Beyträge

zur

Theorie der Wagnerey,

verfasset

von

Georg Grünberger,
wirklich frequentierendem Hofkammerrath und ordentlichem Mitglied der churfürstl. Akademie der Wissenschaften.

§. 1. Als die Akademie der Wissenschaften die Frage über eine auf mechanische und physische Gründe gestützte Theorie von der Wagnerey aufwarf, so mußte ihr dieselbe, zwar wegen dem so nützlichen und unentbehrlichen Gebrauche dieser Maschine nicht unwichtig, aber auch gar nicht gehörig bearbeitet, oder doch das, was bisher davon bekannt war, nicht so hinreichend geschienen haben, daß man sich damit befriedigen könnte. Ich wenigstens für mich muß gestehen, daß ich in den wenigen Schriften, welche von der Wagnerey handeln, und mir bekannt geworden sind, nichts angetroffen habe, welches meiner Erwartung so gemäß gewesen wäre, daß ich mich hierüber hätte beruhigen können. So glaubt man z. B. zwar insgemein, daß, je kleiner die Achsspillen, und je größer oder höher die Räder seyen, desto leichter sey auch der Zug für die angespannten Kräfte bey unsern Wägen. Aber wo ist der Beweis für diese Meinung, wo die mechanischen Gründe, aus welchen dieß gefolgert wird? Unstreitig muß man die Körper, oder das, was auf dem Wagen geführt werden soll, nebst der Schwere des Wagens selbst, Last nennen. Die Kräfte, welche diese Last fortschaffen müssen, sind

ausser allem Zweifel die vorgespannten Zugviehe; allein es macht hier unläugbar die Last den nämlichen Weg, wie die Kraft. Es kann also das Wagenrad unmöglich wie ein Rad an der Welle angesehen werden; zumal, wenn man noch betrachtet, wo der Druck der Last, wo der Zug der Kräfte, und zwar in welchen Richtungen beyde angebracht sind. Wenn dahero der Satz, daß kleine Achsspillen und hohe Räder eine leichtere Bewegung gewähren, wahr seyn sollte, so muß diese Wahrheit zwar aus mechanischen, aber ganz andern Gründen, als denen eines Rades an der Welle, hergeleitet werden können.

Ich wage es daher um so mehr diejenigen Betrachtungen, die ich über die Theorie des Wagenwerkes angestellt habe, der Beurtheilung der churfürstlichen Akademie der Wissenschaften zu unterwerfen, als dieselbe selbst öffentlich erklärt hat, daß keine der eingelaufenen Schriften ihr hierinn Genüge geleistet hätte; allein weder meine Kräfte, noch meine Zeit, die mir meine Berufsgeschäfte übrig lassen, reichen zu, um die für das Jahr 1795 vorgelegte Preisfrage von der Wagnerey in ihrem ganzen Umfange zu beantworten. Ich gedenke daher hier blos einige, vielleicht nicht unwichtige, Beyträge für diesen Gegenstand zu liefern. Wenigstens werde ich mich bemühen, ohne in eine gelehrte Untersuchung und Geschichte von der Erfindung und der allmähligen Verbesserung des Wagenwerkes hineinzugehen, nur das Allgemeine und Theoretische, das allen Wägen mehr oder minder gemein ist, nach meinen geringen Kräften zu behandeln.

§ 2. Der erste Anblick eines bewegten Wagens zeigt schon, daß hiebey, je nachdem der von der aufhabenden Last und dem Gewichte des Wagens selbst verursachte Druck auf die Naben groß ist, eine verhältnißmäßige Friktion vor sich gehen müsse. Will man daher

her die Gesetze der Bewegung eines Wagens, wie sie wirklich geschieht, untersuchen, so kann die Betrachtung der Reibung unmöglich bey Seite gesetzt werden. Indessen, ehe ich zu meinen eignen Vorstellungen, die ich mir hiebey mache, übergehe, will ich den Wagen eben so, wie einige bereits gethan haben, ansehen, als wenn er über ein vorliegendes Hinderniß weggebracht werden sollte; theils, weil in diesem Falle sich eine leichte Anwendung von der Theorie des Hebels machen läßt, theils weil der Fall wirklich in Ueberlegung genommen werden muß. Nur werde ich etwas allgemeinere Formeln hierüber zu geben suchen, als ich mich gelesen zu haben erinnere. Indessen, da ich mir, wie ich schon erwähnte, nicht vorgenommen habe, die Theorie der Wagnerey in ihrem ganzen Umfange, folglich auch in keinem systematischen Zusammenhange zu bearbeiten, so wird mir erlaubt seyn, ohne besondere Rücksicht auf eine gewisse Ordnung meine Bruchstücke vorzutragen.

§. 3. Der Wagen kann auf einer horizontalen Ebne stehen; er kann auf einer bloß seiner Länge nach schiefen Ebene aufwärts oder abwärts geführt werden; er kann auch seiner Breite nach auf einer geneigten Ebne stehend betrachtet werden. Alle diese Fälle erfordern eine Untersuchung.

§. 4. Ausser der nöthigen Stärke und Dauerhaftigkeit eines Wagens dörfte wohl eine leichte und soviel als möglich vor dem Umwerfen sichere Bewegung desselben ein vorzügliches Augenmerk verdienen. Auch daß selber nach den verschiedenen Richtungen der Wege lenkbar seye, verdient Erwegung, so wie das Wesentliche bey den Haupttheilen des Wagens selbst. Da die nöthige Stärke und Dauerhaftigkeit ausser der Größe der Theile von der zweckmässigen Güte der Materialien abhängt, so wie in der guten Zusammenfügung der-

selben, so fallen die Betrachtungen hierüber ausser die vorgesteckten Gränzen meiner Abhandlung; indem ich diesen Theil der Wagnerey hier eigentlich nur zu berühren gedenke.

§. 5. Es sey mn horizontal, S ein Rad des Vordergestelles, die Kraft = P sey durch das Mittel der Achse mit mn parallel angebracht. Die Last, mit welcher das Rad niedergedrückt wird, sey = Q. Die Friktion werde beyseite gesetzt; aber ein Gegenstand cd stehe dem Rollen des Rades entgegen; man sucht eine Gleichung zwischen P und Q.

ab sey der senkrechte Radius vom Mittel der Naabenseele. Man fälle von c auf ab und ap Perpendikeln, so wird sich qcr als ein gebrochner Hebel ansehen lassen, wovon das Hypomochlion in c ist. Folglich ist nach den Gesetzen der Statik Pxcq = Qxcr. Man bezeichne den Radius des Rades mit R, den Winkel bac mit ϕ, so wird 1 : R =, sin ϕ : rc, oder rc = R sin ϕ; eben so cq = R cos ϕ, also QR sin ϕ = PR cos ϕ, oder $\frac{Q \sin \phi}{\cos \phi} = Q \tan \phi = P$.

§. 6. So wie $\phi = 0$ wird, oder kein Hinderniß da ist, so wird P gleichfalls = 0; oder es wäre sodann keine, eigentlich nur eine unendlich kleine Kraft nöthig, den Wagen auf einer horizontalen Ebene, ohne Rücksicht der Friktion, fortzubewegen.

§. 7. Wäre die Kraft zwar parallel mit mn, aber um d über oder unter der Mitte der Achse angebracht, so würde $QR \sin \phi = PR \cos \phi \pm Pd$ seyn, also $P = \frac{QR \sin \phi}{R \cos \phi \pm d}$; woraus leicht erhellet, daß im ersten Falle der Wagen leichter, als bey der Vorrichtung des §. 5.; im zweyten aber schwerer über den vorliegenden Gegenstand weggezogen würde.

§. 8.

§. 8. Alles sey wie zuvor in §. 5. nur sey die Richtung der Kraft Fig. 2. schief aufwärts nach ap angebracht: man sucht eine Gleichung wie zuvor. Man lasse alle Bezeichnungen wie in §. 5. und ziehe at mit mn parallel, so wird pat = psn. Man setze diesen Winkel = ω, und resolviere die Kraft P in eine horizontale und vertikale. Diese wird P sin ω, jene P cos ω seyn. Erstere strebet der Last entgegen; folglich drückt selbe nur mit Q — P sin ω abwärts, während die andere oder P cos ω das Rad über das Hinderniß zu heben sucht. Folglich ist hier (Q — P sin ω) x cr = P cos ω x cq Wegen cr = R sin ϕ und cq = R cos ϕ wird also hier die Gleichung (Q — P sin ω) R sin ϕ = P cos ω R cos ϕ, oder Q sin ϕ — P sin ω sin ϕ = P cos ω cos ϕ, endlich $P = \frac{Q \sin \phi}{\cos \phi \cos \omega + \sin \omega \sin \phi} = \frac{Q \sin \phi}{\cos(\phi - \omega)}$

§. 9. Es sey w kleiner als ϕ, so wird sich unter übrigens gleichen Umständen die Kraft §. 5. zu der in §. 8. verhalten wie $\frac{Q \sin \phi}{\cos \phi}$: $\frac{Q \sin \phi}{\cos(\phi - \omega}$ = cos (ϕ — ω) : cos ϕ. Weil aber cos (ϕ ω) > cos ϕ; so sieht man leicht, daß in dem letzten Falle weniger Kraft nöthig sey, das Rad über das Hinderniß hinweg zu bringen, als im ersten, oder, daß, wenn die Richtung der Kraft etwas schief aufwärts angebracht ist, selbe leichter über die kleine vor den Rädern liegende Hinderniß wegkomme, als wenn die Kraft auf einer horizontalen Ebne parallel damit zieht.

§. 10. Wenn die Zugkräfte mit at Fig. 2 einen Winkel = ω abwärts machten, so würde $P = \frac{Q \sin \phi}{\cos(\phi + \omega)}$ seyn. Bey gleichen Winkeln wie ω, auf- und abwärts, verhielten sich also die Kräfte wie $\frac{1}{\cos(\phi - \omega)} : \frac{1}{\cos(\phi + \omega)}$ = cos (ϕ + ω) ; cos (ϕ — ω). Aber cos

$(\phi-\omega) > \cos(\phi+\omega)$, folglich wäre es für die Absicht, daß man über vorliegende Hindernisse leichter wegkäme, ein Fehler, die Zugkräfte schief abwärts anzubringen.

§. 11. Die bisherigen Betrachtungen können deßwegen nicht unnütz seyn, weil auf den gewöhnlichen Wegen immer solche wenigstens kleine Hindernisse vorkommen und mehr Kraft, sie zu überwinden, kosten, als man glauben sollte; allein, da es in der Ausübung mehr darauf ankömmt, mittels Anlegung fahrbarer Strassen und Ausbesserung der Wege solche, besonders größere Hindernisse im voraus wegzuräumen, als zu wissen, welche Kräfte nöthig sind, um hierüber wegzukommen; so ist dadurch für die Theorie der Wagnerey nur ein einziger Fall erörtert. Ungeachtet dessen will ich aber doch noch die zween Fälle in dieser Rücksicht vortragen, wo der Wagen auf eine seiner Länge nach geneigten Ebene auf- oder abwärts gestellt ist.

§. 12. Das Rad soll Fig. 3. auf einer gegen den Horizont unter dem Winkel $hgn=\beta$ geneigten Ebene aufwärts geführt werden. Die Zugkräfte sind mit gh parallel. In c ist ein Hinderniß cd. Der Winkel bac ist $=\phi$: man sucht eine Gleichung, welche die Verhältnisse zwischen P und Q bestimmt.

Man fälle von a auf die horizontal mn die Linie af senkrecht: eben so fälle man von c auf af und ap Perpendikeln; so wird, wenn rcq als ein Winkelhebel betrachtet wird, $Q \times rc = P \times cq$ seyn. Nun ist $fab=\beta$, $bac=\phi$, also $fac=\beta+\phi$. Es sey der Radius des Rades $=R$, so ist $rc=R\sin(\beta+\phi)$ und $qc=R\cos\phi$. Folglich $QR\sin(\beta+\phi)=PR\cos\phi$ und $P=\frac{Q\sin(\beta+\phi)}{\cos\phi}$.

§. 13.

§. 13. Wenn $\beta = o$ ist, so ist $P = \frac{Q \sin \phi}{\cos \phi}$ wie in §. 5. Folglich verhält sich bey sonst gleichen Umständen die Kraft auf der horizontalen, zu der auf der unter dem Winkel β geneigten Ebne, wie $\frac{\sin \phi}{\cos \phi} : \frac{\sin(\phi+\beta)}{\cos \phi} = \sin \phi : \sin(\phi+\beta)$, wo also, wie ohnehin leicht voraus zu sehen war, im letztern Falle mehr Kraft nöthig wird als im ersten.

§. 14. Fährt der Wagen Fig. 4. abwärts, so findet man auf eine ähnliche Weise $P = \frac{Q \sin(\phi-\beta)}{\cos \phi}$.

§. 15. Wenn man Fig. 1 die Höhe der Hinderniß $rb = a$ setzt, so findet man leicht, daß $\frac{\sin \phi}{\cos \phi} = \text{tang}\, \phi = \frac{\sqrt{2Ra-a^2}}{R-a}$ sey; also daß $P = Q\frac{\sqrt{2Ra-a^2}}{R-a}$ in §. 5. wäre. Für einen kleinen Radius r wäre daher $P = \frac{Q\sqrt{2ra-a^2}}{r-a}$. Weil aber $\frac{\sqrt{2ra-a^2}}{r-a} > \frac{\sqrt{2Ra-a^2}}{R-a}$, so sind hohe Räder dienlicher, um über Hindernisse wegzukommen, als niedrige. Daß $\frac{\sqrt{2Ra-a^2}}{R-a} < \frac{\sqrt{2ra-a^2}}{r-a}$ sey, findet man leicht, wenn man $r = R-d$ setzt, und gehörig substituiert, weil sodann $\sqrt{\frac{2ra-a^2}{(r-a)^2}} : \sqrt{\frac{2Ra-a^2}{(R-a)^2}} = \sqrt{\frac{R-d-a+R-d}{(R-d-a)(R-d-a)}} : \sqrt{\frac{R-a+R}{(R-a)(R-a)}} = \sqrt{\frac{1}{R-d-a} + \frac{1}{\left(1-\frac{a}{R-d}\right)^2}} : \sqrt{\frac{1}{R-a} + \frac{1}{\left(1-\frac{a}{R}\right)^2}}$ wird.

§. 16.

§. 16. Sind die Wege schlimm, der Boden sandig, morastig, schlammig oder weich überhaupts, so dringen die Räder, wie bekannt, desto tiefer in den Boden ein, je mehr sie sowohl selbst schwer als beschwert sind, und je weniger sie bey dem Eindringen von der Beschaffenheit des Bodens selbst Hinderniß finden; allein es kann doch die Frage gestellt werden, ob ein größers oder kleiners Rad bey übrigen gleichen Umständen tiefer eindringen werde. Es sey zu dem Ende Fig. 5. mn der Boden, und M ein größers, N ein kleiners Rad. Jenes werde, so viel als BC beträgt, dieses um bc eingedrückt. Ich setze voraus, daß es mehr Gewalt bedörfe, eine größere Fläche des Bodens zusamm zu drücken, als eine kleinere. Ist dieses, so wird bey gleicher Felgenbreite der Widerstand für N wie gf, für M wie GF seyn. Man setze den Radius des größern Rades $= R$, die Sehne $GF = S$, die Tiefe BC, um welche das Rad eingedrückt wird $= T$. Eben so seyen bey N die homologen Grösen r, S und t; so wird $T : \frac{1}{2} S = \frac{1}{2} S : 2R - S$ seyn. Also $2RT - TS = \frac{1}{4} S^2$, und aus ähnlichen Gründen $2rt - tf = \frac{1}{4} f^2$. Setzt man $S = f = a$, so wird $2RT - Ta = \frac{1}{4} a^2$ und $2rt - ta = \frac{1}{4} a^2$, oder $2RT - Ta = 2rt - ta$, woraus dann $T(2R - a) = t(2r - a)$; und $T : t = (2r - a) : (2R - a)$ folgt. Aber $(2R - a) > (2r - a)$, folglich auch $t > T$, oder das kleinere Rad wird bey übrigen gleichen Umständen tiefer eindringen, wodurch sich also auch in dieser Rücksicht höhere Räder vor niedrigen empfehlen.

