





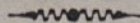
Anleitung

Bau der Wassermühlen



W. Meißner's

Anleitung zum Bau der Wassermühlen.



2

Anleitung

zum

# Bau der Mahlmühlen

nach ihren

mechanischen und dynamischen Gründen

von

W. Meißner,  
Baumeister in Eutin.

Mit 11 Kupfertafeln.

1913. 870

---

Hamburg,  
bei Hoffmann und Campe.  
1855.

## V o r r e d e.

Bei der Ausübung des gewöhnlichen Mühlenbaues sollte man wohl voraussetzen dürfen, daß Theorie und Praxis schon längst in vollkommener Uebereinstimmung gewesen seyn müßten, und daß es bei einer, dem Wesentlichen nach schon 2000 Jahre bekannten Sache, nichts Neues zu erfinden, oder Bekanntes zu verbessern geben könnte, zumal da wir eine Menge Schriften über diesen Gegenstand haben. Wer aber mit dieser Literatur und zugleich mit der Praxis bekannt ist, der weiß auch: daß Alles was bisher über Mühlenbau geschrieben worden, zum Theil nur halb wahr, meistens ganz unrichtig dargestellt worden ist, und daß es überall noch gar keine solche Anweisung giebt, wonach ein Mühlenmeister den Effect einer Mühle dynamisch so genau bestimmen könnte, daß Berechnung und die wirklich erreichte Wirkung genau mit einander übereinkommen.

Bei den bisherigen Mühlen wird ein großer Theil der vorhandenen bewegenden Kraft verschwendet

- 1) durch schlechte Einrichtung der Mühlsteine mit ihrem Zubehör.

- 2) Durch unrichtige Eintheilungen und Eingriffe der Räder und Getriebe.
- 3) An den Wassermühlen hauptsächlich durch un- zweckmäßige Anwendung der Kraft des Wassers.
- 4) Bei Windmühlen, außer den Ursachen 1 und 2 durch fehlerhafte Construction der Windflügel.

Ueber die beiden ersten Punkte stimmen zwar Theorie und Erfahrung genau überein, und besonders könnte die richtige Eintheilung der Räderwerke und Eingriffe schon längst so allgemein seyn, wie sie es in meinem praktischen Wirkungskreise ist; wenn man meine frühere Preisschrift — Beiträge zu Verbesserung des Mühlenbaues. Hamburg, bei Perthes und Besser, gr. 4. 1805 — deren Inhalt in diesem Buche noch erweiterter gegeben wird — mehr benutzt hätte.

Bei dem ersten Punkte haben Erfahrungen praktischer Müller der Wahrheit sich zwar genähert; die richtigen Gründe werden aber hier zuerst vorgetragen.

In Hinsicht des dritten Punktes ist gegenwärtig noch Alles in größerer Verwirrung und Ungewisheit als in ältern Zeiten, wo man allein der Erfahrung folgte; und doch hat man jetzt mehr Ursach unnütze Wasserverschwendung zu vermeiden, da in den meisten Gegenden, mit Verbesserung der Acker- und Forstcultur die Sammlungen der Wintergewässer aus Wiesen, Mooren, Brüchern und Sichten abgeleitet werden, und einen solchen Abfluß erhalten, daß sie schon im ersten Frühjahre entweichen können, anstatt daß sie ehemals an jenen Niedrigungen eben so viele Behälter hatten, in welchen das Wasser sich noch in den Sommermonaten halten, und nach und nach zu den Mühlen gelangen konnte.

Daher ist fast überall im Frühjahre ein Ueberfluß an Wasser, wovon die Müller einen großen Theil unbenutzt müssen weglaufen lassen, im Sommer und Herbst hingegen tritt solcher Wassermangel ein, daß

man deshalb Windmühlen zur Beihülfe hat bauen müssen, und mehrere Wassermühlen sogar hat gänzlich eingehen lassen.

Diese nur selten zu beseitigenden äußeren Verhältnisse machen es um so nothwendiger, den unnützen Wasserverschwendungen bei schlechten Einrichtungen der Mühlen vorzubeugen, um, wenigstens von dieser Seite, den möglich größten Nutzen durch zweckmäßig eingerichtete Maschinen, von den vorhandenen Wassermengen zu ziehen.

Hiezu nun sollte die Hydrotechnik Mittel angeben; aber leider ist sie dazu bisher noch nicht im Stande gewesen, da sie nicht einmal von ihrem Hauptgegenstande: dem Stöße des Wassers eine, durch Erfahrungen bestätigte Theorie hat geben können.

Denn, anstatt daß man das physische Verhalten bei der Bewegung des Wassers, die Einwirkungen von Cohäsion und Adhäsion nebst der Temperatur hätte untersuchen sollen, hat man sich einseitig mit der Schwere beschäftigt, und ihre verschiedenen Wirkungen: Druck und Fall mit einander bald verwechselt, bald vermischt, bald für gleich angenommen, und in analytischen Rechnungen, unter Voraussetzungen, die in der Natur nicht existiren, sich verloren. Daher sind diese Berechnungen und Theorien nur unnütze Rechenexempel geblieben, die nirgends brauchbare Anwendungen haben finden können.

Dieser Vorwurf trifft besonders die Bernouillischen und Eulerschen Versuche und Rechnungen; von neuern Abschreibern, und Leuten, welche, ohne einmal Erfahrungen im Großen zu kennen, über diese Gegenstände geschrieben haben, will ich gar nicht reden.

Wo man geglaubt hat: noch einige Uebereinstimmung jener Formeln mit wirklichen Erfahrungen zu finden, sind die Versuche immer an solchen Maschinen angestellt gewesen, (z. B. die Lambertschen) deren übrige

schlechte Einrichtung einen großen Theil der wirklich vorhandenen Kraft neutralisiren mußte; bei an sich fehlerfreien Maschinen fand sich aber die Kraft des Wassers stets größer, als jene Formeln sie angaben.

Dies hatte natürlich zur Folge, daß man bei Maschinen die Kraft des Wassers nicht zum höchsten Effecte benutzte, und daß man in Fällen, wo dem Stöße des Wassers entgegen gewirkt werden sollte, seine Kraft zu gering annahm, und daher unzulängliche Schutzwerke erbauete.

Es bleibt unbegreiflich, wie man Versuche im Kleinen, (z. B. an Oeffnungen von weniger als 1 Quadrat-Zoll) zu Bestimmungen des Stoßes im Großen hat anwenden mögen, da die Einwirkung der Adhäsion, die im Verhältniß der Perimeter der Oeffnungen stehet, nothwendig berücksichtigt werden muß, wenn ein richtiges Resultat für die Größe des Stoßes herauskommen soll. So stehet z. B. die Adhäsion bei einer Oeffnung von 1  $\square$ '' im Verhältniß von 1:4, bei einer gewöhnlichen Schützenöffnung von 3 Fuß breit  $\frac{1}{3}$  Fuß hoch, nur wie 5:9.

Noch sonderbarer ist es, daß man ein und dasselbe Gesetz für den Stoß des Wassers gegen eine völlig eingetauchte und von dem hydrostatischen Drucke des Wassers umgebene Fläche; und für den Stoß des freien Wasserstrahles gegen eine Fläche, welcher nur atmosphärische Luft (gegen Wasser wie 1:900) widersteht, hat festsetzen wollen.\*)

\*) Kästner hat in seiner Hydrodynamik schon gezeigt: daß der von den französischen Academiern angenommene Satz: daß der Stoß des freien Wasserstrahls dem Gewicht einer Wassersäule gleich sey, welche mit dem Durchschnitt des Wasserstrahls gleiche Fläche, als Grundfläche, und die der Geschwindigkeit des Strahles angehörende Höhe, zu ihrer Höhe habe, nicht erwiesen sey, und nichts weiter darthue, als: daß



Die Wahrheit hätte man aber bei Zugrundlegung übereinstimmender Versuche längst a priori finden können. Bei dem bekannten ersten Mariottischen Versuche ist der Stoß gegen eine völlig eingetauchte Fläche von  $\frac{1}{4}$  Quadratfuß, bei einer Geschwindigkeit des Stroms von 3',25 (das Gewicht 1 Cubikfuß Wassers zu 70 ℔ gerechnet) = 3,75 ℔ gefunden worden. Die Geschwindigkeit = x, welche den hydrostatischen Druck überwand, und dabei noch ein Gewicht von 3,75 ℔ erforderte, um die Bewegung der Fläche zu sistiren, mußte also größer seyn, als die erzeugte mittlere Geschwindigkeit des Wassers selbst, = 3,25'. Hievon ist die Fallhöhe = 0,17492 und das Gewicht einer Wassersäule von dieser Höhe, und  $\frac{1}{4}$  □' Fuß Grundfläche, nur 3,0611 ℔, daher ist

$$x^2 = \frac{3,7500 \cdot 3,2500^2}{3,0611} = 12,9395881 \dots$$

$$\text{und } x = \sqrt{12,9395881 \dots} = 3,59715 \dots$$

$$\text{aber } \frac{3,59715^2}{60,384} = 0,21428 = \frac{1}{4\frac{2}{3}} \text{ oder } 3,75 \text{ ℔}$$

oder, da die beiden Geschwindigkeiten C und c' im Verhältnisse ihrer Quadrate wirken, so müssen die Gewichte der Wassersäulen, deren Fallhöhen die Geschwindigkeit erzeugten auch in gleichem Verhältnisse stehen, d. i.  $3,2500^2 : 3,5971^2 = 10,5625 : 12,9395$   
 $= 3,0611 : 3,7500.$

Audere Versuche bestätigen dasselbe; (z. B. bei D. G. Juan Exam. maritime Tom. I. I. 2) daß die Stöße gegen eine eingetauchte Fläche, sich wie die Quadrate der Geschwindigkeit verhalten. Was haben aber andere Schriftsteller daraus geschlossen, und mit welchen Grillenfängereien haben sie sich beschäftigt, um verschiedene Stöße gegen gleiche Flächen sich wie die  $\sqrt{\text{der}}$  verschiedenen Höhen, oder wie die Quadrate der ihnen zukommenden Geschwindigkeit verhalten.

analytische Formeln zu finden? da sie unmittelbar aus solchen einfachen Erfahrungen die unlängbaren Sätze hätten herleiten können.

- 1) Daß jede Bewegung im fließenden Wasser durch sich selbst, allein vom Falle entstehe, und daher nach den Gesetzen des Falles beurtheilt werden muß.
- 2) Daß Druck nur in völlig geschlossenen Gefäßen Statt findet.
- 3) Daß kein Fall ohne Beschleunigung in der Natur existirt, und daher auch bei den kleinsten Fallhöhen vorhanden ist.
- 4) Daß aber auch durch Einwirkung der Adhäsion und Cohäsion nicht allein die Beschleunigungen, sondern auch die von kleinen Fallhöhen entstandenen Geschwindigkeiten so vermindert werden, daß die Ersten ganz verschwinden, und die Letzten sich in mittlere oder gleichförmige Geschwindigkeiten verwandeln.

Der Stoß eines freien Wasserstrahls gegen eine Fläche, welche keinen Widerstand anderen Wassers zu überwinden hat, stehet in ganz anderen Verhältnissen.

Da nach bekannten Erfahrungen die Endgeschwindigkeit eines ausfließenden Wasserstrahles der Geschwindigkeit gleich ist, welche ein fester Körper im freien Falle von derselben Höhe, als die Oberfläche des Wassers über den niedrigsten Punkt des Falles hat, erlangen würde, und da so gut innerhalb des Gefäßes wie außerhalb, sogleich nach Eröffnung des Abflusses, das Wasser den Gesetzen des Falles folgt, oder weil das hydrostatische Gesetz sogleich aufhört, so wie das hydraulische eintritt; so ist unstreitig die durch einen senkrechten Durchschnitt  $F$  eines Wasserstrahles in einer Zeit  $= t$  durchgehende Wassermenge  $M$ , dasjenige, was einen Stoß auf eine Fläche  $f = F$  in  $F$  machen kann. Es fragt sich: wie groß dieser Stoß zu schätzen sey?

Stellt man sich den ganzen Wasserstrahl als ein Prisma oder Cylinder vor, dessen Grundfläche =  $F$  und seine Höhe =  $C$  — als die der Zeit  $t$  zugehörige Geschwindigkeit — wäre; und theilt man  $C$  in eine Anzahl =  $n$  Flächenelemente, jedes =  $\frac{1}{n} C = \frac{1}{n} M$ ;  $t$  ebenfalls in  $n$  Zeitelemente; so wird die Fläche  $f$  in dem ersten Zeitelemente =  $\frac{1}{n} t$ , nur von  $\frac{1}{n} M$  gestossen werden, und erst mit  $\frac{n}{n} t$  werden  $\frac{n}{n} M$  mit  $f$  in Berührung gekommen seyn, und mit dem Stoß ihres eigenen Gewichts =  $G$ , auf  $f$  gewirkt haben, oder die Größe des ganzen Stoßes von  $M$  in der Zeit  $t$  gegen  $f$  ist =  $CFG = MG$ .

Der Stoß freier Wasserstrahlen unterscheidet sich daher von dem Stoße fester Körper dadurch: daß bei diesen die ganze Masse  $M'$  in dem ersten Zeitelemente  $\frac{1}{n} t$  schon vollständig vorhanden ist, und daher in  $\frac{n}{n} t$  Zeit den Stoß  $\frac{n}{n} C.M.G. = CMG$  ausübt, da bei Flüssigkeiten die Masse  $M$  durch die Geschwindigkeit  $C$  in der Zeit  $t$  erst erzeugt und vollständig gemacht wird.

Dieses giebt nun ein neues Naturgesetz, welches ich noch nirgend rein ausgesprochen gefunden habe:

Bei gleichen Stoßflächen, gleichen Gewichten der Massen, und gleichen Geschwindigkeiten in derselben Zeit, ist daher der Stoß flüssiger Körper =  $MG$   
 = = fester = =  $MCG$   
 und man darf in die Formeln für den Stoß fester Körper nur  $MG$  statt  $MCG$  setzen, um die Stöße flüssiger Körper für andere Data zu erhalten.

Uebrigens bleibt bei Flüssigkeiten das durch vielseitige Erfahrungen bestätigte Gesetz unverändert: daß die Stöße sich wie die Quadrate der Geschwindigkeit verhalten, eben daher, weil die Massen  $M$  durch die Fallhöhen verursacht werden, deren erzeugte Geschwindigkeiten  $C$  sich wie die  $\sqrt{\hspace{1cm}}$  der Höhen verhalten.

Hiernach wird es begreiflich seyn, daß bei dem Stöße der fallenden Wasserstrahlen durchaus von keiner Vergleichung derselben mit dem Gewichte ruhender Wasser Säulen, weder von einfacher oder doppelter Höhe die Rede seyn kann, und daß solche Voraussetzungen, die durch keine Erfahrungen im Großen unterstützt werden, nicht anerkannt werden dürfen, obgleich die meisten Schriftsteller die Lehre vom Stöße des Wassers auf dergleichen Hypothesen begründet haben. Die analytischen Untersuchungen des schiefen Stoßes u. s. w. haben ebenfalls zu keinen brauchbaren Resultaten geführt, und wenn gleich häufig behauptet wird: daß in der Theorie der Hydraulik nichts ohne Analyse ausgemacht werden könne; so hat doch noch Keiner bewiesen: daß die schwierigen Gegenstände durch die Analyse sich wirklich ausmachen lassen. Man kann eher behaupten, daß die ganze Wissenschaft seit 100 Jahren durch die einseitige Anwendung der Analyse stationär geworden ist.

Die praktischen Hydrotekten, welche von der bisherigen Theorie Belehrungen verlangen, befinden sich noch immer in Fausts Lage

Was man nicht weiß, das eben brauchte man  
Und was man weiß, kann man nicht brauchen.

Inzwischen darf man hoffen, daß die Theorie des Wasserstoßes, nach obigen praktischen Ansichten, auch analytisch behandelt, bald ihre völlige Schärfe erhalten werde, wenn dabei die Coefficienten der Cohäsion und Adhäsion gehörig in Rechnung gebracht werden, wozu der Fleiß unserer Naturforscher, aus der Lehre von den Wärmecapacitäten, dem Attractions-Vermögen, und der chemischen Kenntniß des Wassers überhaupt, eben solche feste Gesetze entwickeln wird, als wir schon für die Wirkungen der Schwere und die Beschleunigungen des Falles besitzen.

Bei dem Bau der Maschinen, welche vom Wasser bewegt werden, hat man nicht nöthig, auf diese noch nicht genau ermittelten Coefficienten zu sehen, da die Construction, wegen der Spielräume der Wasserräder, solche Zugaben verlangt, in welchen die Größen derselben reichlich mit eingeschlossen sind; wogegen es weit wichtiger ist, die viel größern Hindernisse des schiefen Stosses und der unrichtigen Eingriffe der Räderwerke zu entfernen, als einen kleinen Abgang von der absoluten Kraft vermeiden zu wollen.

Wie die Kraft des Wassers bei Mahlmühlen am vortheilhaftesten zu benutzen sey? lehrt der Inhalt dieser Schrift, welche nicht allein das enthält, was man in der Müllerei als das Beste und Zweckmäßigste erkannt hat, sondern worin ich auch die Resultate einer vieljährigen Erfahrung und mehrere eigene Erfindungen niedergelegt habe, so daß dieselbe manches Neue mittheilt.

Der Mühlenbau wird meistens von Leuten betrieben, bei welchen man nur einige Kenntniß der gemeinen Arithmetik und Geometrie voraussetzen darf, und die sich mit Untersuchung der theoretischen Gründe nicht abgeben. Für Diese müssen die Anweisungen in bestimmten Regeln abgefaßt seyn, nach welchen sie arbeiten können, und solche zu geben, habe ich mich bemühet.

Ueber den bloß mechanischen Theil der Mühlenbaukunst, Verfertigung der Räder u. dergl., wollte ich mich nicht weiter verbreiten, weil dazu schon Anweisungen in allen Mühlenbüchern vorhanden sind, und Müller und Zimmerleute dieses als Handwerk erlernen; nur auf einige Fehler bei den gewöhnlichen Verfahrensarten habe ich hingewiesen.

Die unterschlächtigen Wasserräder und Gerinne haben nach meiner Angabe die größte Vollkommenheit erreicht, deren sie überall fähig sind, und ich besorge

nicht daß Jemand noch etwas Besseres werde angeben können.

Bei den oberflächtigen Rädern aber habe ich gezeigt, unter welchen Umständen ihr höchster Effect allein erfolgen kann, und welchen Einschränkungen ihre gemeinhin angegebenen Verhältnisse gegen unterschlächtige Räder noch unterliegen, wie einseitig und ungewiß daher die meisten Angaben von den Wirkungen beider bisher waren.

Sämmtliche neue Angaben in dieser Schrift sind übrigens durch vielfache Erfahrungen bestätigt, und alle von mir selbst in verschiedenen Lagen und Verhältnissen ausgeführt worden, so daß Keiner der Stempel der Wahrheit fehlt.

# Inhalt.

---

## Erster Abschnitt.

Physische und mechanische Grundlehren . . . . .	§. 1 bis 32.
Gesetze des Falles der Körper . . . . .	§. 6.
Stoß des Wassers . . . . .	§. 26.
Wirkung des Wassers auf den Grund . . . . .	§. 32.

## Zweiter Abschnitt.

Wasserräder und Gerinne . . . . .	§. 33 bis 52.
Unterschlächlige Wasserräder . . . . .	§. 33.
Construction derselben . . . . .	§. 40.
Oberschlächlige Räder . . . . .	§. 48.
Mittelschlächlige Räder . . . . .	§. 52.

## Dritter Abschnitt.

Anwendung des Windes zu Bewegung der Mühlen	§. 53 bis 66.
---	---------------

## Vierter Abschnitt.

Von den Hindernissen des guten Ganges der Mühlen und deren Abhülfe . . . . .	§. 67 bis 74.
---	---------------

## Fünfter Abschnitt.

Von den Mühlsteinen u. . . . .	§. 75 bis 91.
--------------------------------	---------------

## Sechster Abschnitt.

Zusammensetzung der Mühlen . . . . .	§. 92.
Oberschlächlige einfache Mühle . . . . .	§. 93.
Unterschlächlige einfache Mühle . . . . .	§. 94.
Mühlen mit liegenden Vorgelegen . . . . .	§. 96.
Mühlen mit stehenden Vorgelegen . . . . .	§. 97.
Auslösungen der Eingriffe . . . . .	§. 98.
Einlegen der Wellzapfen . . . . .	§. 99.
Zusammensetzung der Windmühlen . . . . .	§. 100.
Ueber den Effect der Mühlen im Allgemeinen . . . . .	§. 103.

---

## E r r a t a .

Pag.	2. §. 4.	3.	3. lies statt: kürzen — längeren.
		4.	— — — mächtigern — kleineren.
			das. — — — längere — kurze.
—	11.	— 10. v. o.	— wirkt — wiegt.
—	27. §. 24. V	— 2.	— die Rechteken — die von Rechteken.
—	36.	— 7.	muß $\frac{3}{4}$ — $\frac{2}{18}$ ausgestrichen werden.
—	37.	— 2.	— <sup>1</sup> P. — $\frac{1}{3}$ P.
—	59.	— 8.	lies statt verlängert — verläugnet.
—	46.	— 12.	— — — allein die — allein durch die.
—	56.	— 1.	— — — wahrscheinlich — wahrscheinliche.
—	56.	— 12.	— — — nach daher — ein , zu setzen.
—	64.	— 15.	— — — $\frac{2}{3}$ C — $\frac{2}{3}$ C.
—	116.	— 6. v. u. l. st.	Cohäsion — Adhäsion.
—	150.	— 2. v. o.	— — — 5 — 8.
—	166.	— 2.	— — — brauchbaren — unbrauchbaren.
—	169.	— 18.	— — — Unzulänglichkeiten — Unzuträglichkeiten.
—	169.	— 12. v. u. l. st.	Stellen — Stollen.
—	169.	— 10.	— — — Stellen — Stollen.



## Erster Abschnitt.

### Physische und mechanische Grundlehren.

---

#### §. 1.

Die Kenntniß der Anfangsgründe der Arithmetik und Geometrie, so wie der ersten statischen Grundsätze, darf bei denen, welche sich mit dem Mühlenbau beschäftigen wollen, vorausgesetzt werden. Um aber die Nachweisung anderer Schriftsteller, welche vielen meiner Leser nicht zur Hand seyn möchten, entbehren zu können, wird es nöthig, die zu dem Verständniß der in dem Folgenden beschriebenen Maschinen erforderlichen theoretischen Sätze, hier anzuführen.

#### §. 2.

Bewegung entsteht, wenn eine Kraft über eine Andere, welche ihr widerstrebt, ein Uebergewicht hat. Die Größe der Bewegung hängt daher von der Größe des Uebergewichts ab. So erzeuget an einer Wage, an welcher zwei Gewichte sich mit einander im Gleichgewichte befinden, ein auf einer Seite hinzukommendes Gewicht eine Bewegung oder die Ueberwucht. Wie zwei gleiche Gewichte an gleich langen Hebelarmen in Ruhe verbleiben, so können auch gleiche Kräfte mit gleicher

entgegengesetzter Bewegung, einander im Gleichgewichte und in der Ruhe erhalten. Eine größere Kraft aber wird die kleinere entgegenstrebende, mit gleichem Aufwande eigener Kraft aufheben, und mit dem Ueberschusse die Richtung derselben in ihre eigene, der vorigen entgegengesetzte, Richtung verwandeln. Die Größe dieser Bewegung ist das Uebergewicht, mit seiner Geschwindigkeit multiplicirt, wie diese auch entstehen mag.

§. 3.

Die Kräfte, welche zu Erzeugung von Bewegungen angewendet werden, lassen sich in lebendige, oder solche, die von lebendigen Geschöpfen ausgeübt werden, und in leblose einteilen.

Nach den Kräften ist die Art ihrer Anwendung verschieden. Kräfte lebendiger Wesen sind immer kostbarer als die leblosen Kräfte, besonders wenn diese nicht erst erzeugt werden müssen, wie z. B. Dämpfe. Wasser und Wind, obgleich häufig schon hoch besteuert, bleiben noch immer die wohlfeilsten Kräfte.

§. 4.

Um von diesen Kräften den größten Nutzen zu ziehen, muß man die Art ihrer Wirkung genau kennen, damit entweder den größten möglichen Effect in einer kurzen Zeit, oder einen mächtigeren Effect für eine längere Zeit zu erhalten.

§. 5.

Das Wasser wirkt durch sein Gewicht und durch die Beschleunigung, welche es in seinem Falle erhält, wie bei oberflächlichen Wasserrädern; oder, wenn es schon eine Geschwindigkeit durch seinen Fall erhalten hat, mit seinem Stoffe. Für Beide muß man die Gesetze des Falles kennen.

Gesetze des Falles der Körper.

§. 6.

a. Ein jeder frei fallende Körper erhält eine zunehmend beschleunigte Geschwindigkeit, welche in jedem nächstfolgenden

Zeitabschnitte so wächst, daß die Räume, welche der Körper durchläuft, vom Anfange des Falles an, wie die ungeraden Zahlen: 1. 3. 5. 7. . . zunehmen. Denn da die Zunahme in jedem Zeitelemente gleich ist, so entsteht daher ein Maaßstab der Geschwindigkeit, nach welchem ein Körper, der z. B. in 1 Secunde Zeit durch den Raum von  $n$  Fußes fällt, in der zweiten Secunde den Raum  $3 n$ , in der dritten Sec.  $5 n$  u. s. w. durchläuft.

b. In diesen Zeitabschnitten zusammen, sind die Summen der durchlaufenen Räume

$$\text{in 2 Sec.} : = n + 3 n = 4 n.$$

$$= 3 \quad = \quad n + 3 n + 5 n = 9 n$$

$$= 4 \quad = \quad n + 3 n + 5 n + 7 n = 16 n \dots$$

und diese sind gleich den Quadraten ihrer Zeiten.

Mit der Geschwindigkeit, welche ein Körper am Ende irgend eines Zeitabschnittes erhalten hat, würde er in dem folgenden Zeittheile den doppelten Raum mit gleichförmiger Geschwindigkeit zurücklegen.

$$\text{z. B. in 1 Sec.} = n$$

$$\text{gleichförmig in der zweiten Sec.} = 2 n$$

$$= \quad = \quad \text{dritten} \quad = (n + 3 n) 2 = 8 n.$$

c. Die nach genauen Versuchen (von Galiläi) gefundenen Fallhöhen der Körper, betragen für 1 Secunde, im alten französischen Maaße: 15,1 Fuß

im Rheinländischen: 15,625 Fuß.

Nach den Verhältnissen anderer Fußmaaße zu der Länge des Pariser Fußes, ändern sich diese Zahlen. Z. B. für Hamburger Maaß  $= \frac{127}{144}$  Pariser, wird die Fallhöhe  $= 17,12$ .

d. Körper, welche längs geneigten Ebenen herabgleiten, richten sich nach demselben Gesetze, jedoch unter der Einschränkung, daß die Fallgeschwindigkeiten in demselben Verhältnisse langsamer werden, wie die Neigung der Ebene abnimmt.

Beträgt z. B. die senkrechte Höhe der schiefen Ebene nur  $\frac{1}{4}$  ihrer Länge, so ist die Geschwindigkeit des Falles auf derselben nur  $\frac{1}{4}$  der Geschwindigkeit, mit welcher ein Körper

senkrecht durch die Erste fallen würde. Z. B. für 1 Sec. Pariser Maaß nur  $\frac{15,1}{3}$ . Demnach würde auf dieser Ebene ein Körper in 3 Secunden nur 45,3 Fuß anstatt 135,9' fallen. Am Ende des Falles durch einerlei senkrechte Höhe, erhalten beide Körper, der senkrecht Fallende, und der über die schiefe Ebene Herabgleitende, eine gleiche Geschwindigkeit.

e. Durch den Widerstand der Luft, wird der freie Fall der Körper oft sehr verzögert, und auf schiefen Ebenen wird derselbe durch Reibung noch mehr aufgehalten, weshalb auch eine geringere Kraft erfordert wird, eine Last im Herabgleiten aufzuhalten, da die Reibung dieß schon zum Theil verhindert.

f. Die Größe des Winkels, unter welchem ein Körper, durch die Reibung aufgehalten, auf einer schiefen Ebene herabzugleiten aufhört, wird der Ruhewinkel genannt. Dieser kann nach der Beschaffenheit der Materien der Körper und der Ebenen, oder nach ihren gegenseitigen Reibungen, sehr verschieden seyn.

§. 7.

So wie bei dem Gleichgewichte die Last zu der Kraft sich verhält, wie der Raum, welchen die Kraft gegen den der Last zu durchlaufen hätte; so verhalten sich bei wirklicher Bewegung, die Producte aus der Last in ihre Geschwindigkeit, und der Kraft in ihre Geschwindigkeit. Soll also die Last eine gleichförmige Bewegung mit einer gewissen Geschwindigkeit erhalten, so müssen beide Producte einander gleich seyn.

Z. B. die Last sey =  $U$ , ihre Geschwindigkeit =  $C$ ,  
 die Kraft sey =  $M$ , = = =  $c'$   
 so muß  $UC = Mc'$  seyn.

Ist  $C$  größer als  $c'$ , so muß  $M$  größer als  $U$  seyn, nämlich  $M = \frac{UC}{c'}$ . Umgekehrt, wenn  $C$  kleiner als  $c'$  ist, so wird  $M$  kleiner als  $U$ ; oder  $U = \frac{c'M}{C}$ .

Das heißt, im ersten Falle verursacht eine größere Kraft  $M$  mit geringerer Geschwindigkeit  $c'$ , eine schnellere Bewegung  $= C$ , der kleineren Last  $= U$ .

Im zweiten Falle bringt eine größere Geschwindigkeit  $= c'$ , der kleineren Kraft  $M$ , die langsamere Bewegung  $= C$  der größeren Last  $U$  hervor.

§. 3.  $U$  sey  $= 6$

$C = 14$

also  $UC = 84$

$c' = 3$

so ist  $M = 28$ ,

umgekehrt, wenn

$c' = 14$

$C = 3$

$cM = 84$ ,

so ist  $U = 28$ .

In beiden Fällen also  $CU = cM = 84$ .

§. 8.

**I.** Wird ein Körper in seiner Bewegung von einem stille stehenden Gegenstande aufgehalten, so erleidet dieser einen Stoß, welcher der Masse, oder dem Gewichte des Ersten, multiplicirt durch seine Geschwindigkeit, gleich ist. Es verhalten sich die Größen der Stöße

- 1) bei gleichen Massen, wie ihre Geschwindigkeiten;
- 2) bei gleichen Geschwindigkeiten, wie die Massen;
- 3) bei verschiedenen Massen und Geschwindigkeiten, wie ihre Producte;

also 1) bei  $U = M$  wie  $C$  zu  $c'$

2)  $= C = c' = U = M$ ,

und wenn 3) weder  $U = M$ , noch  $C = c$ ; wie  $CU$  zu  $cM$ .

**II.** Weicht der gestoßene Gegenstand mit einer eigenen Geschwindigkeit aus, so heißt die Geschwindigkeit des ersten bewegten Körpers, absolut; diejenige aber, welche nach Abzug der Geschwindigkeit des ausweichenden Gegenstandes, übrig bleibt, relative Geschwindigkeit; die Größe des Stoßes ist

alsdann nur gleich der Masse, multiplicirt mit dem Unterschiede der Geschwindigkeiten.

Z. B. Die Masse des Körpers sey =  $a$ ,  
seine Geschwindigkeit =  $6$ .

Die eigene Geschwindigkeit des ausweichenden Gegenstandes =  $2$ ;

so bleibt die relative Geschwindigkeit nur  $6 - 2 = 4$ ;

und die Größe des Stoßes  $a.(6 - 2) = a.4$ ;

### §. 9.

Flüssigkeiten (worunter, wenn es nicht besonders bemerkt wird, immer Wasser zu verstehen ist) richten sich noch nach andern Gesetzen als feste Körper, bei ihren Bewegungen.

Alle Flüssigkeiten existiren in der Natur, allein durch die Wärme bedingt, oder es gehört ein gewisser Grad von Wärme dazu, wenn ein Körper in flüssiger Gestalt erscheinen soll. Wasser z. B. ist unter 0 Grad Reaumur ein fester Körper, Eis. Metalle werden bei großer Wärme (Hitze) flüssig.

In der Naturlehre unterscheidet man verschiedene Grade von Flüssigkeiten, und nennt Körper, deren Bestandtheile wenig Zusammenhang haben, oder leicht verschiebbar sind, halbflüssige, weil sie in ihrem mechanischen Verhalten Aehnlichkeiten mit wirklichen Flüssigkeiten zeigen.

Wenn Flüssigkeiten einen sichtbaren Zusammenhang ihrer Theile unter einander haben, und sich zu ganzen Massen leicht vereinigen, heißen sie tropfbar flüssig. Sind sie aber durch die Wärme soweit ausgedehnt, daß der Zusammenhang ihrer Theile nicht mehr sichtbar erscheint, so nennt man sie elastisch flüssig, weil sie in diesem Zustande die Eigenschaft der Elasticität besitzen.

Unter diesen unterscheidet man wiederum Dämpfe und Gase oder Luftarten. Die Ersten sind von zweierlei Art; sie schließen entweder Luftarten wie Blasen ein, oder sie bilden kleine Kugeln, in deren Zwischenräumen sich elastische Luft befindet. In beiden Fällen gehört daher die Elasticität nicht

den Dämpfen selbst, sondern den von ihnen umschlossenen, oder in ihren Zwischenräumen enthaltenen Lufttheilen, an.

Dämpfe werden mechanisch durch Entziehung der Wärme, in den vorigen, tropfbar flüssigen Zustand zurückgebracht.

Gase können nur durch chemische Zersezungen verändert werden.

Bei beiden ist es aber Naturgesetz, daß sie eine eigenthümliche Ausdehnungskraft durch ihre Wärme-Capacität besitzen, mit welcher sie sich, bei ihrer geringen Dichtigkeit, gegen den Druck dichter Luftarten, in ihrem Volumen erhalten können.

§. 10.

Die Ausdehnung der Flüssigkeiten durch die Wärme, verändert auch ihr Gewicht, oder das Verhältniß ihrer Schwere gegen die atmosphärische Luft, in dem directen Verhältnisse der Räume, welche sie bei verschiedenen Wärmegraden einnehmen.

Sind diese Räume kleiner, als bei der atmosphärischen Luft, so heißen solche Flüssigkeiten wägbare, (ponderabel) im Gegentheile unwägbare (inponderabel).

§. 11.

Alle Flüssigkeiten haben einen Zusammenhang ihrer Theile unter einander (Cohäsion), welche von derjenigen Anziehung entstehet, welche Körper von gleichen Bestandtheilen, bei leichter Verschiebbarkeit derselben, in Kugeln formt. Solche Kugeln sind die einzelnen Tropfen, aus deren größeren oder kleineren Durchmesser man auf die verschiedenen Verhältnisse zwischen eigenthümlicher Schwere und Cohäsionskraft schließen kann. Diese Kraft des Zusammenhanges wird durch die Anhänglichkeit und Anziehung anderer Körper verändert, da diese oft größer ist, als die Cohäsion. Die Anhänglichkeit (Adhäsion) ist die subjective Neigung der Flüssigkeiten, der Anziehung (Attraction) anderer Körper zu folgen. Man erkennt dieselbe an der Leichtigkeit, mit welcher ein Tropfen

der Flüssigkeit sich auf der Fläche eines festen Körpers verbreitet.

Wird eine Flüssigkeit nur von geringer Anziehung anderer Körper afficirt, so herrscht ihre Cohäsion vor, die Tropfen bleiben größer, und behalten mehr ihre Kugelform. Dieses sieht man bei Wassertropfen, welche auf leichte Körper, Asche, Staub u. dergl. fallen.

Cohäsion und Adhäsion stehen wohl in Verhältnissen mit den Dichtigkeiten der Körper, inzwischen zeigen auch manche weniger Anziehung als ihre Dichtigkeiten vermuthen lassen, oder sie äußern dieselbe gegen eine Art mehr, als gegen eine andere, wie Quecksilber gegen Metalle, oder gegentheils, Del gegen Wasser.

Man hat bisher noch keine hinreichenden Versuche über diese beiden Eigenschaften der Flüssigkeiten angestellt, welche einen zuverlässigen Maaßstab zu ihrer Beurtheilung geben könnten, doch weiß man, daß Beide durch Kälte vermehrt, und von der Wärme vermindert werden, wie schon das Verhalten und das verschiedene Gewicht des Wassers im Winter oder Sommer zu erkennen geben.

§. 12.

Das Wasser ist nicht elastisch, und es läßt sich daher nicht in engere Räume zusammenpressen. Neuere Naturforscher schreiben zwar demselben eine Elasticität zu; diese ist aber so gering, daß man auf dieselbe in der Hydrotechnik gar keine Rücksicht zu nehmen braucht.

§. 13.

Die Verschiebbarkeit der Theile der Flüssigkeiten unter einander, vermöge der sie jedem Drucke ausweichen, macht, daß bei ihnen keine Reibung Statt findet. Das Verschieben der einzelnen Theile erfolgt leichter bei geschwinden, als bei langsamen Bewegungen; denn wenn bei der Ruhe alle Theile ungestört im Gleichgewichte bleiben, das Verschieben also noch = 0 ist, so muß im Anfange irgend einer Bewegung, eine



größere Kraft erfordert werden, um diese Ruhe zu unterbrechen, da Adhäsion und Cohäsion bei der Ruhe am stärksten wirken.

Je mehr sich Gelegenheiten für Adhäsion an dem vermehrten Flächeninhalte der Gegenstände, welche von bewegtem Wasser berührt werden, darbieten, um desto mehr wird die Bewegung des Letzten verzögert. Daher halten rauhe flache Ufer, Busch, Wurzeln, und alle Wassergewächse die Bewegung des fließenden Wassers so sehr auf. Die Beseitigung solcher Hindernisse befördert eben so wohl die gute Leitung der Gewässer und ihr Fließen, wie man die Vermehrung der Adhäsion durch dergleichen Gegenstände benutzen kann, um zu große Geschwindigkeiten fließender Gewässer zu mäßigen.

§. 14.

Flüssigkeiten von verschiedener Art, unterscheiden sich chemisch: durch die Mischungs-Verhältnisse und ihre Bestandtheile. Mechanisch: durch eigenthümliche Schwere, und durch Cohäsions- und Adhäsions-Vermögen.

Die Cohäsion scheint im umgekehrten Verhältniß der eigenthümlichen Schwere zu stehen, wenn besondere chemische Eigenschaften keine Ausnahmen machen. So z. B. ist die Cohäsion bei Quecksilber geringer, als bei leichten Oelen.

§. 15.

Die Schwere, welche alle Körper in der Richtung nach dem Mittelpunkte der Erde treibt, äußert sich bei den Flüssigkeiten in merkwürdigen Erscheinungen.

Man kann das Wasser unter drei verschiedenen Lagen sich vorstellen.

- 1) Unbegrenzt, wie in dem frei fallenden und aufsteigenden Strahle.
- 2) Auf einer Fläche ruhend, und an den Seiten nicht eingeschlossen.
- 3) Von dem Boden eines Behälters getragen, und von den Seitenwänden desselben zusammengehalten.

Der erste Fall findet seine Erläuterung aus dem dritten. Der zweite Fall kömmt in der Hydrotechnik nicht vor. Der dritte Fall aber begreift alle die Umstände, aus denen man Erfahrungen entlehnt, und die Gesetze des Gleichgewichts und der Bewegung der Flüssigkeiten aufgefunden hat.

§. 16.

Die erste Erscheinung, welche die Wirkung der gleichen Schwere aller Theile des Wassers hervorbringt, ist der wagerechte Stand seiner Oberfläche, und der Druck, welchen dasselbe gegen jeden Widerstand, oder gegen eine jede Verhinderung des wagerechten Standes ausübt.

Dieser Druck ist in communicirenden Röhren so groß, als das Gewicht einer Wassersäule, welche mit dem hindern den Objecte gleiche Grundfläche, und die zu dem wagerechten Stande, von dem Objecte an, fehlenden Maaße zu ihrer Höhe hat.

§. 17.

Das in einem Gefäße **ABDC LK IG.** Tab. 1, Fig. 1 mit senkrechten Seitenwänden und horizontalem Boden, enthaltene Wasser, drückt auf den Boden mit seinem ganzen Gewichte; oder dieser Druck ist gleich dem Producte aus der Grundfläche in die Höhe, und das eigenthümliche Gewicht des Wassers.

Die Grundfläche **LKGI** sey =  $a$

die Höhe des Wassers **IH** =  $h$

das Gewicht eines Cubikfußes Wasser =  $g$

so ist der Druck auf  $a$  =  $ahg$

Anmerkung.

Nach der Eintheilung des alten Pariser Fußes in 144 Linien enthält der Wiener Fuß 140,13

der Rheinländische 139,13

der Holsteinische 128,—

der Hamburger 127,—

Die Würfel dieser Zahlen sind

Pariser Cubik-Fuß = 2985984 Cubik-Linien

Wiener = = 2751650 = =

Rheinländischer Cubik=Fuß	=	2693161	Cubik=Linien;
Holsteinischer	=	2097152	=
Hamburger	=	2048383	=

Die Handels=Gewichte dieser Orte und das Edlnische verhalten sich wie nachstehende Zahlen:

Pariser	=	10202
Wiener	=	11672
Hamburger	=	10080
Edlnisches	=	9728.

Nach genauen Versuchen wirkt ein Cubik=Fuß Fluß=

Wasser in	Pariser Gewicht,	Wiener,	Edlnischem,
Pariser Maaß	71 Pf. 5 Lth. 1 $\frac{1}{2}$ D.;	62 Pf. 7 Lth.;	74 Pf. 20 Lth. 3 $\frac{1}{2}$ D.
Wiener	— = — = — = 57 =	— = 68 =	14 = 1 =
Rheinländisch	— = — = — = 55 =	25 $\frac{1}{2}$ =	65 = 10 = 3 =
Hamburger	— = — = — = 42 =	2 $\frac{1}{2}$ =	48 = 6 = — =

Obgleich das Wasser in Flüssen und Bächen meistens noch schwerer ist, als hier angegeben worden; so soll doch wegen der Unvollkommenheit der Materialien, mit welchen man beim Mühlenbau zu thun hat, das Gewicht von

1 Pariser Cubik=Fuß,	nur zu	74 $\frac{1}{2}$ Pf. Edlnisch
1 Wiener	=	68 $\frac{1}{2}$ =
1 Rheinländisch	=	65 =
1 Holsteinisch	=	52 $\frac{1}{2}$ =
1 Hamburger	=	48 $\frac{1}{2}$ =

bei nachfolgenden Berechnungen angenommen werden.

Das Verhältniß der Dichtigkeiten der Luft zu dem Wasser ist wie 1: nahe 900; so daß der Rheinländische Cubik=Fuß atmosphärischer Luft, bei mittlerer Temperatur, nach Edlnischem Gewichte 2 Loth 1 Quent. 16 Gran wiegt.

### §. 18.

Der Druck des Wassers auf ein Element der Seitenwand eines Gefäßes, wie §. 17. ist gleich dem Gewichte einer Wassersäule, welche das Element zu seiner Grundfläche, und dieselbe Höhe hat, wie das über demselben befindliche Wasser. Will man nun den Druck auf einen Theil der Sei-

tenfläche wissen; so muß man ihren mittlern horizontalen Durchschnitt suchen, welcher der mittlern Wasserhöhe gleich ist, und diese mit dem gegebenen Stücke der Seitenfläche, und dem eigenthümlichen Gewichte des Wassers multipliciren.  
 Beispiel. Tab. 1. Fig. 2.

Man verlangt den Druck gegen ein Stück der Seitenwand,  $Nn Mm$  des, bis zur Höhe  $HL$  angefüllten Gefäßes. Die mittlere Wasserhöhe für dasselbe ist

$$\frac{PR + PO}{2} = PQ = h$$

die Fläche  $Nn Mm$  sey =  $a$ . Das Gewicht von 1 Cub. Fuß Wasser =  $g$ ; so ist der Druck gegen  $a = ahg$ .  
 $a$  sey 2 □ Fuße;  $h = 3\frac{1}{2}$  Fuß.  $g = 65$  Pf.  
 so ist  $ahg = 455$  Pf.

Der Druck gegen die ganze Seitenfläche  $HLGF$ , wobei  $h = \frac{1}{2} HF$  wird, ist  $h \times HLGf \times g$ ; oder  $\frac{HF^2}{2} \times HL \times g$ ;  $HL$  sey 3 Fuß,  $HF = 6$  Fuß;  $HL \times HF = a$ , so ist  $ahg = 1170$  Pf.;  $\frac{HF^2}{2} = 18$ . also  $18 \times 3 \times 65$  ebenfalls = 1170 Pf.

§. 19.

I. In geschlossenen Gefäßen verhält sich der Druck gegen gleiche Flächen,  $a$ . des Bodens, wie die ganzen Wasserhöhen,  $b$ . der Seitenflächen, wie die mittlern Wasserhöhen. Sobald aber unterhalb der Wasseroberfläche eine Oeffnung vorhanden ist, so fließt das Wasser aus derselben mit der anfänglichen Geschwindigkeit, welche die Druckhöhe des, über der Oeffnung befindlichen Wassers hervorbringt, und zu dieser Geschwindigkeit kommt sogleich mit der entstehenden Bewegung die beschleunigende Kraft der Schwere hinzu.

Dieses hat man durch mannigfaltige Versuche völlig bestätigt befunden, und man weiß bestimmt, daß die ausfließenden Wassermengen sich nach den Geschwindigkeiten, mit welchen sie bei verschiedenen Druckhöhen fließen, richten; daß

aber diese Geschwindigkeiten selbst sich gegen einander verhalten, wie die Quadratwurzeln der Druckhöhen; oder daß das nämliche Gesetz, wie bei dem freien Falle fester Körper, auch die Geschwindigkeiten des ausfließenden Wassers in den Verhältnissen der Quadratwurzeln der Druckhöhen bestimme.

Bei verschiedenen Höhen  $H$  und  $h$  verhalten sich die Geschwindigkeiten  $C$  und  $c$  und die Mengen des, in gleichen Zeiten, aus gleichen Oeffnungen, ausfließenden Wassers, wie  $\sqrt{H} : \sqrt{h}$ , oder wie  $C^2 : c^2$ .

Denn, sowie ein in der Hand gehaltener Stein nur mit seinem Gewichte drückt, und Geschwindigkeit mit Beschleunigung erst im Fallen erhält; ebenso üben Flüssigkeiten in geschlossenen Gefäßen nur bloßen Druck aus, und mit dem Fließen aus Oeffnungen erhalten sie erst Geschwindigkeit, welche, wegen der Fortpflanzung des Drucks den Zuwachs der Beschleunigung in dem Verhältnisse der Quadratwurzeln der Wasserhöhen erzeugt.

**Anmerkung.** Uebergang von dem hydrostatischen Gesetze zu dem hydraulischen, oder Unterscheidung des Druckes von dem Falle.

