blasebalg 3 mal fällt, so multiplicire man $3\frac{3}{4}$ mit 6; dann hat man $22\frac{1}{2}$ Secunden für die Zeit einer Umdrehung des Rades. Dies kommt ziemlich gut mit der Erfahrung überein, indem der äussere Umkreis des Rades ungefähr einen Fuß in einer Secunde beschreibt.

XV. In eben der Schmiede habe ich die Maasse einer andern Gattung von Blasebälgen genommen, die in der 4ten Figur abgebildet ist. Dieser Blasebalg ist von russischem Leder (Juchten) und doppelt. Der mittlere Boden A ist unbeweglich. Wenn der untere C aufgehoben wird, jagt er die Luft in den obern Theil des Blasebalges, woraus sie dann durch die Röhre E gehet, während daß das Gewicht, mit welchem der Deckel in B beladen ist, diesen Deckel herabdrückt. Dieser Blasebalg bildet eine nach E zu abgestutzte, und in BC abgerundete Pyramide. Seine größte Länge ist 6 Fuß, und seine größte Breite $2\frac{3}{4}$ Fuß. Die Berechnung unterlasse ich, weil ich versäumt habe, mir das Gewicht zu merken, mit welchem der Blasebalg beladen war. Ohnedem wäre dieser Calcul dem vorigen vollkommen gleich. Es sey demnach genug an der Bemerkung, daß die Kraft, mit welcher der Boden C des Blasebalges steigt, der Kraft, mit welcher der Deckel B sinkt, gleich seyn muß, weil auf diese Weise die im Blasebalge eingeschlossene Luft eine gleichmäßige Compression behält, es mögen die beweglichen Boden CB steigen oder fallen.

XVI. Die Aufgabe, die am öftersten in der Praxis vorkommt, ist: die Grösse der Blasebälge mit der Geschwindigkeit und der Quantität des Windes, wie auch mit der Bewegkraft in das schicklichste Verhältniß zu bringen. Man kann die Geschwindigkeit und Menge des Windes als gegeben ansehen, weil sie von der Wirkung abhängen, die der Wind hervorbringen soll, um Metalle zu schmelzen, Eisen zu glühen, Orgelpfeifen zu füllen, oder sonst eine dergleichen Wirkung. Indeß müssen doch mehrentheils diese zwey Data durch einen vorläufigen Versuch bestimmt werden, weil nicht wohl möglich ist, dieses a priori zu thun. So haben z. B. die Orgelbauer aus der Erfahrung gelernt, daß die Geschwindigkeit des Windes 100 bis 150 Fuß in einer Secunde seyn muß. Um demnach diese Art von Versuchen anzustellen, muß man nur die Blasebälge, deren man sich bedienen will, untersuchen. Man nimmt das Maaß des innern Gehalts derselben, wie auch der Oeffnung, durch welche der Wind ausgeht. Man beobachtet die Zeit oder die Anzahl Secunden die verstreicht, während daß der Blasebalg um eine gegebene Anzahl Zolle niedersinkt. Alsdann wird sowohl die Menge der Luft, die in einer Secunde ausgeblasen wird, als auch die Geschwindigkeit des Windes ohne Schwierigkeit berechnet werden.

XVII. Es sey v die Geschwindigkeit des Windes; g die Höhe des Falls der Körper in der ersten Secunde, so ist die dieser Geschwindigkeit zukommende Höhe

$= \frac{v\,v}{4\,g}$. Der Werth von g ist $= 15{,}096$ Pariser Fuß, oder $= 15\frac{5}{8} = \frac{1000}{64}$ Rheinl. Fuß, oder $= 16{,}087$ Engl. Fuß. Die Höhe einer Luftsäule, die gleichförmig dicht, und deren Druck dem mittlern Drucke der Atmosphäre auf der Oberfläche der Erde gleich ist, beträgt ungefähr 25000 Pariser, oder 26000 Rheinl. oder 27000 Engl. Fuß. Ich setze sie = a Fuß. So verhält sich der Druck der äussern Luft auf den Deckel des Blasebalges zu dem Gewichte, mit welchem der Blasebalg beladen ist, und das als auf den Schwerpunct des Deckels reducirt angenommen wird, wie die Höhe a zu der Höhe $(v\,v : 4\,g)$.