§. 17. Daß es bey dem Eindringen der Räder in den Boden zugleich auf die Breite der Felgen mit ankomme, brauche ich nicht zu erinnern: wohl aber, daß im Gegentheile bey der Bewegung selbst die Räder von einer geringern Felgenbreite, zumal wenn sie tief eingreifen, durch den vorliegenden Grund sich auch leichter durcharbeiten.

§. 18.

§. 18. Man wird mir leicht zugeben, daß ein Wagen desto besser gebaut sey, je weniger er in den verschiednen Lagen, besonders eines schlechten Weges, der Gefahr des Umwerfens unterworfen ist. Ich brauche hier nicht zu sagen, welche Unglücksfälle für Menschen, welche fahren, wenn umgeworfen wird, entstehen können. Wie viele Waaren, die transportiert werden, sind nicht von einer solchen Beschaffenheit, daß sie bey einem Umsturz entweder verdorben werden, oder auch ganz zu Grunde gehen können? Endlich hat jeder Umsturz die Gefahr bey sich, daß der Wagen selbst, und meistens Achsen oder Räder zerbrechen, wodurch man nicht nur in beträchtliche Kosten versetzt, sondern, was oft in gewissen Umständen noch unangenehmer ist, viele Zeit zu verlieren gezwungen wird, bis alles wieder im fahrbaren Stand hergestellt ist. Es lohnt sich also der Mühe, zu untersuchen, in wie weit ein Wagen vermög seines Baues selbst schon mehr oder weniger der Gefahr des Umwerfens unterworfen sey.

Es sey daher Fig. 6. ein Wagengestell und ab der Radius des Rades, bc die halbe horizontale Geleisbreite, der Mittelpunkt der Schwere G um dg über die Linie durch die Mittelpunkte der Räder erhaben. So lange nun dieser Mittelpunkt der Schwere innerhalb des Geleises fällt, so lange kann das Gestell nicht umgeworfen werden. Man wird aber leicht gewahr, daß der Schwerpunkt g den Bogen gh, den man aus b mit bg beschreiben kann, zuvor durchlaufen müsse, ehe er ausser das Geleise fallen kann, wenn das Gestell über b aufwärts gehoben und gestürzt werden sollte. Je größer also dieser Winkel, desto größer ist die Sicherheit vor dem Umwerfen: Man setze den Winkel $hbg = bgc = \phi$, $bc = g$, $ab = r$, $dg = S$; so ist in dem Dreyecke bgc $\cos\phi : \sin\phi = (r+S) : g$, und $\frac{\sin\phi}{\cos\phi} = \tan\phi = \frac{g}{r+S}$. Der Winkel

kel ϕ wird daher desto größer, je größer und je kleiner $r+S$ ist: Das ist je größer die Geleisbreite ist, und je niedriger die Räder sind; auch je tiefer der Schwerpunkt von dem Wagen und der Last zusammgenommen zu stehen kömmt.

§. 19. Da man sich mit der Geleisbreite meist nach derjenigen richten muß, welche in jedem Lande üblich ist, um nicht die Vortheile des gebahnten Weges zu verlieren, so sieht man leicht, daß man bey den Wägen, über welche Lasten gebaut werden, den Mittelpunkt der Schwere, so niedrig anzubringen trachten muß, als möglich ist. Ein gleiches ist bey dem Packen der Wägen und der Fracht zu beobachten, und dieß um so mehr, je mehr man sich auf schlechte Wege gefaßt zu halten Ursache hat, oder je schneller gefahren werden muß. Bey großen Güterwägen, die meist nur auf gemachten Strassen fahren, thut man aber wohl, zumal wenn sie hoch bepackt werden sollen, wenn man denselben auch eine größere Geleisbreite, als die landesübliche, giebt; weil es bey dieser Gattung Fuhrwerks bloß darauf ankömmt, daß man viel auf einmal transportiere: folglich weder niedrige Räder, die der Leichtigkeit des Fuhrwerks entgegen seyn würden, gewählt, noch auch so leicht vermieden werden kann, daß der Schwerpunkt nicht ziemlich hoch ausfiele.

§. 20. Es sey Fig. 7. ab abermals der Radius des Rades, cb die halbe Geleisbreite; der Schwerpunkt liege aber einem Rade des Gestelles näher als dem andern. Uebrigens stehe das Gestell auf horizontalem Boden. Die Bezeichnungen seyen, wie §. 18. nur mc oder die Entfernung der Schwerlinie von der senkrechten Mittellinie des Gestelles werde hier noch $= x$ gesetzt. So ist in dem Dreyecke bgm $\cos\phi : \sin\phi = (S+r) : (g-x)$, oder

$g-x$

$\frac{g-x}{s+r}$ = tang ϕ, woraus erhellet, daß die Gefahr des Umwerfens auf derjenigen Seite, welcher der Schwerpunkt näher liegt, größer ist, als auf der andern, welches von darum gefehlt ist, weil man die Umstände der Wege nie im voraus kennet, und die Gefahr des Umwerfens auf beyden Seiten als gleich möglich angenommen werden muß; folglich der Schwerpunkt jederzeit in der Mitte angebracht werden sollte.

§. 21. Fig. 8. mn eine gegen den Horizont geneigte Ebne, und mnp der Neigungswinkel = ω, das Gestell, eigentlich der Wagen sey seiner Breite nach schief auf dieser Ebene gestellt. Der Radius des Rades R, der Schwerpunkt um dg = S über die Achse erhaben. gh sey die Richtung der Schwere, also auf mp senkrecht, so darf g nur den aus b mit bg beschriebnen Bogen gz durchlaufen, um über b senkrecht zu stehen, wenn bc mit gq parallel ist. Man setze zbg = bgh = ϕ; nun ist hgc = ω, also bgc = ($\phi+\omega$), und in dem Dreyecke bgc cos ($\phi+\omega$) : sin ($\phi+\omega$) = (R+S) : g, oder tang ($\phi+\omega$) = $\frac{g}{R+S} = \frac{\text{tang}\,\phi + \text{tang}\,\omega}{1 - \text{tang}\,\phi\,\text{tang}\,\omega}$, woraus also g — g tang ϕ tang ω = R tang ϕ + R tang ω + S tang ϕ + S tang ω; und g — R tang ω — S tang ω = (R+S) tang ϕ + g tang ϕ tang ω wird. Dieß giebt $\frac{g-(R+S)\,\text{tang}\,\omega}{R+S+g\,\text{tang}\,\omega}$ = tang ϕ, wo also nicht nur der Zähler kleiner, sondern auch der Nenner größer ist, als in §. 18.

§. 22. Wäre der Schwerpunkt nicht in der Mitte, sondern wie in §. 20 um x dem einem Rade näher, so darf statt g nur g — x

gesetzt werden, um tang ϕ zu finden; denn es wird in diesem Falle

$$\text{tang}\,\phi = \frac{g - x - (R+S)\,\text{tang}\,\omega}{R+S+(g-x)\,\text{tang}\,\omega}.$$

§. 23. Wenn die Neigung der Ebne so groß ist, daß die von dem Mittelpunkt der Schwere g Fig. 9. auf die Horizontallinie m p gefällte Perpendikulär durch das äußere Ende der Felgenbreite fällt, so wird $n\,m\,p = b\,g\,c$, oder nach den vorigen Benennungen $= \omega$. Also $\cos\omega : \sin\omega = (R+S) : g$ und $\text{tang}\,\omega = \frac{g}{R+S}$; wie ohnehin aus der Formel §. 21. folgt, wenn das dortige ϕ, für diesen Fall, wo es sich gebührt, $= o$ gesetzt wird. Dieses ist also die Gränze in der Stabilität des Wagens auf einer geneigten Ebne.

§. 24. Vergleicht man den Ausdruck für den Winkel ϕ von §. 21. mit demselben in §. 22., so wird man sich überzeugen, daß die Gefahr des Umwerfens in dem Fall von §. 22. noch größer sey.

§. 25. Aus vorhergehenden Betrachtungen folgt, daß man alle Ursache habe, sowohl in dem Bau als Packen zu trachten, daß der Schwerpunkt in die Mitte falle.

§. 26. Steht das Gestelle auf einer unter dem Winkel ω geneigten Ebne, so wird der Andruck der Räder an die geneigte Fläche $= Q\cos\omega$, wenn die Beschwerung $= Q$ ist; die Gewalt aber, mit welcher das Gestell, wenn es durch nichts gehindert ist, abrutschen würde, $= Q\sin\omega$ seyn. Wird nun $\sin\omega$ nach den bisherigen Benennungen $= \frac{g}{\sqrt{g^2+(R+S)^2}}$, und $\cos\omega = \frac{R+S}{\sqrt{g^2+(R+S)^2}}$, so ist die Gränze da, wo der Wagen dem Umwerfen ausgesetzt ist,

und

und wo, wenn ω über diese Gränze um die kleinste Größe wächst, die Gewalt, welche das Gestell umzuwerfen strebet $= \frac{Qg}{\sqrt{g^2+(R+S)^2}}$ seyn wird.

§. 27. Wenn a b c d Fig. 10. die Ebne ist, die durch die Keglachse der Naabenlöcher gelegt gedacht werden kann, so treffe in g das Perpendikl aus dem Mittelpunkt der Schwere des Wagens und der Last ein. m n sey auf die Achsen der Naaben senkrecht, und die Entfernung dieser beyden Achsen. k h sey ferners senkrecht auf m n, und die Entfernung von der Hälfte der einen Naabe bis zu der Hälfte der andern, wenn sie am Anstoße anliegen. Man setze $mn = l$, $hk = b$, $gm = \lambda$, $gh = \beta$; so wird der Druck in $m = Q\left(\frac{l-\lambda}{l}\right)$, in $n = \frac{Q\lambda}{l}$ seyn, wenn man die gesammte Last Q nennt. Allein der Druck in m vertheilt sich auf die Achse in a und b so, daß er auf erstere $= Q\frac{(l-\lambda)\beta}{bl}$, auf die zweyte $\frac{Q(l-\lambda)(b-\beta)}{bl}$ wird: auf c und d findet man den Druck $\frac{Q\lambda\beta}{lb}$ und $\frac{Q\lambda(b-\beta)}{b}$.

§. 28. Nach § praec. läßt sich also berechnen, wie stark jedes von den 4 Rädern gedrückt wird. Man sieht zugleich, daß, wenn $\lambda = \frac{1}{2}l$ und $\beta = \frac{1}{2}b$ ist, sodann jedes Rad mit $\frac{1}{4}Q$ gedrückt, folglich die Last gleich vertheilt sey.

§ 29. Man stellt sich leicht vor, wie in Fig. 11. ein über vertikale Stützen a b, c d gelegte horizontale und mit Q beschwerte Balken

ken erhalten werden können. Nun seyen aber die Stützen Fig. 12. gegen den Horizont unter den Winkeln dca = bac geneigt, darüber die Balken mn, op fest und so verbunden, daß ihre obere Seite parallel mit rc und as seyen. Ueber alles werde der Balken ef gelegt, und mit einer Last Q beschwert. Endlich errichte man über r, c, a und S die Perpendikeln rt, cu, aw, sx. So lange nun diese Perpendikeln innerhalb mn und ap eintreffen, so lange werden die Stützen abhopS, und cdgnmr das nämliche leisten, was zwey andere vertikale rctu und aswx, wie man leicht einsieht, indem ausser dessen alles von darum zusammen stürzen müßte, weil die Richtung des Druckes ausser rc, as fallen würde; ausgenommen in g und h stünde dem Zusammensturze etwas festes, wie gnoh entgegen.

§. 30. Die Betrachtungen von dem § praec. dienen, um sich die gehörigen Vorstellungen von zwey an einer Achse gesteckten Rädern zu machen; wenn man sich nur statt der Stützen, die mit den Felgen mittels der Speichen verbundenen Naaben und an der Stelle des Balkens ef und der Last Q, die Achse und das vorstellt, womit das Gestell beschwert ist.

§. 31. abcd sey in Fig. 13 über ef, das horizontal und feste ist, senkrecht; und in Fig. 14 schief aufgezapft. Man beschwere beyde mit einerley Last Q, die also auf einer nach ef senkrechten Richtung drückt; so wird im ersten Falle nur ein Zusammendrucken des aufgezapften Körpers statt haben können; in dem zweyten Fig 14 aber die Last Q desselben zugleich um d zu drehen, folglich an d zu zerbrechen streben; weil der Druck von der Mitte m mit seiner Richtung ausser cd fällt. Etwas ähnliches läßt sich von den Radspeichen behaupten, die also nur mit einer geringen Abschweifung aufge-

gezapft werden dörfen; denn so lange die Felgen, Speichen und Naaben ein wohl und fest verbundnes Ganzes ausmachen, so wird man ähnliche Schlüsse, wie bey den Stützen §. 29. aufstellen können. Aber wenn die Theile schlecht verbunden sind, so wird man die in die Felgen eingezapften Speichen als Stützen, die Naaben samt dem auf sie wirkenden Drucke des Wagens und der Fracht, als wie der Balke ef Fig. 12 angesehen werden müssen; wo sodann bey einer starken Abschweifung der Fall, wie Fig. 14 eintretten würde.

§. 32. Aus den §§. 29. 30 u. 31. folgt nun von selbst und leicht, wie nöthig es sey, Felgen und Naaben mittels der Speichen so genau und fest, als nur möglich ist, zu verbinden, die Abschweifung aber eben darum, weil man auf die Güte des Verbandes und die Stärke der Speichen nicht zu viel rechnen darf, ganz klein zu machen; und wenn der Mittelpunkt des Druckes in der Mitte der Naabenlänge angenommen werden soll, die Abschweifung so zu regulieren, daß das Mittel des Geleises gerade unter dem Mittel der Naabenlänge zu liegen komme.

§. 33. Da die Wägen nicht immer ins Gerade fortgehen, sondern oft plötzlich ihre Richtung ändern müssen, so ist die Veränderung der Direktion bey denselben eine nothwendige Sache; folglich der Mühe werth, daß man untersuche und bestimme, von was die Größe des Winkels der Reibe bey einem Wagen abhange; weil es desto vortheilhafter ist, ie größer diese Reibe ohne Nachtheil anderer Absichten erhalten werden kann.

Wenn ad die halbe Breite des Wagens einschlüßig der unterm Schwank- oder Leiterbaum ist, ab die halbe Gleisbreite, cb der Radius des Rades, az die Deichsel, so wird sich letztere um den

Win-

Winkel $\Phi = zaq = cae$ reiben können, wenn aus dem Mittel a wo der Stellnagel ist, mit ac der Bogen ec beschrieben wird, weil so, wie c in e anpaßt, die Reibe ein Ende hat: Nun sey der Winkel $cab = \omega$, also $amd = 90° - \omega$, folglich $\sin amd = \sin ame = \sin(90 - \omega) = \cos\omega$. Ferner sey $cd = ad$, $ab = g$, $cb = r$. In dem Dreyecke ema ist $\sin ema : ea = \sin eam : em$, oder $\cos\omega : \sqrt{g^2+r^2} = \sin\Phi : em$; also $em = \frac{\sin\Phi\sqrt{g^2+r^2}}{\cos\omega}$. Aber $em = ed - dm$ und $ed = \sqrt{g^2+r^2-w^2}$, $dm = \frac{rw}{g}$ wegen der Aehnlichkeit der Dreyecke amd und abc.