1) Wenn Fig. 2 a in einer offenen senkrechten Röhre oben sich eine Flüssigkeit zwischen  $ABCD$  befindet, welche (etwa durch luftdichten Verschluss bei  $op$ ) in der Röhre erhalten würde, die aber auf einmal nicht weiter am Herabfallen gehindert wird; so wirkt die Schwere dergestalt in alle ihre Theile, daß sie ebenso wie ein fester Körper fällt, und  $AB$  in  $CD$  und  $CD$  in  $cd$  angekommen, dieselben Geschwindigkeiten erlangen, die den Fallhöhen  $AC = Cc$  angehören.

2) Wäre  $op$   $CD$  ein Gefäß, welches bei  $CD$  einen geschlossenen Boden hätte, so wirken alle zwischen  $ABCD$  enthaltenen Theile bloß hydrostatisch, und drücken auf den Boden  $CD$  und die Seiten  $AC$  und  $BD$ .

3) In dem Boden  $CD$  sey nun eine Oeffnung  $ik = f$ , durch welche die Flüssigkeit, mit der Voraussetzung, daß das Gefäß durch Zufluß immer bis an  $AB$  voll erhalten würde, ausfließt; so wird die Wassermasse  $ABCD$  nicht wie in 1) auf einmal fallen können, sondern die Wirkung der Schwere erstreckt sich zunächst auf die über  $ik$  befind-

lichen Theile  $ikgr$ , und mit dem Ausweichen derselben, ferner auf die übrigen zwischen  $Agic$  und  $rBdk$ .

Unter der ersten Voraussetzung des immer voll erhaltenen Gefäßes haben Joh. Bernoulli, Euler, D'Alembert u. A. diese Sache betrachtet, und darauf, was unter diesen Umständen in allen Elementen des Wassers vorgehen müßte, ihre hydraulische Theorien begründet, deren wesentliche Uebereinstimmung, ungeachtet ihrer ganz verschiedenen Behandlung, Karstens gezeigt hat.

Die analytische Behandlung dieses Gegenstandes führt aber zu sehr weitläufigen Rechnungen, in welchen gleichwohl noch mehrere Coefficienten fehlen und die daher den physischen Begriff nicht deutlicher machen, weshalb sie auch für die Praxis bisher noch nicht brauchbar gewesen sind.

Man kann jedoch, um die Richtigkeit des durch Erfahrung bestätigten Satzes, worauf in der Ausübung alles ankommt:

daß die Geschwindigkeiten, welche das Wasser im Ausfluß durch eine Oeffnung  $f$  in dem Boden eines Gefäßes  $ABCD$  erhält, dieselben sind, welche feste Körper durch den Fall durch gleiche Höhe  $AC$  erhalten, einzusehen, die Sache nur folgendermaßen betrachten.

4) Ein Element der Wasserhöhe  $AC = ABba$ , falle frei von  $A$  nach  $C$ , so daß es bei  $C$  die Stelle  $CDeu$  einnimmt; es wird hier die der Höhe  $AC$  zugehörige Geschwindigkeit erlangen. Dieß kann nicht anders als in einer gewissen Zeit  $= t$  geschehen, und nur die Vergleichung von  $t$  mit dem durchlaufenen Raume der Fallhöhe  $AC = h$  giebt das Maaß für die Geschwindigkeit; und demnach verhält sich bei einem solchen Elemente alles, wie bei dem Falle eines festen Körpers.

Weil nun ferner das Element  $ABba$  in dem nächsten Zeitelemente ( $= \frac{1}{n} t$ ) worin es die Stelle  $abqs$  einnimmt, eine größere Geschwindigkeit, — nämlich diejenige, welche der Höhe  $Aq$  angehört — erlangt hat als  $ab$ , welches nur die Geschwindigkeit der Höhe  $Aa$  hat; so kann dies Letzte keinen Druck auf  $abqs$ , welches schneller ausweicht, ausüben, sondern es folgt nur mit gleicher zunehmender Geschwindigkeit nach, und ersetzt die Stelle  $abqs$ , welche dieses im vorhergehenden Zeitelemente einnahm, da dieses sich nun schon in  $qslv$  befindet.

Diese Bewegung im Falle flüssiger Körper so vollkommen auszugleichen, als sie sich in der Natur wirklich zeigt, trägt die Cohäsion der Flüssigkeiten das Ihrige bei, sie

giebt jedoch beim Wasser nur einen sehr kleinen Coefficienten. Von der Wahrheit dieser Bemerkung kann man sich leicht überzeugen, wenn man Flüssigkeiten, deren Bestandtheile viel Cohäsion haben, z. B. Syrop, beim Ausfluß aus Gefäßen, unter obigen Umständen, beobachten will.

5) Da in allen Elementen des fallenden Wassers das selbe wie mit abqs (4) vorgeht, (von A an bis in C) so kann auch kein hydrostatischer Druck mehr Statt finden, sobald als das Wasser die Freiheit erhält durch ik zu fallen. Daher giebt auch die, einer Höhe  $AC = h$  angehörende Geschwindigkeit  $v$ , mit dem Durchschnitte der Ausflußöffnung  $f$  multiplicirt, die bei Versuchen gefundenen Wassermengen  $M = vf$ .

Wenn bei Versuchen mit verschiedenen Oeffnungen, Ansatzröhren, u. dgl. nicht immer übereinstimmende Resultate herauskamen; so waren dieses Folgen von Neben Umständen und äußern Ursachen, welche ihren Einfluß mit Verzögerung oder Beschleunigung der Hauptgeschwindigkeit zu erkennen gaben. Doch konnte bei allen diesen Versuchen nichts dazu berechtigen: nach einmal eingetretener Bewegung, noch ferner hydrostatischen Druck in dem fallenden Wasser anzunehmen, und noch weniger: den Stoß eines frei fallenden Wasserstrahles gegen eine Fläche, mit dem Gewicht einer Wasserfäule von gleicher Grundfläche, und einfacher, oder doppelter Druckhöhe, gleich zu setzen, oder hydrostatische und hydraulische Wirkung mit einander zu vermischen.

6) Man könnte vielleicht noch ungewiß seyn; ob auch in dem ersten Zeitelemente bei ik die der Höhe AC gehörende Geschwindigkeit  $v$  schon vorhanden sey? oder ob diese erst eintritt, wenn das Element ABab, bis in CD herabgesunken ist?

Dies wird sich so erklären:

Man siehet an der Zusammenziehung des frei fallenden Wasserstrahles, der bei immer gleicher Wasserhöhe aus einer Oeffnung in dem Boden eines Gefäßes fließt, daß sie Folge der verschiedenen Höhen ist, in welchen ein jeder Durchschnitt desselben sich unter der Oberfläche des Wassers im Gefäße befindet, und daß die, durch jeden solchen Durchschnitt in gleichen Zeiten laufenden Wassermengen, in den Verhältnissen der Producte aus den Geschwindigkeiten in die Durchschnitte; die Wasserhöhen aber, im Verhältnisse der Quadrate der Geschwindigkeit stehen; daß also die Zusammenziehung von der subjectiven Beschleunigung des Wassers in dem

fallenden Strahle entsteht, wobei die höheren und langsamer nachfolgenden Wassertheile auf die untern voran eilenden nicht drücken können. Daher sind auch alle Producte von den Geschwindigkeiten ungleicher Höhen  $h, h', h'' \dots$  in die Flächen der den Höhen correspondirenden Durchschnitte  $f, f', f'' \dots$ , einander, für gleiche Zeiten, gleich;  $= M$ .

Die Form des zusammengezogenen Wasserstrahles würde im luftleeren Raume sich genau nach diesen Bestimmungen herstellen, in der Umgebung von Luft aber, werden die Geschwindigkeiten durch den Widerstand derselben etwas vermindert, und die Durchschnitte der Strahlen verkleinern sich nicht so viel, als es ohne dieses Hinderniß geschehen müßte.

Die in dem Gefäße von  $AB$  nach  $ik$  fallenden Wasserschichten, würden eine ähnliche Zusammenziehung erfahren, da die subjective Kraft in einem Prisma oder Cylinder über der Fläche  $ik$  von der Höhe  $AC$  ebenso vorhanden ist, wie in einem zusammengezogenen Wasserstrahle von gleicher Höhe.

Weil aber zugleich ein jedes voran fallende Element  $yzab$  nicht allein von dem lothrecht darüber befindlichem  $gryz$ , sondern auch von den Seiten  $Agay$  und  $rBzb$  her ersetzt wird, und da dieses in allen Elementen der Wasserhöhe geschieht, so entsteht dadurch eine Bewegung in der ganzen Masse des in dem Gefäße  $ABCD$  enthaltenen Wassers, welche J. Bernoulli den Strudel nennt, welcher nur bewirkt, daß die, nach der Geschwindigkeit  $v$  bei  $ik$  erforderliche Wassermenge, daselbst immer vorhanden sey, um, übereinstimmend mit den Gesetzen des Falles fester Körper, für jedes  $t$ , die Ausflussmenge  $M$  bei  $ik = vt$  zu geben (5).

Da nun — so lange  $AC$  einerlei Höhe behält — die Wassermengen bei  $ik$ , in jeder Höhe nach der parabolischen Scala ersetzt werden, deren Ordinaten von allen Seiten sich in der senkrechten Mittellinie über der Durchschnittsfläche von  $ik$  endigen, und  $M$  immer gleiche Größe behält; weil ferner die Wasserschichten bei  $CD$  mit dem ganzen der Höhe  $AC$  gehörenden Gewichte auf  $ik$  drückten, so lange die Oeffnung  $ik$  noch geschlossen war, bei der Eröffnung derselben sogleich die Wirkung der Beschleunigung im Falle hinzutritt; so muß auch in dem ersten Augenblicke des Ausflusses die Geschwindigkeit in  $ik = v$  der Höhe  $AC$  angehören.



Es erfolgt demnach bei Flüssigkeiten dasselbe, was bei der Bewegung fester Körper durch Uebergewicht vorgeht, allein mit dem Unterschiede, daß bei diesen sogleich die aus Masse und Geschwindigkeit entstehende Kraft; bei jenen zunächst nur die Erzeugung der Wassermengen  $M$ ;  $M'$ ; resultirt.

7) Um von dem Strudel sich einen Begriff zu machen, sey Fig. 2b **CDBA** ein Gefäß, in dessen Boden eine kreisförmige Oeffnung  $gn$  befindlich wäre. Das Wasser stehe über dem Boden **AB**, nur in der Höhe **Ac**, es wird daher, weil die der Höhe **Ac** zugehörnde Geschwindigkeit nicht soviel Wasser zufließen läßt, als zu völliger Ausfüllung der Oeffnung  $gn$  nöthig ist, nur einen mit dem Umkreise der Oeffnung concentrischen Ring ausfüllen, in der Mitte einen leeren Raum lassen, und in dem ausfließenden Strahle eine hohle Röhre bilden, welche wegen der unterhalb  $gn$  erfolgenden Zusammenziehung ein Stück eines hohlen Kegels ist, dessen inwendige Seite von einer parabolischen krummen Fläche begrenzt wird. Ist die Höhe **Ac'** größer, so erfolgt dasselbe, nur nimmt die Dicke des concentrischen Wasserringes zu, und kann vielleicht schon die ganze Oeffnung  $gn$  ausfüllen, wie in  $e'$  wo sich die gegenüberstehenden Wasserringe vereinigen, und daher die hohle Röhre unter  $e'$  in einen vollen Strahl sich verwandelt. Doch bleibt ein Trichter, in welchen sich die Oberfläche  $e'$   $d'$  rund um die centrische Linie  $ek$  hineinsenkt.

Nimmt die Höhe **AC** zu, und vermehren sich dadurch die Geschwindigkeiten und Wassermengen der Seitenzuflüssen nach  $ek$ , so wird der Trichter immer flacher, wie bei  $i''$   $k''$ ; bis endlich der untere Seitenzufluß hinreicht  $gn$  auszufüllen, die Oberfläche **CD** ganz eben bleibt.

In welchen Linien die unter einer solchen ruhigen Oberfläche sich bewegenden Wassertheile nach  $gn$  und  $ek$  zufließen, haben Guglielmi in seiner *Figura cadentis*, und Newton in dem Catarakt zu zeigen sich bemüht. Dergleichen ist aber für die Praxis völlig überflüssig, bei der man nur Wassermengen, Geschwindigkeiten, und die Hindernisse zu kennen braucht, welche die ersten vermindern, um die letzten möglichst unschädlich machen zu können.

**II. 1.** Dasselbe Gesetz, wie beim Falle der Körper, und bei der Geschwindigkeit des ausfließenden Wassers, findet sich in den Eigenschaften der Parabel. **Tab. 1, Fig. 3.**

Bei derselben ist das Quadrat der Ordinate  $y$  einem Rechtecke, aus der Abscisse  $x$  und einer beständigen Linie  $a$ , gleich, oder  $y^2 = ax$ . Die beständige Linie  $a$  heißt deshalb der Parameter, und er ist daselbst  $= 2y$ , oder  $FH + IF$ , wo  $AF = x = \frac{1}{2}y$  ist. Sein Durchschnitt mit der Aye in  $F$ , heißt der Brennpunkt.

$$\text{Da } HF^2 = y^2 = 4 AF^2 = 4 x^2$$

$$\text{da } IH = 2 FH = 2y,$$

$$\text{da } 2y \cdot AF = 2 y \cdot x = 4x^2 = y^2, \text{ sind,}$$

so ist im Brennpunkte  $F$ ;  $x \cdot a = y^2$ , und  $x^2 = \frac{1}{4}y^2$ ;  $y$  also die mittlere Proportionale zwischen  $a$  und  $x$ .

2) Da nun  $a$  unveränderlich seyn soll, so muß  $x$  wachsen oder abnehmen, wenn  $y$  wächst oder abnimmt.

3) Dieser gleichen Verhältnisse wegen kann man die Parabel zu dem Maassstabe der Geschwindigkeiten des, aus Oeffnungen in den Seiten von Behältern ausfließenden Wassers gebrauchen. Die Ordinaten  $y$  geben die Geschwindigkeiten, welche den Abscissen  $x$  als Drueckhöhen zugehören. Der Parameter aber ist der doppelten Fallhöhe gleich, welche ein Körper mit der, in 1 Sec. erlangten Fallgeschwindigkeit  $= 15,625$  Rheintl. Fuße durchläuft; oder  $2y = 62\frac{1}{2}$  Fuß Rheintl.  $= a$ .

### III. Tab. 1. Fig. 4.

1) Um die Parabel für eine gegebene Abscisse  $x$  und einen Parameter  $= AE$  zu zeichnen, setze man  $x = AF$ , von  $A$  nach  $F$ ; beschreibe über  $E F$  einen Halbkreis, und ziehe die senkrechte Linie  $AM$  auf  $EF$ , mache  $FH = AM$ , so ist  $H$  ein Punkt in der Parabel. Solcher Punkte kann man so viele durch verschiedene  $x$  bestimmen, als man zu der Zeichnung der Parabel für nöthig erachtet.

Oder:

2) Wenn  $A$  der Scheitel, und  $a$  der Parameter gegeben sind, so mache man  $AB = AF = \frac{1}{2} a$ ; setze  $AL = x$  und errichte in  $L$  eine Perpendiculare auf  $BL$ . Dann beschreibe man aus  $F$  mit dem Halbmesser  $BL$  einen Kreis, der die Perpendiculare in  $H$  schneidet, so ist  $H$  ein Punkt

in der Parabel. Dieses Verfahren kann man für so viele  $x$  wiederholen, als zur Zeichnung der Parabel erfordert werden.  
**Tab. 1. Fig. 5.**

3) **Tab. 1. Fig. 6.** Sind  $x$  und  $y$  gegeben, wie dieses bei bestimmten Wasserhöhen, und den ihnen zugehörenden Geschwindigkeiten immer der Fall ist; so theile man  $LH = y$  in so viele gleiche Theile, als man Punkte in der Parabel bestimmen will.

$AL = x$  theile man aber nach den Unterschieden eben so vieler Quadrate, so daß  $AL =$  der Summe dieser Unterschiede, das ist, gleich der Summe der ersten ungeraden Zahlen:  $1 + 3 + 5 + 7 \dots$  werde.

Es sollen z. B. 4 Punkte der Parabel bestimmt werden, so hat man  $1 + 3 + 5 + 7 = 16$  gleiche Theile, in welche  $AL$  zu theilen ist. Durch die Punkte 1. 3. 5. 7 ziehe man Parallelen mit  $AM$ , und durch die Theilungspunkte der Linie  $LH$  1'. 2'. 3'. 4'. Parallelen mit  $AL$ ; so geben die Durchschnitte der Linien 1 und 1'; 3 und 2'; 5 und 3', 7 und 4', Punkte in der Parabel.

4) Da man in den meisten Fällen, wo man eine Parabel zu zeichnen hat, nur ein kleines Stück, vom Scheitel derselben an gerechnet, gebraucht, so kann man dieß für die Ausführung unmittelbar erhalten, wenn man die Fallhöhe für 1 Sec. = 15, 7½ Zoll Rheintl. in so viele gleiche Theile theilt, als die Summe einer angenommenen Zahl ungerader Zahlen beträgt. Z. B. für die ersten 6 ungeraden Zahlen  $1 + 3 + 5 + 7 + 9 + 11 = 36$ ; und mit dieser Zahl die Fallhöhe dividirt, nämlich  $15' 7\frac{1}{2}'' = 187\frac{1}{2}'' \frac{187\frac{1}{2}''}{36} =$

$5\frac{1}{2}''$ . Dieser Quotient  $5\frac{1}{2}''$  giebt nahe genug die Größe eines solchen Theiles, welche man von dem Scheitel an, nur nach den ungeraden Zahlen, auf der Axe herabtragen darf, nämlich 1.  $5\frac{1}{2}''$ ; 3.  $5\frac{1}{2}''$ ; 5.  $5\frac{1}{2}''$ ; 7.  $5\frac{1}{2}''$ ; 9.  $5\frac{1}{2}''$ ; 11.  $5\frac{1}{2}''$ ; um mit den 6 gleichen Theilen, in welche  $y$  getheilt wird, die Durchschnittpunkte der Parabel, in den durch vorige Punkte der Axe gezogenen Parallelen zu erhalten.

IV. Tab. 1. Fig. 7.

Der Abschnitt einer Parabel **IAH** ist  $\frac{2}{3}$  eines, um dieselbe beschriebenen Parallelogramms, **INMH**; oder da man hier nur rechtwinkelige Coordinaten hat, eines solchen Rechtecks.

Die Hälfte der Parabel **IA** ist daher  $\frac{2}{3}$  **NALI**.

Der größte Triangel in dem parabol. Abschnitte **IAH** ist  $\frac{1}{2}$  **INMH**, und verhält sich zu dem ersten, wie 3:4.

§. 20.

Als Maassstab zu Ausmessung der Geschwindigkeiten des ausfließenden Wassers und der Wassermengen, gebraucht man die Parabel nun auf folgende Art.

I. Bei einer Oeffnung in einer verticalen Seitenwand, welche von dem Boden bis zu der Oberfläche reicht, drückt der Flächeninhalt der halben Parabel **LAHL** die ganze Geschwindigkeit aus, mit welcher in einem Zeitelemente Wasser ausfließen würde, folglich die Wassermenge, wenn **AL** die Wasserhöhe und **LH** die dieser Höhe zugehörnde Geschwindigkeit ist. **LH** ist aber für jede Höhe  $= h$ .

$= \sqrt{(h. 62\frac{1}{2} \text{ Rheinl. Fuß})}$ ; also der Inhalt der halben Parabel  $= \frac{2}{3} h. (\sqrt{h. 62\frac{1}{2}})$ . Diese mit der Breite der Oeffnung  $= B$  multiplicirt, giebt die Wassermenge  $= \frac{2}{3} h. \sqrt{(h. 62\frac{1}{2})}. B$ .

Beispiel: **AL**  $= h$  sey 4 Fuße,

also die Geschwindigkeit **LH.**  $= \sqrt{4. 62\frac{1}{2}} = 15, 81'$

**AL. LH.**  $= 63, 24'$

$\frac{2}{3}$  **AL. LH.**  $= 42, 16'$

**B**  $= 3'$

also die ausfließende Wassermenge in 1 Secunde

$= 3. 42, 16 = 126, 48'$  Cubik-Fuße.

II. Erreicht die Ausflußöffnung nicht den Wasserspiegel, und wäre dieselbe z. B. nur  $= OL = 1$  Fuß, so wäre bei den vorigen übrigen Maassen die ausfließende Wassermenge nur  $\frac{2}{3}$  **AM. AL**  $= \frac{2}{3}$  **AP. AO. B**.

Denn  $\frac{2}{3}$  **AM. AL** wie vorhin 42, 16'

**AL**  $= LO = 4 - 1 = 3 = h'$

also  $OQ = AP = \sqrt{3 \cdot 62\frac{1}{2}} = 13,7$

$\frac{2}{3} AP \cdot AO = 27,4$

folglich  $\frac{2}{3} AM \cdot AL - \frac{2}{3} AP \cdot AO = 42,16 - 27,4$   
 $= 14,76$ ; und daher die Ausflußmenge in 1 Sec.

$= 14,76 \cdot 3 = 44,28$  Cub. Fuß.

**III.** Durch eine horizontale Oeffnung in dem Boden eines Gefäßes, läuft das Wasser mit der ganzen Geschwindigkeit, welche seiner Wasserhöhe zugehört, oder nach dem Beispiele **I.** mit 15,79 Fuß in 1 Secunde; die Wassermenge ist daher = der Fläche der Oeffnung, mit dieser Geschwindigkeit multiplicirt. Soll durch eine Oeffnung im Boden eben so viel Wasser in gleicher Zeit laufen, wie durch eine andere Oeffnung in der verticalen Wand, bei übrigens gleichen Wasserhöhen, so braucht die erste Oeffnung nur  $\frac{2}{3}$  des Flächeninhaltes der letzten zu haben.

**IV.** Ein Gefäß gebraucht, um sich durch eine Oeffnung in seinem Boden auszuleeren, noch einmal so viele Zeit, als zu dem Auslaufen von eben so viel Wasser, als das Gefäß enthält, erforderlich ist, wenn dasselbe immer voll erhalten wird, und die Druckhöhe des Wassers unverändert bleibt.

Dasselbe findet auch bei verticalen Oeffnungen statt, jedoch mit dem Unterschiede, daß in gleichen Zeiten die Wassermengen nur  $\frac{2}{3}$  der vorigen betragen.

Hiernach lassen sich aus den Wasserhöhen und den Ausflußöffnungen die Wassermengen für gewisse Zeiten, und umgekehrt, aus Geschwindigkeiten und Wassermengen die Zeiten bestimmen.

Dies sind Betrachtungen, welche bei Beurtheilung der Wasserconsumption aus stehenden Seen und Teichen angestellt werden müssen.

§. 21.

**I.** Die meisten der vorigen Sätze gelten unter der Voraussetzung: daß das Wasser während des Ausflusses seine Höhe unverändert behält. Dieses findet sich aber in der Na-

tur eigentlich niemals, und in der Maaße, daß man es vernachlässigen könnte, nur selten. Denn wenn durch eine Oeffnung unter der Oberfläche Wasser ausfließt, so muß dasselbe durch Zufluß ersetzt werden, und um diesen zu erhalten, muß ein Unterschied **CE**. Tab. 1. Fig. 8. a. zwischen den senkrechten Wasserhöhen, unmittelbar über der Oeffnung **ED**, und weiter zurück in dem Canale oder Wasserbehälter bei **AB** vorhanden seyn.

Diese Senkung des Wasserspiegels über der Oeffnung ist allemal nachtheilig, weil ein größerer Theil des Gefälles für **CE** wirklich erfordert wird, um die Geschwindigkeit des Zuflusses zu unterhalten, als für diese Geschwindigkeit an sich nöthig wäre, da die Adhäsion um so mehr von dem Gefälle raubt, je länger und schmaler der Zuflußcanal ist. Man hat also Ursach alle Hindernisse möglichst zu entfernen.

**II.** Was man sonst wohl Reibung genannt hat, ist nichts Anderes, als Folge der Anhänglichkeit, (§. 13) doch muß man dabei das Wasser als Subject und Object gehörig unterscheiden. Als Subject verliert das Wasser bei schneller Bewegung von seiner Anhänglichkeit, indem es den Aeußerungen derselben schneller entweicht. Als Object vermehrt sich die Anhänglichkeit mit der Geschwindigkeit, wenn dadurch in gleicher Zeit mehr fremde Körper mit demselben in Berührung kommen können.

Ist die Adhäsion mit chemischer Verwandtschaft verbunden, wie bei Wasser und Luft, so tragen die Umstände, welche die letzte befördern, auch zu Vermehrung der ersten bei. So wird die Affinität der Luft durch Wärme und Dünste vermehrt, und bei ihrer Bewegung die Anhänglichkeit an die Oberfläche der Gewässer größer. Daher entsteht die erste Bewegung in der Spiegelfläche eines Wassers von der Anhänglichkeit der über demselben bewegten Luft. Nachher bieten die Unebenheiten derselben Flächen für den Stoß der Luft selbst dar, welcher die Wellen verursacht. Wo mit starken Winden große Wärme der Atmosphäre verbunden ist, gehen die Wellen viel höher, und die Stürme in heißen Erdstrichen

sind daher gefährlicher. Ähnliche Wirkung erfolgt auch wenn die Luft mit vielen Dünsten angefüllt ist.

**III.** Die Anhänglichkeit an den Rändern der Ausflußöffnungen vermindert die Wassermengen so, daß es scheint, die Oeffnungen selbst wären kleiner als sie wirklich sind. Nun sollte man zwar meinen, daß bei dickern Wänden, wo der Wasserstrahl mehr Berührungspunkte findet, die Adhäsion stärker seyn müsse, als bei dünnen Wänden; und diesem läßt sich auch nicht widersprechen. Allein da bei dünnen Wänden die Wasserstrahlen durch verschiedenen Seitendruck im Innern des Behälters vor der Oeffnung sich durchkreuzen, und der Luft mehr Widerstandsfläche darbieten, so hindert dieß den schnellen Ausfluß, und die Erfahrung lehrt:

daß, wenn ein Wasserstrahl zwischen längeren Seitenwänden zusammengehalten wird, und dadurch eine bestimmte Richtung paralleler Strahlen erhält, die Cohäsion der Wassertheile und der verminderte Widerstand der äußern Luft das reichlich ersetzen, was durch vermehrte Adhäsion verloren wird, und daß durch solche eingefaste Oeffnungen wirklich mehr Wasser ausläuft, als durch gleich große Oeffnungen in dünnen Wänden.

§. 22.

Wasserstrahlen, welche senkrecht fallen oder aufsteigen, erleiden keine Veränderungen in ihren durch den Druck der Schwere erhaltenen Richtungen; sie kommen auch beim Mühlenbau nicht vor, und deshalb kann ihre Betrachtung hier übergangen werden. Dagegen ist eine genaue Kenntniß von dem, was mit dem frei fallenden Strahle vorgehet, nachdem er aus einer verticalen Oeffnung eines Behälters herausgegangen ist, unentbehrlich.

**II.** Ein jeder Wasserstrahl, der eine andere als senkrechte Richtung hat, wird von der Schwere in zwei verschiedenen Richtungen getrieben. **Tab. 1. Fig. 8. b.**

Durch den Druck der Wasserhöhe unter der Oberfläche **AK** wird das Wasser, welches in jeder communicirenden

Röhre bis in die horizontale Ebene AK sich erheben würde, mit der, seiner Höhe angehörenden Geschwindigkeit, in der Richtung, welche die Wände der Ausflußöffnung ihm anweisen, wie LH, MN oder mn, getrieben.

III. Von der fortwährenden Wirkung der Schwere in alle einzelnen Theile des Wasserstrahles, wird dieser aber senkrecht herabgezogen, und er erhält nun eine mittlere Richtung, welche aus den Richtungen beider treibender Kräfte zusammengesetzt ist.

Die erste dieser Kräfte giebt die gleichförmige Geschwindigkeit, welche der Druckhöhe (§. 19. 1) angehört = c. oder (§. 20. 1)  $y = \sqrt{h \cdot 62\frac{1}{2}}$ ; und (§. 19. II. 3)  $x = h$ ;  $\frac{C^2}{62\frac{1}{2}} = L$ .

Beispiel.  $h = 4'$ ; giebt  $C = \sqrt{4 \cdot 62\frac{1}{2}} = 15,81$  in 1 Sec. und c gegeben, wird  $h = \frac{15,81^2}{62\frac{1}{2}} = 4'$ .

Die zweite Kraft ist beschleunigend, und sie zieht den Strahl in 1 Sec. um 15,625' senkrecht herab (§. 6), welches wegen der Veränderlichkeit derselben, in einer krummen Linie geschieht, und zwar nach einer Parabel.

IV. Bei verticalen Seitenwänden und horizontalem Boden eines Behälters, Tab. 1. Fig. 8. c. ist die erste Richtung des ausfließenden Wasserstrahles HL horizontal, und die Parabel, in welcher derselbe, nach seinem Austritte aus der Oeffnung in der Seitenwand, sich bewegt, hat rechtwinkelige Coordinaten.

§. 23.

I. Da nun der Wasserstrahl keinen andern Weg verfolgen kann, als den, welchen die genannten Kräfte ihm anweisen, nämlich in einer Parabel, so würde eine jede andere Richtung, in welchen man denselben einzwängen wollte, Widerstand gegen jene verursachen, einen Theil derselben aufheben, und die Geschwindigkeit, mithin auch die Stosskraft des Wasserstrahles schwächen.



Anmerkung.

Es ist daher thöricht, die natürliche Richtung des Wasserstrahles zu verändern, wie Viele, z. B. **Fabré**, thun.

**II.** Um die volle Kraft eines solchen Wasserstrahles zu erhalten, und durch denselben die höchste Wirkung zu erlangen, müssen alle Hindernisse, welche seine Geschwindigkeit verzögern könnten, entfernt, und er allein in der richtigen Parabel, welche seiner Druckhöhe und Geschwindigkeit angehört, geleitet werden.

**III.** Mit der Wasserhöhe in einem Behälter, welche beim Mühlenbau allemal gegeben ist, (**Tab. 1. Fig. 9**) **AB = h**. ist zugleich die Geschwindigkeit **C** des ausschließenden Wasserstrahles =  $\sqrt{h}$ . 62½ in 1 Sec. bekannt. Man hat also die Ordinate einer Parabel = **C**. und die Abscisse **h**, mit welchen man das Rechteck **C h**; und nach §. 19. **III. 4.** die Parabel beschreiben kann. In dieser Figur ist die Parabel **AopqrsN** für die Druckhöhe **AB = h**, und ihre Geschwindigkeit **LN = c** für 1 Sec., oder die Zeit des freien Falles durch **AL = 15, 625**; beschrieben, deren Grenzen also in den Seiten des Rechtecks **MANL** liegen.

**IV.** Auf gleiche Weise kann man auch für die Druckhöhe **aB**, und ihre Geschwindigkeit **ln** eine zweite Parabel **ao'p'q'r's'n** in dem Rechtecke **maln** beschreiben, welche ihren Scheitel in **a** hat.

Z. B. **AB = h** sey 3', so ist **c = 13, 67 = NL**.

**Aa = 1'** also **AB — Aa = aB = 2**. daher **c' = 11, 1 = nl**.

Die Rechtecke, in welchen diese Parabeln beschrieben worden sind = **13, 67 × 15, 625**, und **11, 1 × 15, 625**.

**V.** Schon aus der Figur ist zu erschen, daß diese beiden Parabeln sich durchkreuzen, welches auch bei allen andern geschieht, die ungleiche Druckhöhen haben; und die Folge davon ist eine anfängliche Zusammenziehung und nachmalige Ausbreitung des Wasserstrahles. Die untere Parabel giebt aber eine größere Geschwindigkeit und überträgt die Wirkung der oberen, weshalb man beim Mühlenbaue, wo nur kurze

Stücke derselben, von den Scheiteln angerechnet, und diese meistens noch vor den Punkten, wo sie sich durchkreuzen, angewendet werden, auf diese Zusammenziehung der Wasserstrahlen wenig rechnet.

§. 24.

I. Durch die Beschleunigung des freien Falles, die im quadratischen Verhältnisse zunimmt, muß der Durchschnitt eines Wasserstrahles immer kleiner werden, da die ausfließende Wassermenge dieselbe bleibt. Diese Abnahme der Flächeninhalte der Durchschnitte, nennt man die Zusammenziehung der Wasserstrahlen im eigentlichen Verstande, welche aber von derjenigen §. 23. v. verschieden ist.

II. Man kann die, durch irgend einen Durchschnitt eines Wasserstrahles laufende Wassermenge als ein Prisma oder Cylinder betrachten, welche die Ausflußöffnungen, oder die Figur des Durchschnitts zu ihren Grundflächen, und die Geschwindigkeiten an den gegebenen Stellen (durch Längensmaaß ausgedrückt) zu ihren Höhen, hätten.

Demnach ist der Flächeninhalt eines solchen Durchschnitts  $= F.$  = der Wassermenge  $M.$  dividirt mit der Geschwindigkeit  $c'$  an der Stelle bei  $F.$

III. Die mittlere Geschwindigkeit  $c'$  eines Wasserstrahles sowohl in der Ausflußöffnung, als in jedem seiner Durchschnitte, wobei  $H$  und  $h$  von dem niedrigsten Punkte an gemessen werden, ist  $\frac{C. H - e h}{H - h} = c'$

Beispiel.  $H = 8; h = 6. \frac{178, 88 - 116, 16}{2}$

$$= \frac{41, 81}{2} = 20, 9.$$

$$H - h = 2.$$

oder  $\sqrt{\frac{H^2 + h^2}{2}} = \frac{64 + 36}{2} = \sqrt{\frac{100}{2}}$

$$= \sqrt{50} = 7, 1, \text{ und } \sqrt{7, 1 \times 62\frac{1}{2}} = 20, 9.$$

IV. Je kleiner die Höhe der Ausflußöffnung ist, um desto geringer wird der Unterschied zwischen der, der mittlern Geschwindigkeit zugehörenden Höhe, und der Höhe von der Mitte der Oeffnung bis zur Oberfläche des Druckwassers. Und da es überhaupt (wie aus dem Folgenden erhellen wird) vortheilhaft ist, den Ausflußöffnungen nur kleine Höhen zu geben, so kann man auch ohne merklichen Fehler, die Mitten der Oeffnungen für die Anfangspunkte der mittlern Druckhöhen annehmen.

V. Denn man kann den Ausflußöffnungen und Mühsengerinnen keine vortheilhaftere Form, als die Rechtecken geben, and daher werden die Durchschnitte der Wasserstrahlen in der Ausföhrung immer rechteckigt. Es kommen daher, in Hinsicht des Verlustes durch Adhäsion des Wassers, nur der horizontale Boden, und 2 senkrechte Wangen der Gerinne in Betrachtung. Doch auch dieser Verlust vermindert sich in Beziehung auf die Stoßfläche der Schaufeln, weil, wegen des erforderlichen Spielraums, die Gerinne größer als die Breiten der Räder seyn müssen, und die ohne Effect sich dabei unvermeidlich verlaufende Wassermenge, den Verlust durch Adhäsion meistens compensirt. Wenn man daher den Gerinnen ihre Weite gegeben hat, so kömmt die Fläche der Schaufel oft, ohne Abzug für Adhäsion, in Berechnung. (§. 28. II).

§. 25.

Tab. 1. Fig. 11.

I. Indem der, aus einer verticalen Oeffnung ausfließende Wasserstrahl in seinem freien Falle keinen andern Weg als nach der Parabel  $LUu'$  verfolgen kann, so würde zwar zunächst die Frage seyn, wie die ganze Wasserhöhe  $AV$ , zwischen Druckwasser und frei fallendem Strahle zu theilen sey? dieß kann aber, wegen anderer Umstände, erst §. 43 erklärt werden.

Für  $AV = AL + LV$ , ist die Geschwindigkeit in  $L = \sqrt{AL}$ . 62 $\frac{1}{2}$  und daher wird der, von der beschleunig-

genden Schwere in einer Parabel herabgezogene Strahl, sich nur um  $\frac{15,625 \times 2}{LV}$  von V horizontal entfernen.

Beispiel.  $h = AL = 5'$ ;  $LV = 4' = h'$ ;  $AL + LV = h + h' = 9'$

$$C = \sqrt{h \cdot 62\frac{1}{2}} = 17,677$$

$c = \sqrt{h' \cdot 62\frac{1}{2}} = 15,811$ , das ist: da durch die Höhe AL der Wasserstrahl die Geschwindigkeit 17,677 erlangt hat, mit welcher er horizontal — ohne weitere Einwirkung der Schwere — den Raum LN (Fig. 9) in 1 Sec. durchlaufen würde; so kann er im freien Falle, unter fernerer Einwirkung der Schwere, also in seinem Falle nach der Parabel, die Entfernung N von L nicht eher erreichen; als bis er durch eine gleiche Höhe AL, (Fig. 11) gefallen ist. Bei jeder kleineren Fallhöhe unter L, beträgt c' nur so viel als diese, oder h' angiebt. Oder nach diesem Beispiele: wenn der Strahl nur 4' tief fällt, so entfernt er sich horizontal von V nur um 15,811'.

II. Sind die Wasserhöhen über L veränderlich, so müssen die Zeiten der Dauer der höheren oder niedrigen Wasserstände berücksichtigt werden, und man wird, wenn die letzten anhaltend sind, die Parabeln meistens nach ihnen einzurichten haben, da ohnehin bei schwächerer Kraft der Einfluß der Hindernisse verhältnißmäßig stärker ist.

### Von dem Stöße des Wassers.

§. 26.

I. Der Stoß fester Körper ist dem Gewichte ihrer Masse, multiplicirt mit ihrer Geschwindigkeit, gleich. Der Stoß flüssiger Materien hingegen ist davon ganz verschieden. Denn bei festen Körpern ist ihre Masse schon ganz vorhanden, und nur die Geschwindigkeit oder die Größe ihrer Bewegung, bestimmt die Größe des Stoßes, und über die Gesetze, wonach derselbe unter verschiedenen Verhältnissen sich richtet, (S. 8) walten keine Zweifel ob.

Bei Flüssigkeiten erzeugt die Geschwindigkeit ihrer Bewegung erst die Masse selbst, und das Resultat am Ende einer gegebenen Zeit, ist in Hinsicht des Stoffes nur das Gewicht der durch die vorhandene Geschwindigkeit erzeugten Masse. Also kann hiebei nicht Masse mit der Geschwindigkeit multiplicirt, die Größe des Stoffes ausdrücken, weil nie die Größe der Masse ganz vorhanden ist, sondern nur ein Theil derselben.

Beispiel. Die Geschwindigkeit in 1 Sec. sey  $= 5' = 60'' = C$

das Gewicht des Wassers, durch diese Geschwindigkeit erzeugt, am Ende der 1 Sec.  $= 60 \text{ Pf.} = G$ ; 1 Sec.  $= t$ .

Wäre  $t$  in 60 Tertien getheilt, so kömmt auf  $\frac{1}{60} t$  auch nur  $\frac{1}{60} G$  oder 1 Pf. und ebenfalls nur  $\frac{1}{60} C = 1''$  und die Theile von  $G$  werden durch eben solche Theile von  $C$ , in den Zeittheilen, worin  $t$  getheilt ist, erzeugt.

Also ist es am Ende nur der Werth von  $G$ , welcher als Product herauskömmt.

Bei einer festen Masse würde in dem ersten Zeittheile  $= \frac{1}{60} t$ . die Größe des Stoffes schon  $\frac{1}{60} C \times G$  gewesen seyn. Bei dem Wasser ist er nur  $\frac{1}{60} C \times \frac{1}{60} G$ .

Man kann daher nicht gleiches Product aus der Geschwindigkeit in die Wassermasse, (welche durch diese noch zunimmt, und die nicht im Anfange der Bewegung schon vorhanden war,) wie bei festen Körpern erhalten. Aber würde dies nicht im Fortgange des Fließens geschehen? Ebenfalls nicht! denn immer bringt das Fließen des Wasserstrahles nur die Elemente desselben zu Stoffe, die nur mit ihrem Gewichte wirken, und in der Geschwindigkeit keinen zweiten Factor haben, der ein größeres Product geben könnte. Diese Sache recht deutlich zu machen ist ein wenig schwer, aber so ist sie den größten Gelehrten vorgekommen, ohne daß sie dieselbe richtig eingesehen hätten. Alle verweilen dabei, daß die Geschwindigkeit, welche die Wassermasse vor die gestoßene Fläche bringt, derselben bleibe, und daher als Factor nothwendig mit in Rechnung kommen müsse. Indem aber die Masse durch die Geschwindigkeit erst erzeugt wird, so ist es nicht die ganze

Geschwindigkeit, sondern es sind nur Theile derselben, und ebenso nur ein Theil der Masse, welche für jedes Zeitelement wirken, und die am Ende eines gegebenen  $t$  kein größeres Product als  $G$  geben. Dieß ist der Stoß, welchen eine stillstehende senkrechte Fläche von einem Wasserstrahle empfangen könnte. Weil aber ein solcher Strahl gegen eine solche Fläche nicht stoßen kann, ohne in allen seinen Theilen Veränderungen zu erleiden, welche alle Umstände der ersten einfachen Vorstellung umändern, weil das Wasser nach dem Stöße nicht gleich wegkommen kann, sondern in den nachfolgenden Strahlen manche Biegungen u. dgl. verursacht, so haben mehrere Gelehrte sich mit Untersuchungen darüber beschäftigt, die aber für die Praxis unnütz sind, da man bei dieser den Stoß des Wassers unter ganz andern Umständen benutzt.

Es soll mit dem Vorigen nicht gesagt seyn, als wenn die Geschwindigkeit bei Berechnung des Stoßes gar nicht weiter in Betrachtung käme, sie ist vielmehr als Erzeugerin der stoßenden Wassermasse der Hauptgegenstand. (§. 28. II.). Beide stehen aber in gleichem Verhältnisse, wie das Folgende zeigen wird.

**II.** Damit das Wasser seinen Stoß gegen eine Fläche in der größten Stärke ausüben könne, muß dasselbe bis zu dem niedrigsten Punkte, oder bis auf die Grundlinie  $WV$  gefallen seyn, und die Fläche muß dem Wasserstrahle senkrecht entgegen stehen.

Wenn diese Fläche sich nun nicht in der Parabel  $LU'$ , sondern etwa in  $Q$  befände, so fragt es sich noch: auf welchem Wege der Wasserstrahl aus seiner natürlichen Richtung in der Parabel am vortheilhaftesten, und ohne Verlust an seiner Geschwindigkeit von  $LU$  nach  $Q$  geleitet werden könne?

**III.** Das Wasser erhält durch seinen Fall auf der schiefen Ebene  $LQ$  dieselbe Geschwindigkeit, welche es durch den senkrechten Fall durch  $LV$ , in  $V$  erhalten haben würde. Da dasselbe in  $A$  schon die Geschwindigkeit der Höhe  $AL$  hatte, so ist die Endgeschwindigkeit in  $V$  oder  $Q$  der Geschwindigkeit der ganzen Höhe  $AV$  gleich.

Nach bekanntem mechanischen Lehrsatze, fällt ein schwerer Körper in einem rechtwinkligten Dreiecke  $ABC$ , Tab. 1. Fig. 10., in derselben Zeit durch die senkrechte Hypothenuse  $AC$ , in welcher er durch einen der Catheten  $AB$  oder  $BC$ , gefallen seyn würde. Die Endgeschwindigkeiten aber gehören den senkrechten Fallhöhen, für  $AC = AC$ ;  $AB = AD$ ;  $BC = DC$ ;  $Ab = Ad$ ;  $bC = dC$ .

IV. Schon durch den Bogen eines Circels wie  $BqC$  fällt ein Körper in kürzerer Zeit, wie durch seine Sehne  $BC$ .

Es giebt aber krumme Linien, durch welche ein Körper in noch kürzerer Zeit fallen kann, und die wegen dieser Eigenschaft Linien des kürzesten Falles (brachystochronische) heißen. Solche sind vorzüglich die Radlinien (Cycloiden), welche ein Punkt in dem Umfange eines Kreises beschreibt, der auf einer geraden Linie  $EG$  Tab. 1. Fig. 11. sich herumwalzet.

V. Fällt ein Körper in dieser krummen Linie, so erreicht er  $Q$  in der möglich kürzesten Zeit, und zwar verhält sich diese zu der Zeit, welche der Körper gebraucht, um in geraden Linien  $LQ$  oder  $UQ$  nach  $Q$  zu kommen, wie 11 : 13. Man gewinnt also bei der Cycloide  $\frac{2}{3}$  der Fallzeit. Diese Eigenschaft ist allen Cycloiden, und allen Theilen derselben gemein, und daher sind sie auch tautochronisch, das heißt: ein Körper, der seinen Fall in irgend einem Punkte der Cycloide anfängt, erreicht das Ende derselben in der nämlichen Zeit wie ein anderer Körper, der, höher oder niedriger, seinen Fall beginnt.

VI. Eine Cycloide zu beschreiben, theile man den Halbkreis eines Circels in eine beliebige Anzahl gleicher Theile, hier in achte, und trage eben so viele solcher Theile auf eine, durch den Mittelpunkt dieses Kreises gezogene horizontale Linie  $CT$ .

Genauer muß  $CT$  dem Halbkreise gleich seyn, und in 8 gleiche Theile getheilt werden, oder  $QFG = \frac{1}{8} GQ$ . 3, 14.

Durch alle Theilungspunkte des Halbkreises ziehe man Parallellinien mit  $CT$ , und beschreibe mit dem Radius  $CQ$  aus allen Theilungspunkten der  $CT$  der Reihe nach Kreise, welche die Parallellinien in den Punkten  $1' 2' 3' 4' 5' 6' 7' 8'$  durchschneiden, und eben so viele Punkte der Cycloide geben, welche man nur zusammenziehen darf. In der Ausführung richtet sich die Größe der Cycloide und ihres erzeugenden Kreises nach dem Durchmesser des Rades, weil dieser bestimmt, wie weit  $Q$  von  $V$  entfernt liegen kann. Deshalb wird der Durchmesser des erzeugenden Kreises = dem Halbmesser des Rades.

VII. Die Vereinigung der Cycloide mit der Parabel geschieht am leichtesten, wenn man sowohl von der Parabel  $LUu$ , als von der Cycloide ein Modell verfertigt, auf welchem zugleich die Linien  $VQ$  bemerkt sind. Man legt nun beide Modelle so zusammen, daß  $VQ$  auf beiden sich decken, und die Cycloide die Parabel, wie hier in  $u'$  schneidet. Beide Modelle lassen sich dann mit einander verbinden, und dadurch erhält man eine Schablone, wonach die Arbeiter den Kropf des Gerinnes ausarbeiten können. Noch bequemer verfährt man nach §. 43. IV.

Dies ist die einzige Art, wie der Wasserstrahl mit dem wenigsten Verlust an seiner Geschwindigkeit und Stoßkraft in schräger Richtung geleitet werden kann, deren Vergleichung mit den Angaben anderer Schriftsteller zugleich die Grundlosigkeit der letzten zeigt.