XVIII. Die Figur der Deckel stellt entweder ein längliches Viereck, oder ein Trapez, oder ein an der breiten Seite abgerundetes Trapez vor. In der 5ten Figur ist die innere Fläche des Deckels B der 4ten abgebildet. Die Krümmung GAF kann ziemlich genau als das Segment einer Ellipse, das etwas grösser als die Hälfte ist, betrachtet werden. Der Schwerpunkt dieses Segments fällt, wenn nicht ganz genau, doch beynahe, in die Mitte von AB, nämlich in H. Der Theil GDEF ist ein Trapez, dessen Schwerpunkt in I fällt, so daß

$$(6\,GF - 3\,DE) : (3\,GF - 2\,DE) = BC : BF.$$

Berech-

Berechnet man hiernächst den Raum der Flächen

GAFG, GDEFG

so hat man

$$BK = \frac{GDEFG \cdot BI - GAFG \cdot BH}{GDEFG + GAFG}$$

wodurch der Punkt K, oder der Schwerpunkt des innern und beweglichen Theils des Deckels, wovon DE das Gelenke ist, bestimmt wird. Auf diesen Punkt müssen die Gewichte, mit denen der Blasebalg beladen ist, und die Kräfte, die ihn in Bewegung bringen, reducirt werden.

XIX. Wird die in Quadratfussen ausgedrückte Fläche DGAFE mit der Höhe einer Wassersäule die dem Drucke der Atmosphäre das Gleichgewicht hält, multiplicirt, so hat man in Cubicfussen die Masse Wassers, deren Gewicht dem Drucke der äussern Luft auf den Blasebalg gleich kommt. Man multiplicire diese Cubicfusse mit dem Gewichte eines Cubicfusses Wassers, so hat man dieses Gewicht in Pfunden. Wir wollen dasselbe = P setzen; und annehmen p sey die Summe der Gewichte und der Kräfte, welche den Blasebalg niederdrücken und als auf den Punkt K reduciret geachtet werden. So haben wir das Verhältniß

$$a : \frac{vv}{4g} = P : p \text{ daher } p = \frac{vvP}{4ag}$$

woraus man ersiehet, wie das Gewicht oder die Kraft p von dem Raume des Deckels, dem Gewichte und der Dichtigkeit der Atmosphäre, wie auch von der Geschwindigkeit des Windes, den der Blasebalg hervorbringen soll, abhängt.

XX. Wenn die Blasebälge von der Art sind, wie in der dritten Figur, wo mittelst des Wagebalkens HI die Deckel der Blasebälge einander das Gleichgewicht halten, dann kommt das Gewicht der Deckel nicht in Betrachtung.

Mithin muß das Gewicht p auf den Punct G, und von da auf den Punkt F, wo die Zähne der Welle den kleinen Hebel FN niederdrücken, reducirt werden. Hiedurch erhält man die Kraft, mit welcher die Zähne die Blasebälge niederdrücken, und wird in Stand gesetzt, selbige mit der Kraft des Wassers, welches das Rad in Umlauf bringt, zu vergleichen.

XXI. Anders verhält es sich mit den Blasebälgen der 4ten Figur. Hier muß das Gewicht p um das des Deckels verringert werden, und der Rest wird das Gewicht seyn, womit derselbe in seinem Schwerpunkte noch muß beladen werden. Es ist offenbar, daß, wenn man denselben näher an dem Ende B beladet, weniger Gewicht erfordert wird. Die Reduction ist leicht anzustellen. Ich habe weiter oben gesagt, es werde eben so viel Kraft erfordert, den Boden C des Blasebalges aufzuheben, als den Deckel herunter zu drücken. Es versteht sich aber, daß beyde die gleiche Gestalt und Grösse haben. Wenn nun das Gewicht p in dem Schwerpunkte angebracht wird, so muß man es auf den Punkt E reduciren, wo die Bewegkraft angewendet ist. Diese Reduction hat keine Schwierigkeit, so wenig als die, welche nöthig ist, diese Kraft aus E auf den Punkt H der Kurbel zu bringen. Nach diesen Reductionen wird die Kraft, mit welcher das Wasser die Kurbel umdrehen muß, bekannt seyn.