Also $em = ed - dm = -\frac{rw}{g} + \sqrt{g^2+r^2-w^2} = \frac{\sin\Phi\sqrt{g^2+r^2}}{\cos\omega}$. Dadurch wird $\sin\Phi = \frac{\cos\omega}{\sqrt{g^2+r^2}} \cdot \left(-\frac{rw}{g}+\sqrt{g^2+r^2-w^2}\right)$, und wenn man statt $\cos\omega$ dessen Werth oder $\frac{g}{\sqrt{r^2+g^2}}$ setzt, so erhält man endlich $\sin\Phi = \frac{g}{g^2+r^2}\left(-\frac{rw}{g}+\sqrt{g^2+r^2-w^2}\right) = \frac{1}{g^2+r^2}\left(-rw+g\sqrt{g^2+r^2-w^2}\right)$

§. 34. Da man sich mit der Gleisbreite nach der landesüblichen meistens richten muß, und bey niedrigen Wagenrädern wenig Vortheil in anderer Rücksicht ist, so muß man sich den Reibewinkel gefallen lassen, wie er vermög der halben Wagenbreite w ausfällt, und über dieß dem Schwankkasten und Köpfen nicht zu viele Ausladung geben; weil ausser dessen dadurch die Räder nicht einmal, bis sie an dem untern Schwank, oder Leiterbaum anstünden, gerieben

den werden könnten, also auch von darum der Reibewinkel kleiner werden müßte. Bey Leiterbäumen kann man sich aber dadurch helfen, daß man sie an den Orten, wo die geriebne Räder eintreffen, ausbricht, und denselben dort freyen Raum läßt.

§. 37. Wenn das Vordergestell gerieben und zugleich auf der neuen Direktion vorwärts gefahren wird, so wird auch der ganze Wagen über dem Hintergestell nicht nur allmählig gedreht, sondern zu gleicher Zeit mit fortgezogen. Je länger nun der Wagen selbst ist, desto mehr Raum hat das Hintergestell zu durchlaufen nöthig, bis es an dem Orte anlangt, wo das Vordergestell zu reiben angefangen hat. Folglich kann die Reibe bey langen Wagen eher ein Ende haben, als das Hintergestell an der Wendung des Weges wirklich eingetroffen ist, so daß, wenn die Wege nicht breit genug sind, das Hintergestell umgehoben werden muß, um mit dem Wagen in der neuen Direktion fahren zu können. Woraus dann von selbst folgt, daß längere Wägen auch bey gleichen Reibewinkeln des Vordergestelles weniger geschickt sind, stärke Veränderungen in der Direktion, zumal in engen Wegen, zu machen.

§. 38. Bereits in §. 1. habe ich angeführt, daß wenn man das Wagenrad als eine axis in peritrochio betrachten wollte, sich die Kraft zur Last, wie der Radius der Achsspillen zum Radius des Rades verhalten würde; allein man müßte sich hiebey die Last vorstellen können, als wenn sie senkrecht auf den Radius der Achsspillen angebracht, die Peripherie dieses Radius durchliefe, während dem die Kraft auf dem Ende des Radius vom Wagenrade senkrecht zöge und den Umfang des Wagenrades zurückleate; aber wenn das Gewicht des Wagens und dessen Ladung das ist, was man Last nennen muß, wenn diese Last offenbar einerley Weg mit der Zug-

kraft

kraft macht; wenn man sich die Zugkräfte gar nicht am Ende des Radius vom Wagenrade bey der Weise, wie sie angebracht sind, wirksam vorstellen kann, so darf man das Wagenrad nicht wie eine axis in peritrochio betrachten; folglich kann obiges Verhältniß zwischen Kraft und Last nicht wahr seyn, oder wenigstens aus den Gründen, weil das Wagenrad wie eine axis in peritrochio anzusehen wäre, nicht gefolgert werden. Es ist also die Frage, aus welchen mechanischen Gründen die Gesetze von der Bewegung des Wagens hergeleitet werden können.

§. 37. Man denke sich ein senkrechtes Parallellepipedum auf horizontalem Boden, wovon Fig. 16. einen senkrechten Durchschnitt vorstellen soll In der Mitte sey er zylindrisch durchlöchert. Eine kleinere Walze, welche hiedurch gesteckt ist, sey mit einer Vorrichtung so verbunden, daß man hieran Kräfte spannen könne, um den Körper fortzuziehen, ohne daß sich die durchgesteckte Walze um ihre Achse zu drehen vermag, und es werde hiebey von der Friktion abstrahiert. Weil nun die Walze kleiner als das zylindrische Loch des Parallellepipedums und um ihre Achse nicht drehbar ist, so wird sich selbe, wenn die Kraft anzieht, wie auf einer schiefen Fläche erheben, bis sie in x denjenigen Punkt erreicht hat, wo die Zugkraft auf den Punkt des Andruckes senkrecht ist, wenn die Walze als nicht schwer oder beschwert gedacht wird. Denn es sey Fig. 17. bRS der Umfang der zylindrischen Höhlung, bxy dieselbe der Walze. Die Kräfte sollen nach der Richtung cf abwärts ziehen. ak, cz seyen senkrecht; ce, MN horizontal. Der Winkel zwischen dem Punkt g, wo von dem Mittel des zylindrischen Loches die senkrechte Linie gk die Peripherie bRS schneidet, bis zu b hin, wo die Walze sich an die Höhlung andrückt, oder gab sey = φ, der Winkel ecf = ω. Die Richtung von der Schwere der Walze, und

ihrer

ihrer allenfalls aufhabenden Last sey cz, folglich auf ce und MN senkrecht. Man fälle von b auf cz und cf die Perpendikeln bw, bd, so wird man sich wbd als einen Winkelhebel und in b das Hypomochlion vorstellen können, wo, wenn die Last Q, die Kraft P heißt, P x bd = Q x bw seyn wird. Man bezeichne cb mit r, so wird bw = r sin ϕ, und weil in dem rechtwinklichten Dreyecke mca der Winkel mac = wcb = ϕ und mca = 90° — ϕ = ecb ist, so wird bcd = bce — dce = 90 — ϕ — ω, also bd = r sin (90 — ϕ — ω) = r cos (ϕ + ω), folglich P r cos (ϕ + ω) = Q r sin ϕ, oder P cos (ϕ + ω) = Q sin ϕ.

§. 38. Weil cos (ϕ + ω) = cos ϕ cos ω — sin ω sin ϕ und cos ϕ = $\sqrt{1 - \sin^2 \phi}$ ist, so wird man, wenn diese Werthe in der Gleichung des § praec. gesetzt werden, $\sin \phi = \frac{P \cos \omega}{\sqrt{P^2 + 2PQ \sin \omega + Q^2}}$ erhalten.

§. 39. Ist die Zugkraft unter dem Winkel ω über der Horizontallinie ce Fig. 17 angebracht, so wird $\sin \phi = \frac{P \cos \omega}{\sqrt{P^2 - 2PQ \sin \omega + Q^2}}$

§. 40. Weil cos ϕ = $\sqrt{1 - \sin^2 \phi}$, so wird cos ϕ = $\sqrt{\frac{P^2 \sin^2 \omega \pm 2PQ \sin \omega + Q^2}{P^2 \pm 2PQ \sin \omega + Q^2}}$, wo das Zeichen + und — für die Fälle gehört, wo die Kraft unter oder über der Horizontal bey einem Winkel = ω anzieht.

§. 41. Zieht die Kraft in horizontaler Richtung, so wird ω = o. Also $\sin \phi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$ und $\cos \phi = \frac{Q}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$.

§. 42. Wäre in §. 38. $Q = o$ so würde $\sin \Phi = \cos \omega$ seyn wie ich in §. 37. behauptete; und wenn sodann auch $\omega = o$ wäre, $\sin \Phi = 1$ oder $\Phi = 90°$ werden.

§ 43. Für $P = o$ in §. 38. wird auch $\Phi = o$; aber wenn Φ unendlich groß wäre, so würde $\sin \Phi = \cos \omega$ werden, und in diesem Falle, wenn noch $\omega = o$ gesetzt wird, $\sin \Phi = 1$ und $\Phi = 90°$ seyn. Woraus dann folgt, daß es keine endliche Kraft giebt, die, wenn die durchgesteckte Walze selbst schwer, oder mit einer Last beschwert ist, sie so stark anziehen könnte, daß der Punkt des Andruckes in die Richtungslinie der Kraft cf Fig. 17. fiele.

§. 44. Der Punkt des Andruckes der Walze sey in b Fig. 18. Weil sich nun hierüber die Kraft mit der Last, mit welcher die Walze beschwert ist, aequilibriert, so muß er als der Ruhepunkt eines gebrochenen Hebels betrachtet werden, der also mit einer Kraft $P+Q$ in der Richtung des Radius cb gedrückt wird.

Man setze diesen Druck = cb, und löse ihn in die zwo Kräfte bh, bg auf, wovon die erste horizontal, die andere vertikal ist, so wird jene $(P+Q) \sin \Phi$ und diese $(P+Q) \cos \Phi$ seyn, wenn der Winkel hcb, wie bisher $= \Phi$ gesetzt wird. Die Vertikalkraft $(Q+P) \cos \Phi$ drückt also das Parallellepipedum auf die Horizontalfläche an, und wird durch die Gegenwirkung derselben aufgehoben; wohingegen die Horizontalkraft $(P+Q) \sin \Phi$ den Körper in eine horizontale Richtung zu ziehen strebet, und wenn sie hinlänglich ist, den Widerstand, den ihr die Trägheit des Körpers entgegen setzt, zu überwinden, auch fortzieht.

§. 45.

§. 45. Die Horizontalkraft ist dahero $= \frac{(P+Q)\,P\cos\omega}{\sqrt{P^2 \pm 2PQ\sin\omega+Q^2}}$; die Vertikalkraft aber $= (P+Q)\sqrt{\left(\frac{P^2\sin^2\omega \pm 2PQ\sin\omega+Q^2}{P^2 \pm 2PQ\sin\omega+Q^2}\right)}$.

§. 46. Für $\omega = 0$ redueiert sich die Horizontalkraft auf $(P+Q)\frac{P}{\sqrt{P^2+Q^2}}$; die Vertikalkraft auf $= (P+Q)\frac{Q}{\sqrt{P^2+Q^2}}$.

§. 47. Ist $\omega = 90°$, so wird die Vertikalkraft $= (P+Q) \times \pm 1 = \pm (P+Q)$.

§. 48. Man wird leicht gewahr, daß die Formeln bloß den Fall des Gleichgewichts zwischen P und Q ausdrücken, so daß die Horizontalkraft, wenn sie eine Bewegung des Körpers, wodurch die mit Q beschwerte Walze gestellt ist, Fig. 16. hervorbringen sollte, so groß seyn müßte, daß sie die Trägheit desselben überwinden könnte (indem hier von der Friktion abstrahiert wird) weil ihr ausser dessen nichts entgegen steht, wenn schon die Vertikalkraft durch die Reaktion des Bodens vernichtet wird.

§. 49. Nun sey alles wie zuvor; nur statt eines senkrechten Parallelepipedums denke man sich einen Zylinder auf einer horizontalen Ebne Fig. 19. so fallt die Richtung der Vertikalkraft $(P+Q)\cos\Phi$ offenbar ausser den unterstützten Punkt q in p, weil der Zylinder die Horizontalfläche nur in einer Linie berührt. Es giebt also hier keine Gegenwirkung, welche die Vertikalkraft aufhöbe; folglich wird sie den Zylinder zu drehen streben, und auch wirklich drehen.

§. 50.

§. 50. Betrachtet man den Zylinder zugleich als schwer, und fällt von dessen Schwerpunkt, den ich in dessen Achse in c annehme, das Perpendikel cq, so wirkt die Kraft der Schwere des Zylinders in der senkrechten Richtung cq; die Vertikalkraft $(P+Q)\cos\phi$ in der Richtung bp, und die erstere sucht den Zylinder in der Ruh über Q zu erhalten, die zwote aber in der Richtung bp, wo er nicht unterstützt ist, nieder zu drücken. Der Mittelpunkt dieser zwo Kräfte fällt also zwischen beyden Richtungen cq, bq in x so, daß er in eb von e nach b um $ex = \frac{(P+Q)\cos\phi \times eb}{(P+Q)\cos\phi + c}$ entfernt ist, wenn dieß Gewicht des Zylinders $= c$ gesetzt wird. Da nun ϕ immer eine Größe hat, so lange P etwas ist §§. 38 u. 39, und nicht senkrecht abwärts zieht, so wird auch ex nicht $= 0$ seyn können, folglich der Mittelpunkt der beyden Kräfte c und $(P+Q)\cos\phi$ zwischen die Richtungslinien cq, bp ausser b fallen, und den Zylinder drehen müssen.

§. 51. Wenn $\phi > 90°$, so sieht man leicht, daß die Vertikalkraft, welche $= (P+Q)\cos\phi$ ist, aufwärts gerichtet sey, weil sodann $\cos\phi$ negativ ist, und von $\sqrt{\frac{P^2\cos^2\omega - 2PQ\sin\omega + Q^2}{P^2 - 2PQ\sin\omega + Q^2}}$ die negative Wurzel genommen werden muß, von welchem Falle also in § praec. die Rede nicht seyn konnte.

§. 52. Ist in § 50. c gleich 0, oder unbeträchtlich, so wird oder ex = eb, oder sehr wenig davon verschieden seyn.

§. 53. Ist der Radius der zylindrischen Höhlung $= r$, so ist $eb = r\sin\phi$, folglich $ex = \frac{(P+Q)\,r\sin\phi\cos\phi}{(P+Q)\cos\phi + c}$. Multipliciert

man

man die gesammte Kraft, oder $(P+Q)\cos\phi + c$ mit $qy = ex$ oder der Entfernung der Richtungslinie xy von dem Unterstützungspunkte q, so erhält man das Moment der gesammten Kraft $= (P+Q)\, r \sin\phi \cos\phi$, mit welchen sie in der Richtung xy den Zylinder niederzudrücken strebet, und weil er da nicht unterstützt ist, auch wirklich niederdrücken muß.

§. 54. Wenn also die Horizontalkraft $(P+Q)\sin\phi$ schon den Zylinder nicht horizontal fortzuziehen vermöchte; so wird doch die Vertikalkraft, wenn sie auch noch so klein ist, denselben niederzudrücken streben und auch niederdrücken, folglich drehen; weil die Richtungslinie des gemeinsammen Schwerpunktes von dem Zylinder und der Vertikalkraft des Andruckes ausser den unterstützten Punkt q fallt.

§. 55. Ungeachtet es durch die vorhergehende §§ besonders §. 54. ausser Zweifel gesetzt ist, daß sich bey der dort erwähnten Beschaffenheit der Umstände der Zylinder drehen muß, so will ich doch noch bemerken, daß, wenn das Verhältniß zwischen P und Q, oder der Andruck, folglich auch die abwärts gerichtete Vertikalkraft des Andruckes gleich bleibt, sich der Zylinder mit einer gleichförmigen Geschwindigkeit auf der Horizontalebene, nach der Seite, wo die Kraft angebracht ist, bewegen müsse; folglich dessen Achse, die Kraft und Last, mit welcher die durchgesteckte Walze beschwert ist, einerley Weg machen, während dem jeder Punkt von der Peripherie des Zylinders eben denselben Raum um seinen Mittelpunkt zurücke legt.

§. 56. Ich brauche wohl nicht zu erinnern, daß man sich statt des bisher betrachteten Zylinders ganz wohl ein Wagengestell, statt

der

der durchgesteckten Walze die Wagenachsen, und an der Stelle der Last, mit welcher ich die Walze beschwert annahm, die Schwere des Wagens, sammt der aufhabenden Fracht denken könne, so daß diese bisherigen Betrachtungen ganz wohl auf das Wagenwerk passen.