VIII. So wie im Maschinenwesen überhaupt die meisten Erfindungen von Praktikern gemacht worden sind, und Theoretiker sich in dieser Hinsicht wenig zuzueignen haben, so hat man auch bei den einfachen Schußgerinnen, die sonst nur aus der schiefen Ebene  $LQ$  bestehen, schon längst die Verbesserung angebracht: dieselben nach einem, mit dem äußern Durchmesser des Rades  $BQ$  aus  $B$  beschriebenen Zirkelbogen  $QuD$  zu formen, und das zwischen  $u$  und  $L$  übrigbleibende Stück zum Einfalle des Wasserstrahles willkürlich abzurunden. Ein solcher Kreisbogen weicht nur wenig von der Cycloide  $Qu$



ab; hingegen läßt ein nicht nach der richtigen Parabel geformter Einfall eine Lücke *nUL*, wodurch er auf den Boden des geraden Sturzgerinnes schief anstößt, und an seiner Geschwindigkeit verliert.

Schon Florian in seinem deutschen Hausvater erwähnt dieser Verbesserung unter dem Namen: Unterzug, und Beyer beschreibt dieselbe.

§. 27.

**I.** Die Größe der Fläche, welche von einem frei fallenden Wasserstrahle getroffen wird, nimmt mit der Zusammziehung des Wasserstrahles ab, und ist unter verschiedenen Höhen desselben unter der Ausflußöffnung nicht gleich.

Suerst vermindert sich dieselbe durch die Zusammziehung §. 23. V, und schränkt sich noch mehr mit der zunehmenden Geschwindigkeit §. 24. 1. ein, bis bei größerer Geschwindigkeit der Widerstand der Luft die Cohäsion überwindet und den Strahl ausbreitet, welches man bei hohen Wasserfällen sieht.

**II.** Der Stoß des Wassers, welches sich in keinen engeren Raum zusammenpressen läßt, (§. 12.) hängt, bei gleichen Flächen, von der Wassermenge ab, welche durch die Geschwindigkeit herbeigeführt wird, und kann daher in der Zusammziehung nicht stärker seyn, als die Geschwindigkeit ergiebt.

Bei erfolgender Ausbreitung des Wasserstrahles, wobei seine Dichtigkeit vermindert, seine Geschwindigkeit verzögert, und die Fläche in größerer Ausdehnung getroffen wird, ist die Kraft des Stoßes kleiner.

§. 28.

**I.** Anders verhalten sich begränzte Wasserstrahlen, wie z. B. das Wasser in den Kröpfen und Gerinnen der Mühlen.

Bermöge des Druckes der oberen Wasserschichten auf die untern, wird ein jedes Gerinne über seinem Boden so hoch angefüllt, als die Vertheilung der Wassermenge nach ihrer Geschwindigkeit dieses gestattet; die Flüssigkeit des Wassers

aber macht, daß dieses gleichförmig geschieht; daher laufen durch Profile von gleichen Inhalten, bei gleichen Geschwindigkeiten in gleichen Zeiten, auch gleiche Wassermengen. (§. 24. II.) Werden solche Profile der Wasserstrahlen in ihren Höhen nicht verändert, denn dieß würde auch ihre Geschwindigkeit verändern, so ist ihre Figur übrigens gleichgültig. Besser ist es aber immer, daß die Figuren der spätern Durchschnitte, den Ausflußöffnungen ähnlich bleiben. (§. 43. V.)

Das Wasser in solchen Gerinnen erleidet keine andern Hindernisse als von der Adhäsion an den Seiten und an den Boden derselben und seiner Oberfläche gegen die Luft. Die erste wird nach §. 24. V. durch die nothwendige Größe der Gerinne schon beseitiget, und die zweite ist so unbedeutend, daß sie keine Berücksichtigung erfordert, da ein directer Widerstand der Luft nur in dem ersten Augenblick des Ausschießens des Wasserstrahles, ehe das Gerinne angefüllt wird, vorhanden ist, welcher aber gleich aufhört.

II. Man erhält den ganzen senkrechten Stoß gegen eine Fläche  $F$ , wenn man dieselbe mit der Geschwindigkeit  $c$ , welche der Wasserhöhe über ihrer Mitte angehört, und dem eigenthümlichen Gewichte des Wassers multiplicirt.

Weil wegen der freien Bewegung eines Wasserrades dasselbe an den Seiten und über seinem Boden einen Spielraum haben muß, so wird der Durchschnitt des Gerinnes dadurch um eben so viel größer als die Fläche der Schaufel. Dieser Spielraum muß an jeder Seite  $\frac{1}{4}$  Zoll, am Boden  $\frac{1}{2}$  Zoll betragen; es wäre demnach bei einer Schaufel von 3 Fuß Länge, die in der Höhe von 4 Sollen, von dem Wasserstrahle gestoßen werden soll, ihre Fläche  $F = 3 \times \frac{1}{2}' = 1 \square \text{ Fuß} = 144 \square \text{ Zolle}$ . Der Durchschnitt des Gerinnes aber, den ich noch um  $\frac{1}{2}''$  länger annehme,

$36\frac{1}{2} \times 4\frac{1}{8} = 150\frac{9}{16} + \frac{1}{4} = 152\frac{9}{16} \square''$ , mit Uebergang des Bruchs, also derselbe um  $8 \square \text{ Zolle}$  größer, als  $F$ .

Die nothwendige Wassermenge verhält sich demnach in diesem Beispiele zu der Wirkung leistenden, wie  $152 : 144$ ,

oder in Gewicht, bei einer gegebenen Geschwindigkeit = c wie (c. 152. 65 ℔) : (c. 144. 65 ℔) (§. 24. V.)

Beispiel. Wäre die Wasserhöhe über  $F = h = 9'$ , so ist  $c = 23, 70$ , und das Gewicht der Wassermenge im Gerinne = 1626 ℔. Vor der Schaufel = 1540,5. Jenes also um  $85\frac{1}{2}$  ℔ größer, oder es müssen diese in jeder Secunde verwendet werden, ohne zu dem Stöße auf die Schaufel beizutragen.

Dies ist der absolute Stoß gegen die Schaufel, welchen dieselbe ruhend auszuhalten hätte, wenn es möglich wäre, alle Wassertheile nach dem Stöße so zu beseitigen, daß sie den nachfolgenden keine Hindernisse verursachen.

III. Die Geschwindigkeit des Wassers vor der niedriger liegenden Schaufel ist größer als bei der Ausflußöffnung, und deshalb muß das Profil derselben größer seyn, als das Profil des Gerinnes bei der Schaufel, da durch beide in derselben Zeit gleiche Wassermengen laufen sollen.

Wäre also  $h = 9$ .  $h' = 5$ , so ist  $C = 23, 70$ ;  $c' = 17,677$ . also  $M = 23, 70$ .  $152 c'' = 25$  Cub. Fuß und die Größe der Ausflußöffnung, durch welche mit der Geschwindigkeit 17,677 eben so viel Wasser zuschießen soll =  $203\frac{1}{4}$  □Zolle. Nimmt man nun die Höhe der Oeffnung zu  $\frac{4 \cdot 203\frac{1}{4}}{152} = 5\frac{5}{16}$  Zollen an, so muß dieselbe um

$F$  ähnlich zu bleiben  $\frac{203\frac{1}{4}}{5\frac{5}{16}}$  Zolle =  $3' 2\frac{1}{4}''$  lang werden.

§. 29.

I. Weicht die Fläche dem Stöße aus, so geht die Geschwindigkeit, mit welcher dieses geschieht, von der ganzen Geschwindigkeit des stoßenden Wassers ab, und dieses wirkt nur mit dem Unterschiede beider Geschwindigkeiten (§. 8. II.)

Die Stöße gleicher Massen verhalten sich wie die Quadrate ihrer Geschwindigkeiten.

z. B. die ganze Geschwindigkeit des Wassers sey 8'  
 die Geschwindigkeit der ausweichenden Fläche = 2.  
 so ist ihr Unterschied = 6.

also verhalten sich die Größen der Stöße

a. des absoluten Stoßes gegen die ruhende Fläche, und  
 b. des relativen Stoßes gegen die ausweichende, wie  
 $8^2 : 6^2 = \frac{3}{4}^2 = \frac{9}{16} = 64 : 36$ .

**II.** Von der relativen Kraft wird bei der Bewegung einer Maschine ein Theil verwendet, um das Gleichgewicht mit der Last zu erhalten, und dieser kann noch keine Bewegung erzeugen, sondern es muß noch ein Ueberschuß von der Geschwindigkeit vorhanden seyn, welche die Geschwindigkeit der ausweichenden Fläche hervorbringt. Oder die ausweichende Fläche kann keine andere Geschwindigkeit erhalten, als diejenige, welche von einem Producte aus der Masse in einen Theil der relativen Geschwindigkeit nach Herstellung des Gleichgewichtes mit der Last, übrig bleibt. (§. 27. I. II.) Das Product aus diesem Reste der Geschwindigkeit in die Masse (welches natürlich von derselben nicht getrennt werden kann) heißt die Ueberwucht. z. B. Bei vorigen Geschwindigkeiten sey die durch die absolute Geschwindigkeit erzeugte Wassermasse  $3 \cdot 8 = 24$  Cub. = Fuß = P, so gehen von derselben durch die Geschwindigkeit des Ausweichens  $3 \cdot 2 = 6$  Cub. = Fuß verloren, und es bleiben nur  $24 - 6 = 18$  Cub. = Fuß wirkende Masse.

Würde nun eine Geschwindigkeit von 2 Fuß verlangt, so ist dazu eine Masse von  $2 \cdot 3 = 6$  Cub. = Fuß erforderlich und mit dem Reste der  $18 - 6 = 12$  Cub. = Fuß würde eine gleiche Last oder 12 Cub. = Fuß im Gleichgewichte erhalten. Die ganzen 18 Cub. = Fuß brächten aber in der Last von 12 Cub. = Fuß eine Bewegung mit der Geschwindigkeit 2 Fuß hervor.

**III.** Die Kraft des Stoßes = P wirkt am vorteilhaftesten, wenn die Geschwindigkeit der ausweichenden Fläche =  $\frac{1}{3}$  C ist, und die treibende Kraft  $\frac{2}{3}$  P bleibt.

Denn da der Effect um so größer ist, je schneller er erfolgt, so muß  $\frac{1}{2} P$  die geschwindeste Bewegung seyn, welche durch  $\frac{1}{2} P$  hervorgebracht werden kann, wenn zugleich eine todte Last  $= \frac{1}{2} P$  bewegt werden soll. Dieß bezieht sich jedoch nur auf die treibende Kraft  $P$ , die Last  $= Q$  kann aber ein Product aus irgend einem  $c'$  in einem Widerstand seyn, nur muß dasselbe immer  $= \frac{1}{2} P$  bleiben; oder  $Q = c' \cdot m$ , und  $c' = \frac{Q}{m}$ ;  $m = \frac{Q}{c'}$ .

IV. Ist  $m$  kleiner, so bleibt  $c'$  größer, und es erfolgt Beschleunigung, zum Nachtheil des Effects, oder eine Maschine, bei welcher dieses der Fall ist, hat zu wenig zu arbeiten, indem alsdann auch mehr als  $\frac{1}{2} P$  verwendet wird, ohne in gleicher Zeit einen größern Effect hervorzubringen.

V. Umgekehrt wenn  $m$  größer ist, so muß  $c'$  kleiner seyn und die Bewegung von  $Q$  wird langsamer, und es muß ein größerer Theil von  $P$  in gleicher Zeit verwendet werden, der die Wirkung doch nicht vermehrt; oder eine Maschine hat in diesem Falle zu wenig zu arbeiten.

Anmerkung.

I. Dieses Gesetz, welches zuerst von Parent erklärt worden ist, hat man in neuern Zeiten zu widerlegen gesucht, indem man beweisen wollte: die vortheilhafteste Geschwindigkeit von  $F$  sey  $= \frac{1}{2} C$ . Es ist aber diese Widerlegung, für welche dem aufmerksamen Beobachter sich keine Erfahrungen zeigen, auf einen andern Irrthum begründet, nämlich auf den falschen Satz, daß der Stoß des Wassers dem Gewichte einer Wassersäule gleich sey, welche  $F$  zur Grundfläche,  $2h$  zu ihrer Höhe habe; und daß nicht  $CF$  die Größe des absoluten Stoßes erzeuge, oder  $P = CFg$  sey.

Dieses findet allein bei der Fallhöhe 1 Sec.  $= 15,625$  Fuß statt, deren gleichförmige Geschwindigkeit  $= 31,25'$  der doppelten Fallhöhe gleich ist; bei allen andern Fallhöhen unter  $15,625'$  ist  $C$  größer als  $2h$ ; und daher hat man, zumal für niedrige Gefälle, die Kraft viel kleiner angenommen, als die Natur sie wirklich giebt.

**II.** Dieß giebt eigentlich eine betrügerische Rechnung, bei der man weniger ins Debet schreiben will, als man erhalten hat. Denn wenn z. B. für 9' Wasserhöhe und  $F = 1 \square$  Fuß  $C = 23,70'$  und  $P = 23,70 \cdot g$  ( $g = 65 \text{ \&}$ )  $= 1540,5 \text{ \&}$  in 1 Sec. hat; 2h, (die doppelte Wasserhöhe) 18' und ihr Gewicht  $= 1170 \text{ \&}$  ist, so bleibt ein wirklicher Ueberschuß an Kraft von  $370\frac{1}{2} \text{ \&}$ ; an welchen man gewissermaassen einen geheimen Fonds sich vorbehalten hätte, mit welchem manche Fehler der Maschine sich allerdings decken, und der Effect sicher erreichen läßt.

**III.** Hatte man  $P$  nach 2h berechnet, so mußte man natürlich finden, daß der Effect in der Natur größer war, als ihn das berechnete  $P$  geben konnte, und daher trat hier der Fall **IV.** ein, wo  $F$  Beschleunigung erhielt.

Beispiel.

a. Ist  $C = 23,70$ ;  $P = 1540,5$ ; also  $\frac{1}{2} P = 513\frac{1}{2} \text{ Pf.}$   
 $\frac{1}{2} C = 7,9'$   
 so ist der ganze Effect  $= E$ ; wenn die Last nur gleiche Geschwindigkeit haben soll,  
 $= 1540,5 \times 7,9 \cdot \frac{2}{3} = 8113,2 \text{ \&}$

Sind die Geschwindigkeiten ungleich, so werden die Producte der Kraft und Last in ihre Geschwindigkeit einander gleich seyn müssen (§. 7) und daher z. B. ( $c' = 20$ ) wird  
 $Q = \frac{8113,2}{20} = 405 \text{ \&}$ , welche von der Kraft  $P = 1540,5$ , und ihrer Geschwindigkeit  $= 7,9$  bewegt werden.

b. Nimmt man die Geschwindigkeit von  $F = c' = \frac{1}{2} C = 11,85$ . so muß, um diese Geschwindigkeit zu erzeugen, dazu die gleichgroße Geschwindigkeit der andern Hälfte von  $C$  verwendet werden. Es darf also gar kein Widerstand  $m$  vorhanden seyn, welcher die Geschwindigkeit dieser Bewegung aufhielte; oder bei  $C = 2c'$  oder  $c = \frac{1}{2} C$ . muß  $m = 0$  seyn. Denn von der Geschwindigkeit  $C$  ist  $\frac{1}{2} C$  durch das Ausweichen der Fläche völlig verloren; das andere halbe  $C$  soll aber zu Gewaltigung eines Widerstandes  $m$  verwendet werden, und zugleich eine Geschwindigkeit  $= \frac{1}{2} C$  hervorbringen. Das

her kann nur eine von zwei Möglichkeiten Statt finden; entweder muß  $\frac{1}{2}C$  durch  $m$  verkleinert werden, oder es muß zu dem Gewichte  $M$  des andern Factors von  $P$  etwas hinzugefügt werden. In beiden Fällen entsteht aber ein Verlust an der Größe des Effects, oder es wird mehr Kraft erfordert, einen gleichen Effect zu erreichen.

c. Nimmt man für  $P$  das Gewicht einer Wassersäule von der doppelten Höhe =  $2h$  an, und verlängert dadurch einen Theil der Kraft, welche die Natur wirklich gewährt; so hätte man nach vorigem Beispiele, als Product der Geschwindigkeit der gestoßenen Fläche in das Gewicht der Wassersäule:

=  $11,85 \cdot 1170 = 13806$ , wovon nur die Hälfte zur Wirkung kommt mit  $6903 \mathcal{R}$ ; anstatt der  $9127,9 \mathcal{R}$ , welche in diesem Falle wirklich vorhanden sind; denn

$$\frac{11,85 \cdot 1540,5}{2} = \frac{18254,9}{2} \mathcal{R}.$$

Diese Vorstellung von der Wirkung des Wasserstoßes (§. 29) stimmt mit den Resultaten der Lambertschen Beobachtung, in so fern diese durch Localität nicht besonders eingeschränkt waren, überein; und auch die von Smeaton gegebenen Regeln beruhen auf demselben Grunde.

Daß aber selbst bei der Annahme einer geringern Kraft, der Effect gewöhnlicher Mühlen sich nicht völlig so groß zeigte, als die wirklich vorhandene Kraft ihn hätte geben müssen, dies lag an den übrigen schlechten Einrichtungen der Mühlen selbst, bei welchen der schiefe Stoß auf die Schaufeln, und die große Reibung unrichtiger Eingriffe der Getriebe, einen großen Theil der Kraft ohne Nutzen wegnahm.

VI. Das  $\frac{1}{4}$  der Geschwindigkeit, welches mit dem Ausweichen der Fläche, für den Effect verloren gehet, hat aber die gute Wirkung, das Stauwasser aus dem Untergerinne herauszutreiben, und dem Rade einen ungehinderten Gang zu verschaffen. Daher ist es nicht rathsam, die Untergerinne übermäßig breit zu machen, und ihren Wasserspiegel zu flach zu legen, weil dadurch die Geschwindigkeit des Fließens ver-

mindert wird, ungeachtet dieß sonst verhindert, daß die Schaufeln nicht viel Wasser aufnehmen. Beträgt das  $\frac{1}{2}$  Geschwindigkeit 6 bis 7 Fuß in 1 Sec. so werden 1 bis 2 Fuß Stauwasser den Gang des Rades noch nicht beeinträchtigen können. Ein Rad hingegen, welches kein Untergerinne hat, und sein Wasser unmittelbar in einen weiten Kolk ausgießt, wird schon von wenigem Stauwasser belästigt.

VII. Unter den Beispielen, welche man bei Schriftstellern angeführt findet, ist leider keines, aus welchem man die Verhältnisse der Kraft zu ihrer Wirkung genau bestimmen könnte, weil dabei noch immer viel Nebenumstände der unvollkommenen Einrichtung der Maschinen selbst, als Reibung, schiefer Stoß, falsche Eingriffe, mit im Spiele sind, die eine genaue Schätzung unmöglich machen. Es ist aber gewiß: daß viele Mühlen, welche gute Dienste leisten, eine größere Wirkung erzeugen, als aus der Berechnung ihrer Kraft, nach dem Gewichte einer Wassersäule von der doppelten Höhe, herauskommen kann. (§. 51. IV.)

Anmerkung.

Der Irrthum bei Vergleichung des Wasserstoßes mit dem Gewichte einer Wassersäule von der Höhe des Gefälles ist von Belidor ausgegangen, und von seinen Ausschreibern verbreitet worden. Tom. 1. c. III. §. 575 sagt er:

Da die Geschwindigkeit im Canale (Gerinne) gleichförmig, und durch die Quadratwurzel der mittlern Höhe **LK** ausgedrückt ist: so wird der Stoß = dem Producte aus der gestohlenen Fläche in das Quadrat der Wurzel von **LK**, welches **LK** selbst ist, folglich, wenn die Fläche =  $4 \square'$ , **LK** = 10', wären, so wäre der Stoß gleich dem Gewichte von 40 Cub. = Fuß oder = 2800  $\mathcal{L}$ .

Die der Höhe **LK** zugehörnde Geschwindigkeit ist aber, nach Bel. Maassen =  $\sqrt{10 \cdot 60} = 24,49$ , folglich  $4 \cdot 24,49 = 97,96$  Cub. = Fuß oder 6857,20  $\mathcal{L}$ .

Dieser große Unterschied bewog Andere, mit nicht besserm Grunde, das Gewicht der Wassersäule von doppelter Höhe anzunehmen.



Da Belidor auf den folgenden Satz alle seine folgenden Berechnungen begründet hat, so sind diese für die Ausführung sämmtlich unbrauchbar.

§. 30.

I. Der schiefe Stoß verhält sich, bei gleichen Massen und Geschwindigkeiten zu dem senkrechten, wie der Sinus des Einfallswinkels zu dem Sinus totus. Tab. I. Fig. 12, oder wie  $DE : DH$ .

Bei dem Stöße des Wassers  $FC = P$  wirkt er auf die Ebene  $AB$  in der Richtung  $DH$  nur so stark, als wenn er senkrecht auf dieselbe mit der Kraft

$$FC \cdot \frac{DE}{DH} = \sin. DHE \cdot FC$$

ansieße. §. 29 war der senkrechte Stoß = 1540,5 &. dieser würde bei  $DHE = 30^\circ$ , nur  $\frac{0,50 \cdot 1540,5}{1,00} = 770,25$  &.

seyn.

II. Bei dem Wasser, welches in seinen natürlichen durch den Fall erhaltenen Richtungen sich bewegt, erleidet der schiefe Stoß nicht den völligen Abgang an seiner Kraft, wie bei festen Körpern. Denn wenn Tab. 1. Fig. 13, ein fester Körper gegen eine Fläche  $AB$  unter dem Winkel  $CDB$  anstößt, und unter einem gleichen Winkel  $EDG$  abgewiesen wird, so geschieht dieses auch mit allen Elementen  $DE$ , de... des Wasserstrahles. Allein da diese durch den Stoß gegen  $AB$  an ihrer ersten Geschwindigkeit verloren haben, so werden sie durch die mit ihrer ganzen Geschwindigkeit nachfolgenden Strahlen  $fe$ ,  $FE$ , welche durch den Stoß gegen  $AB$  noch nicht geschwächt sind, noch an  $AB$  herangedrückt, und vermehren dadurch das Gewicht der auf  $AB$  wirkenden Masse. Ungeachtet dieses kleinen Vortheils, muß man doch, wegen des allgemeinen Verlustes, den schiefen Stoß des Wassers bei Maschinen zu vermeiden suchen.

III. An einem unterschlächtigen Wasserrade erhält man zwar den senkrechten Stoß gegen die unterste, lothrecht stehende Schaufel, in der vortheilhaftesten Lage, wo das Wasser

seine größte Geschwindigkeit erreicht hat, allein sie kann bei der Bewegung des Rades diesen Stoß nur im einzigen Zeitmomente auffangen, und alle übrigen Schaufeln werden schief gestossen.

IV. Diesem Nachtheile hat man durch verschiedene Mittel zu begegnen gesucht, und dazu Fang- oder Kropfschaufeln, oder Bekleidungen der innern Ränder der Räder angewendet. Da diese Vorrichtungen aber den Verlust beim schiefen Stosse nicht vermindern, sondern nach der Lehre von Zerlegung der Kräfte, dem Stosse nur solche Richtungen anweisen, die gegen die Mitte des Rades, und nicht wie Tangenten senkrecht gegen die Radien gehen; so ist die Wirkung desselben zum Theil nur gegen den Zusammenhang des Rades und die Verbindung seiner einzelnen Stücke gerichtet, und die Erfahrung zeigt: daß Räder mit Fangschaufeln nicht so dauerhaft sind, als mit einfachen Schaufeln.

Anderer haben den Schaufeln solche Richtungen gegeben, welche dem Stosse bei seinem Anfange schon senkrecht entgegen standen, sie haben aber nicht bedacht, daß der Stoß, welcher eine höher stehende Schaufel berührt, seine größte Stärke noch nicht erreicht hat, und daß die Schaufeln nicht senkrecht auf die Radien bleiben, daher denn auf die entgegengesetzte Art derselbe Kraftverlust wie bei dem schiefen Stosse entspringt.

*Incidit in Scyllam, qui vult vitare Charybdiā.*

V. Einige Schriftsteller halten es für ein Zeichen, daß das Wasser seinen Stoß völlig und ohne Abgang von Kraft ausgeführt habe, wenn es schäumt und spritzt, und doch ist dieses ein untrüglicher Beweis von dem Gegentheile. Bei dem wirklich senkrechten Stosse, und dem gleichförmigen Fortgange des Rades in seinem Beharrungsstande, kann nichts anderes, als eine Aufstauung des Wassers vor der Schaufel erfolgen, welche, wenn das Rad z. B. mit  $\frac{1}{2}$  der ganzen Geschwindigkeit des Wasserstrahles sich umdrehet, und bei dem besten Effecte nie mehr als  $\frac{2}{3}$  der eigentlichen Dicke des Wasserstrahles betragen kann. So würde ein Wasserstrahl

von 3 Zoll Dicke vor der Schaufel sich nur um 2 Zoll aufschwellen, und 5 Zoll dick werden.

§. 31.

Mit der Umdrehung eines Rades verändert sich die Richtung des Stoßes gegen die ausweichende Fläche der Schaufel in jedem Zeitmomente, oder diese Veränderung ist transcendendisch. Sie kann daher durch kein anderes Mittel aufgehoben werden, als durch ein solches, welches die entgegengesetzte transcendendische Eigenschaft hat. Diese findet sich bei den schon §. 26. III. erwähnten Cycloiden, **Tab. 1, Fig. 14. a.**

Bei denselben ist eine jede gerade Linie von dem Punkte **B**, (in welchem der erzeugende Kreis **AEBA**, **DG** berührt,) nach einem Punkte **F**,  $\delta$  oder  $\sigma \dots$  in der Cycloide **D**  $\sigma$   $\delta$  **F**, stets senkrecht. Denn wenn man sich ein Element der Cycloide = **Ff** vorstellt, so wird während der Umdrehung des Umkreises **BEA** auf **DG**, wobei **F** nach **f** vorrückt, auch ein anderer Punkt **b** anstatt **B**, die Linie **DG** berühren. Man kann daher für einen solchen kleinen Theil das Stück der Cycloide **Ff**, mit einem Stücke eines aus **B** mit **BF** beschriebenen Kreisbogens **HFI** = **Ff**, verwechseln, bei welchem **BF** und **Bf** auf die Tangenten beider Punkte, oder auf die Bogenstücke selbst, senkrecht sind.

Wäre  $\sqrt{\quad}$  der Punkt, welcher die Cycloide  $\nu\beta$  beschrieben hat, so wird **B** $\sqrt{\quad}$  verlängert, die Cycloide **F** $\delta$ **D** auch senkrecht durchschneiden, oder jede gerade Linie von dem Berührungspunkte **B** oder **b**, durchschneidet jede von einem Punkte im Umkreise des Kreises beschriebene Cycloide **FD**;  $\nu\beta$ .  $ka \dots$  senkrecht. Was hier von den Tangenten **DB** und **Db** gesagt ist, gilt von allen Tangenten an dem Umkreise **AEBA**, und umgekehrt, wenn eine Tangente **DB** oder  $\delta k$  auf die Cycloide **FD**, in  $\delta$  oder **D** senkrecht ist; so wird sie auch in jedem andern Durchschnittspunkte derselben senkrecht seyn, die Cycloide mag sich in  $\nu\beta$ ,  $ka \dots$  oder in jeder andern Entfernung von **B**. befinden.

**II.** Hieraus folgt: daß bei der Umdrehung eines Rades von **F** nach **B**, die, nach einer bestimmten Richtung **JB** oder **DB** wirkende Kraft, alle Cycloiden, welche von Punkten in dem Umkreise **AEBA** durch das Walzen auf **DG** beschrieben werden können, wie **Fσ**; vß... senkrecht durchschneiden müsse.

**III.** Mit Anwendung dieser transcendentesischen Eigenschaft der Cycloiden, erhält man demnach ein Mittel, wodurch der schiefe Stoß auf die Schaufeln der Wasserräder aufgehoben werden kann, wenn die dem Stöße entgegenstehenden Seiten derselben nach dieser krummen Linie geformt werden; wie dieses unten §. 46 näher angewiesen wird.

Durch diese Einrichtung der unterschlächtigen Wasserräder habe ich bei vielen, theils neu erbauten, theils veränderten Mühlen, einen viel größern Effect hervorgebracht, als alle andern Arten der Verschäufelungen gaben.

§. 32.

**I.** Ehe ich weiter gehe, muß ich der Wirkung des Wasserstoßes, welche die Bewegung der Maschinen an sich zwar nicht betrifft, die aber bei allen Wasserbauwerken von großem Einfluß ist, und wohl berücksichtigt werden muß, erwähnen; dieß ist die Wirkung bei Vertiefung des Grundes in den Wasserbetten. Theoretisch würde dieser Gegenstand sich wohl untersuchen lassen, ich will aber statt dessen die Erfahrungen, welche ich aus vielen eigenen Beobachtungen mir abstrahirt habe, hier anführen, da dieselbe für alle Fälle in der Ausübung ausreichen.

Ein jeder fallende Wasserstrahl wirkt mit einer Kraft gegen den Grund eines untern Wasserbettes, als die Fallhöhe des Unterschiedes von dem obern gegen den untern Wasserspiegel erzeugen kann. Daher kann eine Vertiefung unter die Fläche des untern Wasserspiegels, nie mehr als die Größe dieses Unterschiedes betragen, und man weiß hiernach die Maaße der Tiefen, bei welchen die Gründe der Bauwerke nicht mehr unterwaschen werden können.

Durch einen natürlich festen Felsengrund kann die Vertiefung wohl aufgehalten werden, bei nachgebendem Boden erfolgt sie aber gewiß, wenn gleich bei zähen Erdarten etwas langsamer, als in lockerm und sandigem Grunde. Ich sah die Brücke bei Hameln einstürzen, weil der hohe Wasserstand über der Schlacht eine so weit sich erstreckende Vertiefung unterhalb derselben gemacht hatte, daß die steinernen Brückenpfeiler unterwaschen wurden, ihren festen Aufstand verloren, und sinken mußten. So lange diese Brücke gestanden hatte, oder eigentlich seit der Zeit, daß die Schlacht und die Schleuse gebauet war, hatte kein so hoher Wasserstand Statt gefunden, der den Fundamenten der Brückenpfeiler gefährlich werden konnte. Eben so stürzte die bunte Brücke vor Minden ein, weil man mit Beschränkung des sonst umlaufenden Wassers durch einen Chauffeedamm, einen bis dahin ungewöhnlichen hohen Wasserstand, vor der Brücke erzeugt hatte, bei welchem das durch die Bogen strömende Wasser sogleich unterhalb in den Grund wühlte, und die Fundamente der Brückenpfeiler untergrub. Ich könnte noch viele Beispiele dieser Art anführen, wobei theils die unvorsichtigen Einschränkungen der Wasserbahnen, und die dadurch veranlaßten Aufstauungen des Wassers, theils die zu flachen Begründungen, Ursachen des Einsturzes von Brücken und Schleusen wurden.

In Strömen verursachen Hindernisse, als Einbaue und dgl., welche der Richtung des Stromes senkrecht oder schief entgegen stehen, allemal Vertiefungen des Grundes, welche aber niemals mehr als das Doppelte der Normaltiefe betragen können. So haben die Vertiefungen an dem Dithmarsischen Elbufer bei Brunsbüttel, ungeachtet des starken Dranges an den Schlengen, nie die doppelte Normaltiefe der Elbe von 36 Fuß; = 72 Fuß überschritten.

II. Die Zuleitung des Wassers zum Gebrauch bei Maschinen muß so eingerichtet werden, daß die vorhandene Wassermenge mit dem wenigsten Verluste ihrer Bewegung zur Wirkung gelange, und dazu müssen nicht allein alle Hindernisse, welche die Adhäsionsflächen vermehren, als Wasserge-

wächse, Einbaue u. dgl. entfernt, sondern auch die Seiten und der Boden des Canals in ihrem Flächeninhalte möglichst verkleinert werden, welches bei der Quadratform des Durchschnittes am besten erreicht wird.

Die Gesetze von dem Fließen des Wassers theoretisch zu erklären, hat man noch immer für schwierig gehalten, und dafür lieber Geschwindigkeits-Messungen zu Bestimmung der Wassermengen gebraucht. Da aber diese Gesetze in der Natur wirklich vorhanden sind, und die sorgfältigsten Messungen noch immer Fehlern unterliegen, so wird es für jene Bestimmungen nur auf vorurtheilsfreie Betrachtung ankommen.

1) Ein Fluß bewegt sich in reinen Ufern, allein die hydrostatische Wirkung der Schwerkraft in dem Wasser, und seine Bewegung wird nur durch die Adhäsion an den Wänden seines Bettes verzögert.

2) Die Geschwindigkeit  $C$ . Tab. 1. Fig. 14<sup>b</sup>. entsteht von dem Unterschiede der Wasserhöhen bei  $d$  und  $e$ ,  $= ef$ . und die Wassermenge wird (die Adhäsion noch bei Seite gesetzt)  $= \frac{2}{3} xya$ . Weil diese aber den ganzen Durchschnitt  $ah$  ausfüllt, so wird die mittlere Geschwindigkeit  $c' = \frac{\frac{2}{3} xya}{ah}$ .

3) Die Adhäsion ist in unmittelbarer Berührung mit den Wänden des Canals am stärksten, erstreckt sich aber in die nächsten Wassertheile; jedoch, wie die Wirkung einer jeden Kraft, abnehmend, im Verhältnisse der Quadrate der Entfernung, von ihren Entstehungspunkten. Beschaffenheit der Materie, Unterschiede der Temperaturen verändern die Einwirkungen derselben, doch können große Maschinen schwerlich für Correctionen solcher Verschiedenheiten in gewissen Zeiten eingerichtet werden, und dieß ist auch bei der Kleinheit solcher Unterschiede gegen die ganze Kraft unnöthig.

4) Da die mittlern Stromfäden von dem Boden, den Wänden, und der Oberfläche entfernt, sich bewegen, so wird ihre anfängliche Geschwindigkeit durch Adhäsion und den Einfluß der Luft am wenigsten geschwächt, und daraus erklären

sich alle Erscheinungen, welche man bei dem Fließen des Wassers wahrnimmt.

In den Resultaten sorgfältiger Strommessungen (z. B. der Brüningsschen) findet man diese Wahrheit durchaus bestätigt, aber selbst von ihren Urhebern nicht richtig erkannt. Denn es gehet aus denselben klar hervor:

- a. daß über den größten Tiefen, wo also die Stromfäden von der Adhäsion am wenigsten afficirt wurden, die Geschwindigkeiten am größten waren; und
- b. daß daselbst die Geschwindigkeit an der Oberfläche verhältnißmäßig geringer war, als näher am Ufer über flächern Stellen, weil bei der geschwindern Bewegung die Anhänglichkeit an die Luft stärker wurde, und daher sich tiefer unter die Oberfläche erstreckte.

**Anmerkung.** Um über die Geschwindigkeiten und Wassermengen der Ströme etwas Bestimmtes sagen zu können, muß man das natürliche Verhalten der Schwerkraft im Wasser genau betrachten.

1) Es ist ausgemacht: daß das Wasser in communicirenden Röhren seinen horizontalen Stand der Oberflächen, mit derjenigen Geschwindigkeit herstellt, welche dem Unterschiede verschiedener Höhen angehört, die sich wie die Quadratwurzeln derselben verhalten, oder wonach die Quadrate der Geschwindigkeiten selbst, im Verhältnisse der Unterschiede jener anfänglichen Höhen stehen.

2) Weiß man: daß wenn man sich ein Strombett winkelmäßig auf die Richtung des Stromes durchschnitten vorstellt, (etwa wie eine Arche oder Gerinne) durch welchen Durchschnitt das ausströmende Wasser so wegsiele, daß von demselben kein Hinderniß für das nachfolgende verursacht würde; die durch diesen Durchschnitt laufende Wassermenge dem Inhalte einer Parabel, welche die Wasserhöhe  $h$  zur Abscisse, die vorhandene Geschwindigkeit  $c$ , (welche  $h$  angehört) zur Ordinate hat, multiplicirt mit der Breite des Durchschnitts  $= b$  gleich seyn wird. Oder, da der Inhalt einer solchen Parabel  $= \frac{2}{3}$  eines Rechtecks  $hc$  ist, so wird die in einer gewissen Zeit  $t$  für  $c$  durchfließende Wassermenge  $= \frac{2}{3} hcb$ .

3) Bei ungleichen Wasserhöhen in den Breiten  $b$  verändern sich die Geschwindigkeiten in den Verhältnissen der

der verschiedenen Höhen, und dem gemäß auch die Wassermengen.

4) Also bestimmen sich die natürlichen Wassermengen welche von gegebenen Wasserhöhen mit ihren Geschwindigkeiten in gewissen Zeiten geliefert werden, nach 3. wie dies (den Verlust durch Adhäsion bei Seite gesetzt) viele Erfahrungen bestätigt haben.

5) Soll das Wasser aber in einerlei Längen- und Breiten-Profile fortfließen, so muß es dasselbe auch ausfüllen, wozu aber, weil die natürliche Wassermenge um  $\frac{1}{4}$  weniger beträgt, als das Rechteck des Durchschnittes  $= hc$ ; auch längere Zeit erfordert wird.

Oder indem mehr Zeit dazu gehört das wirkliche Strombett auszufüllen, so wird die ganze Geschwindigkeit in demselben kleiner; mit andern Worten:

Die mittlere Geschwindigkeit eines Stromes ist kleiner als die Geschwindigkeit, welche der Wasserhöhe angehöret.

Jede Veränderung in den Wasserhöhen und Durchschnitten, muß daher auch Veränderung der mittleren Geschwindigkeit hervorbringen. Wird z. B. durch eine an dem Boden des Strombettes befindliche Erhöhung, die Wasserhöhe selbst vermindert und dadurch das Stromprofil kleiner, so kann durch dasselbe in gleicher Zeit mit der vorhandenen Geschwindigkeit nicht soviel Wasser durchfließen, als durch den nächst oberen Durchschnitt, und daher sammelt sich die größere Wassermenge vor dem engeren Profile, die Geschwindigkeit wird dadurch verzögert, und es entstehet eine Aufstauung des Wasserspiegels, oder eine Erhebung der Wasserfläche  $h'$ , welche so lange zunimmt, bis die, dieser Höhe zugehörnde Geschwindigkeit groß genug geworden ist, um in gleicher Zeit die Wassermenge  $\frac{1}{3}hcb$ , durch das engere Profil  $h'cb'$  durchzuführen und  $\frac{1}{3}h'c'b'$   $= \frac{1}{3}hcb$  zu machen. Fig. 14. c.

Um diese Aufstauung bei  $h'$  zu erzeugen, nimmt die Geschwindigkeit  $c$  von  $h$  an allmählig ab und wird bei  $h'$  am kleinsten. Denn indem die Wassermenge, welche vorher durch  $pnh = hb$ , mit der Geschwindigkeit  $c$  ging, von dem kleinern Profile  $h'b = kmb$ , welches durch  $mq$  verengt wird, nicht ganz abgeführt werden kann, so muß der Rest derselben sich zuerst in  $kli$ ; ferner  $kl'i'$ , u. s. f. aufstauen, bis  $ml'$  groß genug geworden ist, um eine Geschwindigkeit  $c'$  zu erzeugen, mit welcher die sämtliche Wassermenge durch  $ml'$  in der gleichen Zeit laufen kann,



welche zu dem Durchgange bei  $pn$  erforderlich war, und wodurch also  $h'bc' = hbC$  wird.

Wer das ganze Verhalten kleiner Wasserläufe bei ungleichem Boden und abwechselndem Gefälle beobachten will, wird diese Wahrnehmung bestätigt finden; und grade solche Beobachtungen eignen sich vielmehr dazu, sich einen richtigen Begriff von diesem Gegenstande zu verschaffen, weil bei denselben alle Umstände sich leichter übersehen lassen, als bei größern Flüssen von kleinen Gefällen.

6) Wird das untere Profil größer, kann also die vorhandene Wassermenge sich schneller ausbreiten, so muß der Wasserspiegel bei  $k$  sich senken, und es wird eine Beschleunigung der Geschwindigkeit  $c$  erfolgen, die dann umgekehrt abnehmend von  $h'$  nach  $h$  bemerklich wird.

Beide Wirkungen: die Verzögerung der Geschwindigkeit (5) und diese Beschleunigung, bleiben unter sich ähnlich, es mögen dieselben von eingeschränkten oder erweiterten Breiten oder Höhen der Durchschnitte  $h'$  herrühren.

Dergleichen Veränderungen in den Profilen kommen in kleinen Bächen so häufig vor, daß sich nur selten kurze Strecken in denselben finden, worin die mittlern Geschwindigkeiten einige Gleichförmigkeit haben, und von den eben genannten Ursachen nicht verzögert oder beschleunigt werden.

Selbst in größern Flüssen von geringer Geschwindigkeit verräth sich jeder Gegenstand, der auf dem Grunde derselben eine geringe Verengung oder Erweiterung des Profils veranlaßt, durch die veränderte Bewegung auf der Oberfläche des Wassers, welche sich bald in Beschleunigung, bald in Verzögerung der Geschwindigkeit oder in Veränderung der Richtung der Stromfäden zu erkennen giebt.

7) Hat ein Strom in seiner Länge, Breite und Tiefe, auf eine ziemliche Strecke gleiches Maas, so bleibt auch seine mittlere Geschwindigkeit  $c'$  dieselbe, und diese nennt man dann den Beharrungsstand des Flusses.

Nach 5) und 6) kann derselbe nur bei Strömen, die in einem gleichförmigen Bette mit geringer Geschwindigkeit fließen, auf lange Strecken Statt finden, und etwaige Veränderungen bleiben um so unmerklicher, je weniger Abwechselung in dem natürlichen Abhange des Bodens vorkommt. Das angemessene Breitenprofil verschafft ein Strom in gleichförmigem Boden sich leicht selbst, hingegen in ungleichartigem Boden, wie z. B. in Gebirgsgegenden, wo häufig harte Lehm- und Steinschichten quer durch die Flußbetten streichen, erlauben die Veränderungen der Breiten und die

kurz nach einander folgenden Abwechslungen in den Erdrarten des Erdbodens, keine anhaltende Beharrungsstände der Stromgeschwindigkeiten.

8) So (7) würden bei dem Laufe der Ströme Geschwindigkeiten und Wassermengen sich verhalten, wenn es keine andern Umstände gäbe, welche dieselben außerdem beeinträchtigen könnten. Diese werden von der Adhäsion des Wassers an die Wände des Flußbettes, und an die Luft auf der Oberfläche derselben verursacht.

Die Adhäsion, als Folge der gegenseitigen Anziehung fester Körper gegen das Wasser, und von diesem gegen jene, ist am größten in dem Zustande der Ruhe, und sie wird bei der Bewegung des Wassers mit zunehmender Geschwindigkeit desselben vermindert; übrigens steht sie in dem Verhältnisse der benetzten Flächen.

Bei der Berührung des Wassers mit der Luft kommt es mehr auf die Verwandtschaft beider an, und eine dichtere Luft wird nicht allein an sich stärkere Anziehung äußern, sondern diese muß auch stärker werden, wenn in gleichen Zeiten mehre Theile von beiden mit einander in Berührung kommen.

9) Die Anziehungskraft aller Körper hängt von der Menge der Materie, welche sie bei gleichem Volum enthalten, d. i. von ihrer Dichtigkeit ab; sie ist also bei schweren Körpern größer als bei leichten und lockeren. So äußert sie sich allgemein, wenn nicht chemische Eigenschaften scheinbare Modificationen derselben verursachen. Daher verändert sie sich besonders bei Flüssigkeiten mit der Temperatur.

Die eigentliche Größe der Adhäsion bei verschiedenen Materien, würde sich zwar durch Versuche wohl ausmachen lassen, und man würde auch die Verhältnisse zwischen Adhäsion, Cohäsion, und den Gewichten der Materien im Kleinen bestimmen können. Allein da überhaupt Schlüsse vom Kleinen auf das Große nicht zuverlässig sind, und in der Natur noch andere mitwirkende Umstände vorkommen, so würden die Resultate jener Untersuchungen nur von eingeschränktem Gebrauche seyn, und dies ist wohl die Ursache, warum man sich mit diesem Gegenstande bisher so wenig beschäftigt hat.

10) Die Adhäsion — ihre wirkliche Größe sey welche man will — kann man in beträchtlichen Strecken einer Strombahn als gleichmäßig annehmen. Da sie nun nur soweit in Betrachtung kommt, als sie die Geschwindigkeit des Wassers verzögert, so raubt sie von kleinen Geschwin-

digkeiten und Wassermengen einen verhältnißmäßig größeren Theil, als von größeren Geschwindigkeiten. Diese Bemerkung reicht schon hin, um das natürliche Verhalten des Laufes der Ströme, und die dabei vorkommenden Erscheinungen zu erklären.

11) Obgleich die Formen der Stromprofile, besonders in den Breitendurchschnitten von den gegenseitigen Wirkungen der Geschwindigkeit und Adhäsion entstehen, so läßt die Sache, ihrem Ursprunge nach, sich doch folgendermaßen betrachten, wie es auch ein Jeder, der neue Wasserläufe hat graben lassen, in seinen eigenen Erfahrungen bestätigt finden wird.

Fig. 14. d. abcd sey das Breitenprofil des in einem neuen Canale befindlichen Wassers, welches sich in demselben seiner Länge nach mit einer gewissen mittleren Geschwindigkeit  $c'$  bewegt. Die Adhäsion an den Boden und die Seitenwände des Canals wird nun mit den Flächen in Verhältniß stehen, deren Grundlinien  $c$ , und ihre andern Seiten  $ac$ ;  $bd$ ;  $cd$ , und  $fd$  sind. Von diesen legt die Adhäsion in endlichen Reihen von  $c$  nach  $i$ ; von  $d$  nach  $x$ ; oder von  $cd$  und  $fd$  nach  $ix$ ; von  $ac$  nach  $pq$ , und von  $bd$  nach  $rs$  ab. Die Grenze wo ihre Wirkung verschwindet oder  $= 0$  wird, sey in  $ptwur$ . Es ist augenfällig: daß in den Ecken  $ud$  und  $tc$  die Anziehung doppelt ist, da hier die Grund- und Seitenflächen zugleich wirken; und daß dadurch die Geschwindigkeit  $c'$  so verzögert wird, daß wenn die einfache Anziehung  $= sd^2 = xd^2$  wäre, die doppelte  $= sx^2$  seyn, und ihre Wirkung sich bis in  $yz$  erstrecken muß.

12) Hätten nun der Boden und die Seiten des Canals solche feste Wände, daß die Bewegung des Wassers keine Veränderungen an denselben bewirken könnte, so würde auch nichts weiter erfolgen als eine Verminderung der Geschwindigkeit  $c'$  und der davon abhängenden Wassermenge des Durchflusses.

Weil aber die Betten der Flüsse, auch wenn sie nur langsam fließen, nur selten einen so festen Boden haben, an welchem die Stromgeschwindigkeit keine Gewalt ausüben kann, so wird da wo die Kraft von der Anziehung am wenigsten geschwächt ist, wie in  $ek$  ein Angriff auf den Grund (Scheuerung) erfolgen, und denselben unter  $ed$  vertiefen. Die aufgelöseten Erdtheile werden anfangs fortgeführt, finden aber Gelegenheit in den Ecken  $iqc$  und  $sxd$ , wo die Geschwindigkeit am kleinsten ist, sich zu lagern.