XXII. Noch bleibt übrig, den Grad der Geschwindigkeit zu untersuchen. Zu dem Ende nennen wir ν den Halbmesser der Röhre, durch die der Wind herausgeht, in Fußmaaß ausgedrückt. So ist der Raum der Oeffnung $= \pi\nu\nu$. Diese Area mit v, als der Geschwindigkeit des Windes, multiplicirt, giebt $\pi\nu\nu v$ Cubicfuß Luft, die in einer Secunde ausgeblasen werden. Wenn demnach die Höhe, von welcher das Ende des Blasebalgs fällt, gegeben ist, so berechne man in Cubicfussen die Luftmasse, die wäh-

während einem jeden Herabsinken ausgehet: wohl zu merken, daß dies zusammengedrückte Luft ist, welche im Verhältnisse von

$$\left(a + \frac{v\,v}{4\,g} : a\right)$$

weniger Raum einnimmt. Diese Luftmasse ferner durch $\pi\,\nu\,\nu\,v$ getheilt, wird die Anzahl der Secunden geben, die bey jedem Niedersteigen des Blasebalges verstreichen. Dies findet bey den Blasebälgen der 3ten Figur statt. Bey denen aber der 4ten Figur, muß die Berechnung auf eine etwas andere Weise geschehen. Zuerst ist es der untere Boden, der im Fallen neue Luft durch sein Ventil einnimmt. Während dem ist das Ventil des mittlern Bodens geschlossen. Jener steigt geschwinder herab, als hinauf. Im Aufsteigen macht er, daß die Luft in den obern Theil des Blasebalges geht, indem er den Deckel hinauf drängt, welches aber langsamer geschiehet, weil dieser Deckel nur mit einer relativen Geschwindigkeit aufsteiget. Folglich kommt das Auf- und Absteigen des Bodens hier in Betrachtung. Man muß dasselbe nicht ganz nehmen, weil von der comprimirten Luftmasse die Rede ist: Daher das wirkliche Steigen und Fallen im Verhältniß von

$$\left(a + \frac{v\,v}{4\,g} : a\right)$$

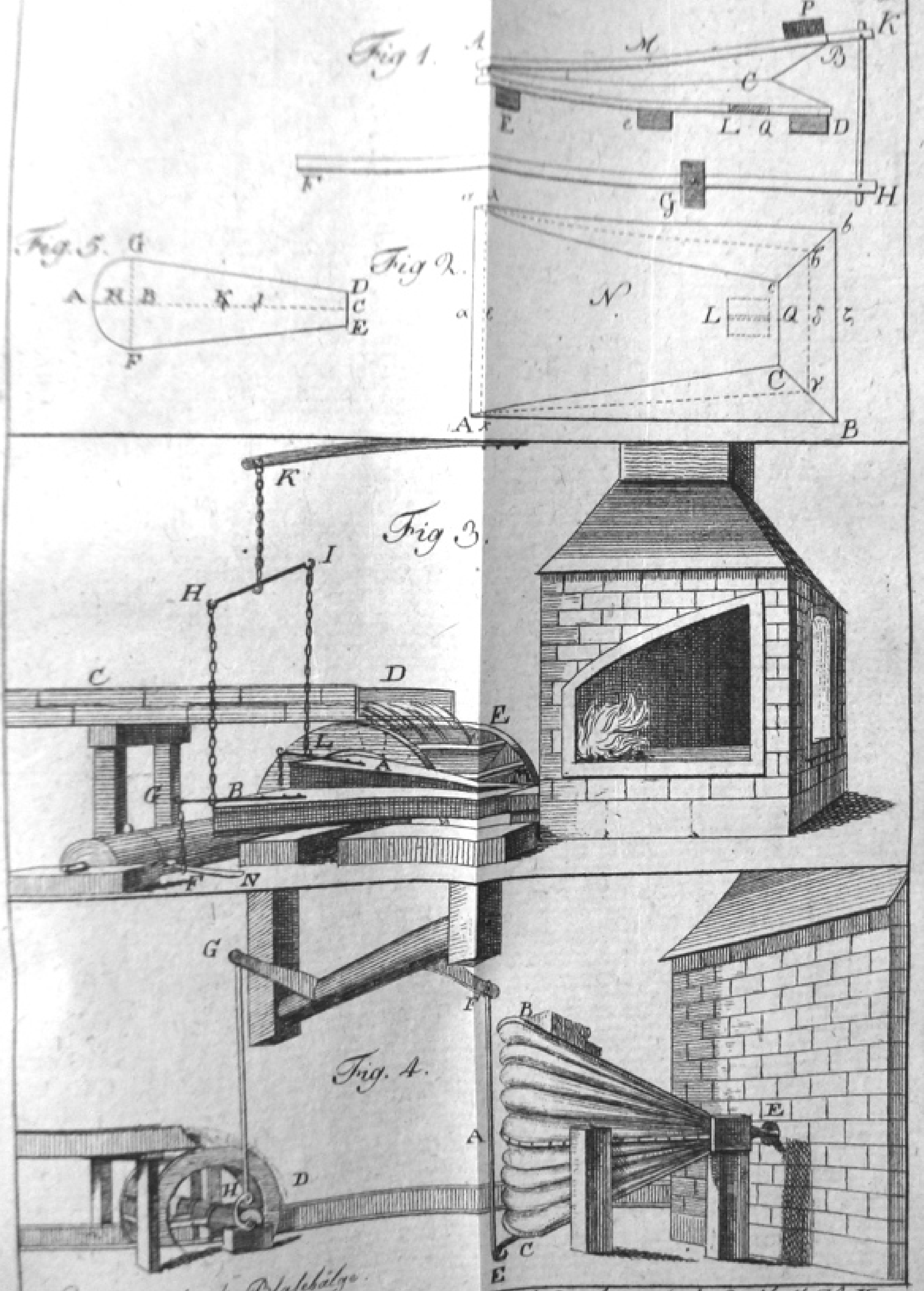
vermindert werden muß. Hieraus berechnet man leicht die comprimirte Luftmasse, welche während jedem Fall in den Blasebalg hinein, und durch die Röhre E während einem Umgange der Kurbel herausgehet. Dieses Volumen endlich durch $\pi\,\nu\,\nu\,v$ dividirt, giebt die zu jedem Umgange der Kurbel erforderte Anzahl Secunden.