§. 57. Allein in der Ausübung und bey der wirklichen Bewegung des Wagens, wenn man selbe nach mechanischen Gründen erklären will, kann die Friktion ohnmöglich ausser Acht gelassen werden. Sie ist es allein, welche auf horizontalen Boden der Umdrehung der Räder, als der Bewegung des Wagens einen desto größeren Widerstand leistet, je größer vorzüglich der Druck in der Naabe durch die Schwere des Wagens samt der aufhabenden Last, und mittels der Zugkräfte selbst ausfällt.

§. 58. Wenn nun die Naabenhöhlungen so wie Achsspillen kegelförmig sind, so fragt sich, wo man den Mittelpunkt der Reibung in der Naabe annehmen müsse. Da der abgekürzte Kegel der Spillen durch die Naabenlöcher gehen und eine Spielung hierin haben, folglich der Diameter seiner Grundflächen bey gleicher Länge kleiner seyn müssen als derselbe der Naabenhöhlung, so würde man anzunehmen berechtigt seyn, als wenn sich beyde Flächen nur in einer Linie berührten; folglich den Mittelpunkt der Reibung genau in das Mittel von der Länge der Naabenhöhlung setzen können. Wollte man auf das Spill, welches die Räder zwischen dem Achsstock und dem Lahner haben, Rücksicht nehmen, so würde der Mittelpunkt der Reibung in Rücksicht der Achse zwar an den Spillen seinen Ort immer verändern: allein man würde doch die Gränzen, inner welchen er sich befindet, leicht auf folgende Weise bestimmen können.

Es

Es sey Fig. 20. ab die Achse der kegelförmigen Spille, cd sey der Lahner, und der Spielraum cdef. Die Achse der Naabenhöhlung sey = N. Stoßt nun die Naabe an den Achsstock, so wäre der Mittelpunkt des Druckes von n um $nx = \frac{N}{2} + S$ entfernt. Stieße aber die Naabe an den Lahner, so wäre dessen Entfernung $ny = \frac{N}{2}$, folglich $xy = \frac{N}{2} + S - \frac{N}{2} = S = mn$ der Raum, innerhalb welchen der Mittelpunkt der Reibung spielt.

§. 59. Wollte man nicht zugeben, daß die Reibung an einer Linie vorgehe, sondern annehmen, daß sich ein Theil von der untern Fläche der kegelförmigen Achsspille an dem unterliegenden Theil der konkaven Naabenhöhlung reibe, so würde man den Mittelpunkt des Druckes in diejenige Peripherie des Naabenloches setzen müssen, welche seine Fläche in zween gleiche Theile theilte.

Es sey daher abed ein Trapezoid, welches einen senkrechten abgekürzten Kegel mittels der Umdrehung um seine Achse ac erzeuget. Man setze ab = a, cd = b, bg = z, db = l, hg = y; so wird die Kegelfläche zwischen ab und cd (wenn $1 : \pi$ das Verhältniß des Diameters zur Peripherie ausdrückt) $= \pi l (a + b)$ seyn. Wegen der Aehnlichkeit der Dreyecke bfg und bcd, weil ac und be auf cd senkrecht angenommen sind, wird $(y - a) : z = (b - a) : l$, folglich $z = \frac{l(y-a)}{b-a}$, und die Kegelfläche zwischen ab und hg $= \frac{\pi (a+y)(y-a) l}{b-a}$ $\frac{\pi l (y^2 - a^2)}{b-a}$ seyn. Wenn diese Fläche die Hälfte der vorigen seyn soll, so muß $\frac{\pi l (y^2 - a^2)}{b-a} = \frac{1}{2} \pi l (a+b)$

gesetzt werden, woraus also $2y^2 - 2a^2 = b^2 - a^2$ und endlich $y = \sqrt{\frac{b^2+a^2}{2}}$ folgt.

§. 60. Wenn b nicht viel größer als a ist, so wird $\sqrt{\frac{b^2+a^2}{2}}$ beynahe $= \frac{b+a}{2}$ seyn. Denn es seyen $b = a+d$ und d im Verhältniß gegen a sehr klein, so wird $\sqrt{\frac{b^2+a^2}{2}} = \sqrt{\frac{a^2+a^2+2ad+d^2}{2}}$, also beynahe $= \sqrt{a^2+ad} = a+\frac{d}{2}$ seyn; welches die mittlere arithmetische Proportionalgröße zwischen a und a+d, oder hier zwischen a+b, also $\frac{a+b}{2}$ ist. Wenn daher die Naabenhöhlung weit ist, so wird man den Mittelpunkt der Reibung immer in der mittleren Peripherie derselben annehmen dörfen.

§. 61. Es sey Fig. 22. die Kraft, welche der Reibung in der Naabe das Gleichgewicht hält $= f$, die Last, mit welcher die Achse beschwert ist, sey $= Q$; die Richtung der Kraft ce sey horizontal, die der Last ca senkrecht, mn die Horizontallinie, und die Kraft zur Last $= ce : ca$, so wird der mittlere Druck $= \sqrt{f^2+Q^2} = \sqrt{ce^2+ca^2} = cd$ seyn. Betragt nun die Friktion den μ^{ten} Theil des Druckes, so wird sie $= \mu\sqrt{f^2+Q^2}$. Die Reibung geschieht in b, in dem Punkte des Andruckes. Allein die Kraft muß offenbar einen Weg, so groß als der Umfang des Rades ist, zurücklegen, während dem der Widerstand, welcher von der Friktion herrühret, in der Fläche durch die mittlere Peripherie der Naabenhöhlung,

lung, nur in dieser mittlern Peripherie herum kömmt. Wenn nun bey jedem Gleichgewicht der Bewegung die Kräfte in dem verkehrten Verhältnisse ihrer Geschwindigkeiten stehen, so wird $f : \mu\sqrt{f^2+Q^2} = 2\pi \times bc : 2\pi am$ seyn, wenn $1 : \pi$ das Verhältniß des Diameters zur Peripherie ist. Also wenn bc der mittlere Radius der Naabenhöhlung $= r$ und $am = R$ gesetzt wird, so erhält man $f : \mu\sqrt{f^2+Q^2} = r : R$, oder $Rf = r\mu\sqrt{f^2+Q^2}$, woraus $R^2f^2 = r^2m^2f^2 + r^2m^2Q^2$, und $R^2f^2 - r^2\mu^2f^2 = r^2\mu^2Q^2$; folglich $f = \frac{r\mu Q}{\sqrt{R^2-r^2\mu^2}}$ wird.

§. 62. Aus vorhergehender Formel folgt von selbst, daß sich die Kraft f zu Q nicht wie $r : R$, oder wie der Radius der Naabe zum Radius des Rades bey der Bewegung des Wagens auf horizontalen Boden und einer horizontalen Zugkraft verhalte; sondern wie $\mu r : \sqrt{R^2-\mu^2r^2}$. Setzt man auch μ^2r^2 in Rücksicht von R^2 sehr klein, also $\sqrt{R^2-\mu^2r^2}$ beynahe $= R$, so wird doch $f : Q = \mu r : R$; also auch in diesem Falle nicht wie $r : R$ seyn.

§. 63. Da die Kraft $f = \frac{r\mu Q}{\sqrt{R^2-\mu^2r^2}}$ ist (§. 61), so wird f desto kleiner ausfallen, je kleiner bey gleicher Last r und μ; und je größer R ist; woraus dann zwar, obwohl aus ganz andern Gründen, als wenn man die Wagenräder wie Räder an der Welle betrachtete, erhellet, daß große Räder und kleine Naabenhöhlungen vortheilhafter seyen als kleine Räder und große Naabenlöcher.

§. 64. Da die Friktion nach allen, bis daher angestellten, Versuchen nie so groß, als der Druck selbst, sondern nur einem Theile

davon gleich ist, so ist μ ein desto kleinerer Bruch, je einem kleineren Theile des Druckes die Friktion gleich kömmt. Die Mittel also, welche die Friktion vermindern, leisten hier offenbar, wie in §. 63. erwiesen ist, sehr gute Dienste, weil sodann μ desto kleiner ausfällt: allein so allgemein die Wagenschmieren in dieser Absicht angewandt werden: so ist doch noch nicht untersucht worden, ob die bisher gewöhnlichen ihrem Endzwecke am besten entsprechen; besonders wenn sie lange bey einer anhaltenden schnellen Bewegung eine starke mittels der Reibung zwischen den Achsen und Naaben erregten Erhitzung ausgesetzt sind, und allenfalls dadurch an Schlüpfrigkeit in dem Maase verlieren, als sie an Zähigkeit zunehmen.

§. 65. Wenn schon auf gemeine Wägen, um sie wegen ihrem ausgebreitetem Gebrauche so wohlfeil, als möglich zu erhalten, keine sonderlichen Kösten verwandt werden dörfen: so möchten doch diejenigen, welche Profession von dem Fuhrwesen machen, dieselben nicht scheuen, wenn sie Mittel wissen, mit einer geringern Anstrengung, folglich Schonung des Zugviehes, die nämlichen Lasten auf Wägen fortzuschaffen; nichts zu sagen, daß jedem auch an der Beyschaffung dessen, was man Schiff und Geschirr zu nennen pflegt, erspart werden würde. Man hat z. B. durch Versuche gefunden, daß sich Eisen auf Metall, besonders Messing weniger reibe, als Eisen auf Eisen. Man will zu gleicher Zeit gefunden haben, daß, um auch zwischen einer metallenen Naabenbüchse und dem Achseisen die Reibung noch mehr zu vermindern, eine gewisse Gattung Seife dienlicher sey, als die gewöhnliche Wagenschmier. Könnte von diesen Erfahrungen kein Gebrauch gemacht werden? Ich bin zwar nicht gesonnen, alles das, was von der Friktion, und den darüber angestellten Versuchen, bereits in allen physischen Kompendien vorkömmt, hier anzuführen; aber das werde ich, als eine Folge des bisher gesag-

sagten behaupten dörfen, daß es wirklich der Mühe werth wäre diese Versuche zum Theil zu wiederholen, und allenfalls mehrere, auf das Wagenwerk passendere, und besonders auch mit den Mitteln, die Reibung zu vermeiden, anzustellen. Wahr ist es, daß es keine so leichte Sache sey, ein allgemeines Gesetz zur Bestimmung der Größe der Reibung anzugeben; aber bedürfen wir wohl bey den Wägen dieses? So viel würden gut gemachte Versuche doch entscheiden, unter welchen Umständen, wenn eine konvexe Fläche sich auf einer konkaven riebe, die Reibung weniger betrüge; und welche Mittel, die Reibung zu vermindern, vor andern dienlicher wären; wenn man schon für alle Fälle und allgemein die Größe der Reibung so leicht nicht sollte bestimmen können.

Da man die Flächen der Achsen und Naabenhöhlungen nicht als mathematische Flächen betrachten kann; folglich selbe sich nicht in einer einzigen Linie berühren: so frägt sich, ob hier die Friktion, bey übrigens gleichen Umständen, von der Größe der sich reibenden Flächen mit abhange, also ob zylindrische oder konische Achsspillen, wie sie auch wirklich gemacht werden, besser seyen? Ich halte letztere nicht bloß deßwegen zweckmässiger, weil die sich reibenden Flächen kleiner sind; sondern auch weil dadurch die Achsen, ohne an hinreichender Stärke zu verlieren, weniger schwer ausfallen, und der Mittelpunkt der Reibung eine kleinere Peripherie während der Umwälzung des Rades beschreibet, als wenn sie zylindrisch und durchaus von der Dicke ihres größern Diameters gemacht würden.

§. 66. Ungeachtet die Wägen, welche im gemeinen Wesen am häufigsten gebraucht werden, und besonders für den Ackerbau und den Transport auf der Achse unentbehrlich sind, keineswegs, nachdem sie beladen worden, mit einer großen Geschwindigkeit bewegt

werden, folglich bey der Reibung die Geschwindigkeit hiebey in keinen sonderlichen Betracht kommen kann, so ist doch dieser Umstand bey Reisewägen von desto mehrerm Belange, wozu also Versuche, was eine vermehrte Geschwindigkeit zur Vergrößerung der Reibung beyträgt, gewiß zweckdienlich seyn würden. Denn hängt die Friktion mit von der Größe der sich reibenden Flächen ab, so ist kein Zweifel, daß die Geschwindigkeit der Bewegung sehr vielen Einfluß auf die Größe der Reibung habe; weil sodann bey sonst gleichen Umständen in einerley Zeit sich mehr Fläche reibet. Daß in den Achsen und Naaben bey einem geführten Wagen durch die Reibung selbst bald die Rauhigkeiten und kleinen Ungleichheiten sich abebnen, ist wohl auffallend; folglich müssen die Versuche mit wohlgeebneten Flächen von verschiedner Größe angestellt werden, um den Einfluß, welchen der Flächeninhalt auf die Vergrößerung der Friktion bey der vermehrten Geschwindigkeit der Wagen hat, einzusehen.

§. 67. Da ich nun einmal den Wunsch geäußert habe, daß allenfalls für das Wagenwerk passendere Versuche über die Reibung angestellt werden möchten, als mir bekannt sind, so will ich mich deutlicher erklären, auf welche Weise ich meynte, daß dieß bewerkstelligt werden könnte. Fig. 23. stelle ein unterschlächtiges Rad vor, etwa von 2 bis 3 Fuß in der Höhe. Die Radschaufeln seyen allenfalls 3 bis 4 Zoll breit und eben so lange. Der Wellbaum sey konisch durchbohrt, und bewege sich statt über Zapfen in einem Zapfenlager mit seiner konkaven Fläche auf einer konischen Achse, die fest ist. Dieß Gestell, worauf die Achse gelagert wird, sey so angerichtet, daß man größere und kleinere Achsen aufstecken kann, wozu aber sodann auch die gehörigen Naabenbüchsen in die Höhlung des Wellbaums befestiget werden müssen. Das Gerinne werde wie zu einem unterschlächtigem Rade eingerichtet. Das Gefäß, woraus mittels

tels des Gerinnes das Wasser auf die Radeschaufeln geleitet wird, sey ein senkrechtes Parallelepipedum von gehöriger Größe, worinn durch den Zufluß aus einem andern Gefäße das Wasser immer in gleicher Höhe erhalten wird. Man sieht hieraus leicht, daß man das Rad mit Körpern von Bley über der Welle zwischen den Armen ab, cd, ef, gh gleichförmig, und zwar mehr oder minder beschweren, so wie das Rad selbst, je nachdem die Wasserhöhe in dem Gefäße vor dem Gerinne groß ist, mit einer kleinern oder größern Kraft angreifen könne. Bey diesem Apparate scheint es, würde man wenigstens auf das Wagenwerk passendere Versuche über die Friktion der Bewegung anstellen, und daraus bessere Folgerungen ziehen können, als bis itzt bekannt sind. Daß man allerhand Kombinationen mit den Achsspillen und Naabenbüchsen in Rücksicht ihrer Figur sowohl, als Größe, der Rauhigkeit der Flächen, der Geschwindigkeit der Bewegung, dem verschiedenen Drucke mit allerhand Mitteln die Reibung zu vermindern, mit frischer und alter von den Achsen der Wägen abgenommener Wagenschmiere u. s. f. machen könnte, ist auffallend.

§. 68. Aus den §§. 58, 59, 60 ist klar, daß in §. 61. das dortige r nicht den mittleren Radius der Achsspillen, sondern der Naabenhöhlungen bedeute; woraus dann folgt, daß ein großer Spielraum zwischen Achse und Naabe eben so wenig vortheilhaft als nöthig sey; ausserdem, daß es bey dem Aufstossen der Räder den Achsen nachtheiliger wird, wenn er groß, als wenn er klein ist.