Dadurch vermehrt sich die Adhäsion, und bringt allmählig eine neue Verminderung der Geschwindigkeit bei *at* und *bu* hervor, wodurch wechselseitig Profile und Geschwindigkeiten sich verändern, und die ersten eine Form wie *anb* annehmen.

**Fig. 14. e.** In einem sandigen Boden, wie er bei größeren Flüssen häufig gefunden wird, ändert sich die Form des Profils wie in der Zeichnung 1; bei Lehm- oder Klei-Boden wie in 2, und in thonigem oder zähem Lehm-Boden wie in 3. Es können bei diesem letzten die Seiten *ac* und *bd* sich oft ganz senkrecht erhalten, und dann entsteht in *fn* nur eine geringe Vertiefung unter der Horizontallinie *ed*.

13) So lange ein Flußbett aus einerlei Erdart besteht, und wenn keine äußern störenden Ursachen vorhanden sind, erhält sich die größte Tiefe und Geschwindigkeit in seiner Mitte, und der Hauptstromstrich bleibt von beiden gegenüberstehenden Ufern gleich weit entfernt. Die natürliche Erscheinung dabei ist: daß die Stromfäden, welche in der Mitte des Strombettes *abgh* von *e* nach *f* mit weniger verzögerter Geschwindigkeit, als an den Ufern *ag* und *bh* fließen, den letzten voreilen, und diesen dadurch Gelegenheit geben, mit zunehmender Geschwindigkeit von *k* nach *l* zu fließen, und der Geschwindigkeit in *ef* zu folgen. Doch wer kennt den Unterschied nicht, der sich bei jedem Strome zwischen seinem sogenannten Stromstriche, und dem langsamen Fließen an den Ufern entlang endet?

**Fig. 14. f.** 14) Wenn aber in dem Boden eines Flußbettes sich solche Erdarten befinden, deren natürlicher Zusammenhang von dem Wasser leicht aufgelöst wird, oder die dem Stöße nachgeben, so führt der Strom die abgelöseten Theile mit sich fort, und es entsteht eine größere Tiefe, die da am schnellsten zunimmt, wo das Erdreich jenen Einwirkungen am meisten nachgiebt.

Liegen die lockeren Erdschichten näher an dem einen Ufer, so entsteht eine schiefe Richtung des Stromstriches, welche nach der Diagonale eines Parallelogramms *lk* geht, dessen lange Seite *lo* die mittlere Geschwindigkeit des Stroms, die kurze, *lm*, die neu hinzukommende Geschwindigkeit ausdrückt, womit das Wasser nach der vermehrten Tiefe *fn* von *l* nach *m* und von *o* nach *k* hinfällt; so daß *lk* auch den Ausdruck für die, durch die vermehrte Tiefe *kn* vergrößerte Geschwindigkeit in *k* giebt.

Fig. 14. g. 15) Die mit solchen Abwechslungen der Erdarten in dem Boden eines Flußbettes verbundenen Zunahmen der Stromtiefen und Geschwindigkeiten, und der ebendadurch veränderten Richtungen der Stromstriche gegen das eine oder das andere Ufer, sind die ersten Ursachen der Abweichungen der Strombahnen von den geraden Richtungen, oder der Krümmungen und Serpentinien, die also allein durch die im Wasser selbst liegende Kraft der Schwere hervorgebracht werden. Diese nenne ich: natürliche Ursachen der Serpentinien, im Gegensatz mit solchen Veranlassungen, die nicht in dem fließenden Wasser selbst (subjectiv), sondern in äußern Gegenständen liegen (objective), welche jedoch jenen ganz ähnliche Wirkungen hervorbringen; wie z. B. einmündende Flüsse, welche einen Hauptstromstrich nach dem entgegengesetzten Ufer hintreiben; hindernde Gegenstände, als Einbaue u. dergl., welche das Profil verengen, die folgende Geschwindigkeit vermehren, und den Stromstrichen andere Richtungen geben können. Diese bezeichne ich mit dem Namen: äußere Ursachen.

16) Indem mit jeder, zwischen dem mittlern Stromstriche  $ei$ , und einem Ufer  $bh$ , im Grunde des Flußbettes entstandenen Vertiefung, das Wasser von der andern Seite von  $ei$ , oder von  $q$  nach  $k$  und  $n$  hinfällt, so bleibt die Neigung  $lk$  so lange gegen das Ufer  $bh$  gerichtet, als die Beschaffenheit des Erdreichs den Bestand oder die Vergrößerung der Tiefe  $fn$  zuläßt — welche, wegen der vermehrten Geschwindigkeit bei  $k$ , auch in einem mit  $ei$  gleichartigen Boden noch zunehmen kann. — Finden sich aber zwischen  $kh$  und  $io$  solche Erdarten, die, durch ihre Zähigkeit dem Wasser mehr widerstehen, als diejenigen zwischen  $io$  und  $gq$ , so wird sich die Tiefe von selbst nach dieser Seite hinziehen.

17) Da aber bei einer auf die erste Art entstandenen Tiefe  $fn$  unter  $k$ , das Ufer daselbst steiler wird, so weist dasselbe den, unter einem Winkel  $\varphi$  einfallenden Stromstrich  $lk$ , unter demselben Winkel von  $k$  nach  $w$  ab; und diese Richtung gibt ein neues Parallelogramm, dessen kurze Seite  $kv$  gegen die des ersten Parallelogramms  $ok$  sich verhält wie  $\sin. \varphi : \sin. tot. = st : ok$ . Die abweisende Kraft ist daher unterhalb  $k$  kleiner als bei  $k$ , und es wird von dem mittlern Stromstriche  $ei$ , und von dem Seitendrucke von  $gq$  her, der neue Stromstrich aus seiner Richtung  $kx$  leichter an das Ufer  $kh$  gedrängt.

18) Wäre nun unterhalb  $k$  das Ufer  $kh$  fester als das gegenüberliegende, oder könnte man durch einen Einbau  $kw$  den Stromstrich  $lk$  bei  $k$  dergestalt auffangen, daß er unter dem Winkel  $= lky$  von  $kw$  abgewiesen würde, so könnte durch diese Richtung und mit der größeren Geschwindigkeit bei  $k$ , der Stromstrich  $ei$  nach  $g$  umgebeugt, und bei schmalen Flüssen ganz an das Ufer  $ag$  hingewiesen werden.

An großen Strömen ist dieses aber nicht möglich, weil die Wirkung des abgewiesenen Stromstriches den ganzen Hauptstrom nicht gewältigen kann, und dieser daher den ersten wieder überwindet und ihn mit vermehrter Geschwindigkeit und Kraft gegen das Ufer hintreibt, woselbst seine schädlichen Wirkungen sich alsdann noch stärker äußern.

In solchen Fällen kann man daher nur solche Mittel gebrauchen, welche eigene Haltbarkeit genug besitzen, um die schädliche Kraft der Stromstriche gänzlich zu decomponiren und die Ufer zu sichern, welches sich durch inclinirende Einbaue vollkommen erreichen läßt.

19) Es ist zwar nicht zu läugnen, daß die Abweichungen der Stromstriche von den geraden Richtungen, welche aus den Veränderungen der Tiefen entstehen, scheinbar einige Ähnlichkeit mit den Erscheinungen bei centrifugalen Bewegungen haben, und doch sind beide von einander unterschieden wie Subject und Object. Denn bei allen Fluidis ist es die in allen ihren Atomen befindliche Schwerekraft, welche ihre Bewegungen subjectiv erzeugt, ein jeder centrifugaler Körper wird aber als Object von einer außer ihm befindlichen Kraft getrieben; und Centrifugalkraft setzt immer Bewegung um einen Mittelpunkt, und Entfernung des bewegten Körpers von demselben, nach den Richtungen der Tangenten der um jenen beschriebenen concentrischen Kreise voraus; wie z. B. das Wasser von einem schnell herumgedrehten Schleifsteine abgeworfen wird. Dies findet aber bei dem, durch eigene Schwerkraft bewegten Wasser nicht Statt, und es bleibt fast unbegreiflich, wie die größten Theoretiker zwei, in ihren Ursachen so verschiedene Erscheinungen mit einander haben verwechseln können.

Von andern äußern Ursachen, welche Strombahnen verändern können zu reden, ist hier nicht der Ort; ich darf aber wohl erwähnen, daß ich schon vor 36 Jahren gegen die Meinungen älterer, und der damals lebenden Wasserbauverständigen: Silberschlag, Tetens, Büsch, Beckmann, Menner, die Lagen und Formen der Schutzwerke an großen

Strömen nach einer Theorie angegeben habe, welche sich an den Bauwerken zu Brunsbüttel in Süder-Dithmarschen, in Tiefen von 50—70 Fußsen als vollkommen bewährt erwiesen hat.

20) Bei künstlichen Wasserläufen, Mühlengerinnen u. dergl. verursacht die Adhäsion an den Boden und an die Seiten derselben einen unvermeidlichen Verlust an der Geschwindigkeit des Wassers, welcher also auch den Effect schwächt. Dieser wird um so größer jemehr die Länge, mithin auch die, eine Adhäsion verursachenden Flächen zunehmen.

Soll nun das Wasser in einem solchen Canale seine anfängliche Geschwindigkeit beibehalten, so muß man demselben soviel eigenes Gefälle oder Abhang geben, als zu Ueberwindung der Adhäsion nöthig ist; dieses ist aber für den Haupteffect verloren. Deshalb muß bei allen, vom Wasser bewegten Maschinen, bei Eintheilung des Plans ein Hauptaugenmerk auf die Vermeidung langer Gerinne gerichtet werden, und man hat wohl zu erwägen: ob bei dem Bau eines Maschinenwerks der Verlust an Kraft und die Wasserverschwendung bei langen Gerinnen, oder die Interessen eines zu vollkommener Anlage erforderlichen größern Baucapitals mehr zu berücksichtigen sind?

21) Es sind indessen die Wirkungen der Adhäsion bei künstlichen Canälen, welche das Wasser den Maschinen zuführen, um so geringer, je größer der Durchschnitt derselben ist, und je näher die kleinern Ausflußöffnungen den Rädern liegen; daher denn auch in vielen Fällen für dieselben gar kein Abgang von der Hauptkraft zu berechnen ist, und dieser nur bei den Gerinnen zwischen den Schützen und Rädern (Kröpfen) in Betrachtung kömmt.

22) Nach diesen Bemerkungen lassen sich die Wassermengen, auf welche man in irgend einem Falle der Ausübung rechnen darf, bestimmen. Denn aus einem Nivellement eines Canals und dessen Länge folgt die natürliche Geschwindigkeit  $C$ . Aus dieser ( $\S$ ) die mittlere Geschwindigkeit  $c'$ , welche mit dem Stromprofile multiplicirt, die disponible Wassermenge giebt. In den meisten Fällen wird man aber  $c'$  unmittelbar messen, und jene Berechnungen entbehren können, es sey denn, daß man sich von dem Verhältnisse  $C : c'$  genau unterrichten wollte.

23) Auf solche Messungen verweisen nun auch die neuern hydrotechnischen Schriftsteller Brümmings, Woltmann und Andere, da es Keinem derselben gelungen ist, die bis

herige Theorie mit den Erfahrungen in eine wahrscheinlich Uebereinstimmung zu bringen.

Es konnte zwar der Unterschied in den Eigenschaften eines, nach aufgehobenem hydrostatischen Gleichgewichte sich bewegenden, und den über eine sehr geneigte Grundfläche fallenden Wassers, keinem Praktiker unbekannt bleiben, und Huhnrichs z. B. unterscheidet richtig, einen laufenden und fallenden Strom, allein seine Vorstellung: daß bei dem fallenden Strome die größte Geschwindigkeit sich in der Oberfläche desselben befinde, widerspricht der Natur der Flüssigkeiten und allen Erfahrungen, und seine Folgerungen daher sind alle unrichtig.

In solchen Wasserläufen wie 5, wechseln fallende und laufende Ströme mit einander ab.

24) Zu solchen Messungen (22 — 23) muß man jedoch solche Instrumente gebrauchen, welche die vorhandenen Geschwindigkeiten genau geben, und nicht solche, die wegen ihrer Einrichtung ein bloß relatives Resultat geben, wie z. B. der hydrometrische Flügel, und die daher über die wirkliche zu messende Geschwindigkeit in den zu machenden Schlüssen noch Ungewisheiten obwalten lassen.

**III.** Bei einer ganz neuen Anlage einer Mühle würde man die disponible Wassermenge bei einem mittlern Wasserstande zu untersuchen, und nach den bekannten Methoden, unter Berücksichtigung voriger Bemerkungen, zu messen haben. In den viel häufigeren Fällen der Verbesserung schon vorhandener Anlagen, bieten aber Canäle und Stauwerke Gelegenheiten zu leichtern Messungen und Berechnungen der Wassermengen dar. Denn man darf nur irgend eine rechtwinkelige Ausflußöffnung, welche die vorhandene Zuflußmenge abzuführen groß genug ist, und die Wasserhöhe vor derselben messen, um daraus nach §. 20 I. oder II. die Wassermenge zu berechnen.

Es kommen dabei drei Fälle vor.

- 1) Wenn das Wasser in einem kleinen Canale (Bache oder Mühlengraben) fließt, und die ganze vorhandene Wassermenge zuführt.
- 2) Wenn dasselbe aus einem größeren Flusse abgeleitet wird.



3) Wenn dasselbe aus einem großen Behälter, einem Teiche oder See, erfolgt.

Da das Wasser eines Canals mit seiner Zuflussgeschwindigkeit in einem größern Profile fließt, als die Ausflußöffnung hat, so muß die Druckhöhe vor der Oeffnung so groß seyn, daß mit der dadurch vermehrten Geschwindigkeit auch durch die kleinere Oeffnung die Wassermenge des Zuflusses abgeführt werden kann. (§. 19. I.)

Man erhielte demnach für eine nach II. 2. gefundene Wassermenge  $M$ , und die Größe der Oeffnung  $f$ ; die bei  $f$  nöthige Geschwindigkeit  $= \frac{M}{f}$ , deren Druckhöhe  $h' = \frac{M^2}{62\frac{1}{2} f}$

ist. (§. 22. III.)

Hier ist  $h'$  nämlich die Geschwindigkeit für die mittlere Höhe der Oeffnung  $F$ . Nennt man diese  $O$ , so ist die ganze Wasserhöhe von dem Boden der Oeffnung bis zur Oberfläche  $= h' + \frac{1}{2}O$ . Es wird hiebei keine große Genauigkeit erfordert, da  $M$  und ihr  $h$  in den meisten Fällen selbst veränderlich sind; doch darf man  $O$  nicht zu klein annehmen, weil man es immer in seiner Gewalt behält  $F$ , (z. B. durch Herablassen der Schützen) willkürlich zu verkleinern. Der Druck der Wasserhöhe bleibt um so gleichförmiger, je ungeschiebter das Wasser vor die Oeffnung von allen Seiten hinzuströmt, und um desto weniger senkt sich der Wasserspiegel vor derselben, daher hat man den Nutzen der auf größere Längen aufgestauten Mühlengräben, und breiter Vorfluthen schon längst anerkannt.

Bei abgeleiteten Mühlengräben muß man dem Boden des Grabens nur so viel Neigung geben, als unumgänglich nöthig ist, um denselben trocken legen zu können, wozu höchstens  $\frac{1}{4}$  Zoll auf die Längeneruthen, oder  $\frac{1}{68}$  der ganzen Länge erforderlich ist.

Muß in engen Thälern das überflüssige Wasser auch durch den Mühlengraben abgeführt werden, so müssen die Bachbäume der Freischütten so tief als möglich gelegt werden,

damit das Wasser einen schnellen Ablauf erhalte, und keine Ueberschwemmungen verursache. Sonst ist es immer sicherer, dem Wasser durch besondere Umläufe einen freien Abzug zu geben, und die Mühlengräben mit festen Schleusen vor den, bei Ueberschwemmungen leicht erfolgenden Versandungen, zu schützen.

Da die natürlichen Lagen so sehr verschieden sind, so läßt sich hierüber nur das Allgemeine sagen, Vieles aber bleibt dem Urtheile und der Wahl der Sachverständigen überlassen, welche diese Rücksichten den Localitäten anzupassen haben.

Die Lagen der Mühlen an großen Wasserbehältern sind immer die vortheilhaftesten, da bei denselben der Wasserstand am wenigsten veränderlich ist, und man auf einen bestimmten Effect sicherer rechnen kann.

Je näher man mit den Mühlen selbst an den Behälter heranrückt, um desto weniger verliert man von den Vortheilen einer solchen Lage. Wo dieses aber nicht geschehen kann, muß der Graben hinreichend breit, und die Zufußmenge mehr von einem größern Profile, als von der Geschwindigkeit des Wasserlaufes in einem engen Graben abhängig gemacht werden, weil diese einen Verlust der letzten Druckhöhe verursacht. Auch muß man ein solches Grabenprofil um so viel vergrößern, als es im Laufe des Sommers durch Wassergewächse beengt werden könnte, da man sich nicht beständig mit der Reinigung desselben beschäftigen kann. Am besten aber ist es, wenn man solchen Gräben eine Stautiefe über 6 Fuß giebt, wobei die meisten Wasserpflanzen nicht mehr wachsen.

---

## Zweiter Abschnitt.

### Wasserräder und Gerinne.

#### Unterschlächtige Wasserräder.

§. 33.

**I.** Nach §§. 26. 27. 28. ist der Stoß des Wassers am stärksten, wenn es seine ganze Fallhöhe durchlaufen hat, und deshalb muß derselbe in dem niedrigsten Punkte aufgefangen werden.

Die bekannte Structur eines Wasserrades erlaubt auch einen solchen Stoß auf die unterste senkrecht stehende Schaufel **BA** Tab. 1. Fig. 15. jedoch nur für einen sehr dünnen Wasserstrahl **hs**, indem seine übrige Dicke **ht** von der Schaufel **hg** aufgefangen wird.

Die Dicke des Wasserstrahles **Au** ist bei **k** so groß als die Zusammenziehung des Wasserstrahles (§. 24) an dieser Stelle sie giebt; und für die Größe des Stoßes hat man die Mitte der Fallhöhe  $dt + \frac{1}{4}th$  zwischen der ersten, in den Wasserstrahl eintauchenden Schaufel **ki**, und der letzten gestoßenen **AB** zu nehmen.

Nach Verhältnis der größern Dicke von **kz** berührt **ki** die Oberfläche des Strahles früher und die Weite **kA** wird

größer; daraus läßt sich alsdann beurtheilen, ob man den Stoß auf zwei oder drei Schaufeln zwischen  $kA$  vertheilen kann, und welche Anzahl von Schaufeln man im Umkreise des Rades erhalten wird. (§. 43. IV). Zugleich ersiehet man hieraus, wie tief man das Untergerinne  $ml$  unter  $pQ$  herabsenken müsse, damit die Oberfläche des Wasserstrahles  $Ah$  nach vollbrachtem Stöße, von der Schaufel  $ox$  nicht weiter berührt, und von derselben kein Wasser in die Höhe gehoben werde.

II. Bei dem auf diese Weise auf 2 oder 3 Schaufeln vertheilten Stöße ist die Geschwindigkeit, welche  $M$  erzeugt  $= \sqrt{dt + \frac{1}{2}th} \cdot 62\frac{1}{2} = C \cdot c \cdot F \cdot 65 = P$  oder der absoluten Kraft, wovon  $\frac{2}{3}$  die relative Kraft  $P''$  geben, die mit der Geschwindigkeit  $= \frac{1}{3}C$  den Effect des Rades bewirken.

$P$  kann bei gegebenem  $h$  durch  $M$  nur vergrößert werden, wenn  $F$  zunimmt. Nehmen aber  $h$  und das von ihm abhängige  $C$  zu, so wird für ein gleiches  $P$ ,  $F$  kleiner  $= \frac{M}{c}$  und mit einem gegebenen  $M$  ist nur ein bestimmter Effect zu erreichen.

III. Von der Kraft  $P$  muß noch das abgerechnet werden, was sie wegen Unvollkommenheit des Materials in der Ausflußöffnung und im Gerinne verliert.

Großes Gefälle erfordert längere Gerinne, seine größere Geschwindigkeit vermindert aber den Verlust; umgekehrt, bei kleinern Gefällen werden auch die Gerinne oder Kröpfe kürzer, und daher kann man den Verlust bei allen Gefällen für gleichmäßig annehmen.

Vorausgesetzt, daß nun weder die Form der Kröpfe von der einzig richtigen (§. 26. V. §. 31) abweicht, noch daß andere unzuweckmäßige Anlagen der Wasserbänke u. dergl. der freien Bewegung des Wasserstrahles Hindernisse entgegen setzen, so kann man jenen Verlust, außer der §. 24. V. schon genannten Compensation durch den nöthigen Spielraum für das Rad nach Erfahrung doch nicht größer als zu  $\frac{1}{10} P$  annehmen; da die Geschwindigkeit  $C$  um  $\frac{1}{10}$  geschwächt wird.

Ist hinreichendes Wasser vorhanden, so kann man  $P$  in seinem Werthe beibehalten und durch Vergrößerung von  $F$  um  $\frac{1}{2}\sigma$ ,  $P' = (F + \frac{1}{2}\sigma) \cdot C = \frac{21}{10} P$  machen. Im Gegentheile, wo  $\frac{1}{2}\sigma$  von  $F \cdot C = M$  abgerechnet werden muß, bleibt  $P'$  nur  $\frac{10}{11} P = \frac{10}{11} F \cdot C$ . 65  $\%$ .

IV. Wenn  $h$  das kleinste ist, welches im Laufe eines Jahres vorkommen kann, und dabei  $M$  noch groß genug bleibt, um ein bestimmtes  $P$  hervorzubringen, so kann man nach demselben die Einrichtung der Mühle berechnen. Dabei kommen aber noch folgende Betrachtungen vor.

§. 34.

I. Die Dicke des Wasserstrahles  $Au$  mit seiner Aufstauung (§. 30. V.) darf nicht unter 3 Zoll betragen, weil sonst sein Stoß auf die einzelnen Schaufeln nicht gleichförmig geschieht.

II. Die Form und das eigenthümliche Gewicht der im Handel vorkommenden Mühlensteine, muß bei Berechnung des Widerstandes zum Grunde gelegt werden; theils, weil diese Steine schon die nach Erfahrung bestätigten Verhältnisse ihrer Durchmesser zu ihren Dicken wirklich haben; theils, weil andere Formen derselben schwer zu erhalten seyn würden.

Die Rheinischen Mühlensteine sind unter allen die besten. Sie haben als Laufersteine der Mahlmühlen folgende Verhältnisse.

Bei 4 Fuß 10 Zoll Durchmesser 1 Fuß 4½ Zoll Dicke.

5	=	—	=	=	1	=	6	=	=
4	=	4½	=	=	1	=	3½	=	=
4	=	6	=	=	1	=	5	=	=
4	=	—	=	=	1	=	4	=	=
4	=	1½	=	=	1	=	4½	=	=

Rheinländisch.

Nach ihren Dicken werden sie gewöhnlich: Achtzehner, Siebenzehner und Sechszehner genannt.

III. Das Gewicht der Laufersteine wird von dem Mühlenisen getragen, und man hat nur die Kraft zu betrachten, welche, in dem mittlern Schwungkreise angebracht, erfordert

lich ist, um dem Steine eine gewisse Geschwindigkeit mitzutheilen, und zugleich den Widerstand der Getraidekörner zwischen den Steinen, nebst der Reibung des Mühleneisens zu überwinden. Dieser Widerstand steht im Verhältniß der, mit den Getraidekörnern belegten Grundflächen der Steine; er ist aber auch nach den Kornarten verschieden.

IV. Die Kraft zu Bewegung des Steines steht in dem Verhältniß seiner Masse, oder bei verschiedenen Steinen in den Verhältnissen der Würfel ihrer Halbmesser, bei gleichen Geschwindigkeiten. Für ungleiche Geschwindigkeiten aber, im Verhältniß der Producte aus den Geschwindigkeiten in die Würfel der Halbmesser. Der ganze Widerstand ist das Product aus diesen in die Fläche der Steine, wozu noch die Reibung beizufügen ist. Man sieht also in welchen Potenzen man die Verhältnißzahlen für allgemeine Formeln zu suchen haben würde. Die Kenntniß hievon ist für die Praxis nothwendig, da mit den Halbmessern unterschiedener Steine jene Potenzen wachsen oder abnehmen. Kennt man aber den Widerstand bei einer arbeitenden Steinfläche, so läßt sich derselbe und die erforderliche Kraft nach jenen Verhältnissen leicht finden. Da in den meisten Fällen mit der Zuflußmenge die Kraft, und mit dem bekannten Widerstande auch das Verhältniß beider gegen einander gegeben ist, so hat man nur die Geschwindigkeit der Last zu bestimmen, um danach die Längen der Schaufeln zu berechnen.

Denn wegen Anlage der Mühlenbetten und Steingerüste (wovon unten bei dem Abschnitte von Zusammensetzung der Mühlen ausführlich gehandelt wird) ist es nothwendig, die Durchmesser der Mühlenräder vorher zu bestimmen, und dieselben von 16 bis 19 Fuß anzunehmen, damit der Fußboden der Mühle hoch genug über dem Spiegel des Unterwassers, und bequem für die Anfuhr zu liegen komme, also bleibt nur die Breite der Räder zu suchen übrig. (§. 39. 6.)

Kleine Räder geben niedrige und feuchte Lagen der Mühlen, zum Nachtheile der Bequemlichkeit bei der täglichen Ar-

beit; große Räder dehnen alle Verhältnisse des festen Baues aus, und vermehren die Baukosten, ohne andern wesentlichen Nutzen zu gewähren.

**VI.** Die für die gewöhnlichen Mühlensteine in Betrachtung kommenden Verhältniszahlen, sind in folgender Tafel aufgezeichnet. Bei gleichen Geschwindigkeiten verhalten sich die Effecte der verschiedenen Steine, wie die Zahlen in **VI.**

Sollen diese Effecte einander gleich seyn, so stehen die Geschwindigkeiten unter **VII.** im umgekehrten Verhältniß.

I.		II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	
Halbmesser der Steine		Quadrat der Halbmesser.	Quadrat der Steinflächen.	Würfel der Halbmesser.	Quadrat der Steinflächen nach Abzug der Steinlöcher.	Producte aus den Quadr. der Steinflächen V. in die Würfel der Halbmesser IV.	Umläufe der Steine in 1 Min., wenn die Effecte der Steine einander gleich sind.	
in Fuß.	in Zoll.	Quadrat-Zoll.	Quadrat-Zoll.	Eubik-Zoll.	Quadrat-Zoll.			
1	2 $\frac{1}{2}$	30	900	2820	27000	2530	68,310000	60
2	2 $\frac{1}{4}$	27	729	2291	19683	2001	39,385683	104
3	2	24	576	2050	13824	1760	24,330240	168

Für die Ausübung ist es hinreichend genau, wenn man statt der ganzen Zahlen in **VI.** nur die höchsten Decimalsstellen derselben, 68, 39, 24, oder 683, 393, 243, annimmt.

In der Stelle der Halbmesser **I.** und in **II—VI.** können alle andern vorkommenden Maaße der Steine stehen, und ebenso berechnet werden; wenn aber die Steindicken verschieden sind, so müssen anstatt der Würfel der Halbmesser die kubischen Gehalte der Steine selbst gesetzt werden, weil mit der Abnahme der Steindicken der Effect kleiner wird.

§. 35.

Um nun, mit Rücksicht auf vorige Bemerkungen, die Geschwindigkeit des Rades und Steines für angenommene

Größen derselben zu berechnen, oder den Effect der Mühle zu finden,

sey: der Durchmesser des Steines  $D = 5$  Fuß,  
seine Dicke  $u = 1\frac{1}{2}$  "

sein Schwungkreis  $= (\frac{2}{3} \cdot 5 \cdot 3,14) = \Pi. = 10,46'$

Durchmesser des Rades bis zu der Mitte  
des Stoßes auf die Schaufel  $d = 18'$

Durchschnitt des Wasserstrahles vor der  
mittelsten Schaufel, oder deren Fläche

$$= F = 1 \square \text{Fuß} = 144 \square''.$$

Wasserhöhe  $= h = 3'$

ihre Geschw. in 1 Sec.  $\sqrt{(62\frac{1}{2} \cdot 3)} = C = 13,693.$

Gewicht von 1 Cub. = Fuß Wasser  $= g = 65 \text{ Z.}$

Geschwindigkeit des Rades  $= \frac{1}{3}C. = 4,5643'$

relative Geschw. des Wassers  $= \frac{2}{3}C = 9,1287.$

Moment der absoluten Kraft P.

$$(13,693 \cdot 1 \square'. 65 \text{ Z.}) = = 890,045 \text{ Z.}$$

$$\frac{1}{10} F. = (144 - 7,2) = = 136,8 \square''$$

also Moment der relativen Kraft P'.

$$= \frac{1}{10} F. \cdot \frac{2}{3} C. g = \frac{81172}{144} = 563,7 \text{ Z.}$$

und diese mit der Geschwindigkeit des Rades multiplicirt

$563,7 \cdot 4,5643$ , geben für den Effect in  
1 Sec.  $= E = 2572,89 \text{ Z.}$

also in 1 Minute .  $154373 \text{ Z.}$

Der Umfang des Rades durchläuft in  
1 Minute  $60 \cdot \frac{1}{3}C = 60 \cdot 4,5643 = 273,8580'$

und daher geben  $\frac{273,85}{56,52} = 4,84$  Umläufe

desselben in 1 Minute.

Der Schwungkreis des Steines  $= 10,46$   
hat für jeden seiner Umläufe als Moment  
der Last  $10,46 \cdot 200 = 2092 \text{ Z.}$ ; (wobei



nach Erfahrung, Widerstand des Getraides und Reibung des Mühleneisens und Zwischengeschirres im Ganzen zu 200 £ angenommen sind;)

folglich ist die Anzahl seiner Umläufe in 1 Minute  $= \frac{154373}{2092} = 73,79$  und es

kommen  $\frac{73,79}{4,84} = 15,2$  Umläufe des Stelnes, auf einen Umgang des Rades; wonach also das Räderwerk eingetheilt werden muß.

§. 36.

Der auf diese Art berechnete Effect eines unterschlächtigen Wasserrades läßt sich unmittelbar nach seiner Größe, oder auf mehrere Einrichtungen vertheilt, anwenden; doch hat man bei Mahlmühlen noch auf manche Nebenumstände zu sehen.

Kleine Räder laufen in kurzer Zeit um, und man gebraucht dieselben bei solchen Maschinen, welche keine schnellen Bewegungen erfordern, ohne alles Zwischengeschirr, wie bei Hammerwerken u. dergl.

Bei Mahlmühlen hingegen, deren Steine eine schnelle Bewegung haben müssen, ist es wegen der Gleichförmigkeit derselben, und zu Ersparung der Kraft nothwendig: daß die Steingetriebe zu ihren Theilrissen dieselben Durchmesser wie die Schwungkreise der Steine erhalten. Dadurch werden diese im Verhältniß zu den kleinen Kammrädern zu groß, als daß die einer vorhandenen Kraft zukommende Geschwindigkeit, den Steinen, ohne Vorgelege, ertheilt werden könnte. In solchen Fällen, wo die Kraft nur zu Bewegung eines Steines hinreicht, kann es außer den §. 34. IV. angeführten Gründen, nützlich seyn, ein größeres Rad zu erwählen, und eine einfache Mühle zu construiren.

Die Nachtheile der kleinen Getriebe, (zu große wird man nicht leicht machen), werden von der Wirkung jedes außerordentlichen Widerstandes, welcher sich zwischen den Stei-

flächen findet, verursacht, weil dieser an einem größern Hebelarme wirkt, und zu seiner Ueberwindung eine Kraft gebraucht, die im Verhältnisse der Quadrate der Entfernungen vom Mittelpunkte der Steinflächen steht.

§. 37.

Soll die Schwungkraft der Steine den Effect der Mühle befördern, so darf die Bewegung derselben nicht zu langsam seyn, und nicht unter 60 Umläufen in 1 Min. betragen; man kann sie aber bei Steinen von 5 Fuß D. bis auf 130 Umläufe vermehren, ohne Erhizung des Getraides befürchten zu dürfen, wenn man nur die unten §. 80 — 82. gegebenen Vorschriften zu Eintheilung der Strahlwerke auf den Steinflächen gehörig beobachtet.

§. 38.

Die ökonomische Benutzung großer Wassermengen ist sowohl nach den Mengen selbst, als nach den örtlichen Verhältnissen vieler Modificationen fähig. Man hat entweder eine beständige, oder abwechselnd größere Wassermenge als ein Betrieb erfordert, oder die Bedürfnisse der Gegend, in welcher die Mühle liegt, verlangen zugleich die Anlagen von Graupen- und Grüzmühlen. In allen diesen Fällen wird man die verschiedenen Zwecke besser durch Vorgelege, als durch mehrere Wasserräder erreichen, und zwar aus folgenden Gründen.

**I.** Wasserräder mit ihren Gerinnen sind die vergänglichsten Theile der Mühlen, sie erfordern einen kostspieligen Bau und öftere Erneuerungen, und deshalb hat man sowohl auf die Verminderung ihrer Zahl, als auf ihre Conservation zu sehen.

**II.** Die verlangte Wirkung durch eine gegebene Wassermenge, läßt sich durch Vorgelege leichter, und mit geringerm Kostenaufwande, auch mit wenigerem Verluste an der Hauptkraft erzielen, als bei mehreren einzelnen Wasserrädern. Auch die Ueberbaue, mit welchen man die Wasserräder gegen

den Einfluß der Witterung schützt, erfordern weniger Ausdehnung, folglich auch weniger Baukosten.

Die Beschädigungen, welche die Räder durch das Eis erleiden, bleiben nur einfach, da sie sich sonst mit der Zahl der Räder vermehren. Wenn im Sommer wegen Wassermangels mehrere Räder stille stehen müssen, so trocknen sie ein, und leiden in ihren Zusammenfügungen, wogegen ein einzelnes Rad, welches immer naß bleibt, die schädlichen Abwechselungen von Nässe und Trockenheit gar nicht erfährt.

III. Die Reibung der Zapfen ist bei den schweren Wasserrädern größer, als an den kleinern und leichteren Rädern der Vorgelege. Besonders ist sie geringer bei stehenden Vorgelegen, weil das Hauptstirnrad derselben sich auf einem Spitzzapfen dreht, und die Reibung desselben auf die Zahl der Vorgelege sich vertheilt, so daß sie, die sonst bei jedem Gange ganz berechnet werden müßte, bei der Bewegung von 2, 3 und mehreren Steinen, nur mit  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{3}$ ... in Rechnung kömmt.

IV. Die Stellungen der Steine um ein Stirnrad gewähren viele Bequemlichkeiten für den Betrieb der Müllerei, welche bei einfachen Mühlen in derselben Art nicht zu erlangen sind, wie dieses die unten ausgeführten Beispiele zeigen.

Stehende Vorgelege sind daher vorzüglicher als liegende, besonders in den Fällen, wo man nicht allein mit Gängen von einerlei Art zugleich arbeiten, sondern auch mit verschiedenen Arten abwechseln will.

V. Der Bau der Mühlen wird gewöhnlich bloßen Handwerkern überlassen, die wohl dauerhafte Arbeit zu machen verstehen, die aber keine Kenntnisse der mechanischen Gründe besitzen, und sich nur mit einzeln erlernten Handwerksregeln behelfen. Daher findet man das, was einmal in einer Gegend eingeführt ist, allgemein befolgt, ohne daß dabei auf die beste Wirkung richtig gesehen wird.

VI. Die §. 31. und hier erwähnten Rücksichten hat man bei den unterschlächtigen Wasserrädern zu beachten, und ihren Einfluß gehdrig zu würdigen. Hier folgt nun ein Bei-

spiel von der Berechnung einer Mühle mit vorgelegtem Zeuge, wobei eine große Wassermenge auf das Vortheilhafteste benutzt werden soll.

§. 39.

I. Die Wassermenge in einer Sec. = M. sey = 64 Cub. F.

Das Gefälle bis zur Mitte der Schaufel = h = 9'

Die Geschwindigkeit desselben  $\sqrt{9 \cdot 62\frac{1}{2}}$  = C = 23,7'

Der Durchschnitt des Kropfes  $\frac{64,0}{23,7}$  = F = 2,7 □'

Die Fläche der Schaufel nach Abzug ihres

Spielraums 2,7' — 10 □'' = F' = 2 □'

Der absolute wirkende Stoß 64 × 65 = P = 4160 ℔.

gegen die Schaufel F'. = P' = 3081 ℔.

Hievon gehn ab wegen der Adhäsion im Kropfe

$\frac{1}{10}$  . P = 154 ℔ bleibt für P'' = 2927 ℔.

Durchmesser des Rades bis zur Stoßmitte von F

= d = 18 Fuß.

Geschwindigkeit für den besten Effect =  $\frac{1}{3}$ C = 7,9'

folglich, da der Umkreis des Rades 18 . 314 = 56,52'

ist die Zahl der Umgänge desselben in 1 Min.

=  $\frac{7,9' \cdot 60}{56,52}$  =  $\frac{474,00}{56,52}$  = 8,38.

Wegen des Ausweichens der Schaufeln mit der

Geschwindigkeit von  $\frac{1}{3}$ C. bleibt die relative

Stoßkraft  $\frac{2}{3}$  . 2927 ℔ = P''' = 1951 $\frac{1}{2}$  ℔.

also die ganze wirkende Kraft oder das Mo-

ment des Rades 1951,3 . 7,8 = S = 15415,27 ℔.

Durchmesser des Steines = D = 5'

Schwungkreis desselben II = 10,46'

Der Widerstand des Getraides und die ganze

Friction der Mühle = q = 200 ℔.

Daher das Moment des ganzen Widerstandes

für einen Umlauf des Steines 200 . 10,46

= Q. = 2092 ℔.

Dies giebt also  $\frac{15415,27}{2092}$  Umläufe in 1 Sec. = 7,36.

oder in 1 Minute = 441,60.

folglich für einen Umgang des Rades

$\frac{441,60}{8,38} = 52,6$  Umläufe des Steines.

**II.** Diese gesammte Wirkung  $E$  der ganzen Kraft =  $S$ . ist nun in ihrer Schnelligkeit bei den Mahlmühlen nicht zu gebrauchen, da bei derselben kein Mühlenstein aushalten würde; man kann dieselbe aber auf mehrere Gänge von gleichen oder ungleichen Geschwindigkeiten vertheilen.

Sollten hier z. B. 5 Gänge vorgelegt werden, so erhielte man  $\frac{441,60}{5} = 88,32$  Umläufe für jeden derselben in 1 Min.

oder auf jeden Umgang des Rades  $\frac{88,32}{8,38} = 10,53$  Umläufe der Steine.

**III.** Dieses Beispiel zeigt ungefähr das Maximum der Kraft, welche man auf ein Rad bei solcher Geschwindigkeit des Wassers verwenden darf, da es theils nicht bequem bleibt, wenn mehr als 5 Steine um ein Rad gelegt werden sollten, theils wegen verschiedener Mahlarten, den Steinen keine größeren Geschwindigkeiten gegeben werden dürfen.

**Tab. XI. Fig. 94—97.** ist eine solche Mühle mit allen ihren Theilen vorgestellt.

**IV.** Bei stehenden Vorgelegen, wo die Reibung (§. 38. III.) sich auf mehrere Gänge vertheilt, beträgt diese für das ganze Räderwerk, bei richtiger Bauart, etwa 30  $\mathcal{R}$ . Also hat man für den ersten einzelnen Gang:  $88,32 \cdot 10,46 = 923,82'$  und zum Moment seiner Last nebst Friction, in 1 Sec.

$$\frac{923,82 \cdot 200}{60} \mathcal{R} = 3079,4, \text{ also } \frac{3079,4}{7,9} = 389,7 \mathcal{R}.$$

V. Für zwei zugleich arbeitende Steine ist Last und Friction zusammen, für Jeden nur

$$200 - \frac{1}{2} \cdot 30 = 200 - 15 = 185 \text{ Z.}$$

also ihr Moment nur  $\frac{923,82 \cdot 185}{60} = \frac{28484}{7,9} = 360.$

bei 3 Gängen  $200 - 20 = 180 \text{ Z.} = 350.$

„ 4 „  $200 - 22\frac{1}{2} = 177\frac{1}{2} \text{ „} = 345.$

„ 5 „  $200 - 24 = 176 \text{ „} = 343.$

Zusammen 1788 Z.

Welche von der ganzen Kraft (I.) 1951,3.

abgerechnet, einen Ueberschuß von nahe 164 Z geben.

Dieser kann zu Beschleunigung einzelner Gänge verwendet werden. In den meisten Fällen wird man sich aber mit der Ueberzeugung begnügen, daß die Mühle zu der sparsamsten Kraftvertheilung eingerichtet sey, da in trocknen Jahreszeiten mit dem Wassermangel der Gebrauch mehrerer Gänge von selbst aufhört, und dieser Ueberschuß nicht vorhanden ist, in nassen Jahreszeiten aber eine solche Wassermenge sich einzufinden pflegt, daß man auf Ersparung an derselben nicht zu denken braucht.

VI. Der Flächeninhalt der Schaufeln  $F'$ , giebt die Länge derselben, wenn man bei mehrern vorgelegten Steinen, für den Ersten die Dicke des Wasserstrahles nicht kleiner als zu 2 Zoll annimmt, und mit diesen in den Flächeninhalt von  $F'$  dividirt. Dies giebt hier aber nur 29" für die Breite des Rades, welches den Nachtheil mit sich führen würde: daß man für mehrere zugleich in Arbeit befindliche Steine den größeren Wasserstrahls-Durchschnitt durch die Dicke derselben erreichen müßte; der also hier bei 5 Gängen nahe 10 Zoll dick würde, und wobei die Schaufeln wegen der Aufstauung (§. 30. V.) wenigstens 16 Zoll Breite erhielten. Man hat also hier eine mittlere Proportion zwischen der Breite, die der dünnste Wasserstrahl erfordert und derjenigen, welche bei dieser Dicke für die ganze Wassermenge erfordert wird, zu wählen, welche daher  $\frac{\frac{1}{2} 64' \text{ cub. Fuß}}{c} = \frac{32}{23,7} = \frac{1,358}{144} \text{ □'}$  für  $F$

geben, und wobei die Länge von  $F = 5$  Fuß, die Dicke des kleinsten Wasserstrahles 3 Zoll des größten  $4\frac{1}{2}$ " seyn würde.

Diesem nach brauchten die Schaufeln nur 10 Zolle breit zu seyn: man macht dieselben aber, um mehr Stärke der Radkränze zu erhalten, gern 11 bis 13 Zolle breit.

Hat man eine solche mittlere Länge der Schaufeln berechnet, und für dieselben auch die Breite der Ausflußöffnung nach §. 28. III. bestimmt, so wird doch eine kleine Abweichung von den gefundenen Maassen um so weniger schaden, da es bei vorhandener großer Wassermenge, wobei man öfters einen Theil des Zuflusses unbenutzt weglaufen lassen muß, gar nicht darauf ankommen kann, daß auf den ersten Gang bei seinem alleinigen Gebrauche etwas mehr Wasser verwendet werde. Ueberdies, da durch das Herablassen oder Aufziehen der Schützen die Ausflußöffnung beliebig verkleinert oder vergrößert werden kann, und  $M$  dadurch der Größe des jedesmaligen Widerstandes  $Q$  sich anpassen läßt, so ist zwar die Benützung der Kraft  $P$ , so lange Wasservorrath da ist, leicht zu reguliren; aber die Müller verlassen sich hierauf nur zu sehr, und beklagen den aus Verschwendung des Wassers bei schlechten Einrichtungen entstehenden Mangel lieber als un vermeidliches Geschick, als daß sie auf gründliche Verbesserungen denken sollten.

### Construction der unterschlächtigen Wasserräder.

#### §. 40.

Man hat drei verschiedene Constructionen-Arten der unterschlächtigen Wasserräder.

I. a. Staberräder, welche auch böhmische Räder genannt werden, welche zwei Kränze haben, zwischen denen die Schaufeln befestigt sind.

b. Strauberäder können 1, 2, oder mehrere Kränze haben, an deren äußerem Umfange, und über denselben hervor-

ragend, die Schaufeln an Kloben befestigt, und mit Splissen unter einander verbunden werden.

c. Pansterräder können nach Art der Staber- oder Strauberäder verbunden werden, und 2, 3 oder mehrere Kränze erhalten. Sie finden nur Anwendung an größern Strömen, wo nur geringes Gefälle vorhanden ist, und wo, bei vielem Wasser, durch die Länge der Schaufeln, oder Breite der Räder, als einem Factor, das ersetzt werden muß, was der Geschwindigkeit als anderem Factor abgeht, um das verlangte Product der Stofkraft zu erzeugen.

Weil bei solchen Lagen das Steigen und Fallen der Ströme auf den Gang der Räder großen Einfluß hat, so erhöht oder senkt man diese nach Erforderniß durch eigene Vorrichtungen, welche Pansterzeuge, oder Ziehpanster heißen, und nach welchen diese Räder selbst benannt werden.

II. Die Verbindungsarten der Räder, welche zu dem bloßen Handwerke der Mühlenbauer gehören, müssen diesen bekannt seyn, und in allen Mühlenbüchern findet man dazu Vorschriften; weil aber die Meinungen über die Vorzüglichkeit der einen oder andern Art derselben verschieden sind; so werden nachfolgende Bemerkungen zu ihrer Beurtheilung nicht überflüssig erscheinen.

III. Die Radkränze werden entweder von einfachen Krummholzstücken (Krümmlingen), welche die ganze erforderliche Dicke des Kranzes haben, ausgearbeitet, und vermittelst dergleichen kürzerer Stücke (Lafchen) mit einander verbunden; oder man verfertigt dieselben aus doppelt zusammengesetzten Stücken mit abwechselnden Fugen, so daß die Fugen des einen einfachen Kranzes auf die Mitten der Holzstücke des andern zu treffen, und beide durch hölzerne verkeilte Nägel zu einem Ganzen vereinigt werden.

IV. Alle Befestigungen und Verbindungen durch Eisenwerk sind hiebei, sowie zu allen übrigen Theilen der Wasserräder, mehr schädlich als nützlich, da Eisen zu ungleicher Ausdehnung gegen Holz hat, da es durch den Rost leidet, und weil es mit der abnehmenden Festigkeit des Holzes an



dessen Oberflächen seinen festen Anschluß an demselben verliert. Daher sind nur die Schraubenbolzen, mit welchen die Armen der Räder an den Kränzen befestiget werden, zulässig; und auch diese können entbehrt werden, wenn man zwischen den Armen mit Schwalbenschwanzzapfen verbundene Niegel einsetzt, und diese gehörig verkeilt, wodurch die Kränze der Räder eine feste Verbindung erhalten. Tab. VII. Fig. 88.