XXIII. Dies ist, was man wissen muß, um hernach die gehörige Einrichtung des Rades zu berechnen, wenn die Zeit eines Umganges desselben, wie auch die Kraft, mit welcher es die Zähne F (Fig. 3.) oder die Kurbel H in Umlauf

lauf setzet, gegeben sind. Da ich diesen Gegenstand schon in andern Aufsätzen abgehandelt habe, *) so wäre überflüssig mich hier dabey aufzuhalten.

XXIV. Hr. Gauger hat in seiner Mécanique du Feu einen kleinen doppelten Blasebalg beschrieben, der den Vorzug hat, ohne Unterlaß zu blasen. Ich habe welche gesehen, die auf diese Art gebauet waren, und eine ziemlich gute Wirkung thaten. Sie gleichen dem in meiner 4ten Figur abgebildeten, weichen aber darinn von diesem ab, daß die 3 Boden A, B, C, beweglich sind, und daß, anstatt des drückenden Gewichtes B, im innern des Blasebalges eine Feder angebracht ist, die sich ausdehnt, wenn der Blasebalg aufgeschwellet wird, und durch ihre Elasticität sich wieder zusammenzieht. Diese Feder muß im Schwerpunkte der Boden angebracht werden. Man braucht demnach nur ihre Kraft zu bestimmen. Zu dem Ende bestimme man die Geschwindigkeit, die man dem Winde geben will. Die dieser Geschwindigkeit zukommende, und durch 860 getheilte Höhe, wird die Höhe einer Wassersäule geben, so daß, wenn die Basis dieser Säule dem Boden des Blasebalges gleich ist, ihr Gewicht das seyn wird, welches erforderlich ist, um die Feder ungefähr halb so viel auszudehnen, als sie sich in dem Blasebalge ausdehnen muß. Da nun den verschiedenen Ausdehnungen der Feder verschiedene Grade der Kraft entsprechen, so ist klar, daß man den Blasebalg mit hinreichender Geschwindigkeit auf- und zu machen muß, damit die Feder merklich die gleiche Ausdehnung behalte, weil sonst die Geschwindigkeit des Windes allzu ungleich seyn würde.

*) S. Nouv. mémoires de l' acad. de Berlin ann. 1775.



Lambert über die Blasebälge.

Hindenburg Arch: d: Math: H: X.