§. 69. Daß die Friktion bey den Wägen größtentheils und beynahe allein von dem Drucke, welchen die mit der Last des Wagens und der Fracht beschwerten Achsen auf die Naaben äußern, herrühre, ist deßwegen mehr als wahrscheinlich, weil hier die Reibung selbst beßer, als andere Mittel die Achse und Naabenflächen

poliert, und weil überdieß die Schmiere den Fehler der Rauhigkeit, wo nicht aufhebet, doch so sehr verbessert, daß alle von den Physikern angeführte vorzügliche Umstände, wovon die Größe der Reibung abhängt, den Druck auf die Naaben allein ausgenommen, um so mehr auf die Seite geschaft angesehen werden können, als selbst die Geschwindigkeit der Bewegung nur alsdann einen merklichen Einfluß haben zu können scheint, wenn die Rauhigkeit und die Größe der Flächen in besondern Betracht gezogen werden müssen.

§. 70. Ich muß hier noch beyfügen, daß die Reibung, welche zwischen den Achsen und Naaben vorgeht, zwar die vorzüglichste, aber nicht die einzige sey, welche bey Bewegung der Wägen sich ereignet. Die vordern und hintern Flächen der Naabenstöcke reiben sich während der Bewegung meistens zugleich oder an dem Achsstocke und Anstoßschienen, oder an den Lahnern. Allein da die Naaben zwischen den Anstoßschienen und Lahnern einen Spielraum haben, und nicht immer oder vorne oder hinten anliegen, so lohnt es sich nicht wohl der Mühe, auch diese Friktionen in die Berechnung zu bringen, und dieß um so mehr, als die andrückende Kräfte, welche von der Ungleichheit des Weges und den darinn liegenden Hindernissen herrühren, in keinen bestimmten Anschlag zu bringen sind, und die Naabe dadurch einem ewigen Spiele zwischen der Anstoßschiene und dem Lahner unterworfen ist. Weiters könnte man auch die Friktion, welche die Radschienen auf dem Boden leiden, in Betrachtung ziehen; allein, wenn die Vorstellung, welche sich die Physiker von der Friktion machen, richtig ist, so wird wegen der rollenden Bewegung der Räder über den Boden die Reibung als sehr unbedeutend angesehen werden müssen; wobey man aber die Hindernisse, welche von dem Eingreifen der Räder in weichen, sandigen, schlammig oder morastigen Boden, bey neu bekiesten oder mit geschlag-

schlagnen Steinen gemachten Strassen und in schrofigen Wegen zur Winterszeit herrühren, ausnehmen muß, indem der Widerstand, welchen diese Hindernisse machen, nicht wohl mehr für eine Reibung angesehen werden kann. Aber dagegen giebt es auch in der Baukunst der Wägen keine hinreichende Mittel; sondern man muß sich dieselben gefallen lassen, oder ihnen durch Wegeverbesserungen abzuhelfen suchen, oder andere Zeiten und Witterungen abwarten. Das einzige, was man hiebey anführen darf, ist, daß sich bey übrigen gleichen Umständen Wägen mit höhern Rädern besser zu rechte finden werden, als die mit niedrigen; weil sie nach den bis daher erwiesenen nicht nur weniger eindringen, sondern sich auch überhaupt leichter selbst über vorliegende Hindernisse wegbewegen.

§. 71. Nun soll der Wagen auf einer schiefen Ebne ps, Fig. 24, dessen Neigungswinkel gegen den Horizont = Φ ist, aufwärts gezogen werden. nz sey parallel mit ps. Die Kraft ziehe unter dem Winkel nam = ω aufwärts und heiße f, die gesammte Last = Q, der mittlere Radius der Naabenhöhlung sey = r, der Radius des Rades = R. Die Friktion werde dem μten Theil des Druckes gleichgesetzt.

Vor allen reduciere man die Kraft f auf zwo andere, deren eine mit nz oder ps parallel, die andere perpendikulär auf diese Linien gerichtet ist, so erhält man jene = f cos ω, diese = f sin ω; oder jene = na, diese nm, wenn P = ma gesetzt wird. Eben so resolvire man die gesammte Last Q, so wird man die Parallelkraft = Q sin Φ, die Perpendikulär davon = Q cos Φ finden; denn setzt man Q = ca, so ist wegen psw = waR = Φ, da = Q cos Φ und dc = Q sin Φ. Nun wirkt die Parallelkraft von Q derselben von f entgegen; so wie die beyden Perpendikularkräfte von

Q und f entgegengesetzt sind. Daher wird die Parallelkraft von P und Q zusamm $= f \cos\omega - Q \sin\phi = na - dc = fa$; und die perpendikuläre $= Q\cos\phi - P\sin\omega = ad - dt = at$ seyn, wenn $nf = dc$ und $nm = dt$ genommen werden; woraus also der mittlere Druck $= \sqrt{(f\cos\omega - Q\sin\phi)^2 + (Q\cos\phi - f\sin\omega)^2} = aq$ und die Friktion $= \mu\sqrt{(f\cos\omega - Q\sin\phi)^2 + (Q\cos\phi - f\sin\omega)^2}$ wird; mithin erfolgt das Gleichgewicht aus ähnlichen Gründen, wie in §. 61. wenn $\mu r\sqrt{(f\cos\omega - Q\sin\phi)^2 + (Q\cos\phi - f\sin\omega)^2} = (f\cos\omega - Q\sin\phi)R$ ist. Wird die Gleichheit aufgelöset und alles gehörig reduciert, so findet man $f = \frac{Q}{R^2\cos^2\omega - \mu^2 r^2}$, $\left(R^2\cos\omega\sin\phi - \mu^2 r^2\sin(\phi+\omega) + \mu r\cos(\phi+\omega)\sqrt{(R^2-\mu^2 r^2)}\right)$.

§. 72. **Anmerkung.** Weil die Auflösung von dem vorhergehenden §. auf eine ziemlich weitläuftige Formel führt, so halte ich es um so weniger für überflüßig, die Rechnung davon hier beyzusetzen, als ich den Beweis derselben schuldig bin, und es leichter ist, einer vorliegenden etwas längern Rechnung zu folgen, als sie selbst zu machen, wenn man sich von ihrer Richtigkeit überzeugen will. Es sey also einsweilen $\frac{R}{\mu r} = b$, so wird $(f\cos\omega - Q\sin\phi)\,b = \sqrt{(f\cos\omega - Q\sin\phi)^2 + (Q\cos\phi - f\sin\omega)^2}$. Quadrirt man, so erhält man $b^2 f^2\cos^2\omega - 2b^2 fQ\cos\omega\sin\phi + b^2 Q^2\sin^2\phi = f^2\cos^2\omega - 2fQ\cos\omega\sin\phi + Q^2\sin^2\phi + Q^2\cos^2\phi - 2fQ\cos\phi\sin\omega + f^2\sin^2\omega$. Da nun $\cos^2\omega + \sin^2\omega = 1 = \cos^2\phi + \sin^2\phi$, weil in der Rechnung der sinus totus $= 1$ gesetzt wird, so erhält man $b^2 f^2\cos^2\omega - 2b^2 fQ\cos\omega\sin\phi + b^2 Q^2\sin^2\phi = f^2 + Q^2 - 2fQ(\cos\omega\sin\phi + \cos\phi\sin\omega)$; aber es ist $\sin\phi\cos\omega + \cos\phi\sin\omega = \sin(\phi+\omega)$, also $f^2 + Q^2 - 2fQ\sin(\phi+\omega) = b^2 f^2\cos^2\omega -$

$2b^2fQ\cos\omega\sin\phi + b^2Q^2\sin^2\phi$. Woraus $b^2f^2\cos^2\omega - f^2 - 2b^2fQ\cos\omega\sin\phi + 2fQ\sin\phi + 2fQ\sin(\phi+\omega) = Q^2 - b^2Q^2\sin^2\phi$ und $f^2(b^2\cos^2\omega - 1) - 2fQ(b^2\cos\omega\sin\phi - \sin(\phi+\omega)) = Q^2 - b^2Q^2\sin^2\phi$ gefunden wird, also $f^2 - \frac{2fQ(b^2\cos\omega\sin\phi - \sin(\phi+\omega))}{b^2\cos^2\omega - 1} = \frac{Q^2 - b^2Q^2\sin^2\phi}{b^2\cos^2\omega - 1}$. Der zweyte Theil des unvollkommnen Quadrats ist also $= \frac{Q(b^2\cos\omega\sin\phi - \sin(\phi+\omega))}{b^2\cos^2\omega - 1}$ dessen Quadrat $= \frac{Q^2(b^4\cos^2\omega\sin^2\phi - 2b^2\cos\omega\sin\phi\sin(\phi+\omega) + \sin^2(\phi+\omega))}{(b^2\cos^2\omega - 1)^2}$

Hierzu $\frac{Q^2 - b^2Q^2\sin^2\phi}{b^2\cos^2\omega - 1}$ addiert, giebt, wenn beyde Brüche unter einerley Benennung gebracht werden, das zweyte Glied der Gleichung, woraus die Wurzel zu ziehen ist: $= Q^2(b^2\cos^2\omega\cos^2\phi - 2b^2\cos\omega\sin\phi\sin(\phi+\omega) + \sin^2(\phi+\omega) + b^2\cos^2\omega - b^4\cos^2\omega\sin^2\phi - 1 + b^2\sin^2\phi) : (b^2\cos^2\omega - 1)^2$. Da sich nun $b^4\cos^2\omega\sin^2\phi$ und $- b^4\cos^2\omega\sin^2\phi$ aufheben, überdieß $\sin^2(\phi+\omega) - 1 = -\cos^2(\phi+\omega)$ ist, so erhält man $Q^2(-\cos^2(\phi+\omega) + b^2\cos^2\omega + b^2\sin^2\phi - 2b^2\cos\omega\sin\phi\sin(\phi+\omega)) : (b^2\cos^2\omega - 1)^2$ oder $Q^2(-\cos^2(\phi+\omega) + b^2(\cos^2\omega + \sin^2\phi - 2\cos\omega\sin\phi\sin(\phi+\omega)) : (b^2\cos^2\omega - 1)^2$ zum zweyten Glied der geordneten Gleichung; aber es ist hier $\cos^2\omega + \sin^2\phi - 2\cos\omega\sin\phi\sin(\phi+\omega) = \cos^2(\phi+\omega)$; denn $\cos(\phi+\omega) = \cos\phi\cos\omega - \sin\phi\sin\omega$; also $\cos^2\phi\cos^2\omega - 2\cos\phi\cos\omega\sin\phi\sin\omega + \sin^2\phi\sin^2\omega = \cos^2(\phi+\omega)$. Setzt man statt $\cos^2\phi$ in der letztern Gleichung $1 - \sin^2\phi$ und statt $\sin^2\omega$ dessen Werth $1 - \cos^2\omega$, so erhält man $\cos^2\omega - \cos^2\omega\sin^2\phi - 2\cos\phi\cos\omega\sin\phi\sin\omega + \sin^2\phi - \cos^2\omega\sin\phi = \cos^2\omega + \sin^2\phi - 2\cos^2\omega\sin^2\phi - 2\cos\phi\cos\omega\sin\phi\sin\omega$. Obiger Ausdruck $\cos^2\omega + \sin^2\phi - 2\cos\omega\sin\phi\sin(\phi+\omega)$ giebt das

nämliche, wenn statt sin $(\Phi + \omega)$ dessen Werth, oder $\sin\Phi \cos\omega + \sin\omega \cos\Phi$ gesetzt und damit multipliciert wird. Also kann an der Stelle desselben der einfachere Ausdruck $\cos^2(\Phi + \omega)$ gesetzt werden. Dadurch wird das zweyte Glied der Gleichung woraus die Wurzel gezogen werden muß $= \frac{Q^2(-\cos^2(\Phi+\omega)+b^2\cos^2(\Phi+\omega))}{(b^2\cos^2\omega - 1)^2}$

Also die Wurzel $= \frac{Q\cos(\Phi+\omega)\sqrt{b^2-1}}{b^2\cos^2\omega - 1}$ die derselben aus dem ersten Glied der Gleichung oder $f - \frac{Q(b^2\cos\omega\sin\Phi - \sin(\Phi+\omega))}{b^2\cos^2\omega - 1}$ gleichgesetzt, endlich $f = \frac{Q}{b^2\cos^2\omega - 1}(b^2\cos\omega\sin\Phi - \sin(\Phi+\omega) + \cos(\Phi+\omega)\sqrt{b^2-1})$ giebt, wo, wenn statt b dessen Werth oder $\frac{R}{\mu r}$ substituiert wird, die Formel vom vorigen §. heraus kömmt.

§. 73. Ich habe bis itzt keine Beyspiele von Rechnungen in Zahlen gegeben; glaube aber, daß sie hier am rechten Orte stehen werden. Ich nehme an, die Fracht sey 2400 ℔, der Wagen selbst aber 1600 ℔ schwer; übrigens die Last auf die vier Räder gleich vertheilt. Den mittleren Radius der Naabenhöhlung nehme ich $1\frac{1}{2}''$, die niedern Räder im Radius 24'', die hintern 28'' hoch an. Die Friktion sey bey einem geschmierten Wagen $\frac{1}{6}$ des Druckes, so erhält man die Beschwerung von jedem Rade $= 1000$ ℔ Also ist für jedes Vorderrad, wenn man statt Rr, μ, Q die Werthe 24, $1\frac{1}{2}$, $\frac{1}{6}$ und 1000 setzt, $f = 10,4$ ℔, folglich für beyde Vorderräder 20, 8 ℔, auf gleiche Weise für beyde Hinterräder 17, 8 ℔.

Die-

Diesemnach würde die gesammte erforderliche Kraft nach §. 61, wenn auf horizontalem Boden bey horizontaler Zugkraft gefahren würde, 38, 6 ℔ seyn, wenn nichts als Reibung in den Naaben zu überwinden wäre; allein die Ungleichheit des Bodens, das Eingreifen der Räder, allenfalls die Reibungen an den Anstoßschienen und dem Lahner dörfen gleichfalls nicht ausser Acht gelassen werden; zumal wenn alle diese Hindernisse auf einmal zusammentreffen, und sich der Bewegung widersetzen. Z. B. Es liege nur ein Stein von 1 Zoll hoch vor, über welchen ein Wagenrad weggebracht werden muß, so wird cos Φ F. 5. = 16° 35′ ohngefähr, also die Gewalt, um über diese kleine Hinderniß wegzukommen = Q tang Φ = 1000 x 0,298 = 298 ℔ seyn. Soll nun noch überdieß aufwärts gefahren werden, so will ich in §. 72. ω = 10° und Φ nur 30° setzen, dabey aber zur Erleichterung der Rechnung annehmen, daß weil $\mu^2 r^2$ klein ist, $\sqrt{R^2 - \mu^2 r^2} = R$ genommen werden dörfe. Ich finde sodann für beyde Vorderräder 1031, 6 ℔, für beyde Hinterräder 1029, 2 ℔ Kraft nöthig, um den Wagen aufwärts zu ziehen, also im Ganzen 2060, 8 ℔. Wenn also schon auf horizontalem festen und ebnen Boden eine ganz geringe Kraft nöthig ist, den Wagen zu bewegen, so zeigt doch gegenwärtige Rechnung, daß ohne Rücksicht auf das Eingreifen der Räder in weichem Boden, blos wenn man über eben nicht große Hindernisse wegkommen soll, wenn eben keine so steile Anhöhe aufwärts gefahren werden muß, das Zugvieh sehr große Gewalt anzuwenden habe, um den Wagen fortzuschaffen, und daß diese denselben um so saurer werde, als es bergan noch überdieß die Schwere ihres eignen Körpers mit aufwärts bringen muß. Ich kann die Folgerungen, welche hieraus zu ziehen sind, jedem überlassen, dem daran gelegen ist, das Zugvieh zu schonen, wenn bergan gefahren werden soll. Uebrigens fällt von

selbst auf, daß man in der Ausübung immer auf die schlimmsten Fälle, also auf Anhöhen gefaßt seyn müße, und daß selbst die Ladung darnach eingerichtet, oder mit einer Vorspan unumgänglich geholfen werden sollte, wenn man seine Pferde nicht ruiniren, oder wohl gar sitzen bleiben will.