V. Einfache Radkränze haben das Nachtheilige, daß ihre Verbindung mit Laschen an sich keinen solchen durchgehenden Zusammenhang giebt, wie bei doppelten Krümmlingen, und daß durch das Verwerfen eines einfachen Stücks das ganze Rad aus seiner Form gebracht wird, und leichter einen ungleichen Gang erhält, als ein Rad mit doppelten Kränzen. Dieß kann man in den meisten Fällen vermeiden, da man die einfachen Krümmlinge, welche noch einmal so stark als die zu doppelten Radkränzen seyn müssen, nur durchzuschneiden braucht, um daraus ein Rad mit solchen Kränzen zu verfertigen.

VI. An den doppelten Radkränzen müssen die inwendigen Ringe um  $\frac{3}{4}$  Zoll dicker seyn als die auswendigen, weil sie durch die Nuthen, in welche die Schaufeln eingesetzt sind, um so viel geschwächt werden.

VII. Man kann Wasserräder, welche beständig naß bleiben, von ganz frischem Holze verfertigen, da sie ihre Form nicht verändern; wenn sie aber der Abwechslung von Feuchtigkeit und Trockenheit ausgesetzt sind, so darf man nur solches Holz nehmen, welches vorher im Wasser ausgelaugnet, und nachher wieder getrocknet worden ist.

Das Holz, welches beim Mühlenbau im Wasser verbraucht werden soll, wird am besten conservirt, wenn man dasselbe wenigstens 6 Fuß tief unter die Oberfläche des Wassers versenkt, woselbst die Temperatur unter  $+ 10^{\circ}$  R. zu seyn pflegt, und daher keine Gährung oder nachtheiliges Auslaugen entstehen kann.

Andere Holzsorten, die im Trocknen verbleiben, werden, nach Verschiedenheit der obwaltenden Temperatur, 1 bis 4 Wo-

chen in das Wasser gelegt, dann im Schatten getrocknet, und in einer luftigen und trockenen Lage aufbewahrt. Es darf aber keine Holzart zu lange im Wasser bleiben, weil denselben dadurch zuviel von ihrem Holzsaft entzogen wird, welcher wesentlich zur Festigkeit und Dauer beiträgt.

§. 41.

I. Die Arme der Wasserräder haben mit 5 und 7, bis 6 und 9 Zoll hinreichende Stärke, nur muß man dazu geradfaseriges Holz ohne Aeste, Windungen und Spint nehmen. Es kömmt bei denselben hauptsächlich auf eine gute Verbindung mit den Wellen an.

Da die Erfahrung bewiesen hat, daß die Wellen der Wasserräder bei den Mahlmühlen in den Längen von 20 Fuß an Rädern mit 6 Armen, und bis 27 Fuß bei 4 Armen hinreichend stark sind, wenn sie 24 Zolle Hamb. = 22 Zollen Rheinländisch zu ihren Durchmessern haben, und da die nöthigen Stärken derselben für größere Räder im Verhältniß der Quadrate der Durchmesser sich bestimmen lassen, und es viel mehr auf eine fehlerfreie Beschaffenheit einer Mühlenwelle als eine Berechnung nach Formeln, (welche mit jedem sich vorfindenden Astloche unrichtig werden,) ankömmt; so wird man am Besten thun, wenn man nachstehende Bemerkungen befolgt.

II. Ueber die Vorzüglichkeit der Wellen mit durchgesteckten oder mit umfassenden Armen, ist bisher noch immer gestritten worden.

Dem ersten Anscheine nach wird ein Jeder sich für die umfassenden Arme erklären, weil bei ihnen die Haltbarkeit der Wellen, theoretisch betrachtet, gewiß größer ist. Allein da bei den Mühlenwellen das endliche Zerbrechen derselben fast niemals in den Armenbüchern, sondern immer an der Stelle wo Nässe und Trockenheit sich begrenzen, erfolgt; so würde es unnütz seyn, auf das Durchlochen oder Umfassen der Wellen einen besondern Werth zu legen, wenn die Wellen selbst früher unbrauchbar werden, ehe der Unterschied zwischen der Dauer

der einen oder der andern Art der Armen bemerklich werden kann. Man hat vielmehr dahin zu sehen, daß der Unterschied der Temperaturen in dem äußern und innern Raume der Wellen vermindert werde, welches durch Ueberbauen der Wasserräder ziemlich erreicht werden kann.

**III.** Die durchgesteckten Arme gewähren eine sichere Haltung der Radkränze, da sie von allen Seiten in den Armlöchern der Wellen befestigt sind, welche die umfassenden Arme zum Theil entbehren, weil sie an dem Hirnholze der Wellen nicht anliegen. Daher kann man bei allen vierarmigen Rädern ohne Bedenken durchgesteckte Arme gebrauchen. **Tab. I. Fig. 16.** Räder hingegen, welche zu Haltung ihrer Kränze sechs Arme erfordern, dürfen nicht so unbedingt mit solchen Armen versehen werden. Denn wenn z. B. bei einer Welle von 24 Zolln D. von dem Flächeninhalte ihres Durchschnitts  $= 452 \text{ } \square''$ , die Armlöcher  $210 \text{ } \square''$  abschneiden, so bleiben an ganzem und tragendem Holze der Welle an dieser Stelle nur  $242 \text{ } \square''$ . Dieselbe Welle von 6 Armen durchschnitten, **Tab. I. Fig. 17. a.** behielte aber nur  $123 \text{ } \square''$ , oder wäre um  $\frac{329}{2}$  ihrer eigentlichen Holzstärke geschwächt worden. Dieses wenige nachbleibende Holz, welches ungefähr dem Quadrat von  $11''$  gleich geschägt werden kann, weil bei dem Durchstemmen der Armlöcher noch manche Längenfaser des stehenbleibenden Holzes verletzt wird; ist aber für die Dauer der Welle, welche ihr eigenes Gewicht, das Rad, im Winter eine Masse Eis zu tragen, und außerdem die gegen das Rad wirkende Tangentialkraft auszuhalten hat, nicht hinreichend; man muß daher stärkere Wellen nehmen, oder die schwachen Wellen mit den Armen umfassen.

Einige gebrauchen zwar das Mittel, aus zwei überschneitenden Armen die 4 Hauptarme des Rades zu bilden, welche  $60^\circ$  und  $120^\circ$  zu ihren Centri und Scheitelwinkeln haben, **Tab. I. Fig. 17. b.** und die größern dieser Winkel durch Hilfsarme zu theilen.

Da diese nun das Rad in seinem Birkel erhalten, zum Umdrehen desselben aber nichts beitragen, indem sie nur um einige Zolle tief in die Welle eingelocht werden, so kann man dieselben wohl bei Rädern, welche einen ungestörten Beharungsstand haben, anwenden. Bei andern Rädern, wo die Last abfällt, und ein frischer Angriff momentan Statt findet, können sich die Radkränze leicht verrücken.

IV. Die verschiedenen Verbindungsarten der umfassenden Arme sind in den Zeichnungen **Tab. I. Fig. 18, 20., Tab. XI. Fig. 97.** so deutlich dargestellt, daß sie keiner weitern Erklärung bedürfen. **Tab. VII. Fig. 20. und Fig. 87b.** zeigt die von mir angegebenen Arten: die Wellen mit 5 oder 6 Armen zu umfassen, die sich durch besondere Festigkeit empfehlen.

V. Zu allen Theilen der Wasserräder gebraucht man vorzugsweise Eichenholz, es können aber die Kränze und Schaukeln, wenn sie beständig im Nassen bleiben, auch von Buchenholz gefertigt werden, doch verträgt dieses keine Abwechslung von Nässe und Trockenheit.

Gutes Kieniges Föhrenholz steht dem Eichenholze in der Dauer wenig nach, und hat in einigen Stücken sogar Vorzüge vor demselben.

§. 42.

Die Construction der Wasserräder kann nicht für sich allein, ohne Beziehung auf alle übrigen Theile der Mühle betrachtet werden, oder es müssen wenigstens alle Verhältnisse der Stücke, welche zunächst mit dem Rade in Verbindung stehen, nach dem Gefälle und der Lage zugleich bestimmt werden. Dieses ist besonders nothwendig, wenn bei größerer Wassermenge und hohem Gefälle, mehrere Wasserräder angelegt werden sollen; denn hier wird die Größe der Räder von der Höhe des Gefälles abhängig, weil die Wellen der Wasserräder mit ihren Zapfenunterlagen über dem obern Wasserspiegel erhöht, und die Radkränze doch bis nahe über den untern Wasserspiegel hinabreichen müssen. So würden in

dem Beispiele S. 39 der Durchmesser des Rades von 18 Fuß nicht groß genug seyn, wenn zwei Wasserräder erforderlich wären, bei welchen durch ein langes Gerinne keine Kraft verschwendet werden dürfte, und wo die Schützöffnung unmittelbar vor dem zweiten Rade liegen sollte.

Der Durchmesser des Rades bis zum Mittelpunkte des Stoßes auf die Schaufeln ist dort 18', daher wäre der Halbmesser desselben, bei der Dicke des Wasserstrahles von  $4'' = 9' 2''$ .

Das Gefälle ist 9'. Nun muß das Wasser in dem zweiten Vorfluther einen überstehenden Rand seiner Einfassung behalten, und über diesem müssen Schlüssel- und Anwellen des ersten Rades, (wenigstens 18'' hoch bis unter seinen Wellzapfen) liegen, so daß also der Halbmesser des ersten Rades 10' 6'' betragen muß, wenn dasselbe den untern Wasserspiegel erreichen soll.

Diesen Einschränkungen sind weder die einzelnen Räder, noch die letzten oder untersten Räder, bei mehreren, unterworfen.

Solche Fälle, wo eine große Wassermenge durch innere Vorgelege nicht zweckmäßig zu verwenden wäre, und wo dieselbe auf mehrere Wasserräder vertheilt werden müßte, kommen bei Mahlmühlen nicht oft vor. Man hat bei der Anlage mehrerer Wasserräder immer den Nachtheil der langen Gerinne, oder der zu langen Räderwellen zu beseitigen; und da, wo dieses nicht durch Vorgelege bewerkstelligt werden kann, wird man mit Nutzen bauen, wenn man bei einer Stauung, auf beiden Seiten eines Mühlencanals die Wasserräder anlegt, und zwei besondere Mühlen anlegt; oder, um diese in einem Gebäude zusammen zu haben, den ganzen Canal überbaut.

## Verbindung der unterschlächtigen Räder mit ihren Gerinnen und Räderwerke.

### Einfache Mühle.

#### §. 43.

**I.** Soll durch ein einfaches Kammrad, und mit dem unmittelbaren Eingriffe von den Kammern desselben in ein Steingetriebe, wie §. 36 die Anzahl von wenigstens 60 Umläufen des Steines in 1 Minute hervorgebracht werden; so erhalte das Getriebe von 10,46' im Theilriss oder 3'  $\frac{1}{3}$ " D. bei  $3\frac{1}{2}$  zölliger Theilung, 35,8 Stücke; wofür man die nächste ganze Zahl 36 annimmt.

Gäbe man ferner dem Getriebe wenigstens  $2\frac{1}{2}$  Umläufe gegen einen Umgang des Kammrades, so erhalte dasselbe bei gleicher Theilungsweite 90 Kämme, also im

Theilriss 315 Zolle

im Durchmesser 100,3 Zolle = 8'  $4\frac{1}{4}$ ".

Gegen dieses Kammrad muß das Wasserrad einen etwas größeren Durchmesser erhalten, den ich zu 10 Fuß bis zum Mittelpunkte des Stoszes auf die Schaufeln annehme; sein Umkreis ist also 31,40, und von demselben durchlaufen  $\frac{31,40}{2\frac{1}{2}} = 12,56'$  in 1 Sec. in welcher Zeit der Stein einmal umläuft.

Das Moment des Steines ist  $10,46 \cdot 200 = 2092$  ℔. folglich muß die bewegende Kraft  $\frac{2092,00}{12,56} = 174,5$  ℔ seyn, welche durch die relative Geschwindigkeit =  $2 \cdot 12,56 = 25,12$  erzeugt wird, und welcher also eine absolute Geschwindigkeit von  $3 \cdot 12,56 = 37,68'$  zum Grunde liegt, die durch die Fallhöhe von 22,7' entsteht.

Die ganze Wassermenge =  $\frac{174,5 + \frac{1}{2}1745}{65 \text{ ℔.}} = \frac{261,7}{65} = 4,2$

Cub. Fuß in 1 Sec. giebt aber nicht mehr als 16  $\square$  Zolle für die Angriffsfläche der Schaufeln des Rades.

Ich habe dieses Beispiel gewählt, um bemerklich zu machen, daß man weder die Geschwindigkeiten der Steine für einfache Mühlen willkürlich annehmen kann, noch ohne Berechnung der Geschwindigkeit, welche vorhandene Gefälle geben, an die innere Einrichtung der Mühlen denken darf, wenn man nicht die Vortheile der richtigen Steingetriebe aufgeben will. Diese Erinnerung wäre überflüssig, wenn nicht gerade in diesem Stücke von den Praktikern so häufig gefehlt würde.

Es giebt zwar in Gebirgsgegenden solche hohe Gefälle, deren Fallgeschwindigkeiten die erforderlichen Wassermengen erzeugen, und wo Einigen der mechanische Lehrsatz: daß kleine Masse mit viel Geschwindigkeit so viel leiste, als große Masse mit verhältnißmäßig kleinerer Geschwindigkeit, bestätigt zu seyn geschienen hat, wo also (wie in diesem Beispiele) die Geschwindigkeit des Rades größer seyn kann, als die des Steines. Bei solchen Gefällen leidet der freifallende Wasserstrahl schon bedeutend von dem Widerstande der Luft, und es ist besser, denselben in eine Röhre zu fassen, die erst unten, nahe an den Schaufeln ihre Oeffnung hat. Ueberhaupt eignen sich solche Lagen nur für kleine horizontal umlaufende Mühlenräder.

II. Es sey gegeben

mittlere Wasserhöhe

$$h = 3'$$

Geschwindigkeit

$$C = 13,693'$$

Durchschnitt des Gerinnes

$$F = 144 \text{ □}''$$

wovon jedoch nur Stoß empfangen

$$F' = 136,8 \text{ □}''$$

Dicke des Wasserstrahles vor

$$F'' = 3''$$

daher Länge von

$$F' \frac{136,8}{3} = 45,6''$$

von

$$F \frac{144}{3} = 48''$$

Durchmesser des Rades

$$d = 18'$$

Durchmesser des äußern Umkreises der Schaufeln

$$d' = 18' 3''$$

Man theile die Höhe des ganzen Gefälles  $h$  in zwei gleiche Theile, so wird die Geschwindigkeit der mittlern halben Höhe  $= 1' 5''$ , mit welcher das Wasser aus der Oeffnung fließt  $= 9,4'$ . (§. 24. III.) in 1 Sec.; und das Rechteck für die halbe Parabel  $= 15,7\frac{1}{2} \cdot 9,4$ , worin diese nach §. 19. III. 4. beschrieben, mit ihr die Cycloide (§. 26. VI.) vereinigt, und nach §. 28. III. die Größe der Ausflußöffnung bestimmt werden kann.

III. Die Zeichnungen Fig. 18, 19, 20, 21, zeigen, daß bei hohen Gefällen der Wasserstrahl länger in der Parabel verbleibt, und daß ihr Vereinigungspunkt mit der Cycloide tiefer in  $w$  liegt. Zugleich ist in Fig. 19 und 21. die Form concentrischer Kröpfe angedeutet, welche dem Wasserstrahle einen Weg  $Ax$  anweist, den er zu Folge seiner natürlichen Richtung  $Ao$  nicht gehen kann. Der hiedurch erfolgende schiefe Stoß auf die oberste Schaufel (§. 30. IV.) wird durch veränderte Stellung der Schaufeln so wenig beseitiget, als das eingebilddete Moment des wasserhaltenden Bogens, einen Ersatz für den Verlust beim schiefen Stoße geben kann, denn hat der Wasserstrahl seinen Stoß richtig ausgeübt, so bleibt ihm nur die Geschwindigkeit des Rades, und er kann keinen Druck gegen die ausweichende Schaufel ausüben; hat er aber noch größere Geschwindigkeit, so gehört diese noch zu dem ersten Stoße.

IV. So wenig es bei den Mühlenbauern gebräuchlich ist, kann man doch, indem man sich der Armen Fig. 20. bedient, die Radkränze aus einer ungeraden Zahl von Krümmungen zusammensetzen, und solches Holz anwenden, welches für eine Eintheilung nach geraden Zahlen, (4 oder 6) nicht brauchbar seyn würde.

§. 44.

Die vorigen Anweisungen können bei Strauberädern ohne Weiteres zur Ausführung gebracht werden, da ihre Schaufeln mit einem kleinen Spielraume zwischen den Wangen der Stoßgerinne sich bewegen, und die Kraft des stoßenden Wasserstrahles an sich den möglich kleinsten Verlust erleidet.



Bei Staberrädern hingegen finden sich mehrere Schwierigkeiten; denn da diese nur an den äußern Seiten ihrer Kränze durch Wangen eingefaßt werden können, so würde der Wasserstrahl um so viel breiter, als die Dicke der Kränze beträgt, seyn müssen, ohne daß dieser Theil desselben etwas zu dem Stöße beitragen könnte, und man verursachte dadurch eine unnütze Wasserverschwendung. Diese zu vermeiden, hat man die Wasserbänke angewendet, welche diesen Fehler etwas vermindern, ohne ihn doch gänzlich aufzuheben. Es bestehen dieselben aus den fortlaufenden Wangen der Gerinne, welche, so weit sie den Umkreis der Radkränze berühren würden, mit diesen concentrisch ausgeschnitten sind, so daß die Radkränze selbst mit ihren Stirnen, um einen kleinen Zwischenraum entfernt, sich über denselben bewegen. Wenn nun diese Wasserbänke **EGDR Tab. I. Fig. 18. b.** auch die Dicke der Kränze haben, und auf ihren auswendigen Seiten mit besondern Wangenbretern, (welche zugleich die Wangen des Untergerinnes bilden können) eingefaßt werden; so kann dieß doch nicht verhindern, daß nicht etwas Wasser durch den Spielraum des Bogens **Fig. 18. a. ED** durchschießet, und die Kraft des Wasserstrahles um diesen Abgang schwächt. Alle andern Formen der Wasserbänke haben diesen Fehler in größerem Maße, und daher gebrauchen, unter übrigens gleichen Umständen, Strauberäder weniger Wasser, als Staberräder.

§. 45.

Diesem Nachtheile, welcher allerdings einen gegründeten Einwurf gegen die Staberräder ausmacht, habe ich durch folgendes Mittel abgeholfen, welches seinem Zwecke um so besser entspricht, je mehr man sich an die §§. 30. V., 39. VII., 43. V. gegebenen Anweisungen hält. **Tab. I. Fig. 20. b.**

Ich mache nämlich die Kränze der Räder in ihren auswendigen Halbmessern um die Dicke des berechneten Wasserstrahles kleiner, lasse die Schaufeln zwischen den inwendigen Seiten derselben um eben so viel vor der Stirn der Kränze vorstehen, und dieselben zwischen den Wasserbänken, welche die

§. 29. **III.** ange deutete Stauhöhe vor der Schaufel haben, mit einem kleinen Spielraum gehen; die äußern Umkreise der Kränze aber, über den concentrisch ausgeschnittenen Oberseiten der Wasserbänke sich drehen. Dadurch verbinde ich die gute Eigenschaft der Strauberäder (§. 44.) mit der größern Dauerhaftigkeit der Staberräder. Der vorstehende Theil der Schaufeln ist völlig haltbar, wenn die Schaufeln selbst aus  $\frac{3}{4}$  bis  $\frac{1}{2}$  Zoll dicken, eichenen, buchenen oder föhrenen Brettern verfertigt werden; es ist aber bei allen unterschlächtigen Rädern nöthig, sie durch Rechen oder Gitter vor dem Treibholze zu sichern, welches von dem Oberwasser herbei geführt werden möchte, und Beschädigung der Schaufeln verursachen kann. Merkwürdig genug ist übrigens der von mir oft beobachtete Umstand, daß Holzstücke, die von dem Wasserstrahl vor die Schaufeln gebracht werden, sich immer quer vorlegen, und, sind sie zu lang, eher selbst zerbrechen, als die Schaufeln beschädigen.

§. 46.

Den Schaufeln die cycloidische Form (§. 31.) zu geben, nehme man, um genau zu gehen, ein Stück eines Kreisbogens, dessen Halbmesser vom Mittelpuncte des Rades bis auf die Oberfläche des, vor der Schaufel sich aufstauenden Wasserstrahles reicht, oder wenn diese bei Rädern, welche mehrere Borgelege treiben, veränderlich ist, den Halbmesser, der bis auf die höchste Aufstauung sich erstreckt. Um aber eine allgemeine Regel zu haben, darf man bei Staberrädern den Halbmesser von dem innern Kreise des Radkranzes, bei Strauberädern den äußern Halbmesser ihrer Kränze annehmen. **Tab. II. Fig. 22.**

Nach diesem Bogen **RB** schneide man ein Stück Bret aus, und bemerke an einem Ende die Richtung des Halbmessers **CR** mit **RV**.

Wenn man nun **RV** auf **AB** und an **DC** anlegt, und den Bogen **Rb** so auf **AB** sich walzen läßt, daß **b** in **B** übergeht, so hat derselbe mit seinem Umfange **RB**, auf **AB**

das Stück  $DB = R'B$ ; der Punkt  $R'$  aber die Cycloide  $DFR'$  beschrieben; welche also aus einem Kreise, dessen Halbmesser  $CD = DG$  ist, entsteht. Betrachtet man nun  $DEIK$  als ein Stück des Radkranzes, oder  $DK$  als den äußern Umkreis eines Kranzes am Strauberade, so zeigt  $FD$  Lage und Form der Schaufel,  $EF$  aber die Abweichung von der Richtung des Radius  $GE$ .

§. 47.

Die in dem Vorigen enthaltenen Anweisungen umfassen alles was bei den unterschlächtigen Wasserrädern zu beobachten ist, und geben die mechanischen Gründe an, deren Beachtung bisher von allen Schriftstellern über Mühlenbau vernachlässigt worden ist. Aus den Zeichnungen wird sich auch ein Jeder, der mit dem Handwerk des Mühlenbauens einigermaßen bekannt ist, über die einfachsten und besten Constructionsarten der festen Gerinne und Grundwerke leicht belehren.

Oberschlächtige Wasserräder.

§. 48.

Das oberschlächtige Rad wirkt durch das Gewicht des in seinen Schaufeln befindlichen Wassers. Um von dieser Wirkung einen Begriff zu erhalten, muß man sogleich die mögliche Construction eines solchen Rades betrachten.

Dabei findet man:

**Tab. II. Fig. 23. I.** Daß von einer gegebenen Wasserhöhe oder von dem Unterschiede des obern Wasserspiegels  $D$  und des untern  $E = DE = LM$  als zu dem Rade nicht gehörend, abzurechnen sind.

- 1)  $DR$ , Höhe des Stauwassers vor dem Schütze oder die Bläse;
- 2)  $HI$ , Gefälle des Gerinnes nach der Parabel, worin die Dicke des Gerinnebodens 4 Fosse mit eingeschlossen;
- 3)  $IA$ , Spielraum zwischen dem Rade und dem Gerinneboden. 2 Fosse;

4) **BM**, Spielraum zwischen dem Rade und dem untern Wasserspiegel.

Unter diesen Maaßen sind 2, 3, 4, durch Erfahrung als hinreichend groß bestimmt, und sie gelten daher für alle Größen der Räder.

Nr. 1 oder **DR** ist aber von der Größe **DE** abhängig. Auch wird **BM** in solchen Fällen, wo das untere Wasser aufstauet, und keinen schnellen Abfluß erhalten kann, zuweilen größer genommen werden müssen, welches sich allein nach genauer Erwägung der örtlichen Lage bestimmen läßt.

**II.** Die Geschwindigkeit, welche ein oberflächliches Rad verlangen kann, findet man folgendermaßen:

Da das in den Schaufeln von **a** bis **k** enthaltene Wasser nicht allein mit der Last der Maschine das Gleichgewicht, sondern auch so viel Ueberwucht geben muß, als zu zweckmäßiger Bewegung derselben erfordert wird; diese aber von der ganzen Geschwindigkeit abhängt, welche das Wasser im Falle durch die Höhe von **LD**, bis auf die letzte noch wasferhaltende Schaufel, oder bis in **n** erhalten kann; so ist aus gleichen Gründen wie §. 29, die vortheilhafteste Geschwindigkeit, welche dem Rade in dem mittlern Umkreise seiner gefüllten Schaufeln gegeben werden kann,  $\frac{1}{3}$  der ganzen Fallgeschwindigkeit  $C = \frac{1}{3}C$ .

Indem nun das Rad mit dieser Geschwindigkeit ausweicht, muß die Geschwindigkeit des Wassers, welches die Schaufeln mit irgend einer angenommenen Wassermenge anfüllen soll, noch einmal so groß seyn als die Geschwindigkeit des Rades selbst  $= \frac{2}{3}C$ .

Denn wenn z. B. beide Geschwindigkeiten, die des Zuflusses und die des Rades einander gleich wären, so würde die erste Schaufel **a** gar kein Wasser, die folgenden aber nur die Hälfte aufnehmen; oder es müßte, um die ganze Wassermenge für jede Schaufel aufzunehmen, halb so geschwind gehen. Umgekehrt, wenn die Zuflußgeschwindigkeit größer als  $\frac{2}{3}C$  wäre, so würden die Schaufeln überfüllt werden, das Rad

erhielte eine Beschleunigung, aber, (weil zugleich mehr Wasser vergossen wird,) zum Nachtheile des besten Effects.

Hierin haben die meisten Schriftsteller, auch Kästner, Hydrodynamik §. 396. II. geirret, da sie die Zuflußgeschwindigkeit nur der Geschwindigkeit des Rades gleich, annehmen.

III. Es läßt sich hieraus schon übersehen, daß man, theils um die Druckhöhe vor den Schützen nicht übermäßig zu vermehren, theils um den Schaufeln ein hinreichendes Durchschnittsprofil zu geben, dieses mehr durch die Breite als die Dicke des Wasserstrahles zu erreichen suchen müsse. Man kann daher sogleich eine, für die Verbindung der Radkränze hinreichende, und für alle Größen der Räder gleiche Breite der Radkränze annehmen, (wozu 1 Fuß genug ist)  $F_n = \frac{1}{2}FB$  setzen, und damit für die wirkende Fallhöhe  $DE - MN' = Dn''$  festsetzen. Die absolute Geschw:  $C$  ist daher  $= \sqrt{62\frac{1}{2} \cdot Dn''}$  die Geschwindigkeit des Rades  $= \frac{1}{3}C$ .

Mit der Geschwindigkeit  $\frac{2}{3}C$  soll nun das Wasser in die Schaufel  $a$  fallen, also  $DS$  die dieser Geschwindigkeit zugehörnde Höhe seyn, (§. 24. IV.) und damit man derselben auch völlig versichert sey, müßte man diese Höhe auch für den Verlust durch Adhäsion, also für  $\frac{2}{3}C + \frac{1}{20}C$  suchen. (§. 33. III.)

Beispiel.  $DE$  sey  $13' 4''$

$MB = 3''$

$BF = 12''$

$FN = 6''$

also  $N'M = 21''$  und  
 $Dn'' = 11' 7''$

die Geschw. für  $Dn''$  daher  $\sqrt{.11\frac{7}{12}' \cdot 62\frac{1}{12}} = 26,8 = C$   
 $\frac{1}{3}C = 8,7$   
 $\frac{2}{3}C = 17,4.$

Die Druckhöhe für  $17,4 + \frac{1}{20} = 18,2$ , oder die Geschwindigkeit, mit welcher das Wasser ausfließt  $= DS = 5' 3\frac{1}{2}''$ . Demnach der mittlere Durchmesser des Rades  $= 13' 4'' - (BM + DS) = 13' 4'' - (3'' + 5' 3\frac{1}{2}'') = 7' 9''$ .

IV. Von dieser Geschwindigkeit gehört ein Theil dem freien Falle, mit welchem das Wasser aus dem Gerinne durch eine Parabel in die Radschaufel, bis zu der mittlern Tiefe derselben

selben in  $S'$  fällt. Den Punkt  $S$  muß man also wegen des gleichförmigen Durchganges der Schaufeln, als beständig annehmen, und man behält für die Druckhöhe über dem Gerinneboden  $DR$ ; nur  $DS - RS = 5' 3\frac{1}{2}'' - 1' 6\frac{1}{2}'' = 3' 9''$ ; hievon geht noch die halbe Höhe der Schützenöffnung ab mit  $2''$ ; bleibt für die wirkliche Druckhöhe  $3' 7''$ , deren Geschwindigkeit  $14' 9$ , und nach welcher die Breite der Ausflußöffnung zu bestimmen ist. (§. 28. III.)

V. Die mit der Geschwindigkeit  $14,9$  ausfließende Wassermenge bildet ein Prisma, welches zu seiner Grundfläche  $14,9 \cdot 4'' = 4,96 \square'$ , (in jeder Sec.) und die Länge der Schaufeln zu seiner Höhe hat, oder dessen cubischer Inhalt diese Wassermenge ist, welche durch Veränderung dieser letzten Factoren vergrößert oder verkleinert werden kann. Ist aber die Größe der Oeffnung festgesetzt, so kann bei einem tieferen Falle unter  $S$ , der Wasserstrahl sich mehr zusammenziehen, die Wassermenge bleibt aber dieselbe. Daher kömmt bei oberflächtigen Wasserrädern die Zusammenziehung des Wasserstrahles nicht weiter in Betrachtung.

VI. Die Parabel des einfallenden Wasserstrahles wird nach §. 23. III. beschrieben, und wenn dieselbe die senkrechte Linie durch des Rades Mittelpunkt, in der Mitte des Kranzes, in  $x$  durchschneidet, so geben ihre andern Durchschnitte mit den äußern und innern Umkreisen der Radkränze  $\delta$  und  $\beta$  nicht allein die gehörige Richtung der Kropfschaufeln  $dx$ , sondern auch die Weiten der Schaufeln selbst,  $\beta\gamma \cdot \gamma\lambda \dots$  wo  $\beta\gamma = \frac{1}{2}\beta\lambda$  ist.

VII. Sollten die auf diese Art bestimmten Weiten der Schaufeln in dem Umkreise des Rades sich nicht ohne Rest herumtragen lassen, so wählt man, mit Rücksicht auf die Zahl der Krümmlinge in den Kränzen, die nächst größere oder kleinere Anzahl der Schaufeln, oder vertheilt auch den etwaigen Rest gleichmäßig auf alle Schaufeln.

§. 49.

I. Das Moment eines oberflächigen Rades findet man nun aus vorigen Angaben.

Da die Wassermenge, welche in die Schaufeln des Rades gelangt, in 1 Sec. =  $4' 96 \square'$  in ihrer prismatischen Grundfläche enthält; der mittlere Umkreis des Rades, in 1 Sec. mit 87 Geschwindigkeit sich bewegt; sein Durchmesser = 7,8 ist, also sein Umkreis  $7,8 \cdot 3,14 = 24'$  enthält, so durchlaufen von a bis i neun Schaufeln jenen Bogen, und eine jede Schaufel müßte in ihrem Durchschnitt  $\frac{4,96}{9} = 74\frac{2}{3} \square''$  Wasser fassen. Die Schaufeln h und i haben aber schon einen Theil ihres Wassers ausgegossen, ehe sie bis zu N' herabgesunken sind

so daß h nur noch  $46 \square''$   
 i  $35 \square''$  }  $81 \square''$  enthalten, (§. 51. III.)

und also  $68\frac{1}{3} \square''$  für das Rad verloren werden, indem einer jeden nachfolgenden Schaufel dasselbe widerfährt, und also immer gleichviel Wasser in den Schaufeln befindlich ist.

II. Es wirkt aber das Wasser der einzelnen Schaufeln mit seinem Gewichte an sehr ungleichen Hebelarmen, z. B. a an aV, b an bV.... Diese müssen alle auf den Halbmesser WV gebracht werden, dessen Endpunkt W die Geschwindigkeit des Rades hat. Dieses geschieht, wenn man jeden Hebelarm mit dem Durchschnitt seiner gefüllten Schaufel multiplicirt, und jedes dieser Producte durch  $WV = 47''$  dividirt, so erhält man hier:

Für Va	=	9 × 74 $\frac{2}{3}$	=	672	divid. mit 47	=	14 $\frac{1}{4}$ .
Vb	=	20 × 74 $\frac{2}{3}$	=	1493	„ „	=	31 $\frac{5}{7}$ .
Vc	=	30 × —	=	2222	„ „	=	47 $\frac{1}{4}$ .
Vd	=	37 × —	=	2762 $\frac{2}{3}$	„ „	=	58 $\frac{5}{7}$ .
Ve	=	43 × —	=	3210 $\frac{2}{3}$	„ „	=	68 $\frac{1}{4}$ .
Vf	=	45 × —	=	3360	„ „	=	71 $\frac{3}{7}$ .
Vg	=	44 × —	=	3285 $\frac{1}{2}$	„ „	=	69 $\frac{1}{7}$ .
Vh	=	46 × 40	=	1840	„ „	=	39 $\frac{7}{7}$ .
Vi	=	35 × 33 $\frac{1}{2}$	=	1172 $\frac{1}{2}$	„ „	=	24 $\frac{4}{7}$ .

also die Summe der auf den Halbmesser WV reducirten einzelnen Momente, welche auf WV in W wirken, anstatt der ganzen Wassermenge 4' 96 □" = 714 □".

III. Das Moment des Rades ist demnach gleich dem Gewichte eines Wasserprisma's, welches den reducirten Durchschnitt der Schaufeln = 425 $\frac{1}{7}$  zur Grundfläche, und die Länge der Schaufeln zu seiner Höhe hat, und mit der Geschwindigkeit des Umkreises in W multiplicirt ist. Z. B. die Länge der Schaufeln sey 4 Fuß, so wäre das Moment des Rades

$$\frac{425\frac{1}{7}}{144} \cdot 4 \cdot 65 \text{ ℔} \cdot 8,7 = 6690 \text{ ℔}.$$

IV. Würde dieses Moment zu Bewegung solcher Mühlsteine wie §. 35. oder 39. I. angewendet, welche bei einem Umgange in ihrem mittleren Schwungkreise 10,46' durchlaufen, und deren Moment der Last 2092 ℔. beträgt; so würde die Geschw. des Steines in derselben Zeit (1 Sec.), in welcher der Umkreis des Rades 8,7' durchläuft  $\frac{6690}{2092} = 3\frac{207}{48} \times 10,46$  seyn müssen, oder auf diesen Bogen des Radkreises kommen  $3\frac{207}{48}$  Umläufe des Steines, folglich auf den ganzen Umkreis des Rades von 24' = 240", da  $\frac{24,0'}{8,7}$  nahe 2 $\frac{3}{4}$ , und  $3\frac{207}{48}$  ebenfalls nahe 3 $\frac{1}{2}$  sind;  $2\frac{3}{4} \times 3\frac{1}{2} = 8\frac{1}{2}$  Umläufe des Steines auf einen Umgang des Rades.



Also da das Rad in  $2\frac{1}{4}$  Sec. einmal herumgeheth, so kommen in 1 Minute  $\frac{8\frac{1}{2} \cdot 60}{2\frac{1}{4}} = 185\frac{5}{11}$  Umläufe des Steins.

Zu Erzeugung dieser Geschwindigkeit werden aber in jeder Secunde  $\frac{714 \times 4}{144} = 19\frac{5}{6}$  Cubik = Fuß Wasser erfordert (II).

§. 50.

**I.** Die große Kraft und Geschwindigkeit im vorigen Beispiele, läßt sich eben so wie bei unterschlächtigen Rädern (§. 39. II.) auf mehrere Gänge vertheilen.

**II.** Bei einem gegebenen Gefälle und einer bestimmten Wassermenge, theile man zuerst das Gefälle nach §. 48. II. Die ganze Zuflußmenge in 1 Sec. wäre nur 12 Cub. = Fuß übrigens sollen die vorigen Maße gelten; und man erhält wenn die Höhe der Oeffnung der Schützen 3" ist, =  $\frac{1}{4}$  Fuß;  
 $14,9 \times \frac{1}{4} = 3,7 \square'$ ; und die Breite der Oeffnung  $\frac{12 \text{ Cub. = Fuß}}{3,7} = 3,24$  oder nahe 3' 3",

daher bei gleicher Ausflußgeschwindigkeit das Moment des Halbmessers  $\frac{425 \cdot \frac{1}{4} \times 3,24}{714} = 194,37$ ,

folglich das Moment des Rades für diese Wassermenge  $\frac{194,37 \times 3,24}{144} \times 65 \text{ \& } \times 8,7 = 2473,1 \text{ \& }.$

Mit diesem Producte der vorigen Geschwindigkeit in eine kleinere Wassermasse hätte man hier  $\frac{2473,1}{2092} = 1, \frac{381,1}{2092} = 1,18$ , also  $2,75 \times 1,18 = 3,2$  Umläufe auf einen Umgang des Rades, daher  $\frac{3,2 \times 60}{2,75} = 69,8$  Umläufe des Steines in 1 Minute.

**III.** Für andere Gefälle und Wassermengen substituire man ihre Zahlen, und rechne übrigens nach §. 49.

§. 51.

Ein unterschlächtiges Rad mit dem überschlächtigen zu vergleichen, wenn beide gleiche Wassermengen haben, kommt es nur auf die Art an, wie die Kraft bei beiden wirkt, weil die Zuflußmenge schon das Product gewisser Geschwindigkeiten ist, und Wassermengen überhaupt und Geschwindigkeiten sich gegenseitig ersetzen, um eine bestimmte Zuflußmenge in gegebener Zeit hervorzubringen, (§. 33. II.) oder große Geschwindigkeit bei wenig Wasser, und umgekehrt viel Wasser mit geringerer Geschwindigkeit in gleichen Zeiten gleiche Massen geben können.

Es sey z. B. die Wassermenge des Zuflusses wie §. 49.  $19\frac{1}{2}$  Cub. = Fuß in 1 Sec. Wie groß wird der Effect seyn, den ein unterschlächtiges Rad bei seiner besten Einrichtung durch diese Wassermenge hervorbringen kann?

Die natürliche Lage, mit der des überschlächtigen Rades §. 48. völlig gleich angenommen, wäre das Gefälle  $13', 4''$ . Hievon gehen ab, 2 Zoll für die Stufe im Gerinne,

2 = = = halbe Dicke des Wasserstrahls

————— = = = 4''  
bleiben 13 Fuß

wirkendes Gefälle, welchem  $28,29'$  Geschwindigkeit angehören; hievon  $\frac{1}{10}$  Verlust durch Adhäsion, bleiben nahe 27 Fuß Geschwindigkeit, daher Geschwindigkeit des Rades  $27 = 9$  Fuß relative Geschwindigkeit des Wasserstrahls 18 Fuß Gewicht der  $19\frac{1}{2}$  Cub. = Fuß Wasser  $991\frac{3}{4}$  ℔. relatives Gewicht  $\frac{2}{3} \cdot 27$   $660\frac{4}{9} =$  folglich Moment des Rades  $= 9 \cdot 660\frac{4}{9} = 5944 =$  oder  $6690 - 5944 = 746$  ℔. weniger als bei dem überschlächtigen Rade.  $22\frac{1}{2} \frac{2}{3} \frac{1}{4}$  Cub. = Fuß würden daher erfordert werden, wenn das unterschlächtige Rad denselben Effect leisten sollte, wie das überschlächtige, oder nahe  $2\frac{1}{2}$  Cub. = Fuß in jeder Secunde mehr, welche in jeder Minute 150 Cub. = Fuß betragen. So würde also eine Wassermenge, bei welcher das überschlächtige Rad 24 Stunden arbeiten könnte, von

dem unterschlächtigen Rade schon in  $21\frac{1}{3}$  Stunden verbraucht werden, und bei 300 Arbeitstagen im Jahre a 24 Stunden, welche das oberschlächtige Rad mit seiner Wassermenge auskäme, würde das unterschlächtige nur  $266\frac{1}{2}$  Tag arbeiten können. Daher ist der Effect des ersten über  $\frac{1}{3}$  größer, als bei dem letzten, und dieses Verhältniß nimmt noch viel mehr zu, wenn das unterschlächtige Rad nicht gut construirt ist, und durch schiefen Stoß auf seine Schaufeln, oder unrichtigen Einfall des Wasserstrahles, von seiner möglichen Kraft verliert.

Bei dem oberschlächtigen Rade ist also der Vortheil der Wasserersparung mehr als bei unterschlächtigen Rädern zu erwarten, und man muß dasselbe anbringen, wo die Angaben §. 48 und 49 dieses überall gestatten.

II. Die kleinste Wassermenge, mit welcher der gewöhnlich verlangte Effect einer Mahlmühle = 2092, (mit 10,46' Umfang des Schwungkreises des Steines, bei 60 Umläufen desselben in 1 Minute) hervorgebracht werden kann, ist: für das unterschlächtige Rad

$$\frac{2092 \times C}{\frac{1}{3}C \times \frac{2}{3}C} : 65.$$

z. B. für  $C = 12$ ,  $\left(\frac{2092}{4 \times 8} \times 12\right) = 65\frac{1}{3} \times 12 = 784\frac{1}{3}$

und  $\frac{784\frac{1}{3}}{65} = 12\frac{2}{13}$  Cubik-Fuße.

III. Für das oberschlächtige Rad.

Da dasselbe wegen der innern Einrichtung der Mühle nicht kleiner als 6 Fuß in seinem mittlern Durchmesser xq seyn darf, so wird n S Fig. 23 = AB - (AS + FN + FB) = 5' 6'', Hn' als die Höhe, in welcher die Beschleunigung des frei fallenden Wasserstrahles erfolgt = AB + AH = 7' + 6'' n' soll aber in der horizontalen Linie liegen, wo der Inhalt der beiden untern, zum Theil schon ausgeleerten Schaufeln i und h für eine volle Schaufel angenommen werden kann, also nach §. 49. II.; da h + i diesem Inhalte einer vollen Schaufel sehr nahe kommen, (und man für die Ausführung einer allgemeinen Regel bedarf,) wird n' in der Mitte zwis

schen *h* und *i*, oder in der Linie  $\zeta\eta$  etwa liegen müssen, und demnach wird dasselbe zu  $\frac{1}{4}xq$  anzunehmen seyn.

Von der Geschwindigkeit, welche von der Höhe  $ns = qs$   
 $— \frac{1}{4}qs = 6 — 1\frac{1}{2} = 4\frac{1}{4}$  hervorgebracht wird, muß das  
 Rad die Hälfte in seinem mittlern Umkreise erhalten, also  
 hier  $\frac{16,76}{2} = 8,38'$ , und die Geschwindigkeit, mit welcher

das Wasser die Schaufeln bei *a* füllen soll, muß daher 16,76'  
 seyn, und zu dem Ende über *S* sich die Stauhöhe von  $4\frac{1}{2}$  Fuß  
 befinden. Demnach wird die wirkende Wasserhöhe  $Dn' = 2Sn$ .

Die ganze Wasserhöhe oder das überhaupt nöthige Gefälle  
 $= 2Sn + \frac{1}{4}qs + qM = DE$ .

$$= 9' + 1\frac{1}{2}' + \frac{3}{4}' = 11\frac{1}{4} \text{ Fuß,}$$

und demnach die wirkende Wassermenge

$$\frac{2092 \times 16,76}{16,76 \times 8,38} = \frac{2092}{8,38} = 3\frac{5}{6}\frac{4}{5} \text{ Cub. = Fuß.}$$

Da das Moment, was diese mit der Geschwindigkeit  
 von 8,38, dem Rade geben können, in dem Verhältniß von  
 $428\frac{1}{4} : 714$ , oder bei Uebergang des Bruchs, wie  $428 : 714$   
 steht; (§. 49. II.) so muß die wirkliche Wassermenge, welche

einen gleichen Effect hervorbringen soll  $= \frac{714 \times 3\frac{5}{6}\frac{4}{5}}{428} = 6\frac{1}{4}\frac{5}{8}$

Cubik = Fuße seyn.

IV. Die Mühlenbesitzer gelangen selten zu dem Genusse  
 aller Vortheile, welche sie von ihrer Lage ziehen könnten, da  
 sie sich meistens bloßen Handwerkern anvertrauen müssen, de-  
 nen die nöthigen Kenntnisse zu Beurtheilung der Effecte der  
 Mühlen fehlen, und die sich nur mit einzelnen einseitigen  
 Handwerksregeln behelfen. Doch woher sollten sie auch bes-  
 sere Belehrung hernehmen? da in den theoretischen Schriften  
 solche Voraussetzungen angenommen werden, die in praxi nie  
 vorkommen, oder wenn Erfahrungen ohne weitere Prüfung  
 als richtig weiter übertragen sind? Auf diese Art sind die  
 partiellen Verbesserungen, welche Eifelen bei einigen sehr  
 schlechten unterschlächtigen Rädern angebracht hat, in den  
 Schriften von Langsdorf und Neumann als genügend ange-

führt worden, ungeachtet bei denselben, der, der Lage nach mögliche Effect noch lange nicht erreicht worden war; obgleich diese Beispiele selbst es beweisen, daß der erreichte unvollkommene Effect größer war, als derselbe nach der gewöhnlichen Berechnungsart, wobei der Stoß dem Gewicht der Wassersäule von doppelter Höhe gleich gesetzt wird, hätte herauskommen können. (§. 29. VII.)

V. Aus Vorigem sieht man demnach im Allgemeinen:

1) daß bei dem oberschlächtigen Rade an sich die Geschwindigkeit durch  $\frac{2}{3}$  der Wassermenge hervorgebracht wird, welche das unterschlächtige Rad ganz gebraucht, daß aber

2) das Moment des Effects nicht in demselben Verhältniß stehen kann, weil dasselbe durch die Reduction der ungleichen Halbmesser, an welchen das Gewicht des Wassers wirket, vermindert wird, und von der ganzen Höhe des Gefälles derjenige Theil abgethet, in welchem die Schaufeln des Rades nicht mehr gefüllt sind.

VI. Einige haben auf die Anwendung des Lehrsatzes §. 20. III., wenn das Wasser durch eine Oeffnung im Boden des Gerinnes auf das Rad siele, einen bedeutenden Vortheil zu finden gehofft. Allein dieser kann nur alsdann Statt finden, wenn man eine immer gleiche oder beständige Druckhöhe hat, wie sich dergleichen bei Quellen in Kalk und Gipsgebirgen allerdings finden. Wo aber diese Druckhöhen leicht abwechseln, wird bei niedrig angenommenen Höhen der Schließöffnungen der Vortheil geringer, und daher der leichtere und wohlfeilere Bau der Vorfluther mit parabolischen Einfallsgerinnen vorzuziehen seyn.

§. 52.

I. Des mittelschlächtigen Rades, welches mit den Rädern, die in concentrischen Kröpfen laufen, in eine Classe gehört, erwähne ich nur deswegen, weil dasselbe in den Fällen, wo eine intermittirende Last vorhanden ist, (z. B. bei Aufwurf-Hammerwerken,) und es auf Wassersparung nicht ankommt, seinen Beharrungsstand durch das

Gewicht des in seinen Schaufeln enthaltenen Wassers stetiger machen kann. In allen Fällen, wo gleichförmiger Widerstand zu überwinden ist, leistet, bei übrigen gleichen Umständen, das unterschlächtige Rad bessere Wirkung.