§. 74. Zieht die Kraft mit der schiefen Fläche parallel, so ist $\omega = 0$; also $f = \frac{Q^2}{R^2 - \mu^2 r^2}(R^2 \sin\phi - \mu^2 r^2 \sin\phi + \mu r \cos\phi \sqrt{R^2 - \mu^2 r^2}) = Q \sin\phi + \frac{Q \mu r \cos\phi}{\sqrt{R^2 - \mu^2 r^2}}$. Es seyen die Data wie in §. 73., so wird für die zwey Vorderräder die Kraft 1018 ℔, für die hintern 1015,4 ℔, zusammen 2033,4 ℔ seyn.

§. 75. Ist $\phi = 0$, oder man fährt auf horizontalem festen Boden, so wird $P = \frac{Q}{R^2 \cos^2\omega - \mu^2 r^2}(-\mu^2 r^2 \sin\omega + \mu r \cos\omega \sqrt{R^2 - \mu^2 r^2})$. Sind die Data wie in §. 73. so findet sich hier die gesammte Kraft 39 ℔, woraus im Vergleich mit §. 73, wo die Zugkräfte mit dem horizontalen Boden parallel angenommen worden, erhellet, daß dort nur 38 ℔, also hier etwas weniges mehr nöthig sey, wenn die Zugkräfte aufwärts angebracht sind.

§. 76. Ist sowohl ϕ als $\omega = 0$ so wird $f = \frac{Q}{R^2 - \mu^2 r^2}\left(\mu r \sqrt{R^2 - \mu^2 r^2}\right) = \frac{Q \mu r}{\sqrt{R^2 - \mu^2 r^2}}$ wie in §. 61.

§. 77. Macht man die Berechnung auf eine ähnliche Art, wenn der Wagen abwärts fährt, so erhält man $f =$

Q

$\frac{Q}{R^2 \cos^2\omega - \mu^2 r^2}(-R^2 \cos\omega \sin\phi - \mu^2 r^2 \sin(\omega\ \phi) + \mu r \cos(\omega - \phi(\sqrt{R^2 - \mu^2 r^2})$

wobey ich anmerke, daß die Zugkräfte, wie in §. 72. aufwärts gerichtet angenommen sind.

§. 78. Setzt man in §. praec. $\omega = o$, so wird beym Abwärtsfahren $f = -Q \sin\phi + \frac{\mu r Q \cos\phi}{\sqrt{R^2 - \mu^2 r^2}}$ seyn.

Die Data seyen zu einer Berechnung wie zuvor, so wird $f = -1966{,}6$ ℔ seyn für den ganzen Wagen, das ist, der Wagen sucht mit einer Gewalt von 1966,6 über die geneigte Ebene von selbst herab zu rollen, wenn er durch nichts aufgehalten wird. Das, was auf ebenem festen Boden, oder aufwärts Hinderniß ist, nämlich die Reibung, das Eingreifen der Räder, Steine, die vor den Rädern liegen, sind nun eine Wohlthat, und das Sperren der Räder, und um die Reibung noch mehr zu vermehren, ein breiter Radschuh hierin eine Nothwendigkeit; weil ausser dessen das Zugvieh durch das Aufhalten mittels der Brustketten schwerlich und um so weniger dieser Gewalt widerstehen würde können, als nur die zwey Deichselpferde dieß allein thun sollten, und ihre Kräfte weder vermög der Schwere ihrer eignen Körper, noch der Art, wie sie mittels der Brustketten hierzu angebracht sind, so stark zu äußern im Stande sind, als auf der Ebene oder aufwärts.

§. 79. Ist $\phi = o$, so wird $f = \frac{Q}{R^2 \cos^2\omega - \mu^2 r^2}(-\mu^2 r^2 \sin\omega + \mu r \cos\omega \sqrt{R^2 - \mu^2 r^2})$, wie §. 75.

§. 80.

§. 80. Ist sowohl Φ als $\omega = 0$, so erhält man die Gleichung von §. 61., wie es seyn soll.

§. 81. Wäre die Kraft, statt über nz angebracht zu seyn, um eben den Winkel ω darunter gerichtet, so würde der Ausdruck für f, wenn aufwärts zu fahren wäre, =

$$\frac{Q}{R^2 \cos^2\omega - \mu^2 r^2}(R^2 \cos\omega \sin\Phi + \mu^2 r^2 \sin(\omega - \Phi) + \mu r \cos(\omega - \Phi)\sqrt{R^2 - \mu^2 r^2})$$

seyn. Nach dem bisher angenommenen Daten finde ich bey dieser Anbringung der Kräfte die gesammte Zugkraft 2067,8 ℔, also größer, wie dieselbe in §. 73., wenn die Zugkraft aufwärts gerichtet ist, und größer als wenn sie, wie in §. 74. parallel mit der Ebne zieht.

§. 82. Wäre in dem vorigen Falle $\omega = 0$ so wird $f = Q \sin\Phi + \frac{Q\mu r \cos\Phi}{\sqrt{R^2 - \mu^2 r^2}}$, wie es seyn soll.

§. 83. Wäre aber $\Phi = 0$, in dem Fall des §. 81. so wird $f = \frac{Q}{R^2 \cos^2\omega - \mu^2 r^2}(\mu^2 r^2 \sin\omega + \mu r \cos\omega \sqrt{R^2 - \mu^2 r^2})$, die also bloß um die kleine Größe $\frac{2Q\mu^2 r^2 \sin\omega}{R^2 \cos^2\omega - \mu^2 r^2}$ größer ist, als in §. 75. Woraus aber doch folgt, daß es eben nicht vortheilhaft sey, die Zugkräfte in schiefer Richtung abwärts anzubringen.

§. 84. Für $\Phi = \omega = 0$ wie in §. 61. $f = \frac{Q\mu r}{\sqrt{R^2 - \mu^2 r^2}}$.

§. 85. Fährt der Wagen abwärts, und die Kraft ist wie in §. 81. gerichtet, so wird $f = \frac{Q}{R^2 - \mu^2 r^2}(\mu^2 r^2 \sin(\omega + \Phi) - R^2 \cos\omega \sin\Phi + \mu r \cos(\omega + \Phi)\sqrt{R^2 - \mu^2 r^2})$.

§. 86.

§. 86. Für $\omega = o$ im Fall des §. praec. wird $f = -Q \sin \Phi + \frac{Q \mu r \cos \Phi}{\sqrt{R^2 - \mu^2 r^2}}$.

§. 87. Für $\Phi = o$ wird, bey dieser Einrichtung $f = \frac{Q}{R^2 \cos^2 \omega - \mu^2 r^2} (\mu^2 r^2 \sin \omega + \mu r \cos \omega \sqrt{R^2 - \mu^2 r^2})$ wie in §. 83.

§. 88. Vergleicht man die Kraft in §. 85. mit der in §. 77. durch ein Beyspiel für einerley Wagen und Ladung, so wird man leicht finden, daß hier die Gewalt, mit welcher der Wagen herabrollen will, noch größer sey, als dort, daß es also auch in dieser Rücksicht nicht vortheilhaft sey, die Zugkraft schief abwärts anzurichten.

§. 89. Für $\Phi = \omega = o$ ist, wie in §. 61. $f = \frac{Q \mu r}{\sqrt{R^2 - \mu^2 r^2}}$, welches ich bloß deßwegen jederzeit anführe, damit man die Richtigkeit der Formeln desto besser beurtheilen möge.

§ 90. Der bisherige Kalkul hat bewiesen, daß, weil Q immer das Gewicht der Fracht und des Wagens zusammen anzeigte, und die Wägen meist eine beträchtliche Schwere haben, es wichtig sey, sie so gering, als es ihre erforderliche Stärke erlaubt, zu machen. Dieß würde mich, wenn ich weiter in dieser Materie zu gehen gesinnt wäre, ganz natürlich auf die Betrachtungen über die nöthige Stärke aller Theile, und wie selbe gegeneinander proportioniert werden sollte, führen, und es würde sich hierüber vieles sagen lassen. Man wurde hiebey die bisher bekannten Versuche über die Brauchbarkeit der verschiednen Holzgattungen zum Grunde legen, oder dieselben wiederholen können. Die Einwürfe, daß das Holz von eben

der-

derselben Gattung und Art, welches auf verschiednem Boden gewachsen, und von verschiednem Alter ist, nicht einerley Stärke besitze, daß also hierinn nichts zuverlässiges ausgemacht werden könne, ist von darum nicht erheblich, weil man durch die Versuche selbst diese Verschiedenheit bemerken, und auf die Umstände, unter welchen einerley Holzart besser oder schlechter befunden worden ist, aufmerksam machen könnte; vorzüglich aber deßwegen, weil man nicht bestimmt zu wissen nöthig hat, um wie viel ein Holz stärker als das andere ist; genug, wenn man aus der Erfahrung weis, und aus den Versuchen sich überzeugen kann, daß eine gewisse Gattung für die Wagnerey besser sey, und so viel dörften gute Versuche sicher zeigen.

Je kleiner aber ohne Abbruch an der nöthigen Stärke das Holzwerk ausfällt; desto weniger schwer wird auch der Wagen; und damit wäre also immer viel gewonnen. Daß diese Bemerkungen nicht als Kleinigkeiten angesehen werden dörfen, möchten wohl die vielen und verschiednen im Kriegswesen erforderlichen Wägen beweisen, wo man nicht immer auf gebahnten Strassen damit fährt, wo man nicht beständig die besten Pferde behält, wo selbe nicht immer wegen schlechtem Futter, oder Mangel oder Strapazen bey guten Kräften verbleiben können, und wo doch oft die Märsche forciert werden müssen; folglich die leichtere Beweglichkeit des Fuhrwerks eine Hauptsache ist, nicht bloß um die kostbaren Zugpferde nicht zu ruiniren; sondern um dem Endzwecke der Märsche desto gewisser auch in schlimmen Wegen und bey schlechter Witterung entsprechen zu können. Oder warum sollte man unnöthiger Weise die Last und dadurch die Reibung, so wie die Schwierigkeit, über die vor den Rädern liegende Hindernisse wegzukommen, vermehren, das Fortkommen in weichen Böden sich erschweren und unnütze Lasten bergauf schleppen,

nach-

nachdem man ohnehin weder die Güte der Wege, noch die Witterung in seiner Gewalt, und hiemit Arbeit genug hat?

§. 91. Wäre das ganze zu einen Wagen nöthige Holzwerk nach allen Theilen desselben durchgegangen, und nicht nur, welche Holzarten zu jedem Theil am dienlichsten, sondern auch die erfoderliche Stärke aller Theile bestimmt, folglich alles überflüßige weggelassen worden, so könnte man weiter untersuchen, wo und wieviel Eisenwerk nöthig ist, besonders ob, und wo es ohne Nachtheil der erfoderlichen Stärke geschwächt werden könnte; weil das viele Eisenwerk die Wägen noch mehr erschwert, als das Holz, wenn es ohne Noth zu stark gemacht wird. Wahr ist es, man kann aus einerley Gattung Eisen alles erforderliche zu einen Wagen machen. Aber ist für die Radschinen, für die Achseisen und das übrige Eisenwerk eine Gattung nicht zweckdienlicher als die andere? Da alles dieses ausser den Gränzen, die ich meiner Abhandlung gesetzt habe, liegt, so will ich mich mit solchen Betrachtungen nicht weiter aufhalten, um so weniger, als ohne besondere Versuche hierüber nichts zuverläßiges gesagt werden kann, die ich aber zu machen weder Gelegenheit noch Musse habe.

§. 92. Noch ein weiteres Feld würde ich vor mir haben, wenn ich, von den Handschubkarren angefangen, die verschiedenen Gattungen Fuhrwerker, die in der Oekonomie bey dem Ackerbau, dem Kommerz, auf Reisen, bey dem Kriegswesen nöthig sind, durchgehen und ihre Einrichtungen, wenn sie ihren Absichten und Bestimmungen entsprechen sollten, einer Ueberlegung unterwerfen wollte. Die möglichste Leichtigkeit der Bewegung und Sicherheit vor dem Umwerfen fodert man wohl bey allem und jedem Wagenwerke. Nur die Nebenabsichten, die man damit zugleich erreichen und die Beschaffenheit desjenigen, was transportiert werden soll, kann es zuweilen erheischen, daß man einen Theil von den vorigen allgemeinen Eigenschaften aufopfert, nicht, weil man will sondern weil man

nicht anders kann. Indessen scheint mir durch das zwar wenige, was mir von der praktischen Wagnerey und dem Bau verschiedner Wägen bekannt ist, die Kunst noch gar nicht erschöpft, sondern vieles noch guter Verbesserungen fähig zu seyn.

§. 93 Es ist wohl nicht gleichgültig, wie die Zugkräfte angebracht werden, wie aus dem bisher gesagten schon erhellet. Haben Komuthe oder Silengeschirre bey der Bespannung den Vorzug? In der krünizischen Enziklopedie ist die Frage weitläufig untersucht und sehr gut bearbeitet worden. Wahr ist es, daß bey dem Kriegsfuhrwesen, wo man sich immer marschfertig halten soll, die Silengeschirre Vorzüge haben möchten. Aber wenn die Pferde, wie es scheint, in Komuthen leichter als in Silengeschirren ziehen, so hält dieser Vortheil bey den ordinären und Reisewägen, selbst im Fuhrwesen beym Kriege den vorigen und allen anderen, wenigst nach meiner Meynung, gewiß das Uebergewicht. Ob aber die Komuthe bereits auf die zweckmäßigste Art verfertigt werden, ist ein Zweifel, der einer Nachsuchung nicht unwerth wäre. Weil ich eben von der Bespannung rede, so muß ich noch beyfügen, daß eine unbewegliche Waage vor iner beweeglichen Vorzüge habe. Denn fürs erste läßt sich sodann nicht erkennen, ob beyde Pferde ihre Schuldigkeit thun. Zweytens, wenn dien Pferde von ungleicher Stärke sind, oder eines fauler als das andere ist, so wird das stärkere nicht nur mit einem Theile seiner Kraft das nachgebende schwächere zurück zu ziehen streben, sondern auch dadurch das schwächere noch mehr hindern, seine Kraft zur Bewegung des Wagens mit anzuwenden. Alles dieß fällt bey einer unbeweglichen Waage weg. Strenget man aber das schwächere über seine Kräfte an, um mit dem bessern gleichen Schritt zu halten, so wird es bald zu Grunde gerichtet. Noch eine kleine Bemerkung ist dieß, daß die Waagscheider so lange gemacht werden sollen, daß die Stränge den Pferden nicht zu nahe an dem Leibe liegen, weil

an dem Zuge nichts verlohren geht, wenn sie rückwärts divergieren; wohl aber dem Zugviehe wehe geschieht, wenn sie sich zu stark einlegen, weil die Scheiden allein, durch welche sie geführt sind, nicht alles leisten, was man davon erwartet.

§. 94. Bekanntermassen sind in Frankreich die Gablwägen sehr gebräuchlich und ehedem bey dem Kriegsfuhrwesen statt den bey uns gewöhnlichen Deichselwägen eingeführt gewesen, wo also das Gabelpferd die Reiben allein machen, das Schlagen der Gabel allein aushalten mußte; und wenn durch die Schwere bey dem Abwärtsfahren nicht ganz geholfen war, allein noch zurückhalten konnte, indem alle übrigen Pferde eines vor dem andern bey ihrer Wagenart angespannt sind. Daß bey den Gablwägen das Gabelpferd am schlimmsten daran sey, ist aus dem, was ich davon sagte, ziemlich klar; noch mehr aber daraus, daß es so, wie die rückwärts angespannten von denjenigen, welche es vorwärts sind, zusammgedrückt werden, müsse, alsbald bey Anhöhen die hintern noch aufwärts steigen müssen, während dem die vordern schon abwärts gehen, und ziehen. Ein weiterer Nachtheil der Gablwägen und zwar von der größten Wichtigkeit ist der, daß bey dem Kriegsfuhrwesen die Kolonnen fast doppelt so lange ausfallen, als bey Deichselwägen, bey welchen immer zwey Pferde nebeneinander angespannt sind. Vortheile bey den Deichselwägen sind auch, daß zwey Pferde mittels der Brustketten leichter Bergab anhalten, daß die Komuthe, vorzüglich aber die Brustketten, das Schlagen der Deichsel für die Pferde weniger beschwerlich machen; daß zwey Pferde das Reiben leichter bewerkstelligen, und vielleicht nebeneinander lieber ziehen, als hintereinander in den Gabelwägen.