II. Tab. II. Fig. 29. ist die richtige Construction eines solchen Rades vorgestellt.

Durch die Stellung der Stoßschaufel  $xy$  ist zwar die senkrechte Richtung des Wasserstrahles  $xtuy$  erreicht, und die Nachtheile des schiefen Stoßes gegen die sonst gebräuchliche Richtung dieser Schaufeln  $OS$  sind dadurch beseitiget, allein die Kraft des Stoßes gegen  $xy$  steht nur in dem Verhältniß von  $eos\ zxy : r = xy$ , oder wie  $xp : xy$ , und selbst diese Kraft kann man nicht für voll ansprechen, da die Stellung von  $xy$  im Fortgange der Rotation sich verändert, und  $eos\ zxy$  abnimmt; wie die punktirten Schaufeln in der Figur es zeigen.

III. Bei Vergleichung des Effectes dieses Rades mit dem oberflächlichen, findet sich, daß ihm gerade der beste Theil von der Kraft abgeht, welche das letzte durch Beschleunigung im Falle, des in den obern Schaufeln enthaltenem Wassers erhält, und wodurch es überhaupt möglich wird, daß bei hohen Gefällen die oberflächlichen Räder mit wenigern Wasser ein größeres Moment erhalten können; weil die bestimmte Quantität des Wassers in den Schaufeln ihre Beschleunigung, und die daraus folgende mittlere Geschwindigkeit des Rades bedimmt, ohne für die einzelnen Schaufeln einer größern Zuflußmenge zu bedürfen, die bei unterschlächtigen Rädern erforderlich ist.

## Dritter Abschnitt.

### Anwendung des Windes zu Bewegung der Mühlen.

---

#### §. 53.

I. Die Kraft des Windes wird zu Bewegung der Mühlen, da wo dem Winde selbst keine Hindernisse entgegen stehen, leicht und meistens wohlfeiler angewendet, als das Wasser, dessen Gebrauch durch zu viele Umstände beschränkt ist; doch ist diese Anwendung auch manchen andern Einschränkungen unterworfen, worunter die Windstillen und die Veränderlichkeit des Windes die wichtigsten sind. Man hat daher bei starken Winden Ueberfluß an Kraft, bei schwachen Winden Mangel an derselben; und aufsparen läßt sich der Wind nicht, wie dieß mit dem Wasser geschehen kann.

Eine Windmühle wird demnach immer am nützlichsten seyn, wenn sie mit einer verhältnißmäßigen kleinern Kraft noch eine gute Wirkung hervorbringen kann, weil auch starke Winde nur selten, mäßige und schwache aber häufig wehen, und deshalb müssen die Windmühlensflügel so eingerichtet seyn, daß sie von einer großen Menge des Windes Stoß aufnehmen können.

**II.** Die Windmühlenflügel bewegen sich in derselben Luft, welche durch die Geschwindigkeit ihrer Bewegung den Stoß auf dieselben hervorbringt, sie haben daher den Widerstand eines gleich dichten Medii zu überwinden, und erleiden dadurch einen beträchtlichen Abgang an der ihnen mitgetheilten Bewegung. Hierauf hat man in den Anweisungen zum Bau der Windmühlen, bisher noch keine Rücksicht genommen und es existirt noch keine Anleitung zu einer solchen Construction der Windmühlenflügel, welche allen Forderungen der Theorie Genüge leistete.

**III.** Ueber die Art: wie der Stoß des Windes aufzufangen und zu Bewegung der Mühlen angewendet werden kann, haben lange verschiedene Meinungen geherrscht, und noch von Zeit zu Zeit tauchen solche Ignoranten auf, die in horizontal umlaufenden Windmühlenflügeln das zweckmäßigste Mittel zu Bewegung der Mühlen wollen gefunden haben. Daß alle dergleichen Versuche nothwendig mißlingen mußten, dieß hatte seinen Grund in der unrichtigen Schätzung des Widerstandes der Luft, und in den falschen Begriffen von den Nachtheilen des schiefen Stoßes.

§. 54.

**I.** Das Gewicht von 1 Cubit = Fuße atmosphärischer Luft nach Rheinländischem Maasse, beträgt in Eölnischem Gewichte  $1\frac{1}{2}$  Unze, welches aber nach Verschiedenheit der Temperatur noch um etwas, (auf 2 Loth 1 Quentchen 16 Gran) zunehmen kann.

**II.** Die Stoßkraft des Windes hängt von seiner Geschwindigkeit ab, welche man nach der Fußzahl der Längen, welche er in einer gewissen Zeit durchläuft, beurtheilen kann.

Den Wind, welcher in 1 Secunde einen Längenraum von 1,56 Hamb. Fuß durchläuft, nennt man dem Gefühle nach fast unbemercklich.

Bei 4,67 Fuß Hamb.	schwach.
„ 15,59	windig.
„ 29	sehr windig.



Bei 62,37 Fuß Hamb. starken Wind.

o 100 — 130

Sturmwind, der Bäume und Häuser umwirft.

III. Die Bewegung der Luft und die Geschwindigkeit des Windes läßt sich nicht nach denselben Gesetzen beurtheilen, welche bei tropfbaren Flüssigkeiten gelten; denn es kommt die Elasticität der Luft dabei in Betrachtung, und ihre Bewegung entsteht nicht allein von ihrer Schwerkraft, sondern es wirken dabei noch andere, uns zum Theil noch unbekannte Ursachen, welche wenigstens die Richtungen der Luftströme verändern können.

IV. Doch bleibt die Wirkung eines einmal vorhandenen Luftstromes dieselbe, wie bei andern Flüssigkeiten, und sein absoluter Stoß gegen eine ihm senkrecht entgegen stehende Fläche  $F$  ist  $= CgF$ ; wenn  $C$  die Geschwindigkeit des Luftstroms,  $g$  das eigenthümliche Gewicht der Luft bedeutet.

V. Weicht die Fläche dem Stoße mit einer Geschwindigkeit  $= c'$  aus, so bleibt die Größe des relativen Stoßes nur  $(C - c')$ .  $Fg$ .

Da man bei allen Flüssigkeiten den Stoß gegen eine ruhende Fläche nicht genau ausmitteln kann, weil man nicht weiß, was mit den ausweichenden Theilen derselben vor der Fläche vorgehet, und wie diese durch Cohäsion und Elasticität modificirt werden; so ist der Fall, wenn die Fläche ausweicht, und die Lufttheile, welche ihren Stoß verrichtet haben, frei entweichen, mehr geeignet, die Kraft des Stoßes zu bestimmen, oder die Größe der Bewegung zu finden, welche nach Abzug des Widerstandes der Luft übrig bleibt, und die den Beharrungsstand der Windmühlensflügel giebt.

§. 55.

Der Widerstand der Luft gegen die hintere Seite der Flügel hängt von dem senkrechten Flächendurchschnitte auf die Richtung seiner Bewegung und seiner Geschwindigkeit ab. Weil dieser Durchschnitt und die Geschwindigkeit viel kleiner sind, als der Durchschnitt der Vorderseite des Flügels und

dessen Geschwindigkeit, so behält der Flügel immer eine große Ueberwucht.

§. 56.

**I.** Um von der Art, wie die Flügel der Windmühlen von dem Winde bewegt werden, einen Begriff zu geben, sey **Tab. II. Fig. 24.** **AO** der horizontale Durchschnitt eines vertical stehenden Windflügels. **HA** und **DO** die Richtung des Windstroms gegen **AO**.

**HA = DO** drücken zugleich die Geschwindigkeit des Windes in 1 Sec. = **C** aus; und es ist also der Inhalt eines Prisma, welches eine auf **AO** senkrechte Fläche **AOe** zur Grundfläche, und **AHe =** und **DOe**, ingleichen **AHDO** und **ahdo** zu Seitenflächen hat, der Masse von Lufttheilen gleich, welche **AOe** in einer Secunde berühren; denn weil die Parallelogrammen **AHDO**, **AHIL = GODK** einander gleich sind, so ist nicht **AO**, sondern **GO** die Breite des aufgefangenen Luftstromes; oder nicht **OA = r** des Winkels **AOE**, sondern **GO = cos AOE** giebt die Breite desselben. **GO** ist also die Grundlinie eines Rechtecks, welches zu seinen andern Seiten das Maas der Geschwindigkeit des Luftstromes hat = **GODK**.

**II.** Die Kraft, mit welcher **HO** oder jeder andere damit parallele Strahl gegen **AO** schief wirkt, zerfällt in zwei andere Kräfte **HA**, parallel mit **DO** und **HI**, senkrecht auf **DO**.

Der Kraft nach **HA** widersteht die Unverrückbarkeit des Flügels **AO**, welcher in der Richtung **HA** nicht ausweichen kann, und daher diesen Theil der Kraft vernichtet. **GO** hingegen kann die Fläche **AOe** in der Richtung von **E** nach **F** fortschieben; und dieses ist die absolute seitwärts treibende Kraft, welche die sämtlichen in dem Prisma, auf den Grundflächen der Parallelogramme **AODH = GODK** enthaltenen Lufttheile gegen **AO** ausüben können, und die mit **g** multiplicirt (**IV.**) den Stos = **v** in Pfunden geben. Dieser ist daher auch proportional mit dem **Sin. DOM** und **AOB**,

da  $\text{Sin. AOB} = \text{cos. AOE}$  und  $\text{Sin. DOM} = \text{cos. FOM}$  sind.

III. Da es einerlei ist, ob der Luftstrom sich gegen den Windflügel bewegt, oder ob dieser mit gleicher Geschwindigkeit durch die ruhende Luft geführt wird; so verhält es sich auch mit dem Widerstande, welchen die Luft der Bewegung des Flügels  $\text{AO}$  auf der Seite von  $\text{F}$  entgegensetzt, auf gleiche Art.

Die Breite des widerstrebenden Luftstromes gegen die Hinterseite von  $\text{AO}$  ist:  $\text{cos. AOB} = \text{LO}$ ; also ist die Masse der aus ihrer Stelle zu vertreibenden Luft =  $\text{LOe}$ , der Widerstand derselben =  $\text{LOe} \times c' \times g$ .

Die absolute Kraft des Windstroms wird demnach doppelt vermindert, einmal durch den Widerstand der Luft, in welcher der Flügel sich bewegt, zweitens durch das Ausweichen des Flügels selbst.

Für die erste Verminderung ist  $\text{GO} : \text{AH} = \text{LO} : \frac{\text{LO} \cdot \text{AH}}{\text{GO}}$

daher die übrig bleibende Kraft

$$\text{AH} - \frac{\text{LO} \times \text{AH}}{\text{GO}} \times \text{eg} \times c' = w.$$

Der Abgang der Kraft wegen des Ausweichens des Flügels  $\text{AH} : \text{GO} = \left( \text{AH} - \frac{\text{LO} \cdot \text{AH}}{\text{GO}} \right) : \text{AH} - \frac{\text{LO} \cdot \text{AH}}{\text{GO}} \cdot \text{eg} \cdot c'$   
oder  $\text{C} - c' \times \text{LOe} \cdot g$ .

IV.  $v$  (II.) ist am größten, wenn  $\text{AOB} = \text{AOE}$ ,  $45^\circ$  ist,  $w$  (III.) ist am größten bei  $54^\circ 44'$ , doch gilt dieses nur für den Anfang der Bewegung, oder für die Wirkung auf die Ase der Windmühlenflügel. Sobald eine wirkliche Bewegung und Ausweichung Statt findet, verändert sich  $w$ , und wird von den verschiedenen Größen von  $c'$ , welche dieses erhalten kann, abhängig.

§. 57.

I. Bei Windmühlenflügeln, welche sich um ihre Ase drehen, bewegen sich Punkte in verschiedenen Abständen von derselben in concentrischen Kreisen, und die gleichzeitigen Ge-

ſchwindigkeiten welche  $c'$  erhält, ſtehen in den Verhältniſſen der Umkreiſe, Durchmeſſer oder Radien dieſer Zirkel.

**Z. B.** an einem gewöhnlichen Flügel von 35 Fußen Länge, durchläuft ein Punkt der erſten Sproſſe die 5 Fuß von der Aſe entfernt iſt, einen Umkreis von  $31\frac{1}{7}'$ , die letzte Sproſſe  $34\frac{1}{2}$  Fuß von der Aſe entfernt, den Umkreis von  $216\frac{2}{7}$  Fuß.

**II.** In demſelben Verhältniſſe, in welchem, bei gleich breiten Flügeln, die Schrägen **AOG** kleiner werden müſſen, und daher die ſeitwärts treibende Kraft  $w$  abnimmt, nehmen mit den Entfernungen von der Aſe die Längen der Hebelarme, an welchen die Kraft auf die Aſe wirkt, zu, und daher bleiben in allen Entfernungen die Wirkungen des Luftſtromes auf die Fläche des Flügels einander gleich. Man kann daher den Eindruck auf die ganze Fläche des Flügels um ſo mehr als gleichförmig annehmen, da auch die Größe des widerſtehenden Durchſchnittes **LO** in gleichem Verhältniſſe abnimmt.

Wenn aber die Geſchwindigkeit in den äußern Kreiſen ſo groß oder noch größer wird, als die Geſchwindigkeit des Windes ſelbſt, ſo kann dieſer nicht mehr forttreibend auf dieſelben wirken, und es entſteht im Gegentheil ein ſtärkeres Hinderniß an der widerſtehenden Luft. Daher können zu lange Windflügel nachtheilig werden. (§. 59. III.)

**III.** Auf die richtige Beſtimmung der Winkel für jede Entfernung von der Aſe, kömmt in der Ausübung alles an, denn wenn dieſelben zu groß ſind, ſo vermindert dieß die ſeitwärts treibende Kraft, und man erhält nicht die völlige Wirkung, welche bei dem richtigen Winkel zu erreichen wäre; dabei wächst zugleich der Widerſtand, und dieſer verurſacht, daß die Segel an dem äußern Umfange rückwärts getrieben werden, an den Flügeln nicht glatt anliegen, und durch eine beſtändige Bewegung (Segelſchlag) ſich bald ruiniren. Dieß wird noch nachtheiliger, wenn die Winkel der Sproſſen nicht in gleichem Verhältniſſe wachsen.

In nachstehender Tafel sind die Winkel für alle Entfernungen von der Aze der Wellen angegeben.

Entfernungen von der Aze.	Tab. III.	Fig. 24.	
	Größen der Schrägen für die Breite der Flügel von 7 Fuß = sin. AOG.	Größe der Winkel AOB mit der Aze.	
Fuße.	Seile.	Grade.	Min.
5	40	64	32
6	36,5	66	31
7	34,3	67	47
8	33	68	33
9	32	69	9
10	30,8	69	52
12	28	71	34
14	25,6	73	3
16	23,7	74	15
18	20,7	76	9
20	18,5	77	34
23	15	79	52
27	11,6	82	8
32	7,2	85	6
40	5,9	85	59

Viele Mühlenmeister pflegen die Winkel der Sprossen, (Heckscheiden) in verschiedenen Entfernungen von der Aze nach den Schrägen, oder sin. AOG abzumessen. Da diese aber mit den Breiten der Flügel veränderlich sind, so ist es besser die Winkel selbst, welche unveränderlich bleiben, zu gebrauchen.

Dazu verfertigt man sich ein Modellbret, auf welchem die Winkel für jede Entfernung nach der Tafel aufgetragen werden, und nach welchen die Richtungen der Sprossen sich bestimmen.

Tab. II. Fig. 25. ist ABDE ein solches Modellbret im verjüngten Maasstabe, auf welchem die Winkel DC 5, DC 6,

**DC 7...** aufgezeichnet sind. Dieses wird mit seiner Seite **DA** an **HA** der Ruthe dergestalt senkrecht auf die Länge derselben angelegt, daß in jedem Punkte der gleichnamigen Entfernung, zwischen **H** und **C** noch soviel Holz übrig bleibt, als zu Haltung der Sprosse und zum Anschlag des Windbrets, welches mit jedem **Cx** eine Ebene bilden muß, nöthig ist. Darauf lassen sich die Richtungen der einzelnen Sprossen, entweder an dem Modellbret selbst, oder nach einer, in die verschiedenen Winkel **AC 5**, **AC 6...** gestellten Schmiege, deren einer Schenkel nach **AC...** der andere nach **C 5**, **C6...** gerichtet ist, durch die Ruthe durchbohren oder durchstemmen.

§. 58.

Auf eine andere Art, welche Schober gezeigt hat, findet man die Winkel der Sprossen für verschiedene Entfernungen derselben von der Axe, wenn man als gegeben annimmt.

Die Länge des Windmühlenflügels; die Anzahl der Sprossen in demselben, die Entfernung der ersten Sprosse von der Axe der Welle, und den Winkel der ersten Sprosse.

**Tab. II. Fig. 26.** **AB** Länge des Flügels,  
**AC** Entfernung der ersten Sprosse  
von der Axe.

Auf **AB** ziehe man aus **A**; **C**; und **B** die senkrechten Linien **Aa**; **Bb**; **Cc**.

In **A** mache man den Winkel **aAe** = dem bekannten Winkel der ersten Sprosse mit der Axe **aA**.

Wo **Ae** und **Cc** sich einander durchschneiden, oder durch **E**, ziehe man **DF** parallel mit **AB**.

Dann theile man **EF** in so viele gleiche Theile weniger einen, als der Flügel Sprossen erhalten soll, und ziehe aus **A** nach allen diesen Theilungspunkten die Linien **A2**, **A3**, **A4...** so wird **DA2** der Winkel für die zweite Sprosse, **DA3** für die dritte u. s. w. Es findet also ein ähnliches Verhältniß für die Abnahme der Schrägen hiebei Statt, wie §. 57.

**II.** Schober setzt für  $\sin. DAy$  (wobei **Dy** = der Entfernung der ersten Sprosse von **A** ist) den Sinus von  $45^\circ$ ,

anstatt daß nach §. 56. IV.  $Dy = \sin. 54^\circ 44'$  seyn sollte.  
Tab. II. Fig. 27.

§. 59.

I. Da in größern Entfernungen von der Axe die Umkreise, welche die Sprossen beschreiben, so groß werden können, daß ihre Geschwindigkeiten in ihrer Bewegung die Geschwindigkeit des Windes selbst übertreffen; z. B. wenn bei geringem Widerstande der Steine, die Beschleunigung der Flügel weit über die vortheilhafteste Geschwindigkeit für den Effect zunimmt, so kann gegen diese Geschwindigkeit der Druck der widerstehenden Luft gegen die Hinterseite der Segel in freier Luft doch nie so groß werden, als der Druck des Windstroms gegen ihre Vorderseiten, und daher bleiben die Segel an den Sprossen fest anliegend. Allein an dem senkrecht niederstehenden Flügel wird die Luft von dem Mühlengebäude zurückgeworfen, und dadurch werden die Segel rückwärts von den Sprossen abgetrieben, dann im Fortgange des Flügels von dem Hauptwindstrome erfaßt und heftig gegen die Sprossen geschlagen, unter welcher Bewegung die Segel sehr angegriffen und bald ruinirt werden. An den achteckigen Mülenthürmen bemerkt man schon, daß dieser Segelschlag geringer ist, wenn der Flügel gegen eine Ecke, als wenn er gegen die platte Seite steht, weil bei der ersten Stellung der Windstrom besser zu beiden Seiten ohne reflectirt zu werden ausweichen kann; bei ganz runden Thürmen geschieht dieses noch gleichförmiger.

II. Noch eine andere Rücksicht ist bei der Construction der Flügel für die Winkel der vom Centro der Welle entferntesten Sprossen zu beachten.

Obgleich durch Einziehen der Segel die Angriffsfläche der Flügel, folglich auch die Kraft des Windes negativ so weit vermindert werden kann, als für einen verlangten Effect es nur eben hinreichend ist, so können doch unvermuthete Stürme zuweilen so plözlich entstehen, daß es nicht möglich ist, die Segel schnell genug und gehörig einzubinden. In

solchem Falle erhalten die Flügel eine sehr beschleunigte Bewegung und Ueberwucht, und es wird oft unmöglich, dieselben mit der Passe (Bremsse) in Stillstand zu bringen; dabei kann dann, wegen der großen Friction im Halse der Welle, diese sich erhitzen und in Brand gerathen. Um nun die große Geschwindigkeit der Flügel wenigstens so weit zu mäßigen, daß man dieselben mit der Passe aufhalten könne, hat man die äußersten Spitzen der Windflügel etwas gegen den Windstrom geneigt, wodurch die Segel an die Sprossen fest ange- drückt bleiben, und in ihrer Bewegung durch den Windstrom selbst einen stärkern Widerstand finden, der mit schnellerer Bewegung derselben zunimmt, bei geringerer Geschwindigkeit aber weniger Aufhalt verursacht.

**III.** Zu einer Uebersicht von den Verhältnissen, welche die berühmtesten holländischen Mühlenmeister nach bloßen Erfahrungen für die Schrägen der Sprossen angenommen haben, sind dieselben in folgender Tafel zusammengestellt; hiernach wird eine Vergleichung mit der Tafel S. 57. nicht allein die Abweichung dieser Angaben von der Theorie, sondern auch ihre Verschiedenheiten unter einander zeigen.

Die holländischen Meister führen keine andern Gründe für ihre Angaben an, als *by ondervinding is goot bevonden.* (In der Erfahrung hat man als gut befunden.)



Tafel für die Schrägen der Sprossen in den Windflügeln.

Petrus Imperch.					Johannes van Zyl.									
Landert v. Natrus.					Erste Art.				Zweite Art.		Dritte Art.		Vierte Art.	
Abstand von der Aere	Schrägmaasß	Winkel mit der Aere	Schrägmaasß	Winkel mit der Aere	Abstand von der Aere	Winkel mit der Aere	Abstand von der Aere	Winkel mit der Aere	Abstand von der Aere	Winkel mit der Aere	Abstand von der Aere	Winkel mit der Aere		
Fuße	Soele	0	Soele	0	Fuße	0	Fuße	0	Fuße	0	Fuße	0		
5	41,9	63° 29	33,1	68° 30	5	67°	5	69°	5	71°	5	68° 30		
6	41,	63° 59	33,4	68° 23			6	69° 20						
7	40,2	64° 25	33,8	68° 5			7	69° 40						
8	39,3	64° 55	34,1	67° 54			8	70°						
9	38,5	65° 22	34,4	67° 44			9	70° 20						
10	37,6	65° 53	34,8	67° 30			10	70° 40	10,5	72° 45				
12	36,	66° 48	32,8	68° 40	12	72°	12	71°						
14	34,4	67° 44	30,8	69° 52			14	71° 40			14,8	72°		
16	30,9	69° 48	28,9	71° 1			16	72° 20	16	74° 45				
18	27,4	71° 55	26,5	72° 29			18,5	73° 10						
20	24,	74° 5	24,	74° 3			21	73° 54						
24	18,6	77° 51	17,8	78° 2			24	74° 48	24	79°	25,33	78° 30		
28	10,4	83°	9,9	83° 16	29,1	76° 50	28	76°						
33	0	90°	0	90°			32,5	83°	35,75	90°				
35	- 4	92°	- 5,8	94°	38	90°	37,75	90°			34	90°		
					44,5	95°	44,5	95°	38,75	95°	38,75	95°		

IV. Die Winkel der Sprossen kann man nun nach der Tafel S. 57 anordnen, für die Richtung der äußersten Sprossen gegen den Wind, darf man nur der ersten Sprosse bei der Welle z. B. in dem Abstände von 5 Fuß, den ihr zukommenden Winkel =  $64^{\circ}32'$ , der letzten Sprosse aber  $92^{\circ}$  bis  $95^{\circ}$  (im Verhältniß der Länge der Flügel) geben, wodurch jene sich von selbst ergibt. (§. 64.)

§. 60.

I. Die ganze Kraft, mit welcher der Wind gegen alle vier Flügel wirkt, findet sich wie folgt.

Die Breite der Flügel sey 7 Fuß, die Länge der mit den Segeln belegten Fläche 30 Fuß, also der Flächeninhalt derselben  $840 \square$  Fuß.

Der senkrechte Druck eines Windstroms gegen diese Fläche bei einer Geschwindigkeit, z. B. von 15 Fuß ist

$$840 \times 15 \times 2\frac{1}{4} \text{ Loth} = 886 \text{ \textcircled{L}}.$$

Davon kommen auf die absolute seitwärts treibende Kraft in dem mittlern Umkreise des Eindrucks auf die Flügel, welcher hier  $\frac{2}{3} \cdot 30 = 20$  Fuß ist, und der in dieser Entfernung von der Axe der Welle für den Winkel der Sprossen  $77^{\circ}34'$  giebt; (da  $AO:GO = 886 : x$ , oder  $GO = \sin. 77^{\circ}34' = 81''$  für  $AO = r = 84''$ )  $84 : 81 = 886 : 854\frac{1}{6}$  \textcircled{L}.)  $AH:GO = 854\frac{1}{6} : 385 \text{ \textcircled{L}}.$

II. In demselben Umkreise soll die vortheilhafteste Geschwindigkeit des Flügels  $\frac{1}{3}$  der Geschwindigkeit des Windes, also hier 5 Fuß seyn, daher bleibt die relative Kraft, welche auf alle vier Flügel wirkt, nur  $\frac{2}{3} \cdot 385 = 256\frac{2}{3}$ . Also wird das Moment der ganzen relativen seitwärts treibenden Kraft auf alle vier Flügel  $256\frac{2}{3} \times 5 = 1283\frac{1}{3} \text{ \textcircled{L}}.$

III. Diese wird noch durch den Widerstand der Luft vermindert, nemlich durch

$$(\text{Cos. } 77^{\circ}34' = LO) = 18, 5'' \cdot 30' \cdot 4 \cdot 5' \cdot 2\frac{1}{2} = 61\frac{1}{3} \text{ \textcircled{L}}.$$

Demnach bleibt das Moment der Flügel

$$1283\frac{1}{3} - 61\frac{1}{3} = 1222\frac{2}{3} \text{ \textcircled{L}}.$$

IV. Bei der Geschwindigkeit des mittlern Schwungkreises der Flügel = 5' in einer Sec. gebraucht derselbe  $\frac{20.3,14}{5} = 12,56$  Secunden zu einem Umgange, oder es

macht derselbe 4,77 Umgänge in 1 Min.

V. Das Moment eines achtzehner Mühlensteines = 2092  $\mathcal{L}$ . wird demnach von dem Momente der Flügel 1221 $\frac{3}{4}$   $\mathcal{L}$ . so überwunden, daß 36,64 Umläufe des Steines in 1 Min. erfolgen.

VI. Eine größere Geschwindigkeit des Windes, z. B. 24' in 1 Sec. oder die Umingangsgeschwindigkeit der Flügel von 8' in 1 Sec. würde dagegen ein Moment derselben von 3656  $\mathcal{L}$ . und nahe 105 Umläufe des Steines in 1 Minute erzeugen.

VII. Man sieht also, daß bei kleinen Geschwindigkeiten zu möglichster Benutzung der geringern Kraft des Windes es darauf ankömmt, denselben durch die gehörige Richtung der Sprossen vortheilhaft aufzufangen; hingegen daß größere Geschwindigkeiten eine Mäßigung der Kraft mit Verkleinerung der Fläche, (d. i. das Einbinden der Segel,) erfordere.

§. 62.

I. Für die Bearbeitung der Flügel mit ihren zugehörigen Theilen, hat man folgende practische Bemerkungen in Acht zu nehmen. Fig. 28.

Wenn man die zu den Ruthen (Flügel) der Windmühle bestimmten Balken, nach den örtlichen Verhältnissen, von dem besten Holze, welches zu haben ist, gewählt hat, wozu vorzüglich die drei Holzarten, Fuhre, (Föhre, Kiefer, *Pinus Silvestris*,) Rothtanne, (Fichte, *Pinus picea*,) Stieleiche, *Quercus foemina* sich eignen, indem man auf andere Hölzer, welche die erforderlichen Eigenschaften haben, als Lerchen, Cedern u. s. w. bei uns nicht rechnen darf; muß man zuerst auf die Längen sehen, in welchen die vorhandenen Hölzer brauchbar sind. Denn da von den mittlern Dicken derselben

von wenigstens  $\frac{1}{2}$  Sollen Hamb. oder  $\frac{1}{4}$  Sollen Rheinl. nichts abgehen darf, so wird man nur selten Balken finden, aus welchen die Ruthen in einer Länge gemacht werden können. Dieß ist auch weder nothwendig noch rathsam, weil man den Ruthen nicht allein durch angeschiffete Stücke die erforderliche Länge mit hinreichender Festigkeit geben kann, sondern weil man auch durch solche Stücke (Anschärfen) den Ruthen ihr gehöriges Gleichgewicht leichter zu beschaffen im Stande ist, als bei Ruthen aus einem Stücke Holz, dessen schwereres Stammende ein größeres Gegengewicht nöthig macht.

Das Gleichgewicht der Ruthen, welches zu dem gleichförmigen Beharrungsstande derselben viel beiträgt, zu prüfen, muß man sie auf eine scharfe Unterlage mit ihrer Mitte legen, und an dem leichtern Ende mit schwereren eisernen Bändern, oder mit hölzernen Klößen die nöthige Gegenwucht anbringen. Die Figuren 30, 31, 32 und 33. Tab. II. zeigen die Verbindung der Anschärfen mit den Mittelstücken, wobei vorzüglich zu bemerken ist, daß die Blätter der Anschärfen nicht parallel mit den Borderseiten der Ruthen gemacht werden dürfen, weil ihre Verbindung durch die Heckscheidenlöcher zu sehr unterbrochen werden würde, wogegen bei den Anplattungen von den Seiten, die durch beide Stücke in vollem Holze durchgehenden Heckscheiden, zu der festen Verbindung sehr viel beitragen. Uebrigens müssen die Ruthen, damit sie bei trockener Witterung in den Wellenlöchern sich nicht verrücken, und ihr Gleichgewicht verlieren durch die Winderpotten Tab. II. Fig. 31, 32, 33, a a' a'' in ihrer richtigen Lage unverrückbar erhalten werden.

II. Kann man zu den Mittelstücken keine Balken in den erforderlichen Längen von 50 bis 60 Fuß, bei den mittlern Dicken von  $\frac{1}{2}$  oder  $\frac{1}{4}$  Sollen, sondern nur etwa von 30 — 36 Fuß erhalten, so können die Ruthen auch nach Tab. II. Fig. 34, 35, 36, aus kürzeren Stücken zusammengesetzt werden, es müssen aber die Blätter der Anschärfen in diesem Falle bis in die Wellenlöcher gehen. Zu den Mittel- und Bruststücken kann man dann auch Eichenholz nehmen,

welches in den Wellbüchern nicht so leicht anfaut als Föhrenholz. So habe ich mehrmals erlebt, daß eichene Bruststücke die zwei- und dreimalige Erneuerung der Anschlägen aushielten.

§. 63.

Die Ruthen bleiben auf 7—9 Fuß aus der Mitte auf jeder Seite viereckt winkelrecht  $\frac{1}{3}$  oder  $\frac{1}{4}$  Zolle stark; auch die Vorderseite und die Seite, mit welcher die Ruthe die Luft durchschneidet, oder die Seite, an welcher die Windbreter liegen, bleiben ebenfalls gerade; die Hinterseite und die Seite der Segel werden nach der Spitze zu verzüngt, und auch viereckt bearbeitet. Darauf sollen die Sprossen oder Heckscheiden nach ihren Schrägen durchgebohrt oder gestemmt werden, welches freilich nach der oben §. 57 erwähnten Art vermittelst eines Modellbretes geschehen kann.

§. 64.

Allein in der Ausübung bedient man sich eines leichteren und bequemern Mittels. (§. 59. IV.)

I. Für die Schrägen der Sprossen gegen die gerade Seite der Ruthe  $J J'$  wird die Sehne des Bogens  $QS$ , aus der Mitte der Welle mit dem Halbmesser  $RS = RQ$  beschrieben, für die letzte Sprosse deshalb genommen, damit sie den wenigsten Widerstand der Luft erleide. Die übrigen von der Ruthe selbst gedeckten Sprossen, macht man mit der ersten parallel, und demnach erscheinen sie so, wie sie in Fig. 32 in der vordern Ansicht, Fig. 31 von der Hinterseite gezeichnet sind.

II. Die Schrägen gegen die Richtung des Windes  $Az$  und  $Fx$ , und  $zE$  oder  $xG$ , das ist die Sinus der Winkel  $ACz$  und  $FCx$ .

$zCE$  und  $xCG$  werden von der, gegen den Windstrom senkrechten Vorderseite der Ruthe  $DC$  so abgetragen, daß  $Az$  für die Länge der ersten Sprosse  $AC = 7$  Fuß, unter dem Winkel  $ACD$  von  $64^{\circ}32' = 40$  Zolle rückwärts.  $BC$  aber

unter dem Winkel  $DCB = 93^\circ = 4$  Zolle vorwärts gerichtet sey.

Damit aber diese Richtungen, welche man hiedurch nur für die äußersten Spitzen der Sprossen in der Entfernung von 7 Fuß von  $J J'$  erhält, so nahe an dieser genommen werden können, daß man die Lage des Bohrers zu dem Durchbohren der Sprossenlöcher immer gewiß habe, **Tab. II. Fig. 37**, so trägt man die vorigen Winkel  $ACD$  und  $DCB$  auf ein Bret, und nimmt  $CF = Cy$  in einer solchen Entfernung (z. B. 1 Fuß) von  $J J'$  an, daß die Stange des Bohrers noch lang genug bleibt, um die Ruthe von  $p$  nach  $C$  zu durchbohren. Hierauf wird die Ruthe mit ihrer geraden Seite  $J J'$  horizontal gelegt, so daß die Seite  $MN$  die Oberfläche macht, und die Löcher  $p$  und  $p$  nach ihren Winkeln bohrt man mit einem  $\frac{1}{4}$  zölligen Bohrer, steckt in dieselben die sogenannten Zielnagel, an welchen man in der nöthigen Entfernung eine Schnur anspannt, welche nach den Theilungspunkten an der Ruthe und nach den parallelen Richtungen der übrigen Sprossen mit der äußersten, die Schrägen aller Sprossen gegen den Windstrom bestimmt.

Man macht die Windflügel gewöhnlich von 65 bis 88 Fuß lang und giebt ihnen 22 bis 36 Sprossen, so daß die Weite derselben zwischen 13 und 16 Zollen Hamb. beträgt. Diese Gränzen sind weit genug, um in allen Fällen eine Eintheilung leicht machen zu können, und selbst eine kleine Abweichung von denselben, wird in der Hauptsache wenig ausmachen. Es ist leichter und besser, die Sprossen rein durchzustemmen, als zu denselben erst vorzubohren, da die Löcher an der Seite  $J J'$  weiter seyn müssen, um die verjüngten Sprossen von da durch die Ruthe eintreiben zu können.

**III.** Die Enden der Sprossen werden auf beiden Seiten der Ruthe mit Saumleisten eingefasset, und auf ihrer Hinterseite mit zwei Zwischenleisten versehen. Zwischen der geraden Seite der Ruthe  $J J'$  und der Saumlatte, werden auf den noch vorstehenden Enden der Sprossen die Windbretter in drei oder vier Längen mit gewöhnlichen Anebeln besetzt

stigt, damit auch diese bei Sturmwinden leicht abgenommen werden können.

IV. Die Segel müssen an ihren Ranten mit starken Linien oder Tauern eingefasst seyn, mit welchen sie nicht allein vor dem Zerreißen geschützt, an der Ruthe befestigt, und sowohl ausgespannt, als eingebunden werden können.

V. Wegen der Schräge, mit welcher die ersten Sprossen der Hausruthe sich gegen die Kappe der Mühle neigen, müssen nicht allein der Halzbalken und das Wellenlager dieselbe reclinirende Lage wie die Ruthen selbst, sondern auch die Seiten der Kappen eine solche horizontale Einziehung erhalten, daß die Spitzen der Sprossen das Dach der Kappe nicht berühren.

§. 65.

Dies sind die hauptsächlichlichen Rücksichten, welche man bei Windmühlen zu beobachten hat, um eine solche veränderliche Kraft, wie der Wind darbietet, in allen Fällen vortheilhaft benutzen zu können, und die Nachtheile zu vermeiden, welche bei unrichtigen Constructionen leicht entstehen.

Alle Versuche, welche man bisher gemacht hat, um durch größere Breiten der Flügel ihre Kraft zu vermehren, und die Ruthen dabei zu verkürzen, bewegliche Flügel für das Auf Fangen des senkrechten Stoßes und Segel zu gebrauchen, haben keinen Ersatz für die Stetigkeit gewähren können, welche die gewöhnlichen Windflügel bei ihrer größern Schwungkraft der langen Ruthen besitzen. Man hat daher keinen Vortheil von den Erfindungen zu erwarten, die sich auf eine andere Art den Windstoß aufzufangen begründen, und welche meistens aus bloßer Neuerungsſucht, ohne gründliche Kenntniß und Berücksichtigung aller Nebenumstände, in Vorschlag gebracht werden, zumal da man mit den gewöhnlichen Flügeln jede Größe des Stoßes vom Winde erlangen kann.

Da die Kenntniß der Windmühlen in Deutschland so selten ist, wie das, was von Schriftstellern über dieselben gesagt worden, beweiset, und da man ganze Provinzen findet,

in welchen selbst die Bäumeister von den holländischen Windmühlen nichts verstehen; so wird es nicht überflüssig seyn, durch einige Zeichnungen die nutzbarsten und bequemsten Arten der Mahlwindmühlen vorzustellen und zu erklären. Tab. X. XI.

Es ist übrigens auf die reclinirende Lage der Windflügel keine Rücksicht zu nehmen, theils weil ihre Abweichung von der senkrechten Ebene nur gering ist, theils weil der Wind bei Anhöhen gewöhnlich fällt, und seine Richtung mit der Axe der Welle parallel wird.

§. 66.

I. Die Benutzung anderer Kräfte als des Wassers und Windes zu Bewegung der Mahlmühlen, gehört zwar nicht in den Plan dieser Schrift, doch muß hier etwas über die Größen der Wirkungen, welche man von denselben zu erwarten hat, gesagt werden. In ältern Schriftstellern findet man eine Unzahl von Angaben, wie die Kräfte der Thiere, der Menschen und Gewichte anzuwenden seyn sollen, allein die meisten derselben sind ohne alle Würdigung der dynamischen Gründe aufgestellt, und daher theils von geringem Effecte, theils ganz unmöglich. Durch solche sogenannte Erfindungen haben sich schon Viele verleiten lassen, Effecte vermittelst Versvielfältigung von Räderwerken u. dgl. für möglich zu halten, die in der Natur nicht existiren können. Sie haben nicht bedacht: daß der beste Effect derjenige ist, der mit der kleinsten Kraft in der kürzesten Zeit hervorgebracht wird, und daß ein großer Effect der mit kleiner Kraft in sehr langer Zeit erst herauskömmt, doch im Verhältniß der Zeit nur klein genannt werden kann.

Man wünscht die Wirkung einer Maschine in einer bestimmten Zeit zu erhalten; und da Geschwindigkeit der Bewegung derselben, und Größe der Kraft die beiden Factoren sind, aus welchen die Größe der Wirkung als Product hervorgeht; so kann auch mit einer bestimmten Kraft  $k$ , in einer angenommenen Zeit  $t$ , keine größere Wirkung als  $kt$  erfolgen.



Erfordert nun die Art des Effectes eine gewisse Schnelligkeit der Bewegung, wie z. B. das Getraidemahlen, so kann bei einer kleinen Kraft der Widerstand der Last auch nur klein seyn, oder man kann durch eine kleine Kraft große Mühlsteine nicht wirksam bewegen.

Daher wird der, welcher über die Kräfte von Wasser und Wind disponiren kann, sich nicht damit befassen, die kleineren und dabei theuerern Kräfte von Menschen oder Thieren zu gebrauchen, wenn er große Effecte erreichen will, obgleich jene Kräfte meistens hoch besteuert sind.

II. Menschen läßt man entweder durch ihre Armkräfte, oder durch ihr Gewicht, oder durch beide mit einander vereinigt, wirken. Dabei kommt es nicht allein auf die Kräfte an sich, sondern auch auf die Geschwindigkeiten, mit welchen sie in Anwendung kommen, und auf die Zeit ihrer Ausdauer an, denn weder Menschen noch Thiere können ohne auszuruhen arbeiten, und die Zeiten der Unterbrechungen müssen mit in Rechnung gebracht werden.

Ein Mensch von mittelmäßiger Kraft arbeitet am leichtesten, wenn er nicht allein seine Armkräfte, sondern auch die Anstrengungen seines übrigen Körpers zugleich anwendet, und dieß geschieht am besten bei dem Drehen einer Kurbel an einer horizontalen Welle, denn dabei kommt ein Theil des Gewichtes des Oberkörpers und seiner Muskeln den Anstrengungen der Arme zu Hülfe.

Der größte Kreis, welchen die Hände mit einer Kurbel beschreiben können, ist von  $2\frac{1}{2}$  Fuß Durchmesser, also sein wirkender Hebelarm  $1\frac{1}{4}$  Fuß. Die Geschwindigkeit, mit welcher diese Umdrehungen anhaltend auszuführen sind, kann man nicht höher als in 1 Secunde  $2\frac{1}{2} \cdot 3,14 = 7,85$ , oder in runder Zahl zu 7 bis 8 Fuß annehmen, und die Kraft, welche mit derselben ausgeübt wird, auf höchstens 25 ℔. Also hätte man  $8 \cdot 25 = 200$  ℔ absolute Kraft, wovon bei dem besten Effecte  $\frac{2}{3} = 88\frac{2}{3}$  thätig wirken. Die Kräfte der Menschen und Thiere stehen so ziemlich in dem Verhältnisse ihrer Gewichte, das eben Gesagte wird hinreichen, um zu be-

urtheilen, wie hoch man die Anwendung solcher Kräfte in Anschlag bringen darf.

Bei den Dampfmaschinen, welche man auch häufig bei Getraidemahlmühlen anwendet, und die den wesentlichen Vortheil gewähren, daß man sie aller Orten anbringen kann, hat man bereits viele Verbesserungen in den Einrichtungen ihrer Räderwerke angebracht, wozu die Nothwendigkeit schon anmahnte, weil bei Ausföhrung derselben in Eisen und Metall die Fehler unrichtiger Eingriffe bemerklicher und nachtheiliger werden, als bei hölzernen Maschinen. Doch entbehren die meisten noch die Vortheile der guten Einrichtungen der Mühslensteine, und der Gebrauch derselben bleibt wegen des großen Aufwandes von Brennmaterial immer kostspielig.

---

## Vierter Abschnitt.

Von den Hindernissen des guten Ganges der Mühlen,  
und von den Mitteln zu deren Abhülfe.

---

§. 67.

**I.** Nächst den Regeln zu bester Benutzung der bewegenden Kräfte, muß die erste Aufmerksamkeit auf die Umstände gerichtet werden, welche eine Verminderung dieser Kräfte, ohne Nutzen für die beabsichtigte Wirkung herbeiführen können.

Das wichtigste Hinderniß ist die Reibung der Räderwerke, sowohl der Zapfen der Wellen, als der Eingriffe der Getriebe.

**II.** Reibung ist da vorhanden, wo zwei Flächen sich parallel oder schräg auf einander bewegen, und ihre Größe hängt von der Menge der sich berührenden Punkte und dem Drucke, welcher die Flächen gegen einander preßt, ab. Rauheit oder Glätte der Flächen machen dabei große Unterschiede, und überhaupt giebt es so viele Modificationen, daß sich darüber wenig Allgemeines sagen läßt, besonders da eiserne Materien bei verschiedener Beschaffenheit ihrer reibenden Flächen, ganz andere Größen ihrer Reibungen zeigen. Daher hat auch die Theorie diesen Gegenstand noch nicht auf das Reine bringen können, und es bleibt immer das Sicherste,

nach gewissen Erfahrungen für den Verlust an Kraft durch Reibung mittlere Größen anzunehmen, zumal da man durch die bekannten Mittel, Oel, Fett, Seife, Bleierz u. s. w. es in seiner Gewalt hat, die Reibung zu vermindern. Die richtige Form der in ihren Lagern sich concentrisch bewegenden Zapfen und ihre Glätte trägt sehr viel zu Verminderung der Reibung bei, und man muß immer dahin sehen, daß dieselbe nicht durch ungleichen Druck verdorben werde. Doch kann mit Unterlassung des Schmierens eine Reibung um das Doppelte und mehr vergrößert werden, und daher ist das Sprichwort in der Ausführung geltend: daß man mit 1  $\mathcal{L}$  guter Schmiere bei Maschinen mehr ausrichten könne, als mit den genauesten Berechnungen — welche freilich oft an solchen Hindernissen scheitern. Ueberhaupt schwebt aber alles hiebei in so weiten Grenzen, daß eine Annahme der Größe einer Reibung allein durch jene Mittel bedeutend erhöht oder vermindert werden kann.

In Beziehung auf eine Maschine ist die Reibung ferner von den größern oder kleinern Durchmessern der Räder abhängig. Wenn ein großes Rad durch sein Gewicht eine stärkere Reibung an seinen Zapfen verursacht, so wird diese dagegen von dem Verhältniß des größern Halbmessers gegen den Halbmesser des Zapfens wieder gehoben, und dieses berechtigt dazu, für jede Größe eines Rades ein nach der Erfahrung bestimmtes Gewicht als Abgang von der treibenden Kraft durch Friction anzunehmen.

Schnelle Bewegung verkleinert die Reibung, weil das Gewicht, welches die Reibungsflächen drückt, nicht Zeit behält, die Erhabenheiten der einen Fläche in die Vertiefungen der andern einzusenken, oder wenn man lieber will, der Cohäsion beider Flächen nicht Zeit gestattet.

Man kann demnach für Wasserräder die Reibung beider Zapfen auf 20 bis 25  $\mathcal{L}$ ,

bei liegenden Zwischenrädern auf	12 — 15 $\mathcal{L}$ .
„ stehenden Wellen auf	10 — 12 „
„ einer einfachen Mühle in allem auf	30 „



Kämme oder Getriebstöcke bei ihrem Verschleifen annehmen, und die von ihrer anfänglichen Gestalt sehr verschieden ist, die richtige seyn müsse, welche die Natur ihrer Bewegung erfordert. Man bemühet sich auch diese Formen herauszubringen, und mit Constructionen von Circelbögen allgemeine Regeln zu geben, allein damit suchte man die Wahrheit auf einem Wege, wo sie nicht zu finden war, wie dieses die Vorschriften in den Mühlenbüchern von Limperch, Matruss und van Hyl beweisen.

IV. Es giebt aber krumme Linien, die aus der Umdrehung der Räder selbst entspringen, welche die Eigenschaft haben: die sonstige schleifende Bewegung der Kämme gegen die Getriebstöcke, oder umgekehrt, in die rollende zu verwandeln, die Reibung bei weichen Materialien zu vermindern, und bei harten gänzlich aufzuheben.

Diese sind die Cycloiden (§. 19.), Epicycloiden und Hypocycloiden. Die Cycloiden werden von Punkten in dem Umfange der Kreise, die sich auf einer geraden Linie herumwalzen, in den Ebenen der Kreise beschrieben. **Tab. I. Fig. 11** und **14<sup>a</sup>**.

Epicycloiden entstehen von Punkten in dem Umfange eines Kreises, der sich auf der Peripherie eines andern Circels herum drehet. **Tab. II. Fig. 39**.

Hypocycloiden werden von Punkten eines kleinen Circels beschrieben, der an der inwendigen Peripherie eines größern Kreises sich herumwalzt. **Tab. II. Fig. 40**.

V. Cycloiden werden gebraucht, wenn ein Rad oder Getriebe gegen eine gerade Linie oder gegen eine Ebene sich drehen, z. B. gegen eine gezähnte Stange oder ein Getriebe, gegen ein in seiner Ebene verbleibendes Kammrads.

Nach Epicycloiden müssen die Kämme oder Stöcke abgerundet werden, wenn Rad und Getriebe sich in einer Ebene bewegen.

Hypocycloiden werden bei den Kämmen solcher Räder angewendet, welche in Kämme an den innern Umfängen anderer Kreise eingreifen sollen, z. B. wenn die Kappe einer Windmühle durch ein inwendiges Getriebe gedrehet werden soll.

**VI.** Die Zeichnung der Cycloiden ist schon §. 16. **III.** gewiesen worden. Auf ähnliche Art werden auch Epicycloiden und Hypocycloiden beschrieben, wenn man die Umkreise, sowohl der erzeugenden als der ruhenden Kreise, in eine beliebige Anzahl gleicher Theile, jeder =  $a$  eintheilt; durch die Theilungspunkte der erzeugenden Kreise, aus dem Mittelpunkte des ruhenden Circels  $c$ , concentrische Kreise  $b.b.b.b$ ; und ihren Radien, aus den Mittelpunkten der erzeugenden Kreise, für die Epicycloide auswendig; für die Hypocycloiden inwendig berührende Circel zieht, deren Durchschnitte mit jenen concentrischen Kreisen  $b.b.b.b$ . die Punkte  $s.s.s.s$ . geben, welche alle in den verlangten krummen Linien liegen, und nach welchen man diese zusammenziehen kann.

Für die Ausübung kann man diese krummen Linien vielleicht durch wirkliches Abrollen der erzeugenden Kreise auf geraden Linien, oder ihren zugehörnden ruhenden Circeln beschreiben; wozu man nur kurze Bogenstücke von beiden nöthig hat, da in den meisten Fällen nur ein kleines Stück der krummen Linie, von ihren Entstehungspunkten an zu rechnen, gebraucht wird.

§. 68.

**I.** Daß diese krummen Linien die verlangten Eigenschaften auch wirklich besitzen, erhellet aus Folgendem.

Von den Cycloiden ist §. 19. **IV.** schon gezeigt worden, daß die Linien  $BF$ ;  $B\delta$ ;  $BD$ ; aus dem Berechnungspunkte  $B$ , in allen Punkten, wo sie die Cycloiden  $\alpha\alpha$ ;  $\gamma\beta$ ;  $FD$  durchschneiden, auf diese senkrecht stehen; woraus folgt:

Daß die Berührung eines nach dieser krummen Linie geformten Kammes, mit einer geraden Linie, wie  $BF$  oder  $B\delta$ , nur in einem einzigen Punkte geschieht, und daß, wenn  $\alpha\alpha$  nach  $\beta\gamma$  und weiter nach  $FD$  vorrückt, immer andere Punkte mit  $DB$  oder  $\sigma B$ , wie  $\alpha\beta D$  oder  $\alpha\sigma\gamma$  in Berührung kommen müssen; oder daß die krumme Linie  $FD$  sich gegen einen Punkt in  $BD$  abrollt, und nicht über denselben hinschleift.

**II.** Wenn zwei Gewichte **P** und **Q** (Tab. III. Fig. 41.) wovon **P** über **AHM**, **Q** über **MKG**, an den Hebelarmen **CM = AC** und **BG = BM** wirken, in der geraden Linie **AG**, oder bei senkrechter Richtung auf diese **MP** und **GQ** mit einander im Gleichgewichte sind; oder wenn  $Q \cdot CM = P \cdot MB$  ist; so wird dieses auch bleiben, wenn **CM** in die Lage von **CI** käme, und bis an **BE** verlängert würde.

Man ziehe durch den Berührungspunkt **M** eine Linie **DF**, senkrecht auf **BE**, eben so durch **C** eine perpendiculare Linie auf **DF**; so drückt **CD** die Kraft aus, mit welcher **CF** gegen **BE** wirkt, und **BF** die Kraft, mit welcher **BE** widersteht.

Denn da hier zwei ähnliche Dreiecke **CDM** und **BFM** entstehen, nämlich  $CDM = BFM = R$ ;  $FMB = DMC$ , als Scheitelwinkel; so bleibt das Verhältniß, welches **CM** und **BM** als ähnlich liegende Seiten dieser Dreiecke gegen einander haben, auch bei den übrigen Seiten, oder  $CD : BF$ , und  $DM : MF = CM : BM$ .

Weil ferner (nach **I.**) jede Linie durch den Berührungspunkt **M** eines, die Cycloide über der Linie **SP** beschreibenden Kreises **AHM**, immer senkrecht auf die Cycloide bleibt, das beschriebene Stück mag sich zwischen dem abgerollten Bogen **TM**, in **Ty**; **Ix**; oder jedem andern Punkte von **TM** befinden; so hat die Richtung **PS**, oder die Kraft, welche **P** widersteht, in allen Punkten wie **y** und **x**, dieselbe Stärke, wie in **M**.

**III.** Bei Epicycloiden erhält man, wenn **LMN** (Fig. 42.) der Bogen eines großen Rades; **AOMR** der Kreis eines Getriebes; und **CMz** ein Kreis ist, der **CM** zum Durchmesser hat; und sowohl **AOMR** als **CMz**, durch die Umdrehung des Bogens **LMN**, von **M** nach **N**, um ihre Mittelpunkte **C** und **v** herumgeführt werden, und daher zugleich die gleich langen Bogen **ME**; **MT**; und **Mz** beschreiben; in der Ebene von **LMN** die Epicycloide **ET**; durch den Punkt **T** beschreiben, und **Ez** von dem Punkte **z**; auf der Fläche des Getriebes **AOMR** zeichnet aber der Punkt **z** eine gerade Linie,



welche durch **C** gehet, weil der Umkreis **CMz** = dem Halbkreise **AOM** ist.

Da nun alle Linien aus **M**, wie **ME** . **MT** . **Mz** auf **Ez** in ihren Durchschnittpunkten senkrecht sind, **Mz** auch auf **CT** senkrecht steht **CzM** also = **R** ist; so sieht man leicht ein: daß gegen einen Radius des Getriebes wie **CT** die zugehörige krumme Linie, deren Durchschnittpunkte aus **M** in jeder, durch die Rotation veränderten Lage, auf dieselbe senkrecht bleiben sollen, eine Epicycloide seyn müsse, deren Tangenten Radien des Getriebes sind.

Daher erhält man alle Vortheile und Erfordernisse eines guten Eingriffs.

- 1) Die unveränderliche senkrechte Richtung der Kraft.
- 2) Eine in allen Punkten bleibende Gleichförmigkeit derselben.
- 3) Die vollkommene Abrollung der krummen Linien gegen die Radien der zweiten Kreise, folglich keine schleifende Berührung, und also auch die möglich kleinste Reibung.

**IV.** Für Hypocycloiden gilt derselbe Beweis. Da dieselben nur selten vorkommen, so wird man nach ihrer Zeichnung **Fig. 40.** die Form der Rämme und Getriebstöcke bestimmen können.

#### §. 69.

**I.** Zu Berechnung des Effects einer Maschine, müssen bekanntlich die Verhältnisse der Halbmesser ihrer Räder und Getriebe genau bestimmt werden können, und es müssen diese während des Ganges der Maschine auch unveränderlich bleiben. Bei sich berührenden Kreisen geht eine gerade Linie von beider Mittelpunkten auch durch ihren Berührungspunkt, und die Länge dieser Radien giebt das Verhältniß der Kraft und Last zwischen beiden, oder es gilt dabei der Satz §. 68.

**III.** Diese Kreise, auf welchen die Eintheilungen der Rämme und Getriebstöcke bemerkt werden, heißen deshalb Theilrisse.

Sollen nun die Momente von Kraft und Last unverrückt erhalten werden, so muß der Angriff in dem Theilrisse selbst,

und weder vor noch hinter demselben geschehen; und eben dieses leisten die genannten krummen Linien. Es kommen aber folgende Fälle vor:

- a. Ein großes Rad bewegt ein kleineres.
- b. Ein Getriebe treibt ein größeres Rad.
- c. Die eingreifenden Räder haben gleiche Größen.
- d. Die Räder und Getriebe sollen sowohl rückwärts wie vorwärts gehen und einander treiben können.

II. Alle diese Fälle lassen sich aus Fig. 43. übersehen. **AB** ist der Theilriß eines größern Rades; **DE** der Theilriß eines kleinen Rades oder Getriebes.

**SROQ** sind Kämme des großen Rades, **NMPT** Kämme oder Stöcke des Getriebes, welche in Hinsicht ihrer materiellen Stärke in demselben Verhältnisse stehen müssen, wie die Zahlen der Kämme und Stöcke. Dieses Verhältniß kann daher durch größere Dicken der Getriebstöcke, oder durch festeres Material, auch durch beides mit einander verbunden, erreicht werden; so macht man in den gewöhnlichen Kamm- und Stirnrädern die Kämme von Weißbüchenholze, die Getriebstöcke aber von dem viel festeren und härteren Weiß- und Hagezornholze.

Die über die Theilrisse vorragenden Enden der Kämme werden nach solchen Epicycloiden geformt, welche der Theilriß **DE** durch Abwälzung über **AB**, oder umgekehrt, dieser über jenem beschreibt. Wenn nun

- a. der Bogen des großen Rades von **B** nach **A** sich bewegt, so verlassen die im Eingriffe befindlichen Kämme **O** und **R**, mit ihren Berührungspunkten an den Radien **CO** und **CR**, den Theilriß **DNE** nicht eher als bis jeder Kamm in die Stelle von **R** gekommen ist, wo seine Spitze von dem Getriebstocke **N** in dem Theilrisse abgeht, ohne weiter einen Theil des letzten zu berühren. Es ist daher einerlei, ob die Linien **NC** und **MC** von den Kammern **R** und **O** getrieben werden, oder ob an ihren Stellen runde Getriebstöcke stehen, die ebenfalls nur in den Durchschnitten ihrer Umkreise mit dem Theilrisse **DNE**,

berührt werden. Die Dicke dieser Getriebstöcke kann daher eben so groß seyn als der ganze Zwischenraum der Kämme **S. R. O** und **Q**.

**Anmerkung.** Langsdorf, Technologie 1. B. S. 88, 7, sagt: daß der Erfolg — (daß der Theilriß **DE** von der epicycloidischen Krümmung, vom Anfange des Eingriffs an, bis zu dem Abfalle des Kammes bei **N**, nie verlassen werde) — nur dann genau Statt habe, wenn die Dicke des angegriffenen Triebstocks unendlich klein wäre. Dieß ist nach Vorigem unrichtig. Die Dicke des Triebstocks bleibt immer für den Angriff gleichgültig, so lange sie die Weite der Zwischenräume von **S, R, O,** und **Q** nicht übersteigt, (denn, wäre er dicker, so könnte er in diese nicht eintreten;) und dieselben alle gleich eingetheilt sind.

**b.** Bewegt der Theilriß **DE** sich von **D** nach **E** und führt er das große Rad mit sich herum, so werden die im Eingriffe befindlichen Kämme **M** und **P** ebenfalls den Theilriß **AB** nicht verlassen, und es könnten anstatt der Kämme **O** und **Q** runde Stöcke, oder auch nur die Radien **FO** und **FQ** vorhanden seyn. **P, M** und **N** können aber in diesem Falle keine runden Stöcke bleiben, weil **P** als runder Stock den Kamm **Q** nicht erreichen, **M** allein sich im Angriffe befinden, und **N** den Kamm **R** vor dem Theilriße **AB** angreifen würde; sondern sie müssen epicycloidisch abgewalzt werden.

Hieraus erhellet der Unterschied zwischen activen und passiven Getrieben, welcher bei allen Maschinen Statt findet, aber häufig nicht beachtet wird.

**c.** Dieser Fall ist von **a** nur darin verschieden, daß die Epicycloiden aus der Abwalzung gleicher Cirkel hier entstehen.

**d.** Sollen Räder und Getriebe einander wechselweise vor und rückwärts umdrehen, so müssen beide epicycloidische Kämme erhalten. So müssen auch, wenn mehrere passive Getriebe von verschiedenen Durchmesser um ein Stirnrad angebracht werden, wie bei Mahl- und Graupengängen, die Abwalzungen der Stirnradsämme nach

den Theilrissen der größern Getriebe gemacht werden, wobei diese runde Stöcke behalten können. Die kleineren Getriebe aber müssen nach ihren eigenen Theilrissen abgewalzte epicycloidische Stöcke erhalten.

**III.** Kein Getriebe sollte weniger als 15 Stöcke erhalten, weil sonst zu wenig Stöcke im Eingriffe sind, und oft ein einziger Stock den ganzen Druck der Kraft auszuhalten hat, welches nicht allein dem gleichförmigen Gange der Maschine nachtheilig ist, sondern auch das Zerbrechen der Stöcke verursachen kann.

§. 70.

Bei Kammrädern (Kronrädern), welche eine verticale Bewegung in eine horizontale, oder umgekehrt, diese in jene verwandeln sollen, ist die Anordnung richtiger Eingriffe etwas verwickelter, weil bei ihnen die Kämme nach zwei verschiedenen Krümmen Linien geformt werden müssen. Fig. 44.

1) Wegen der Auslösung der Getriebstöcke aus den Kammern des Kammrades, gegen die Ebene des letzten, welche mit der Ase des Getriebes parallel ist.

Nach einer Cycloide, die aus der Abwälzung des Theilrisses **EF** des Getriebes auf einer geraden Linie **GH** entsteht, oder

für den über die Ebene des Kammrades von seinem Theilriss **GH** an, vortretenden Theil der Kämme.

2) Für den über den Umfang des Theilrisses **AB** vorspringenden Theil der Kämme **yz**, gegen die senkrechten Triebstöcke **Nh**, nach einer Cycloide, welche von dem auf einer geraden Linie rollenden Theilriss **AB** erzeugt wird.

3) An dem Theile der Kämme innerhalb des Theilrisses wie **yh**, nach einer geraden Linie, von der Richtung der Radien, wie **My** soweit abweichend, als der erste, aus dem Eingriff tretende Getriebstock **N**, durch den an seine innere Seite **ho** gezogenen Radius **Mh**, mit dem Winkel **yhL**, dieß bestimmt. Da es hiebei nur darauf ankommt, daß die innern Seiten der Kämme **yh** die senk-

rechten Getriebstöcke gar nicht berühren, so kann man sie auch nach derselben krummen Linie  $yx$  formen, wobei eine solche Berührung nicht geschehen wird.

In den Längen, worin die krummen Linien 1 und 2 gebraucht werden, kann man sie sehr leicht durch Abwälzung kleiner Bogenstücke beschreiben (§. 67. VI.) Um darüber für die Praxis bestimmte Vorschriften zu geben, mögen folgende Aufgaben hier stehen.

§. 71.

Aufgabe I.

Das Modell (Schablone, Cartabone) zu den Kammern eines Stirnrades zu verfertigen.

Auflösung. Fig. 45.

1) Lasse man von dünnen Bretern die Bogenstücke nach den Theilrissen a) des Stirnrades mit seinem Radius  $AC$  und seinem Bogen  $AHiB$ , und b) des Getriebes mit dem Radius  $DG$  und dem Bogen  $HG$  ausschneiden, und auf denselben die Richtungen der Radien  $HK$  und  $HL$  bemerken.

2) Das Stück  $AHiB$  befestige man auf einer glatten Fläche, und lege bei  $H$  ein Stück Papier unter, auf welchem eine gezogene gerade Linie mit  $HK = HL$  zusammenhält.

3) Alsdann lege man das Bogenstück  $FG$  so, daß die auf demselben gezogene Linie  $LH$  mit  $HK$  gerade wird, und drehe dasselbe mit seinem Bogen  $HG$  auf  $AHB$  herum; es wird dann ein, an dem Punkte  $h$  angehaltener Zeichenstift, auf dem untergelegten Papiere die Epicycloide  $Hh$  beschreiben. So erhält man an  $KHh$  das Modell für eine Seite des Kammes an dem Stirnrade.

4) Fig. 46.

Dieses Modell schneide man in dünnem Holze oder Blech aus, und lege dasselbe bei dem noch bloß viereckt bearbeiteten Kamme  $KNOP$  so an, daß  $HK$  mit der Seite desselben, welche sich zwischen der Stirn des Rades  $QR$  und dem Theilrisse  $AB$  befindet, zusammenfalle. Den alsdann vor der krummen Linie  $Hh$  vorstehenden Theil nehme man mit einem

scharfen Zugmesser weg; und nachdem man das Modell umgewendet, so daß **HK** auf **SP** fällt, beschneide man auch die andere Seite des Kammes **SO** bis an **St**.

**Anmerkung.** Die meisten Mühlenarbeiter theilen die Kämme auf der Stirn des Rades ein, und nehmen nachmals bei Abwalzung der Kämme nicht gehörige Rücksicht auf den Theilriß. Da diese aber durchaus nothwendig ist, so gehet man am sichersten zu Werke, wenn man an dem, bis zu der Abwalzung der Kämme fertigen Rade, an den schon eingepaßten Kämmen, durch Umdrehung desselben, den Theilriß scharf vorreißt, (oder nach der Handwerksprache, das Rad in die Lehre bringt) wobei zugleich kleine Fehler, welche bei dem Einlegen der Zapfen, Abrichten der Radfränze, oder dem Festkeilen der Armen begangen seyn könnten, sich entdecken, und corrigiren lassen.

**II.** Bei Vorgelegten kommen oft kleine Getriebe vor, welche ein größeres Rad treiben, und also active Bewegung haben, die aber von dem gewöhnlichen Materiale nicht mit Kämmen gemacht werden können, sondern Triebstöcke erhalten müssen. Diesen muß daher die epicycloidische Form gegeben werden.

### Aufgabe II.

Ein actives Getriebe zu verfertigen. **Fig. 47.**

### Auflösung.

Nachdem man, wie in voriger Aufgabe, die Schablone der Epicycloide **hH** gefunden, nehme man für das dortige **HK**, hier **lh** an; so giebt **hl** die innere Seite des Getriebstockes, und **hH** seine epicycloidische Abwalzung, womit man wie **I. 4.** verfährt.

**III.** Die richtige Form der Kämme an den Kammrädern praktisch zu bestimmen, muß an den viereckt bearbeiteten und eingepaßten Kämmen durch Umdrehung des Rades der Theilriß bezeichnet, und dadurch der vor demselben vorstehende Theil der Kämme der halben Dicke der Getriebstöcke gleich gemacht werden.

### Aufgabe III.

Die Modelle zu den Kammern der Kammräder zu zeichnen.

#### Auflösung. Fig. 44.

1) Man walze einen Bogen des Theilrisses **AB** auf einer geraden Linie ab, um die Cycloide für die Abwälzung des Kammes **L = yx** zu erhalten, und mache **yh = yx**, so daß das Modell nach der Krümmung **xyh** hohl ausgeschnitten werden kann.

2) Die Abrundung der Kämme gegen den Umlauf des Getriebes erhält man aus der Abrollung desselben gegen die gerade Linie **GH** in der Cycloide **mn**, nach welcher man eine zweite Schablone **Imn** wie in Aufgabe I. 4. ausschneidet.

Hier zeigt die Figur ebenfalls, daß von den Kammern **H** und **I** (wenn das Rad sich von **G** nach **H** drehet) die Triebstücke **S** und **N** nur in dem Theilriss **ESF** berührt werden, und daß der Stock **N**, gleichzeitig mit **T**, sich von **N** nach **V** aus dem Eingriffe so entfernt, wie **T** in denselben einrückt.

**IV.** Diese Auflösungen geben nun ein leichtes praktisches Verfahren zu Zeichnung der richtigen Umrisse für die Formen der Kämme der Räder in einer Ebene sowohl, wie in senkrechten Richtungen derselben gegen einander.

**V.** Bei schiefen Richtungen, wie z. B. bei den Kammrädern der liegenden Wellen in den Windmühlen, gegen die Krongetriebe an den stehenden Wellen, müssen entweder die Stöcke des Getriebes mit ihren Seiten in die Ebene des Kammrades gebracht werden, woraus also, anstatt eines cylindrischen, ein kegelförmiges Getriebe entsteht, oder (wenn man anstatt eines Getriebes einen Beuker gebrauchen will) es müssen die in den Eingriff des Kammrades tretenden Theile der Stöcke in ihren Mittellinien mit der Ebene des Rades parallel liegen, und an diesen, gegen die Ebene des Getriebes schief stehenden Linien, die Schablonen der Abwälzungen der Kämme eben so wirken, wie bei senkrechten Kammern und Stöcken. **Tab. III. Fig. 50.**

## §. 72.

Man hat eine absichtliche Veränderung cylindrischer Getriebe in kegelförmige, wovon Fig. 48, 49 eine Vorstellung geben, in Ausübung gebracht, wahrscheinlich nur aus dem Grunde, um starke Kämme zu erhalten, und die doppelte Krümmung der Kammrads-kämme gegen senkrecht stehende Getriebsstöcke zu vermeiden. Ob dadurch ein wahrer Vortheil erreicht werde? wird folgende Betrachtung zeigen.

Das Getriebe *b* an der stehenden Welle bewegt sich in einer horizontalen Ebene *cd* gegen das senkrechte Kammrad *a'*, oder gegen eine senkrechte Ebene, in welcher das letzte sich drehet. Die cycloidische Auswälzung der Kämme des activen Kammrades gegen die Kämme des Getriebes *b'*, oder im umgekehrten Falle, des activen Getriebes *b'* gegen das passive Rad *a'*, kann daher keine andere seyn, als diejenige, welche durch das Abrollen des Theilungskreises von dem Getriebe *b*, auf einer geraden Linie beschrieben wird. Daher bleibt diese Cycloide für jeden Punkt in der Länge des Kammes *fegh*, in der Ebene *cd*, (Fig. 49), oder deren Parallelen *ok* oder *op*. Soll nun der Kamm ausgearbeitet werden, so muß, um demselben die Form zu geben, bei welcher sein Durchschnitt *ok*, in der schiefen Richtung gegen *eg*, doch die richtige Cycloide beibehält, die Projection derselben auf *on* gebracht, und nach dieser neuen krummen Linie die Schablone für die Abwälzung des Kammes in seinem senkrechten Durchschnitte *qn* verfertigt werden.

Dieses mechanische Verfahren ist aber für die meisten Arbeiter schon zu weitläufig.

Der Vortheil, stärkere Kämme zu erhalten, läßt sich nach dieser Einrichtung bei eisernen Radkränzen und Kammern wohl erreichen, bei hölzernen Rädern würden die Kämme kaum die Stärke der sonst gewöhnlichen Kämme bekommen.

Ein bedeutender Nachtheil ist mit dieser Einrichtung verbunden, daß durch die geringste Senkung der stehenden Welle, oder durch Verrückung der horizontalen Welle, die Räder zu leicht aus ihrem richtigen Eingriffe kommen, und der Gang



der Maschine verdorben werden kann, welches bei senkrechten Getriebsstöcken nicht geschieht, weil ihr Eingriff gleich bleibt, die Kämme mögen höher oder tiefer dieselben berühren.

Wenn man gleich verlangen kann, daß Maschinen nie so vernachlässigt werden sollen, daß dergleichen Beschädigungen eintreten, so ist es doch noch viel besser, wenn ihre Construction gar keine Gelegenheit dazu darbietet.

Da nun die Verfertigung dieser Art von Getrieben viel kostbarer ist, und keinen wesentlichen Nutzen im Vergleich mit den gehdrig geformten Kämmen gewährt, so kann man diese Erfindung wohl eine Veränderung, aber keine Verbesserung nennen. Bei eisernen Getriebwerken ist die Abweichung von der richtigen Form der Eingriffe viel nachtheiliger als bei hölzernen; und wenn diese leichter verschleifen, so ist die Dauer der ersten oft nicht größer, weil sie gewöhnlich zerbrechen. Ich habe eine Dampfmaschine bei dem Steinkohlenbergwerke zur Böhllhorst bei Minden gesehen, deren Thätigkeit alle Augenblicke unterbrochen wurde, weil die schlecht geformten Eingriffe derselben und eine widersinnig angebrachte Aufhaltung, das häufige Zerbrechen der Kämme veranlaßte. Die wiederholten Reparationen zeigten aber, daß ihr Erbauer keinen Begriff von der nothwendig richtigen Form derselben hatte.

### §. 73.

Daß der Hauptvorthail bei dem Gebrauche cycloidischer Abwälzungen in der gänzlichen Entfernung der Reibung liege, und daß dadurch die Dauer der Mühlen verlängert werde, wird jeder einsehen, der es aus Obigem verstanden hat, daß bei denselben nur senkrechter Druck und gar keine schleifende Bewegung Statt findet. Wenn Andere diese Verminderung der Reibung noch nicht gefunden haben wollen, so kommt dieß wahrscheinlich daher, daß sie überall noch keine Mühlen gesehen haben, an deren Räderwerken die richtigen Formen der Eingriffe beobachtet worden sind.

An allen Mühlen, wo ich seit 36 Jahren die Eingriffe nach den richtigen Formen von gutem Holze habe machen

lassen, haben die Kämme der Räder bis jetzt ihre Dienste gethan. Bei einer der neuesten, die ich deshalb 5 Jahre nach ihrer Erbauung besichtigte, waren die Kämme des Kammrades durch den gleichförmigen Druck gegen ihre Oberflächen so glatt geworden, als wenn sie fein polirt gewesen wären, und es war nicht die mindeste Veränderung ihrer Form wahrzunehmen. Dagegen hatten an einer andern, in demselben Jahre erbauten Mühle, alle Kämme wieder erneuert werden müssen; und auch diese waren schon wieder über halb verschließen. Der Besitzer dieser Mühle war der nächste Nachbar der erst erwähnten; aber Vorurtheil und Einbildung eigener Kenntnisse erlaubten ihm nicht, jene Verbesserungen anzuerkennen und davon Gebrauch zu machen.

§. 74.

Ich kann diesen Gegenstand nicht verlassen, ohne Einiges über die häufig vorkommenden Veränderungen der Kreisbewegung in eine geradlinigte, und umgekehrt, zu sagen.

Das gemeinste Mittel, dessen man sich hiezu bedient, ist die Kurbel oder der Krummzapfen, welcher aber wegen der Ungleichheit der Momente seiner Hebelkraft einer Ausgleichung bedarf. Diese hat man ihm auf verschiedene Art zu verschaffen gesucht, theils durch mehrere Arme, die in gleichen Entfernungen in dem Umkreise, welchen er durchläuft, eingetheilt sind, theils durch Schwungräder, welche mit ihrem Beharrungsstande das schwindende Moment ersetzen. Die ersten vermindern zwar den Fehler, heben ihn aber nicht gänzlich, und Schwungräder können nur bei geschwinden Bewegungen einen wirksamen Beharrungsstand erreichen, erfordern aber zugleich einen bedeutenden Kraftaufwand.

Eine neuere Einrichtung mit dem sogenannten Sonnen- und Planetenrade, welche man besonders bei den Dampfmaschinen anwendet, vereinigt in sich noch alle Fehler des gemeinen Krummzapfens, und sie kann um so weniger ohne mächtige Schwungräder gebraucht werden, da bei der gering-

sten Vernachlässigung der epicycloidischen Eingriffe der Zähne, die Reibung größer ist als am Krümmzapfen.

Mit Rädern, welche auf einer Welle so angebracht sind, daß das eine Rad auf einer Seite eine gezähnte Stange fortschiebt, oder von derselben fortgeschoben wird, während ein zweites Rad rückwärts von einer gegenüberstehenden gezähnten Stange herumgeführt wird, verwechselt man ferner geradlinige und Kreisbewegungen, indem das zweite Rad, durch eine Aufhaltung verhindert, im Rückgange die entgegengesetzte Wirkung des ersten verrichtet, und dieses von seiner gezähnten Stange ebenfalls rückwärts gedrehet wird.

Obgleich diese Einrichtungen auf verschiedene Arten, wie die Räder an den Passivdrehbänken, oder die Aufzugsräder an Uhren, mit Sperrkegeln und Federn zu machen sind, ihren mechanischen Momenten auch ein gleicher Beharrungsstand ertheilt werden kann, so bleiben dieselben für die Ausführung im Großen, dergleichen man an der Wasserkunst zu Herrnhäusen sieht, besonders bei Feldgestängen, zu künstlich und zu kostbar. Hingegen leistet die einfache Vorrichtung mit zwei gegen einander überstehenden gezähnten Stangen, welche durch ein, zwischen ihnen liegendes, nur an einem Theile seines Umfangs mit Stöcken versehenes Getriebe, hin und her geschoben werden, sowohl im Großen wie im Kleinen die verlangte Wirkung ohne Mangel. Es kommt dabei nur auf eine solche genaue Eintheilung an, wonach der erste Stock des Getriebes nach derselben Zwischenzeit, welche die übrigen Stöcke gebrauchen, die Zähne der einen gezähnten Stange fortzuschieben, den ersten Zahn der zweiten Stange ergreife, wenn der letzte Zahn der ersten Stange von dem letzten Stocke des Getriebes verlassen worden ist. Fig. 51<sup>a</sup>, 51<sup>b</sup>.

In den meisten Fällen wird die Länge des geraden Zuges FE gegeben seyn. Um danach die Eintheilung des Getriebes zu finden, mache man den Umkreis des Theilrisses

$$= 3FE, \text{ also seinen Durchmesser } = \frac{3FE}{3,14}.$$

Den Umkreis theile man in eine mit 3 theilbare Anzahl gleicher Theile; welche im Verhältniß der Stärke, welche die Stöcke für die zu gewältigende Last haben müssen, zu bestimmen ist; hier in 21 Theile, und gebe davon dem Getriebe  $\frac{1}{3} = 7$  Stöcke. Der übrige Theil des Umkreises bleibt leer. Beide gezähnte Stangen werden nach derselben Theilung getheilt, und so gegen einander über gestellt, daß auf der Seite, wohin die Bewegung des Getriebes gerichtet ist, der erste Kamm um eine Theilungsweite und die Abweichung der Cycloide vom Radius des Getriebes, vor dem gegenüberstehenden Kämme vortritt. Uebrigens werden Getriebstöcke und Kämme nach der Cycloide aus dem Theilrisse des Getriebes abgewalzt.

Diese Einrichtung ist schon von Sturm und Andern beschrieben, aber die Eintheilung noch nie richtig erklärt worden.

Wäre der Zweck der Maschine von der Art, daß sie nur bei einem Wege eine Last zu gewältigen hätte, im Rückwege aber ledig ginge, so muß die Last in zwei Theile getheilt werden, woran die Maschine beim Vor- und Zurückgehen gleiche Last zu heben hätte.

Kämme und Stöcke können bei einigen Maschinen, z. B. bei Feldgestängen, oft nicht stark genug gemacht werden, und von Metall würden sie oft zu kostbar seyn. In solchen Fällen ist es besser, sich einfacher Hebedaumen zu bedienen, deren Krümmung man folgendermaassen erhält. Fig. 52.

Es sey die Länge des Zuges  $xy$ , so wird derselbe = der Länge eines Halbkreises, dessen Durchmesser  $\frac{xy \cdot 2}{3,14} = xz$  ist.

Legt man um diesen Halbkreis  $zwx$  einen Faden, und wickelt denselben von  $x$  an so ab, bis  $x$ , immer straff angehalten, in  $u$  kömmt, so hat  $x$  die krumme Linie  $xvu$  beschrieben, und  $uz$  ist =  $xwz = xy$ .

Diese krumme Linie hat die Eigenschaft, daß, wo auch ein Punkt derselben in die Linie  $xy$ , im Fortgange der Umdrehung der Welle von  $z$  nach  $w$  und  $x$  hinfällt, daselbst  $xy$  senkrecht auf eine Tangente der krummen Linie ist; und

daß daher die Wirkung einer Kraft durch dieselbe, gegen die Richtung  $yx$  in allen Punkten gleich bleibt.

Wenn nun der Hebedaumen  $wuv$  den Zapfen  $x$  bis in die Lage von  $y$  herabschiebt, so ist vermöge der festen Verbindung nicht allein die Ziehstange  $AB$ , sondern auch  $CD$  zugleich um die Länge  $xy$  von  $A$  nach  $B$ , und der vorhin in  $u$  befindliche Zapfen in gleicher Zeit nach  $z$  fortgerückt. Indem aber die Spitze des Hebedaumens bei  $y$  den Zapfen verläßt, ist sein Anfang bei  $z$  wieder zum Angriff dieses Zapfens bereit, und das Hin- und Herschieben erfolgt also ohne Unterbrechung.

Da die beiden letzten Arten der Veränderung der Bewegungen, keiner Beihülfe von Schwungrädern oder anderer Correctionen bedürfen, so sind sie auch in allen Hinsichten vortheilhafter als alle übrigen Arten, die sich nicht unmittelbar auf die Anwendung der Eigenschaften der Cycloiden und Epicycloiden begründen.

---

## Fünfter Abschnitt.

### Von den M ü h l s t e i n e n .

---

§. 75.

- Es kommen hiebei zwei Gegenstände in Betrachtung
- a. die mechanische Wirkung der M ü h l s t e i n e ,
  - b. ihr Material,

#### a. Mechanische Wirkung.

Man verlangt von den M ü h l s t e i n e n , daß sie die Getraidekörner entweder

- 1) von ihrer Schale befreien sollen. Abhülsen, Spizen, Schäl-  
len, Schällen, holl. Pellen, Abpellen,
- 2) dieselben in grobe Theile zertheilen, Schroten,
- 3) sie in möglichst gleichförmige, bald größere, bald kleinere  
Körner verwandeln, von welchen die zerschnittenen Hülsen  
(Kleie) und das dabei vorkommende feinere Mehl durch  
Siebe abgeschieden wird, Graupen, Gräse, Gries machen.
- 4) Oder die Getraidekörner zu wirklichem Mehle zu mahlen,  
das heißt: durch eine einzige Operation nicht allein die  
Körner von ihren Hülsen zu befreien, sondern auch den

Kern derselben in ein feines Pulver (Mehl) zu zertheilen, welches dann mit eigenen Vorrichtungen (Beutelgeschirren) von seinen Hülsen, durch die Arbeit der Mühle getrennt wird.

**Anmerkung.** Diese Zwecke zu erreichen, hatten schon die Alten den Gebrauch der Mühlsteine als das beste Mittel erkannt, allein die Unvollkommenheit ihrer von Menschenhänden bewegten Mühlen erlaubte nicht ganz feines Mehl auf denselben zu machen, und daher bereiteten sie dergleichen durch Auflösung im Wasser, wie unser Stärkemehl, welches sie daher Amylon, oder ohne Mühle verfertigtes Mehl, nannten.

Nach der Erfindung der Wasser- und Windmühlen, hat man sich Jahrhunderte lang mit Mühlen beholfen, welche in der Hauptsache noch eben so mangelhaft waren, wie die Mühlen der Alten, und noch bis jetzt ist in keiner theoretischen und praktischen Schrift eine genaue Beschreibung und Theorie von der Wirkungsart der Mühlsteine gegeben worden, sondern es ist alles dem dunkeln Gefühle praktischer Mühlenbauer und unzureichenden Handwerksregeln überlassen geblieben. Selbst die neuesten Schriftsteller, welchen alle Hülfsmittel der höhern Analyse und Mechanik zu Gebot standen, halten sich noch an die durchaus falsche Belidor'sche Vorstellungsart. Aus dem Folgenden wird man erkennen: wie weit Mühlsteine zu Erzeugung eines guten Mehls verbessert, und wie auch der Effect der Mühlen durch dieselben erhöht werden kann.

Verbesserungen der unvollkommenen Mühlen, und Erhöhung ihres Betriebes, können noch immer ihren Besitzern und dem Publicum Nutzen gewähren, der um so annehmlicher ist, da die Kosten zweckmäßiger Veränderungen durch höheren Ertrag bald ersetzt werden.

§. 76.

Mühlsteine, welche §. 75. 4. vollkommen leisten, sind zu den Berrichtungen 1. 2. 3. ebenfalls geschickt, wie man dieses aus Erfahrungen weiß; daher wird eine Beschreibung von der Wirkung 4. auch die übrigen erklären.

**I.** Der arbeitende Mühlenstein (Oberstein, Laufer) bewegt sich bekanntlich als Cylinder, um eine senkrechte Ase,

und seine untere Grundfläche streift über der obern Fläche des festliegenden Bodensteines, welche beide wagerecht und daher mit einander parallel seyn müssen, die sich aber nach dem Zwecke der Arbeit, in größern oder kleinern Abständen von einander befinden können.

**II.** Dieser Parallelismus beider Steinflächen darf auf keine Weise verlegt werden, weil sonst der Oberstein dem Untersteine zu nahe kommen, auf der entgegengesetzten Seite sich zu weit von ihm entfernen würde, wobei kein gleichförmiges Product durch die Arbeit der Steine erzeugt werden könnte. Dieß zu erreichen, muß die Aze des Obersteines in ihrer senkrechten Lage unverändert bleiben, und die Vorrichtung, welche ihn trägt (Haue, Rahn) auch geschickt seyn, seine horizontale Lage auf allen Seiten gleichförmig zu erhalten.

§. 77.

**I.** Bei der Bewegung des Obersteines um seine Aze, treten alle Wirkungen der Schwung- und Centrifugalkraft ein. Die erste kömmt der Wirkung (dem mechanischen Momente) des Steines zu Hülfe, die zweite verursacht, daß die Getraidekörner, anstatt in concentrischen Kreisen herumgeführt zu werden, sich von der Mitte in Spirallinien entfernen, und am Umkreise des Steines endlich ausgeworfen werden. Die Centrifugalkraft nimmt mit der Entfernung vom Mittelpunkte zu, weil die Körner in immer größeren Kreisen gleichzeitig, und also mit größerer Geschwindigkeit sich bewegen.

Welche Wirkung kann nun die umlaufende Unterfläche des Laufers auf die Getraidekörner hervorbringen?

**II.** Wären die Flächen beider Steine ganz glatt, und befänden sie sich etwas näher bei einander als die Dicke eines Getraidekorns beträgt, so würden diese, durch Adhäsion angezogen, wohl in eine Spiralbewegung gebracht und am Umfange der Steinflächen ausgeworfen werden, dabei würden sie auch keine andere Veränderung erleiden, als daß sie platt gedrückt würden. Da die Kraft der Adhäsion auch nur schwach



ist, so würde der Oberstein bald als ein Glättstein über die Getraidekörner weggehen.

**III.** Hätten die Steine, nach der Natur ihres Materials, oder durch Bearbeitung, rauhe Flächen, so wird ihre Wirkung schon anders ausfallen.

Von den vorspringenden Rauigkeiten der Unterfläche des Laufers werden die Getraidekörner ergriffen, und wenn sie zugleich von ähnlichen Vorsprüngen auf der Oberfläche des Bodensteines angehalten werden, so erleiden sie einen Stoß, der bei ihrer eigenen geringen Widerstandsfähigkeit (Härte, Festigkeit) sie nothwendig zerreißen muß. Man begreift aber leicht, wie sehr viele Körner herumlaufen können, ohne daß der Fall sie trifft, auf diese Art von correspondirenden Rauigkeiten beider Flächen ergriffen zu werden, und daß daher ihr Zerreißen nur langsam erfolgt.

**IV.** Dieß ist von den Müllern schon längst erkannt worden, und sie haben sich immer bemühet, den Vorsprüngen auf den Steinflächen eine solche regelmäßige Form zu geben, wobei alle zwischen ihnen befindlichen Getraidekörner zerrissen werden, und ein Effect hervorgebracht wird, der in einem Verhältnisse mit den Steinflächen steht.

Zuerst hat man eingehauene Rillen gebraucht, welche nach der Richtung der Radien *cd*, *ce*, **Fig. 53.** gelegt waren. Weil diese aber viel Kraft erforderten, und die Arbeit wenig beschleunigten; so versuchte man es, diese Rillen schräg gegen die Radien zu richten, und fand: daß wenn diese Rillen eine reclinirende Lage hatten, der Effect besser sey.

Dieß ist das ehemals in Deutschland allgemein gebräuchlich gewesene Gehrwerk, (Gehre oder Zwickel) welches man noch hin und wieder in schlechten Mühlen findet, und das von Engländern und Amerikanern noch häufig gebraucht wird.

**V.** Bei genauerer Betrachtung dieses Gegenstandes findet man

- a. daß ein von dem Laufersteine unter den Umständen **III.** und **IV.** ergriffenes Getraidekorn zuerst in 2 Theile, dann im Fortgange der Bewegung jedes dieser Theile wiederum

in zwei andere Theile zerlegt werde, so daß hier die geometrische Reihe von 1. 2. 4. 8. 16. 32... entsteht, und

- b. daß daher bei dem Raume, welchen die zerschnittenen Körner auf der Fläche des Steines einnehmen, ein gleiches Verhältniß Statt finden müsse, wenn die Körner sich nicht über einander anhäufen, und den Proceß des Mahlens aufhalten sollen.
- c. Es müssen daher, um den nöthigen Raum auf der Steinfläche für die zertheilten Körner zu erhalten, diese auch von dem Mittelpunkte des Steines in dem Verhältnisse *a*, fortgeschoben werden, wozu aber die bloße Centrifugalkraft der leichten Körner, besonders bei langsamer Bewegung des Steines nicht hinreicht; vielmehr muß dieses durch die vorspringenden Theile der Flächen zugleich mit bewirkt werden. Diese haben also eine doppelte Wirkung zu leisten, 1) die Körner zu zerschneiden, 2) sie von dem Mittelpunkte nach dem Umfange der Steine fortzuschieben.

Bei der hiernach zusammengesetzten Bewegung der Getraidekörner, können die eingehauenen Rillen auf den Steinflächen (Streifen, Strahlen) keine vortheilhaftere Richtung haben, als die einer logarithmischen Spirallinie, welche sonst auch die beste Form für alle Messer und Schneiden giebt, die durch Kreisbewegung wirken, wie bei Häckelschneidemaschinen, Tabacksladen, Lumpenschneidern u. s. w.

- d. Die Rillen auf beiden Steinflächen, welche auf denselben auf einerlei Art eingehauen werden, die aber durch das Umwenden des Obersteines eine entgegengesetzte Lage erhalten, wirken, indem der Bodenstein fest liegt, der Laufer sich aber parallel und concentrisch über ihm bewegt, völlig wie ein Paar Scheerenblätter, und die Steinflächen bilden ein ganzes System von Scheerenschneiden, bei welchen — nach den Eigenschaften der logarithmischen Spirallinien — die zerschnittenen Körner ihren erforderlichen Flächenraum sowohl durch Erweiterung der Rillen

selbst, als durch das verhältnißmäßige Fortschieben nach dem Umfange zu, finden.

Die logarithmische Spirallinie wird beschrieben, wenn ein Bogen des Steinumkreises in eine Anzahl gleicher Theile, seine Radien aber vom Mittelpunkte aus in steigender geometrischer Reihe getheilt werden, und man durch die Durchschnitte der nach den ersten Theilungspunkten zwischen  $sd$ , Fig. 54. gezogenen Radien  $eS$ ;  $e1$ ;  $e2$ ;  $e3$ ;  $ed$ , und der nach der zweiten Theilung gezogenen concentrischen Bögen  $u$ ,  $u'$ ,  $u$ , die logarithmische Spirale  $cbald$ , zusammenzieht. Wie groß das Bogensstück  $sd$  zu nehmen sey? wird S. 82 gezeigt werden.

e. Daß richtige Verhältniß zwischen der Dicke der Getraidekörner, von ihrem unzerbrochenen Zustande an, bis zu ihrer feinsten Zertheilung, wird allein durch das etwas tiefere Einhauen der Rillen nahe beim Mittelpunkte  $d$  und flacheres Auslaufen derselben nach dem Umfange des Steines  $c$  erreicht, und die feinste Pulverisirung geschieht erst nahe bei dem letzten. Daher sagen die Mälzer, der Stein fange erst in dem letzten  $\frac{1}{4}$  seines Halbmessers an, Mehl zu machen, d. h. früher — näher beim Mittelpunkte — sind die Körner noch nicht so fein zerschnitten, daß man ihnen den Namen Mehl geben könnte. Tab. IV. Fig. 56. c. d.

f. Damit das Getraide in hinlänglicher Menge von dem Laufer ergriffen, und zwischen die Steinflächen gebracht werde, muß dasselbe besondere Deffnungen finden, in welche dasselbe hineinfallen und von dem Steine mit seiner ganzen Kraft fortgeführt werden kann. Dieß sind die sogenannten Schlucklöcher (Einslucken), welche auf der Unterfläche des Laufers in der Richtung der Strahlen senkrecht, übrigens gegen die Steinfläche schräg auslaufend eingehauen werden. Fig. 56. a. b. Wo diese nicht vorhanden sind, geht das Einlaufen des Getraides nur unvollkommen von Statten.

§. 78.

Dies ist im Allgemeinen die einzig richtige Vorstellung von der Art wie Mühlsteine wirken. Vergleicht man damit das, was die meisten Schriftsteller, welche der Belidor'schen Erklärung anhängen, als Fabré, Blouquet u. A. über diesen Gegenstand sagen, so wird man ihre Angaben von der Form der Steine, und von der Nothwendigkeit elastischer Stege (Triebbänke) u. dergl. zu würdigen wissen.

§. 79.

In allen Schriften über Mahlmühlen findet man die Besorgniß ausgedrückt, daß bei zu schneller Bewegung des Laufers, das Mehl sich erhitzen könnte, und deshalb erlaubt man selten mehr als 60 Umläufe desselben in 1 Minute. Die Erhitzung des Mehls entsteht aber nicht allein von der schnellen Bewegung des Laufers, sondern von der unrichtigen Form der Strahlen, bei welcher das Mehl nicht gleichförmig mit der Wirkung der Schneiden fortgeschoben wird, daher sich anhäuft, und von dem Steine eine mehrfache Reibung erleidet, bevor es den Umfang desselben erreicht. Bei guten Anlagen darf man — wie viele Erfahrungen beweisen — eine solche Besorgniß nicht hegen; aber sehr häufig entsteht die schlechte Wirkung der Mühlen von diesem Umstande.

§. 80.