§. 95. Ehe ich diese meine kurze Abhandlung schließe, will ich noch die Theorie eines Handschubkarrens, wenn er auf horizontalen Boden fortbewegt werden soll, beyfügen. Es sey zu diesem Ende Fig. 25. in a der Mittelpunkt des Rades; ac sey die Länge des

Karrens von der Handhabe an bis zu den Naabepolzen des Rades. ac sey die Richtung, in welcher die Schubkraft den Karren vor sich hinschiebt. In b treffe die Richtung von dem Schwerpunkte des Karrens und Last zusammen ein. cd sey die Höhe, in welcher bey der wirklichen Bewegung der Karren mit der Hand in c gefaßt wird, der Radius des Rades sey = R, des Polzens = r, ab = b, ac = l, cd = h, der Winkel cae = ω, und μ zeige an, der wievielte Theil des Druckes die Friktion bey den Polzen betrage. Man sieht leicht ein, daß abc als ein Hebel zu betrachten sey, so daß der Mensch, welcher den Karren bewegt, einen Theil von dem Gewicht, welches der Karren und Last zusammen haben, tragen, den andern aber auf dem Karren schieben muß; woraus dann die Ursache und der Nutzen der Tragbänder auffällt, weil sonst die Arme einen Theil der Last immer tragen und die Muskulärkraft den andern vor sich hinschieben müßte. Setzt man die Kraft, welche zum Tragen erfordert wird = T; dieselbe zum Schieben = f; das gesammte Gewicht des Karrens und der Last = Q, so wird Tl = Qb, also $\frac{Qb}{l} = T$; dahero der mittlere Druck in der Pfanne der Radnaabepolzen = $\sqrt{\left(\left(\frac{l-b}{b}\right)T + f\sin\omega\right)^2 + P^2\sin^2\omega}$ folglich $\mu r \cdot \sqrt{\left(\left(\frac{l-b}{b}\right)T + f\sin\omega\right)^2 + P^2\sin^2\omega} = fR\cos\omega$. Da fd in der Figur horizontal, ae mit fd parallel, af und cd auf fd senkrecht angenommen sind, so ist af = ed und ce = cd − de = h − R; folglich $\sin\omega = \frac{h-R}{l}$, $\cos^2\omega = \frac{l^2-(h-R)^2}{l^2}$, $\cos\omega = \frac{1}{l}\sqrt{l^2-(h-R^2)}$. Daraus finde ich $f = \frac{\frac{(l-b)lT}{b}}{\left(\mu^2 r^2 (h-R) + \mu^2 r^2 \sqrt{R^2-\mu^2 r^2}\sqrt{l^2-(h-R)^2}\right)}$, $R^2l^2 - R^2(h-R)^2 - l^2\mu^2r^2$,

§. 96

§. 96. Die Formel von §. praec. sieht zwar sehr verwickelt aus; aber da man T nicht wohl über 50 ℔ annehmen darf; weil ein Mensch, wenn er die Hälfte der Arbeitszeit, als er hin und her mit dem Karren fährt, 50 ℔ trägt, hinreichende Schuldigkeit leistet, so wird man leicht durch die Berechnung sich überzeugen, daß f ganz geringe ausfalle; daß also bey den Schubkarren auf horizontalen Boden das Tragen ungleich mehr ermüde als das Schieben. Gleicher Gestalt sieht man ein, daß, weil $T = \frac{Qb}{l}$ ist, bey einerley T und f eine desto größere Last Q fortgeschaft werden könne, je kleiner b nnd je größer l ist; daß es also vortheilhafter sey, die Schubkarrenärme lange zu machen, und den Mittelpunkt der Schwere so weit vor sich gegen das Rad hin anzubringen, als sich nur thun läßt. Da bey der Last Q immer auch das Gewicht des Schubkarrens selbst eingerechnet ist, so sollen selbe so leicht, als nur möglich, gemacht werden. Daß die bey uns gewöhnlichen Schubkarren auf dem Lande meist ganz wohl gebaut sind, wird man sich daraus überzeugen, weil die beyden Tragbäume bloß mit Speichen verbunden sind, und überdieß die aufwärtsgerichtete oft über das Rad hin sich erstreckende Leiter es möglich macht, den Mittelpunkt der Schwere des Karrens und der Last zusammen näher an den Radpolzen zu bringen. Warum der Weg, worauf z. B. bey Bauten immer mit Karren gefahren werden muß, mit Brettern belegt werde, wird man daraus leicht einsehen, weil die beschwerten Karren sonst im weichen Boden eingreifen würden, folglich nicht bloß die Friktion des Polzens, sondern auch der Widerstand, welchen eben der weiche Boden der Bewegung der eingesenkten Räder entgegen setzte, überwunden werden müßte. Wenn man sich erinnert, daß die Schubkarren das Fuhrwerk des armen Mannes sind, und daß sie bey Baulichkeiten zumal der Grabung oder Reinigung der Kanäle u. s. w. in großer Menge nützlich und nothwendig gebraucht werden, so wird man mir diesen Beysatz gewiß zu Gute halten.

§. 97.

§. 97. Ich glaube nun meine Beyträge schliessen zu können, und unterwerfe sie hiemit zur Prüfung den bessern Einsichten der churfürstl. Akademie der Wissenschaften, mit der Versicherung, daß ich in den zwar wenigen Werken, die etwas von der Theorie des Wagens erwähnen, und die ich gelesen, nichts angetroffen habe, was mir einiges Genügen geleistet hätte; weswegen ich dann durch die vorgelegte, aber unbeantwortet gebliebene Preisfrage, über die Wagnerey aufgemuntert, mir vorgenommen habe, der Sache selbst nachzudenken und gegenwärtige Abhandlung zu bearbeiten. Da das Wagenwerk für die menschliche Gesellschaft, den Ackerbau, das Kommerz, das Kriegswesen nicht blos von besonderm Nutzen, sondern unentbehrlich ist, so wird meine Absicht, eine der Routine bis itzt allein überlassne Sache nach mechanischen Grundsätzen zu erklären, nicht mißkannt werden können, ob ich mich schon nur Beyträge zu liefern bemüht habe. Indessen glaube ich, daß die von mir vorgetragne und auf mechanische Gründe gestützte Formeln Kennern nicht unbrauchbar scheinen werden, wenn schon der Koefficient μ erst durch bessere Versuche, als wir bis itzt besitzen, oder als mir wenigstens bekannt sind, für die Anwendung ausgemacht werden dürfte; allein da die Formeln wahr bleiben, die Größe von μ mag seyn, welche sie will, so verschlägt dieses für die Brauchbarkeit meiner Sätze nichts, und ich hoffe, wenigstens den Weg gegangen zu seyn, oder doch zum Theil berührt zu haben, den man gehen, könnte, um eine vollständige Theorie von der Wagnerey aufzusuchen die ich noch nirgends bearbeitet angetroffen habe. Es bleibt mir daher nichts als der Wunsch noch übrig, daß doch Männer von bessern Kenntnissen und tiefern Einsichten, als die meinigen sind, sich die Mühe nicht gereuen lassen möchten, dieser, für die menschliche Gesellschaft gewiß nicht uninteressanten Sache weiter nachzudenken, um eine vollständigere Theorie hierüber aufzustellen.

Fig. 1.

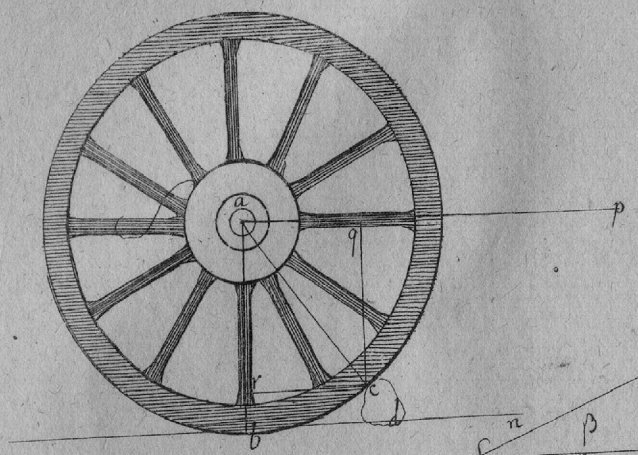


Fig. 2

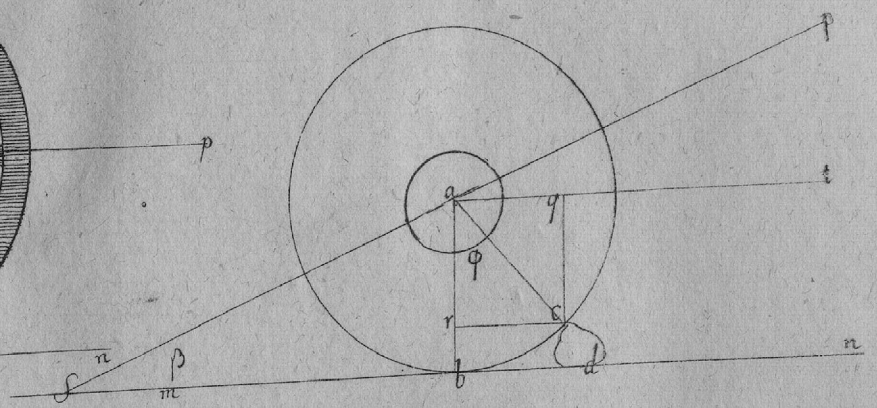


Fig. 3

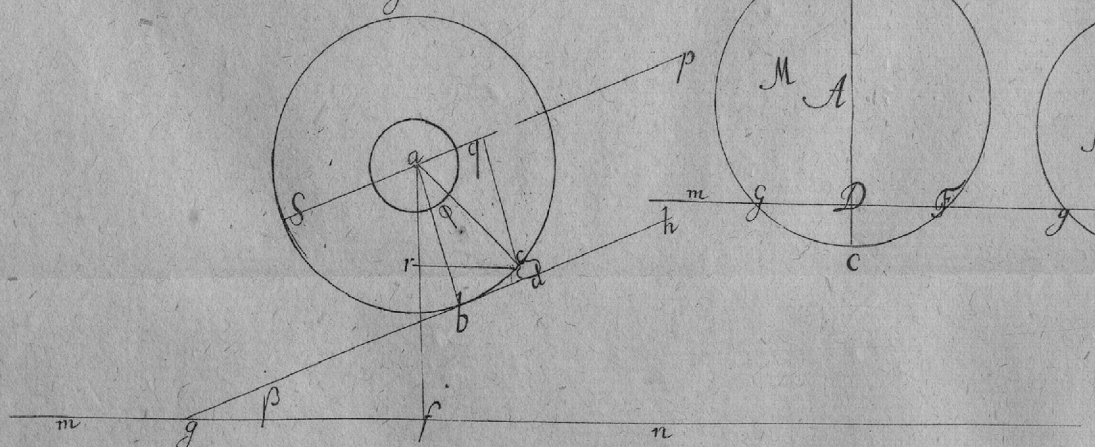


Fig. 4

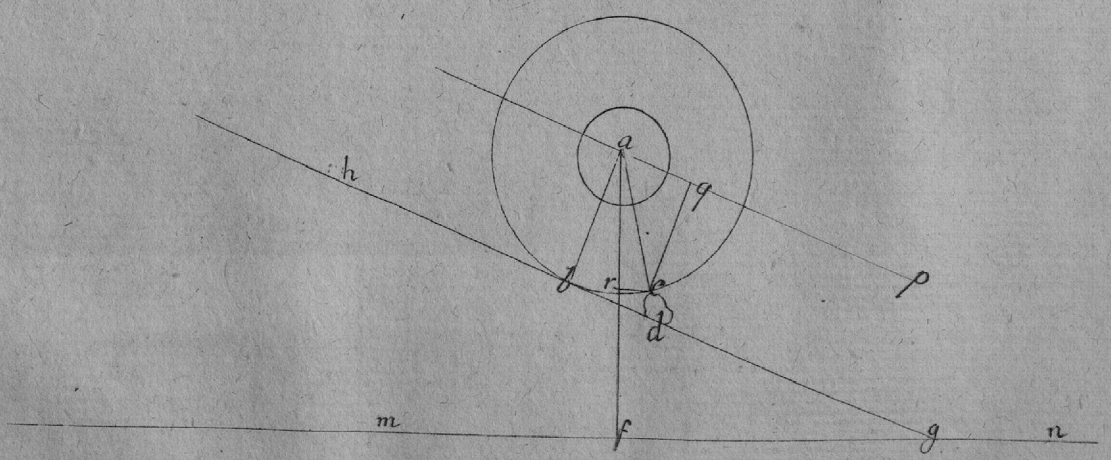
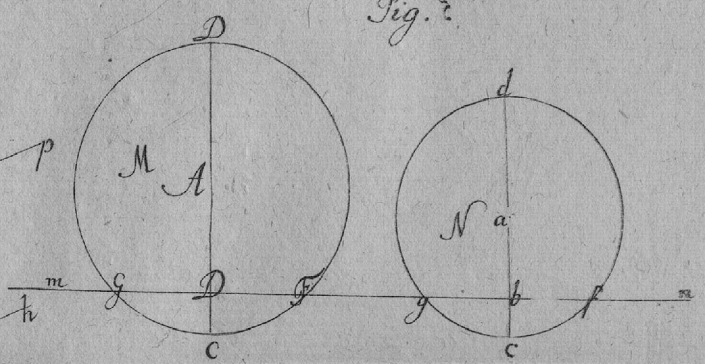


Fig. 5



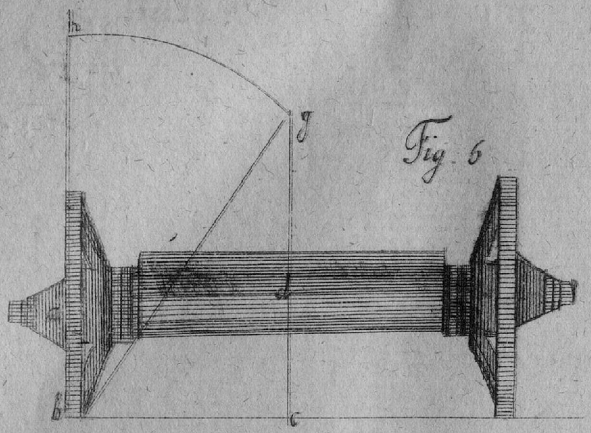


Fig. 6

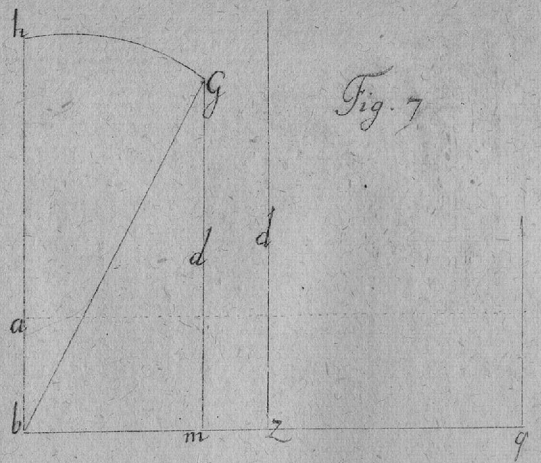


Fig. 7

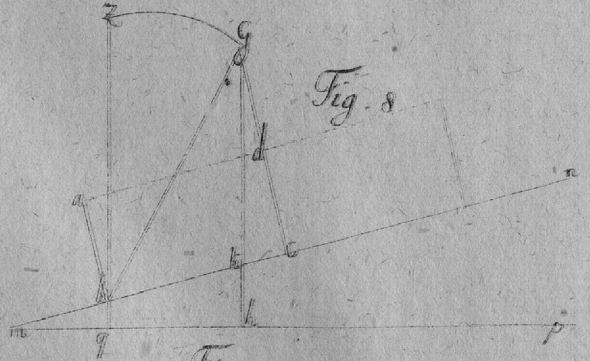


Fig. 8

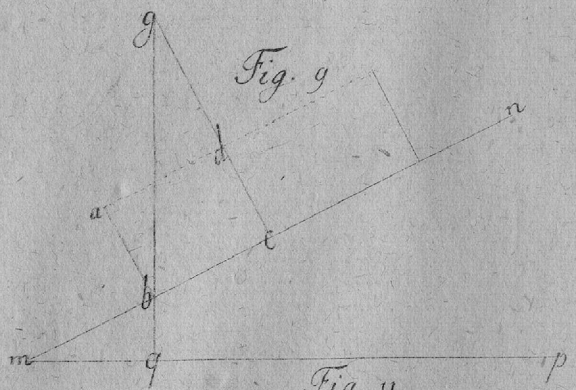


Fig. 9

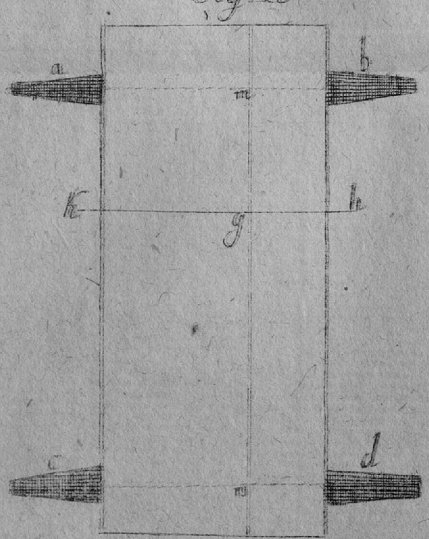


Fig. 10

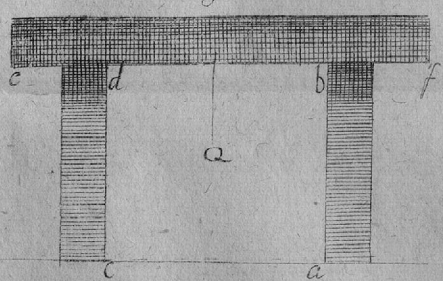


Fig. 11

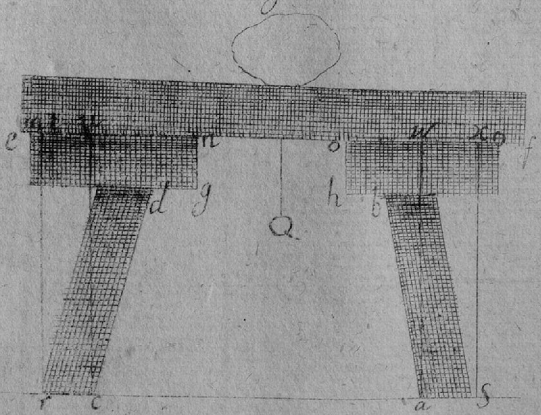


Fig. 12

Fig. 13

Fig. 14

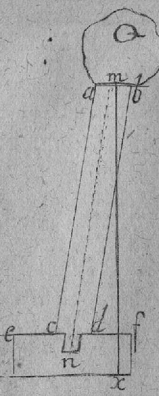


Fig. 15

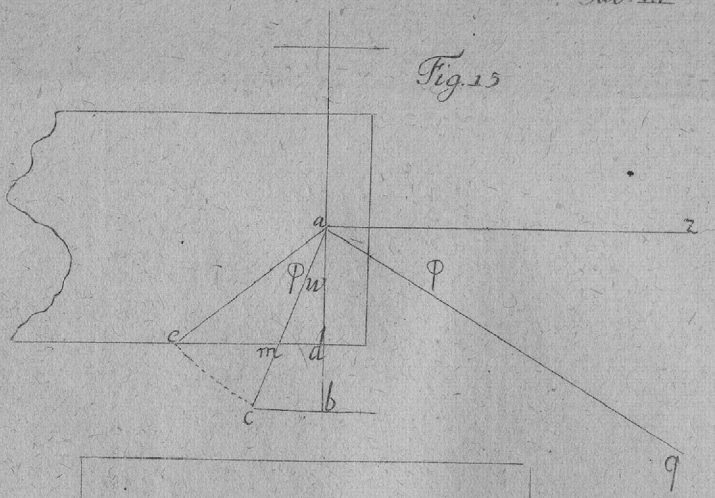
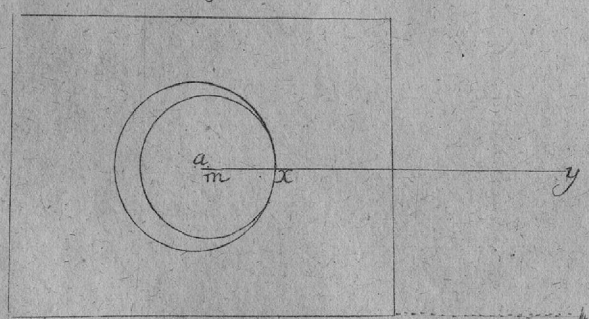


Fig. 16



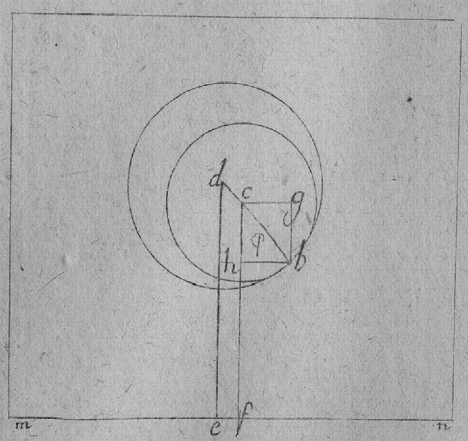


Fig. 18

Fig. 20

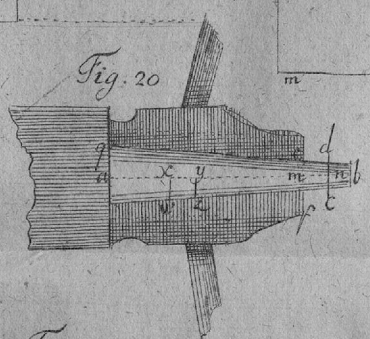


Fig. 21

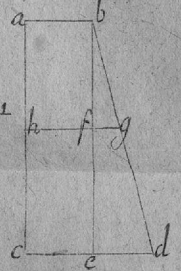


Fig. 19.

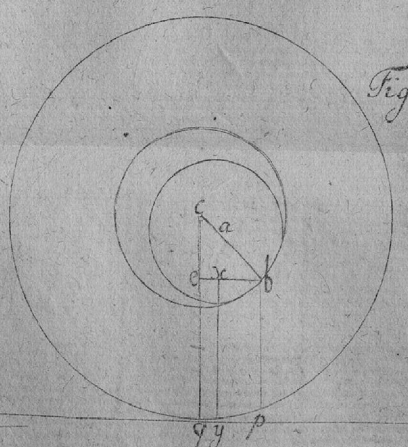


Fig. 17

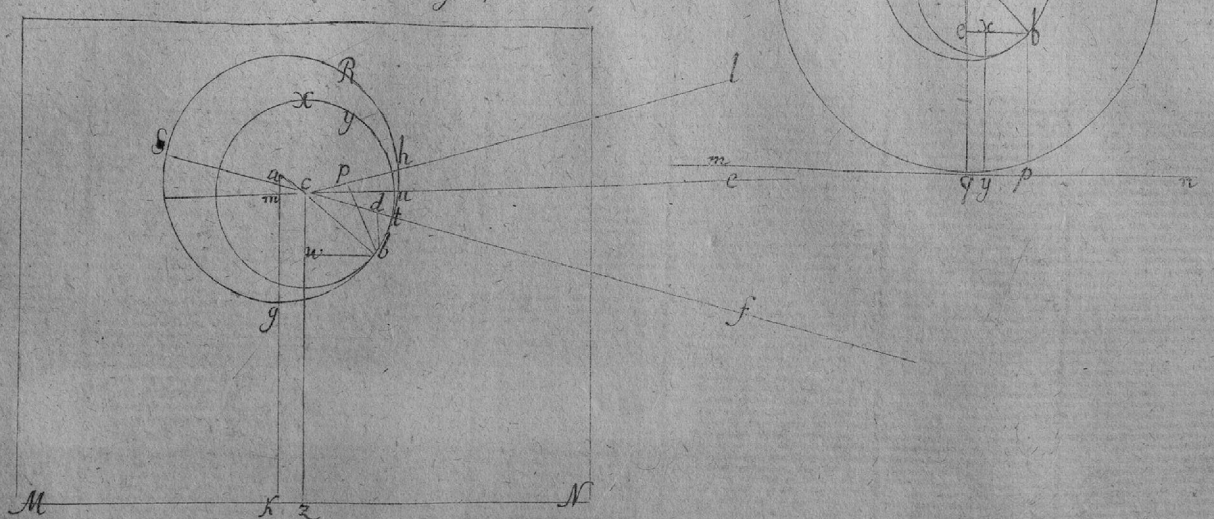


Fig. 22

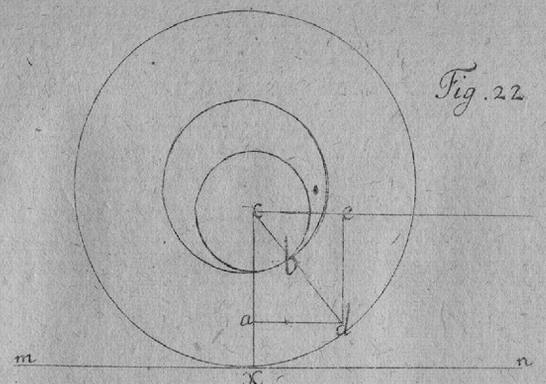


Fig. 24

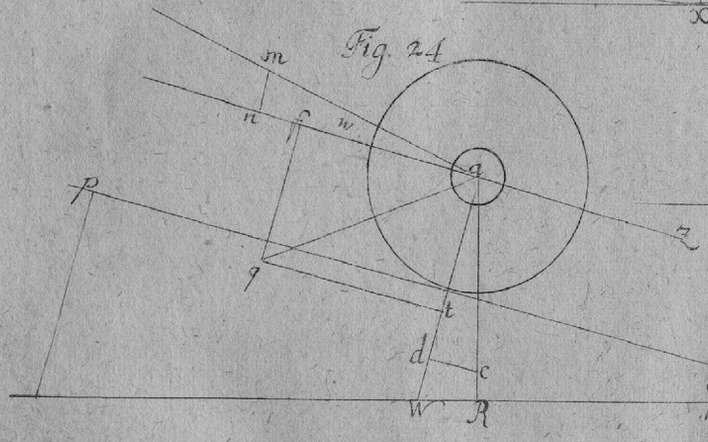


Fig. 25

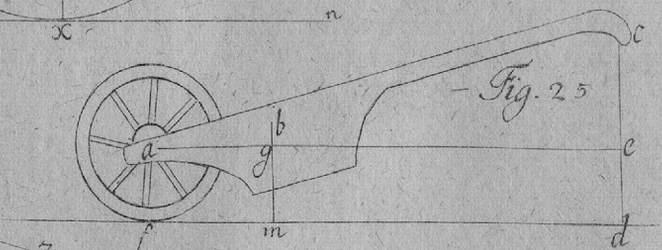
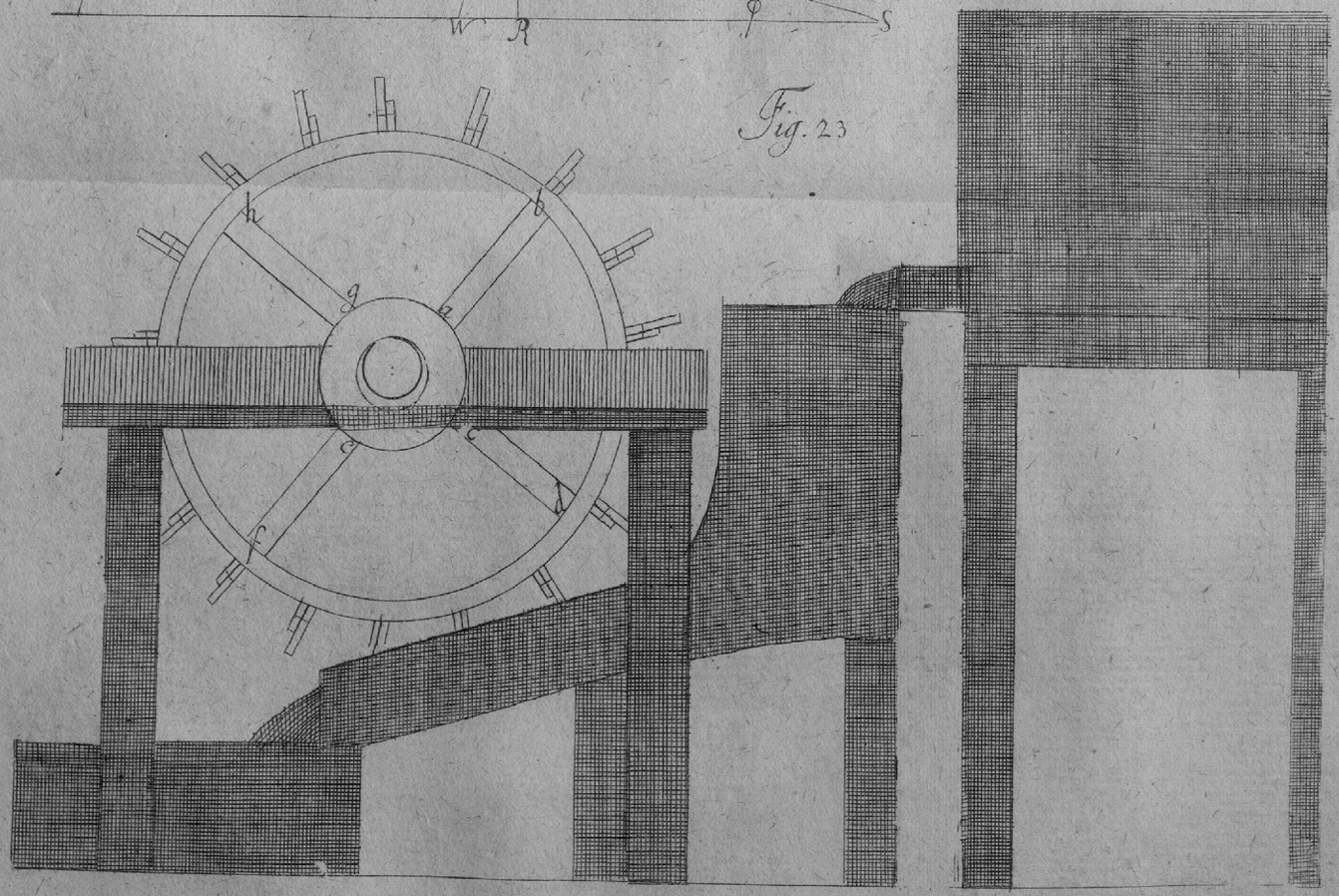



Fig. 23