Wenn die Fortrückung der Getraidekörner nach dem Umfange hin, mit der schneidenden Wirkung der Strahlen gleichförmig ist, so steht auch der ganze Effect der Steine von verschiedenen Durchmesser, bei gleicher Geschwindigkeit, im Verhältnisse der Steinflächen. Diese können jedoch nur an der arbeitenden Fläche des Obersteines abgemessen werden, von deren ganzem Inhalte das Steinloch, die Einschlucken und die Löcher für die Rihnklauen abzurechnen sind. Dieses quadratische Verhältniß weist schon auf den bessern Effect größerer Steine hin, die noch von größerer Schwung- und Beharrungskraft unterstützt werden. Doch können gleiche Steine

bei gleichen Geschwindigkeiten, wegen verschiedener Einrichtung ihrer Strahlwerke, auch sehr verschiedene Effecte haben. Aus besserer Kenntniß hievon, ziehen manche Müller Vortheile, die Andern, bei übrigens gleichen Umständen, unerreichbar bleiben.

§. 81.

Daß krumme Linien für die Strahlen der Mühlsteine vortheilhafter sind als gerade, hatten holländische Müller schon längst gefunden, und sie hatten sich bemühet, die beste Form durch mechanische Constructions ausfindig zu machen, wozu sie Kreisbogen gebrauchten, weil ihre Kenntnisse sich nicht weiter als auf einige Eigenschaften des Circels erstreckten.

Die Müller zeichnen die Bögen ihrer Strahlen Fig. 54

1) indem sie aus Punkten des Umkreises mit dem Halbmesser des Steines Bogen *dgc* beschreiben, oder

2) den Umkreis des Steines in 5 gleiche Theile theilen, die Sehne dieses Bogens zum Halbmesser nehmen, und mit diesem aus dem Mittelpunkte des Steins (oder auf einer gleich bedeutenden Fläche) einen concentrischen Kreis *onml* beschreiben, und aus Punkten dieses Umkreises mit derselben Oeffnung des Circels, Bogen *dac* ziehen.

Aus der Figur, wo diese beiden Circelbogen und die logarithmische Spirale *dabc*, aus gleichen Anfangspunkten *c* bis zu ihrem Ende *d* gezogen sind, ersieht man, wie weit jene empirischen Constructions sich der Wahrheit nähern, und wie man dieselben bei diesen unbedeutend scheinenden Abweichungen für brauchbar halten konnte; auch hatten Erfahrungen den Vorzug der zweiten Art *daec* bald herausgefunden, und diese wird daher fast allgemein gebraucht.

Es hat sich diese Art der Strahlwerke von Holland aus Landeinwärts sowohl, als an den Küsten der Nord- und Ostsee verbreitet, ungeachtet sie lange das nicht leisten, was man von den logarithmischen Spiralen zu erwarten hat, und diese Zeichnungsarten nur für specielle Fälle eine Annäherung und keine allgemeine Regel geben.

§. 82.

I. Um zu erfahren, wie groß der Winkel des für jede Geschwindigkeit des Steines, oder für jeden verlangten Effect seyn müsse? muß man

1) die Eigenschaft der logarithmischen Spirallinie kennen. Diese ist: daß in jeder Entfernung vom Mittelpunkte  $c$  die krumme Linie mit den sie durchschneidenden Radien, gleiche Winkel macht wie  $\alpha\beta\gamma = \beta\delta\epsilon = \delta\zeta\eta$  und ebenfalls zwei gleiche logarithmische Spirallinien, die einander entgegengesetzt schneiden, wie  $\omega\xi\pi = \mu\nu\rho = \vartheta\sigma\lambda$ .

Vermöge dieser Eigenschaft wirken die logarithmischen Strahlen als Schneiden immer gleichförmig und stetig, und es findet bei ihnen weder Verzögerung noch Beschleunigung Statt.

II. Zu Bestimmung der Winkel  $\omega\xi\pi\dots$  unter welchen die Schneiden am besten wirken, muß man sich eine richtige Vorstellung von der Art, wie Scheeren überhaupt schneiden, machen.

Man siehet an einer gewöhnlichen Scheere, daß bei einer Oeffnung, wobei die Blätter einen rechten Winkel mit einander machen, sie gar nicht schneiden können; daß ferner so wie die Blätter zusammengehen und die Winkel ihrer Neigung gegen einander kleiner werden, sie zu schneiden anfangen, wobei aber noch immer eine Kraft erfordert wird, um den zu zerschneidenden Gegenstand gegen das Fortschieben der Schneiden festzuhalten. Erst wenn die Schneiden einen Winkel von  $45^\circ$  mit einander machen, wird die Kraft, welche den zu zerschneidenden Gegenstand festhält, der schneidenden Kraft selbst gleich.

Nehmen diese Winkel noch weiter ab, so nähern sich auch die Richtungen der festhaltenden und der schneidenden Kraft, und indem diese mehr senkrecht wirken, ist auch der Widerstand für einerlei Kraft größer.

III. Der Winkel von  $45^\circ$  wäre demnach für die Richtung der Schneiden der vortheilhafteste, und die Erfahrung zeigt, daß die Strahlen §. 81 diesem Winkel sehr nahe kommen.

IV. Hätte aber ein Mühlstein eine langsamere Bewegung, oder überhaupt ein kleineres Moment, und entfernten sich bei schwächerer Schwungkraft die Körner zu langsam von dem Mittelpunkte des Steins, so würde diesem abgeholfen werden, wenn man in demselben Verhältnisse, wie die Zahl der Umläufe des Steins kleiner als die Mittelzahl 60 in 1 Minute wäre, die Winkel der Strahlen vergrößerte, also z. B. bei 50 Steinumläufen in 1 Min. den Strahlenwinkel  $\frac{60 \cdot 45}{50} = 54^\circ$  machte.

Umgekehrt, wenn der Stein eine schnelle Bewegung, große Schwungkraft und überhaupt ein größeres Moment hat, so werden die Körner schneller von dem Mittelpunkte des Steins entfernt, die nöthige Kraft für senkrechteren Angriff ist vorhanden, und daher ergreifen und zerschneiden geradere Strahlen die Körner schneller, daher erhielt man z. B. für 70 Steinumläufe in 1 Minute  $\frac{60 \cdot 54}{70} = 38^\circ 34' 17''$  für den Winkel der Strahlen des.

Dieses ist guten Müllern ebenfalls empirisch bekannt, und sie wissen, daß bei schnellern Umläufen und größern Momenten der Obersteine, keine große Krümmung der Strahlen gemacht werden dürfe, oder daß diese, nach ihrer Sprache, zum Mehrbeschaffen, (d. h. gerader) eingerichtet seyn müssen.

§. 83.

Wegen der Stellung der Steine gegen einander ist zu bemerken:

1) der Bodenstein muß eine horizontale, feste, und durch den Gang der Mühle unverrückbare und unerschütterliche Lage haben, und seine Oberfläche in einer gleichen Höhe erhalten werden.

Zu dieser festen Lage gehört eine solche Unterstüßung, welche von dem Gewichte der Steine nicht durchgebeugt werden kann, und deshalb müssen sie von zwei Balken a. a. Fig. 55. so getragen werden, daß die Mittellinien der Bal-

fen bb, durch die Mitte der Steinmasse cc gehn, oder sich nahe bei den letzten befinden. Es bleibt dann, selbst bei kleinen Steinen, der Raum zwischen den Balken xy noch groß genug, um zu dem Halse des Mühleisens und dem Busch kommen zu können.

Ueber die Balken aa, die in der Construction des Mählengerüsts ihre sichere Lage erhalten, werden gefederte Bohlen wenigstens von 3 Zoll — besser von 4 Zoll — Dicke gelegt. Die Balken aa selbst, dürfen nicht unter  $\frac{3}{4}$  Zoll dick seyn, und sie müssen, wenn sie über 8 Fuß weit frei zu tragen haben, verhältnißmäßig stärker genommen werden.

**II.** Die beständige Höhe des Bodensteines de muß deshalb erhalten werden, weil mit der Abnutzung seiner Oberfläche der Oberstein dieser nicht nahe genug bliebe, und mit einer zu großen Senkung des Obersteins durch das Mühleisen, das Steingetriebe aus seinem Eingriffe verrückt wird. Diese Senkung des Obersteines durch das tiefere Einhauen der Hauen oder Rihne allein zu bewirken — wie dieß in vielen deutschen Mühlen geschieht — ist nicht rathsam, weil dadurch die Stetigkeit des Laufers geschwächt wird. (S. 84.) Daher ist es besser, den Bodenstein, wenn er unter die Höhe de abgemahlen ist, über den Bohlen fg zu erhöhen. Da aber eine solche Erhöhung des Bodensteins nicht wohl eher gemacht werden kann, als bis derselbe etwa 1 Zoll von seiner Höhe verloren hat, so rectificirt man unterdessen diese Höhe durch halbshiedliches tieferes Einhauen der Rihne in die Fläche des Obersteines, und Senkung des Steges, auf welchem das Mühleisen ruhet. Daß dieses aber auch vermittelst einer mit Schrauben oder Keilen zu erhöhenden Unterlage unter dem Bodensteine geschehen könne, ist nicht zu bezweifeln, nur verursachen solche Einrichtungen unverhältnißmäßige Kosten gegen ihren Nutzen.

Damit der Bodenstein sich seitwärts nicht verrücke, und auch keinen zu hohen Ueberstand über die Fläche habe, auf welche der Kump (das den Laufer umgebende Gehäuse) gestellt wird, wobei zuviel Mehl zwischen beiden sich aufhalten



würde; umgiebt man denselben mit einem hölzernen Kranze (Schling) der aus Krümmlingen gefertigt, und mit eisernen Schraubenbolzen an den Bohlen fg des Mühlengerüstes (Mühlentbettes) festgeschroben wird. Den Bodenstein läßt man anfangs etwa  $\frac{1}{2}$  Zoll über die Oberfläche dieses Kranzes hervorragen. Gewöhnlich ist ein solcher Kranz 6 bis 9 Zolle hoch; hat man aber neue Bodensteine, welche oft 14 Zoll dick sind, so braucht man deswegen den Kranz nicht dicker zu machen, sondern man erhöht ihn durch untergelegte Klöße, welche ihre Festigkeit dadurch erhalten, daß die Schraubenbolzen durch sie mit gehen.

Bevor man die Kränze um die Bodensteine befestiget, müssen diese in Lagen von gutem Kalkmörtel gelegt, und mit Keilen wagerecht gerichtet werden. Dieß geschieht sowohl bei neuen Steinen, als bei jeder Erhöhung der abgemahlenen, nachdem bei letzten durch eine Unterlage von Holz die erforderliche Höhe bis auf die Mörtellage erzeugt worden ist.

Der Mörtel unterstützt den Stein in allen Punkten seiner, oft rauhen, Unterfläche gleichförmig, welches besonders wegen des Schärfens der Steine nützlich ist, da sonst eine hohle Lage leicht nachtheilige Erschütterungen veranlassen würde.

Auf diese Art aber können die Bodensteine bis auf zwei Zolle ihrer Dicke abgenuzet werden. Dieser Vortheile wegen ziehen die Müller auch diese Art die Bodensteine zu legen, allen andern Einrichtungen vor.

#### §. 84.

**I.** Ein, im Kreislaufe um seine Aze sich drehender Cylinder, welcher in der Ebene irgend eines auf die Aze senkrechten Durchschnittees einen Widerstand gegen seine Bewegung antrifft, muß in dieser Ebene an der Aze selbst eine solche Unterstützung finden, welche der senkrechten Richtung der Centrifugalkraft auf dieselbe widersteht.

Eine jede andere, höher oder niedriger angebrachte Unterstützung der Aze, als in der Ebene des Widerstandes, erleidet von diesem einen schrägen Druck, der mehr oder weniger bei

trägt, das Gleichgewicht des umlaufenden Cylinders zu stören. Wäre der Widerstand und die Unterstützung der Axe, beide in der Ebene, welche durch den Schwerpunkt des Cylinders geht, so würden sie das Gleichgewicht desselben am vollkommensten erhalten; weil aber bei Mühlsteinen der Widerstand nie in dieser Ebene des Schwerpunkts liegen kann, so kann auch die Unterstützung der Axe in dieser Ebene nichts zu Beförderung des Gleichgewichts beitragen, sie ist im Gegentheile demselben hinderlich. Die Angaben, welche man so häufig findet, wonach die Unterstützungen der Axen in oder sogar über der Ebene des Schwerpunkts des Cylinders angebracht werden sollen, die auch bei bloßer Bewegung ohne Widerstand richtig seyn würden, begründen sich auf eine einseitige Vorstellung, die in dieser Verbindung nicht Statt finden kann. Denn bei den Mühlsteinen wirken alle Hindernisse in der Ebene der Steinfläche, und der Widerstand der Axe muß in derselben auch senkrecht entgegen stehen, wenn nicht eine schwankende Bewegung des Laufers erfolgen soll. Diese zeigt sich auch schon dann nachtheilig, wenn die Materie des Steins in ihrer ganzen Masse nicht von gleicher Schwere ist (wenn der Stein einen schweren Ort hat).

Die Unterstützung des Laufers in einiger Entfernung über seiner Unterfläche, bringt noch ein anderes Uebel hervor, welches dem Betriebe des Mahlens schädlich ist; der auf dem Zapfen (Nucke) des Mühleisens unbeweglich sitzende Rahn, oder die Haue, wirkt durch den über den Hals des Mühleisens vorstehenden Theil desselben, an einem längern Hebelarme, als wenn der Zapfen unmittelbar über der Steinfläche befindlich ist; dadurch wird jeder Stoß und Drang, welcher von dem Widerstande zwischen den Steinflächen entsteht, mit größerer Kraft, auf die untere Spitze des Mühleisens fortgepflanzt, und dabei leidet dann die Spur, in welcher das Mühleisen umläuft.

II. Der Lauferstein soll sich ferner wagerecht und völlig parallel über der Oberfläche des Bodensteins bewegen, und aus dieser Lage in seinem Umlaufe nicht verrückt werden, zu

gleich sollen aber, nach Verschiedenheit der Getraidearten oder des verlangten Productes die Steinflächen näher oder von einander entfernter gestellt werden können. Das erste geschieht durch die Röhre und Hauen, das zweite durch die Lichte werke oder Vorrichtungen zu Erhebung des Laufersteines.

Damit der Stein auf seiner Unterlage im Gleichgewichte sey, muß er in gleichweit von seinem Mittelpunkte entfernten Punkten unterstützt seyn. Wie weit dieses die in den Mühlen bisher gebräuchlichen Hauen oder Röhre leisten können, wird eine Zusammenstellung derselben **Tab. IV. Fig. 57 — 61** am besten zeigen.

**Fig. 57 a** und **a'**, **b** und **c** sind deutsche Hauen, wie man sie in den meisten Mühlenbüchern, selbst in den neuesten, noch angegeben findet. Diese sind unter allen die Schlechtesten, denn sie unterstützen die Steine mehr auf ihren langen als auf den breiten Seiten; sie müssen vor dem Auflegen der Steine in denselben mit Keilen befestiget werden, und man hat weiter kein Mittel, die ungleiche Lage des Steines zu corrigiren. Da dieser Fehler bei kleinen Steinen von 3 und 4 Fuß D. nicht so merklich ist, wie bei großen von 5 bis 7 Fuß — welche mit solchen Hauen gar nicht regulirt werden können — so scheint diese letzte Schwierigkeit die Beibehaltung der kleinen Steine in deutschen Mühlen mit begünstiget zu haben. (Langsdorf, Technologie 1. S. 82. §. 46. 4.)

Man hat diesem Mangel durch die Formen **Fig. 58, a, b**, einigermaßen abzuhelpen gesucht, aber auch diese entbehren noch immer die völlige Gleichheit der Unterstützung.

Weit zweckmäßiger sind die holländischen Röhre **a, b'**, **Fig. 59**, welche eine gleichmäßige Unterstützung der Steine gewähren, und auch die Correction (**IV.**) der Lage des Steines gestatten.

Besonders ist unter diesen die Form **b** für Graupensteine in den Windmühlen zu empfehlen, weil bei diesen die Röhre festgeschroben werden, und keine Correctionen ihrer wagerechten Lage nöthig sind; die nur auf einer Seite befindlichen Ansätze **x. x** für den Angriff des Klaueneisens (Klüvers) den

Rückstoß (beim Aufhalt der Mühle,) desselben gegen den Rihne, nicht so heftig wirken lassen, als wenn die Ansätze wie bei b" Fig. 60 auf beiden Seiten der Klüverklaue vorhanden sind.

**III.** Das Verfahren, wie dem Laufersteine seine wagerechte Lage am leichtesten und sichersten gegeben werden kann, erläutert die Gründe für die beste Form der Rihne.

Wenn der Lauferstein seine richtige Form als senkrechter Cylinder erhalten hat, und das Steinloch durchgehauen ist, so werden die Hauen oder Rihne auf die, allen Müllern bekannte Art, vermittelst des Abhängezirkels (holl. Krahn) centrirt, oder in die Lage gebracht, wo das Mühleisen (Spindel, Spill) mit seiner Aye sich in der Aye des Steines befindet, wonach zugleich die Ebene der Haue oder des Rihns senkrecht auf diese Aye wird. Alsdann zeichnet man den Umriß der Haue, oder bei einem Rihne die Umrisse seiner Klauen auf die Steinfläche, und hauet solche Vertiefungen ein, in welche Hauen oder Klüverklauen genau passen, und die Steinfläche um  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{2}$  Zoll vor ihrer untern Ebene noch vorsteht.

Bei den Hauen, welche mit Keilen, nach Anzeige des Abhängezirkels, in diesen Vertiefungen befestigt werden, giebt man gewöhnlich Unterlagen von Pappstreifen, um dieselben genau einpassen zu können, und zu vermeiden: daß die Steine keine excentrische Bewegung erhalten. Weil dieses aber etwas mühsam ist, so wird die Genauigkeit oft vernachlässigt, und die Steine erhalten daher leicht eine ausschweifende oder schlagende Bewegung, die ihre Wirkung ungleichförmig macht.

Die Rihne werden nicht festgekeilt, und sie können sich mit ihren weiten auslaufenden Klauen an den Seiten der Vertiefungen besser erhalten, da sie an allen Seiten gleichen Druck auszuhalten haben.

**IV.** Um dem Laufersteine seine wagerechte und mit dem Bodensteine parallele Lage zu geben (in der Müllersprache: denselben abzuhängen) werden, wenn derselbe aufgebracht ist, oder auf seinem Rihne und Mühleisen ruhet, zwischen den

Klauen des Rihnes und den obern Flächen der Klauenmuthen des Steines, dünne Spähne oder Blechstreifen eingeschoben, welche den Laufer an der Seite wo dieses geschieht, etwas erheben, und dadurch die genaue und feine Stellung desselben bewirken.

Da es aus bekannten geometrischen Gründen viel leichter ist, drei Punkte in einer Ebene zu bestimmen, als viere oder mehrere, oder, da mit drei Punkten die Lage einer Ebene schon gegeben ist; so erleichtern Rihne mit drei Klauen Fig. 61 die Arbeit des Steinabhängens außerordentlich, und daher verdienen sie den Vorzug, welchen Müller, die dieselben schon aus dem Gebrauche kennen, ihnen einräumen.

Sie werden, für unterhalb des Steines befindliche Getriebe ganz einfach wie a, für oberhalb der Steine aber (für Klüvergeschirr) mit Einschnitten, wie b' und c'', in welche das Klüvereisen eingreift, gemacht.

V. Die Rihne ruhen auf dem über dem Halse des Mühleisens befindlichen Zapfen, welcher bei vierklauigen Rihnen viereckt, bei dreiklauigen dreieckt ist, und eine abgestuzte Pyramidenform hat.

Rihn und Zapfen müssen sehr gedrang und fest zusammenpassen, und der erste auf dem letzten sich gar nicht bewegen oder wackeln können. Deshalb werden diejenigen Seiten, welche am besten zusammenschließen, und auch die Klauen des Rihns gegen die Steinflächen mit Zeichen versehen, damit beim Zusammensetzen alles in gehöriger Lage zusammen komme.

Der Schmied muß vorher auf der Drehbank es untersucht haben, ob der Rihn auch ganz senkrecht auf der Nucke des Mühleisens sitzt.

VI. Die Dicke des Mühleisens muß der Last des Steines, welche es ganz trägt, angemessen seyn. Erfahrung hat gelehrt, daß für Steine von 2500 ℔ und bis zu den größten von 5000 ℔ die verhältnißmäßigen Dicken, von 2½ bis 4 Zoll im Viereck, stark genug sind, die Steine ohne Schwanken zu tragen.

Der Hals, oder der obere runde Theil desselben, welcher sich in dem Busch drehet, wird von  $3\frac{1}{2}$  bis 5 Zolle im Durchmesser dick, und 6 bis 8 Zolle lang gemacht, **Tab. IV. Fig. 64.**, er muß verstaht und genau rund abgedrehet werden.

Der mittlere Theil der Mühleisen wird in den Fällen, wenn Getriebe an ihnen befestigt werden sollen, gleichseitig viereckt gemacht, damit die zur Befestigung nöthigen Keile an den Flächen Haltung finden. Wenn keine Triebe zu befestigen sind, so werden die Ecken derselben gebrochen, und diese Theile der Mühleisen achteckt geschmiedet.

An dem untern Theile, der nach der Spitze zu sich rund verjüngt, wird diese verstaht und glashart gehärtet, um in einer eben so harten stählernen Spur zu laufen.

Diese bestehet aus einem Stücke Stahl von  $2\frac{1}{2}$  bis 3 Zollen im Viereck, und  $1\frac{1}{4}$  bis  $1\frac{1}{2}$  Zoll Dicke, welches in einer eisernen Pfanne mit Blei festgegossen wird, und dadurch hinreichende Festigkeit erhält, da die Spur durch das Umlaufen des Mühleisens in der immer mit Fett angefüllten Form nie so warm werden darf, daß das Blei schmelzen könnte. **Tab. IV. Fig. 64, a. b. c.**

In den Figuren **a** und **c** sind die in der Erfahrung bewährten Formen der Spitzen vorgestellt. Man hat zwar auch die Form **b**, wobei die Spitze kugelförmig ausgehöhlt ist, und in der Spur eine passende Erhöhung sich befindet, in Vorschlag gebracht; ich habe aber nie gesehen, daß diese Form, oder auch alle in Anwendung gebrachten Metallgemische für die Spuren, jenen stählernen Spuren und Spitzen in der Dauer gleich gekommen wären. Ueberhaupt entsteht die nachtheilige Reibung der Spitzen in den Spuren, wodurch diese oft bis zur Schweißhize erwärmt werden, nur an den Rändern der Spur Vertiefungen durch den fehlerhaften Druck (**I.**) des Mühleisens, der bei kurzen Mühleisen immer stärker ist, wie bei langen.

**VII.** Es gehört zu der Verfertigung der Mühleisen und alles umlaufenden Eisenzeugs eine große Genauigkeit, welche nicht anders als durch das wirkliche Abdrehen auf der Dreh-

bank verschafft werden kann. Wenn man diese Stücke, wegen der großen Entfernung nicht von guten Fabriken beziehen kann, so ist es doch besser, solche Meister aufzusuchen, welche die nöthige Geschicklichkeit besitzen, und die mit den großen Werkzeugen, besonders mit der Drehbank versehen sind, als die Arbeiten gewöhnlichen Schmieden zu überlassen, da Güte der Arbeit und längere Dauer derselben die Kosten eines weiteren Transports reichlich ersetzen.

**VIII.** Wird der Mühlstein durch ein Getriebe von oben in Bewegung gesetzt, so gehört dazu das sogenannte Klüvergeschirr. Es faßt nämlich eine Klaue von 2 Zehen in einen Rahn mit 4 Armen, oder eine Klaue mit 3 Zehen in einen Rahn mit 3 Armen. Die Klaue oder der Klüver hat eine starke eiserne Stange, welche oben in ein breites Blatt sich endiget, mit welchem sie in die stehende hölzerne Welle des Steingetriebes eingelassen wird. Diese Welle ist unten verjüngt und rund, damit eiserne Bänder zu Haltung des Klüverblattes bequem aufgetrieben werden können, der obere Theil derselben bleibt aber viereckt, um das Steingetriebe auf demselben zu befestigen.

Läßt man den Theil des Klüvereisens unter dem Rahn viereckt, so kann dieser zugleich zu Bewegung des Schuhs unter dem Rumpfe dienen, wird dieser aber rund abgedrehet, so ist dazu noch der bekannte Schlagring im Steinloche erforderlich. Die Fig. 62 und 63 stellen dieses alles deutlich vor.

Ein Klüver verlangt eine eben so genaue Bearbeitung wie das Mühleisen, damit er in seiner Bewegung nicht schwanke. Daher muß nicht allein sein Eisen auf den Rahn genau aufgepaßt, auf der Drehbank untersucht und justirt werden, sondern man muß auch den obern Zapfen in der Klüverwelle mit dem untern Mittelpunkte des Klüvereisens, und der ganzen Klüverwelle in eine Aze bringen, welches am besten geschieht, wenn man den ganzen Klüver zwischen Pinnen einspannet, und durch Umdrehen desselben um seine Aze die richtige Lage derselben prüft, ehe man die Bänder fest antreibt.

**IX.** Zu der Einfassung des Halses an dem Mühlen-  
eisen, in welcher sich dieses drehen, dabei aber eine unverrück-  
bare Haltung behaupten soll, (dem sogenannten Busch, Andere  
sagen: Buchs) gebraucht man Linden-, Ellern- oder Birken-  
holz, welches nach der Rundung des Halses ausgehöhlt, und  
dazu am besten vorher durchschnitten, alsdann aber rund herum  
in dem Steinloche des Bodensteines festgekeilt wird. **Tab.**  
**IV. Fig. 65 o. o.** Um noch vollkommeneren Anschluß an  
den Hals des Mühleisens p zu erhalten, werden Keile von  
hartem Holze, m. m. von oben in den Busch eingeschlagen,  
welche das weichere Holz desselben noch besser an den Hals p  
antreiben.

Bei n erhält die Seite des Buschloches eine Fasse, welche  
mit Talg ausgefüllt wird, indem man von einem warm ge-  
machtem Stück Eisen, an welches man ein Stück Talg anhält,  
dasselbe in die Vertiefung n eintröpfeln, und diese nach Bes-  
lieben anfüllen läßt. Dieses Talg wird nachher mit überge-  
hefteten wollenen Zeugstreifen vor Verunreinigung geschützt.

Man hat viele andere Angaben von hölzernen und me-  
tallenen Nüssen u. dgl. zu Verminderung der Friction gemacht,  
welche in andern Fällen recht gut seyn mögen, die aber hie-  
bei, wo es auf die möglich schnellste Herstellung der Dichtig-  
keit zwischen dem Halse und Busche ankommt, (wenn diese  
nicht mehr Statt fände), das nicht leisten, was diese einfache  
Art gewährt.

**X.** Der Lauferstein wird zum ersten Male auf Walzen  
über den Bodenstein geschoben; (bei nachmaligem Aufnehmen  
zum Schärfen der Steine richtet man denselben bloß auf,  
und kehrt ihn auf die, jedem Müller bekannte Art, über einen  
Stürzblock um). Darauf befestigt man den Rihne in seiner  
nach V. bezeichneten Lage, vermittelst einer doppelten Schnur,  
an einem über das Steinloch gelegten Stocke, (drehet das  
Mühleisen ebenfalls nach seinem Zeichen mit dem Rihne  
übereinstimmend, und läßt dann den Stein auf den Zapfen  
hinabsinken. **Tab. IV. Fig. 66<sup>a</sup>, Fig. 66<sup>b</sup>.**



Nun ist der Stein noch abzuhängen, oder in eine genau parallele Lage mit der Oberfläche des Bodensteines zu bringen; dieß geschieht, indem man denselben durch das Lichtwerk so weit erhebt, daß er sich herumdrehen läßt. Findet sich nun, daß er auf einer Seite noch immer so sehr ausliegt, daß er durch Drücken auf der entgegen gesetzten Seite sich nicht erheben läßt, so ist dieses ein Zeichen, daß das Mühleisen nicht senkrecht steht, oder daß der Mittelpunkt der Spur sich nicht in einer Perpendiculare mit dem Mittelpunkte der Nucke befinde. Diese Stellung zu erhalten, muß der Steg (Triebbank) a. Tab. V. Fig. 67 sich in den Richtungen az und xy hin und her verschieben, und in allen Punkten durch Keile fh und i, i', feststellen lassen. Diese Einrichtung ist bekannt, in allen Mühlen sich ähnlich, und sie bedarf keiner Verbesserung. Wenn der Lauferstein, nach richtiger Stellung des Mühleisens, sich über dem Bodensteine frei bewegen läßt, so bemerkt man doch gewöhnlich ein Schwanken in seinem Gleichgewichte, welches man daran erkennt, daß bei dem Umdrehen ein gleicher Druck auf einen Punkt seiner Oberfläche bald mehr bald weniger Widerstand findet. Dieß entsteht daher, daß die Klauen der Nihne in ihren Nuthen den Stein noch nicht völlig parallel mit seiner Unterfläche unterstützen. Es müssen daher auf den Seiten, wohin der Stein mit einem Uebergewichte schwanket, zwischen die Klaue des Nihns und die Steinnuth dünne Späne oder Blechstreifen eingeschoben werden, welche den Stein mehr unterstützen, oder ihn höher auftreiben. Dieß geschieht, indem ein Gehülfe den Stein auf dieser Seite mit einer eisernen Stange um einige Zolle aufhebt, und der Müller auf die Klaue des Nihns den Spahn auflegt, worauf jener den Stein fallen läßt, damit er mit einem Stoße den Spahn festdrücke und dieser nachmals durch das Gewicht des Steines nicht weiter zusammengehe. Wäre mit einem einmaligen Auflegen des Spahns das Schwanken des Steines noch nicht gehoben, so muß die Operation wiederholt werden, bis der Stein auf allen Punkten seines Umkreises, gegen gleichen Druck der Hand, gleichen Widerstand leistet. Tab. IV. Fig. 66b.

**XI.** Damit die Steine sowohl nach den verschiedenen Getraidearten, als nach der erforderlichen größern oder geringeren Feinheit des Gemahlens, näher oder weiter von einander gebracht werden können, gebraucht man die Lichtwerke, welche die Laufersteine mit dem Mühleisen zu erheben oder zu senken dienen. Von einem guten Lichtwerke verlangt man, daß der Lauferstein mit einer geringen Kraft gehoben (gelichtet) werden kann, und daß dieses bei dem Steine und auch bei der Beutelfiste mit ein und derselben Vorrichtung geschehe. Denn die Unbequemlichkeit, die nöthige Stellung der Lichtwerke nur an einem Orte machen zu können, und deshalb Treppe auf oder ab laufen zu müssen, ist zu groß, und die Einrichtungen in den deutschen Mühlen zu schwerfällig, als daß man sich derselben mit Nutzen bedienen möchte. Noch schlechter für den Betrieb der Müllerei sind die Vorrichtungen mit Schrauben, bei welchen der Müller sein Gefühl weniger, als bei dem einfachen Hebel gebrauchen kann, und welche nicht die schnellen Veränderungen wie dieser geben.

Der Oberstein braucht im äußersten Falle kaum um 4 Zoll erhoben zu werden, und daher ist der Bogen, welchen das äußerste Ende eines einfachen oder gebrochenen Hebels zu durchlaufen hat, auch nicht sehr groß, und von dem Gewichte des Steines kömmt nur der vierte Theil auf den Hebel, welches durch Gegengewicht und Länge des Hebelarms sich so weit vermindern läßt, daß ein Mensch nur mit der Kraft von 10 bis 20  $\mathcal{L}$  zu Bewegung des Hebels, oder eigentlich nur zu Ueberwindung der Reibung wirken darf.

Nach der gebräuchlichsten Einrichtung bilden vier Säulen Ständer oder Pfeiler (Docken) ein Gerüste, welches zu Unterstützung des Mühlenbettes und der Steine dient, und welche mit starken Schwellen und Rahmstücken (Raunen) mit einander verbunden sind. Diese Docken e'. e'. e''. e''' Tab. V. Fig. 67 haben durchgestemmte Nuthen, in welchen die Lichtscheiden o und d von wenigstens 4 Zollen Breite und 14 Zollen Höhe, auf und nieder beweglich sind, so daß das eine ruhende Ende derselben mit Keilen höher oder niedriger gestellt,

das andere Ende aber durch den Lichtehebel erhöht oder gesenkt werden kann. Auf den Lichtscheiden *d* und *e* ruhet der Steg *a* (Triebbank) in Einschnitten, und er ist bei *f* halbmalszenförmig ausgeschnitten, damit bei Erhebung der Lichtscheide bei *e'* die Oberfläche des Steges mit der Pfanne der Spur *b* wagerecht in der Richtung *de* bleibe. Wogegen derselbe in den Einschnitten der Lichtscheide *e* durch die Keile *i*, *i'*, *h*, *h'* so gerückt und befestiget werden kann, daß der Mittelpunkt der Spur genau senkrecht unter dem Mittelpunkte des Steines zu liegen komme.

Befindet sich *b* nun in der Mitte zwischen *e* und *d*, so haben diese jedes die Hälfte von der Last des Obersteins, Mühleisens, Getriebes und Steges zu tragen. Da aber die bewegliche Lichtscheide *d* mit ihrem einen Ende in *e* ebenfalls ruhet, so hat man bei *e'* nur den vierten Theil der ganzen Last zu heben. Man darf daher bei *e'* über *d* einen Hebel *k* anbringen, welcher bei der kleinen Hebung des Steines nur einen Bogen von  $1\frac{1}{2}$  Zoll mit seinem kurzen Arme zu durchlaufen braucht, und also keine größere Länge des letzten, von seinem Anfangspunkte an, als 6 — 7 Zolle erfordert.

Fig. 68.

An dem andern langen Arme wird durch ein Gewicht mit einem, einmal um denselben geschlungenen, an seinem einen Ende unterhalb befestigten Stricke, ein Druck auf den Hebel *k* hervorgebracht, welcher noch einmal so groß ist, als das Gewicht selbst. Z. B. das Gewicht des Steines mit Subehdr sey 5000  $\mathcal{R}$ . Man wollte nur ein Gewicht von 50  $\mathcal{R}$  gebrauchen, so muß die Länge des Hebelarms bis zu der Stelle, wo der Strick umgeschlungen wird, weil bei *e'* nur  $\frac{5000}{4} = 1250 \mathcal{R}$  zu heben sind,  $\frac{1259}{100} = 12\frac{1}{2}$  mal die Länge

des kurzen Hebelarms = 6", also  $6\frac{1}{2}$  Fuß betragen. Die Reibung des umgeschlungenen Strickes erhält dann den Hebel und mit ihm die Lichtscheiden den Steg und den Lauferstein in jeder gegebenen Lage, und der lange Hebelarm hat einen Bogen von  $18\frac{1}{2}$  Zollen zu durchlaufen.

Um die Stellung des Steines auch oben auf dem Mühlenbette verrichten zu können, wird ein Stab g mit einem Handgriffe, welcher durch den Fußboden des Mühlenbettes geht, an dem vordern Ende des Hebelarmes mit einem Bolzen oder einem eisernen Bande befestiget, wodurch dieser sich sowohl niederdrücken, als erheben läßt. Auf diese Art kann man die Hebel in sehr verschiedenen Richtungen anbringen, und die Bequemlichkeit bei ihrem Gebrauche wird immer erreicht werden, wenn der lange Arm unten nahe an der Beutelfiste, oben dicht neben dem Stein hinweist.

§. 85.

**I.** Damit das zwischen den Steinen gemahlene Getraide nicht verstreuet werde, müssen die Steine eine Einfassung (Kump) erhalten, welcher dieselben in einer Entfernung von etwa 3 Zolln concentrisch umgiebt, und aus deren Zwischenraume das Mehl durch, in der Einfassung des Bodensteines und dem Fußboden befindliche Oeffnungen in die Beutelfiste, in den Mahltrog, oder in vorgehangene Säcke fallen kann.

Bei den alten deutschen Mühlen glaubte man dieses auf keine andere Art, als durch den sogenannten Mehlbalken erreichen zu können, (wie dergleichen raumverschwenderische und schwerfällige Einrichtungen bei Beyer, Ernst, Naumann u. a. zu finden sind); es ist aber völlig gleichgültig, an welcher Stelle im Umfange der Steine diese Oeffnungen angebracht werden, da man vermittelst der, unter ihnen angebrachten Fallröhren, das Gemahlene unter dem Fußboden des Mühlenbettes in verschiedene Richtungen leiten kann. Bei gewöhnlichen Mahlgängen bringt man daher zwei Oeffnungen an, die mit horizontalen Schiebern verschließbar sind, und wovon die eine nach der Beutelfiste, die andere nach dem Mahltroge führt. Dieser besteht aus einer weiten, vorne sich verengenden Rinne, vor welcher an scharfen Haken die Säcke angehangen werden, wenn Mehl oder Schrot unmittelbar in dieselben einlaufen soll.

Die Einfassung der Steine wurde ehemals nur von Faßbinderarbeit gemacht und im Ganzen aufgestellt oder abgenommen. Da aber ein solches Faß viel Raum auf dem Mühlenbette einnimmt, wenn es auf die Seite hingestellt wird, und dieses gerade in derselben Zeit geschieht, wenn die Mühlensteine zum Schärfen aus einander gelegt werden, wodurch der Raum ohnehin beengt wird; so hat man die Einfassungen aus mehreren Stücken zusammengesetzt, welche leichter zu handhaben sind, und die wenig Raum einnehmen, auch an sich größere Haltbarkeit und Dauer haben. Sie bestehen aus vier Theilen, deren Ober- und Unterstücke nach dem Circel geformt, und mit drei aufrechten Stücken, alle von  $3\frac{1}{2}$  Zoll starkem Holze verbunden werden, so daß bei neuen Steinen diese Einfassung wenigstens 4 Zoll höher, als die Oberfläche des Laufersteines bleibt. An der inwendigen Seite wird dieses Gerüste mit dünnen aufrechtstehenden Brettern bekleidet, welche auf einer Seite vor dem Eckständer um  $\frac{3}{4}$  Zoll vorstehen, an dem andern Eckständer aber eben soviel zurückbleiben, und Falze bilden, in welche jene vorstehenden Enden eingreifen und dadurch inwendig eine glatte Fläche erzeugen.

Wenn diese vier Stücke auf der Steinumfassung aufgestellt worden sind, so befestiget man sie untereinander mit Haken und Krampen. Tab. IV. Fig. 69. m 68. m.

II. Auf dem obern Rande des Kumpfs wird die Schuhleiter mit dem Kumpfe und Schuhe aufgestellt. Diese besteht aus zwei Bohlenstücken, die mit eingezapften Scheiden verbunden sind, und eine solche Länge haben, daß sie noch mit einem kleinen Vorsprunge über den Kumpf vorragen. n. n.

Zwischen diese wird der Kumpf gestellt, unter welchem sich der Schuh o an zwei Haken und Ringen mit seiner schmalen Hinterwand aufgehängt, und mit seiner Vorderseite beweglich befindet. Der Boden des Schubes muß hinten höher als vorne liegen, und dazu mit einer Schnur, welche an eine vorne zwischen der Schuhleiter befindliche Walze mit Sperrade gewunden ist, aufgehängt werden, damit man die

sen Vordertheil beliebig erhdhen oder senken könne; wobei im ersten Falle der Boden des Schuhs dem Rumpfe sich nähert, und weniger Getraide aus demselben auslaufen läßt, im zweiten Falle aber eine größere Oeffnung macht, und auf der steilern Fläche des Bodens das Korn schneller in das Steinloch fallen läßt. Dadurch kann man also die Menge des einlaufenden Getraides auf die einfachste Art bestimmen, indem die schüttelnde Bewegung des Schuhs immer in gleichem Verhältnisse mit der Steingeschwindigkeit verbleibt. Man bringt diese durch den mit vier Säcken versehenen, im obern Rande des Steinloches befestigten Schlagring hervor, gegen welchen ein an der innern Seite der Schuhleiter angehangener eiserner Stab von dem schrägen Zuge der Schnur und des Schuhs gedrängt wird, von den Zapfen des Ringes abschlägt, und dadurch den Schuh hin und her rüttelt. Bei viereckten Klüvern kann man die innere Seitenwand des Schuhs, an welche, der Dauer halber, ein Klotz von hartem Holze angenagelt wird, unmittelbar an denselben anschlagen lassen, wodurch eine gleiche vierschlägige Bewegung des Schuhs entsteht. Tab. V. Fig. 69. p.

In ältern Mühlen ist die Vorrichtung der Schuhleiter mit Zubehör viel unbequemer, kostbarer, und mit unglaublicher Schwerefälligkeit verbunden; es verlohnt aber nicht der Mühe, eine Vergleichung dieser, von Beyer, Ernst, Raumann u. a. beschriebenen Einrichtungen mit jener einfachen Art anzustellen.

Ueber den Rump, zwischen seinem Rande und der Schuhleiter, legt man an beiden Seiten Deckel von Bretern, welche oben schlicht sind, unten aber Leisten haben, die in den Rand des Rumpfes passen, und dadurch sich selbst, und die Schuhleiter in ihrer Lage unverrückt erhalten.

Die Rumpfe werden bei Untergetrieben völlig trichtersförmig gemacht; bei Obergetrieben und Klüvern muß aber ein Theil ihrer Vorderseite abgeschnitten seyn, damit die Klüverwelle ihren gehörigen Raum behalte. Tab. V. Fig. 69. q.

**III.** Die Mühlsteine behalten an ihren Strahlen die zu dem Zerschneiden der Getraidkörner erforderliche Schärfe nur eine Zeit lang, und sie müssen nach Verlust derselben wieder aufgehauen (geschärft) werden. Deshalb muß neben dem Steine auf dem Mühlenbette wenigstens eben soviel Raum vorhanden seyn, als zu seiner platten Lage erfordert wird, und auf diese bei dem Entwurfe zu der Zusammensetzung einer Mühle, schon Rücksicht genommen werden, damit der Oberstein gehörig umgewendet werden könne. Dieß geschieht übrigens sehr leicht, wenn man denselben auf einer Seite mit eisernen Hebestangen und untergeschobenen Klößen und Stockfeilen *d* und *e* aufhebt, dann einen hölzernen runden Hebebaum (Jungfer) durch das Steinloch steckt, und vermittelst Nachrücken desselben ihn so lange unterstützt, bis die Grundflächen des Steines senkrecht stehen, und er selbst auf seinem Umfange ruhet. Alsdann wird der Stürzblock, *Fig. 66. c.*, gegen die Oberfläche des Steines gestellt, auf die Walze desselben gehoben, und durch diese der Stein soweit zurückgeschoben, daß er mit einem Uebergewichte auf einem untergeschobenen Klose ruhen kann. In dieser Lage können nun der Ober- und Unterstein geschärft werden, und nachdem dieses geschehen ist, wird der Oberstein in umgekehrter Ordnung des vorigen Verfahrens, wieder auf den Bodenstein aufgebracht. Bei dem Schärfen selbst müssen nicht allein die etwa undeutlich gewordenen Strahlen nach dem Modelle (Strahlholze) neu aufgezeichnet, sondern auch das Verhältniß der Tiefen der einzuhauenden Reifen nach §. 76. v. e genau beobachtet werden.

## b. Material der Mühlsteine.

### §. 86.

**I.** Zu den Mühlsteinen werden solche Steinarten erfordert, welche nicht allein Stücke in den gehörigen Größen geben können, sondern die auch ein festes, zähes, und in ihrer Masse fest verbundenes Korn haben, damit die auf ihren

Flächen eingehauenen Strahlen sich weder zu schnell abschleifen, nicht auspringen, noch von ihrer Masse Theile abgehen lassen, welche das Mehl verunreinigen.

Da die mechanische Einrichtung der Mühlensteine unter allen bekannten Erfindungen für ähnliche Zwecke die größte Wirkung giebt, denn welche andere Vorrichtung kann gegen ein System, welches mit 160 und mehr Schneiden zugleich wirkt, arbeiten? so verdient die höchste Verbesserung derselben auch alle Aufmerksamkeit, und diese muß sich besonders auf die Auswahl des Materials zu den Mühlsteinen erstrecken. Wird jene nicht durch diese unterstützt, so können die Vortheile, welche die Mechanik gewährt, größtentheils verloren werden.

Man hat zwar vielerlei Vorschläge gemacht, um das Mahlen auf andere Art zu bewerkstelligen, und theils andere mechanische Einrichtungen, theils anderes Material in Vorschlag gebracht, allein man darf nur einen Blick auf die arbeitenden Flächen und das Moment der Mühlsteine werfen, um aus der Vergleichung dieser Theile, bei andern Vorrichtungen, die Geringfügigkeit ihrer Effecte zu finden, und daher wird alles Anpreisen von Mahlscheiben, conischen Mühlsteinen u. dgl. keinen Sachverständigen irre machen, noch die Mühlsteine jemals verdrängen, zumal da jene Anpreisungen oft Unwahrheiten enthalten.

**II.** Von den Steinarten, welche die Natur darbietet, sind die Urgebirgsarten Granit und Gneis nur dann zu Mühlsteinen brauchbar, wenn sie vielen Quarz in ihren andern Gemengtheilen, Feldspath und Glimmer, festgebunden, enthalten. Da aber ihre Mischungsverhältnisse selten von der erforderlichen Art sind, und ihr Transport aus den höchsten Gebirgsgegenden kostbar ist, so werden sie in Vergleich mit bessern, zwar auch durch weiten Transport theuern Steinen wohl schwerlich in Gebrauch kommen. Auch sind viele Versuche, die man mit den, im nördlichen Deutschland unter dem Namen von Feldsteinen häufig vorkommenden Granitsteinen gemacht hat, so schlecht ausgefallen, daß man immer wieder



auf den Gebrauch von Rheinischen oder Sandsteinen zurückgekehrt ist.

III. Die eigentlichen Ganggebirge liefern gar keine zu Mühlsteinen brauchbare Steinarten. Die Sandsteine, welche bei Ganggebirgen vorkommen, sind meistens feinkörnig und so lose, daß die eingehauenen Reifen nicht als Schneiden Stand halten können.

Will man aber die großen Sandstein = Felsenmassen, welche man z. B. oberhalb Dresden findet, zu den Uebergangsgebirgen zählen, so enthalten diese allerdings sehr brauchbare Mühlsteine.

Inzwischen da Mühlensteinbrüche bei uns nicht erst zu entdecken sind, und Mühlsteine als Handelsartikel bekannt sind, so kommt es hier nicht auf geologische und mineralogische Untersuchungen an, sondern auf die Kennzeichen, nach welchen man die Güte und Brauchbarkeit solcher Steine zu beurtheilen hat.

IV. Flözgebirge enthalten zum Theile Sandsteine, deren Korn fest genug gebunden ist, um als Mühlsteine dienen zu können, doch ist das Korn meistens nur fein und daher besser zu Graupensteinen und Schleiffsteinen, wobei der mechanische Grund ihrer Wirkung aber ein anderer ist.

Alle Flözsteine, die durch Ablagerung oder Niederschlag der festen Theile aus dem Wasser entstanden sind, haben in dem Nebeneinanderliegen durch ungestörte Attraction einen viel innigeren und festeren Zusammenhang erhalten, als in den, nach und nach über einander gelagerten platten Schichten, und der Druck der obern, später aufgeschickten Lagen hat die Theile der untern Lagen seitwärts mehr zusammengepreßt, und damit den Zusammenhang und die Festigkeit derselben vermehrt. Daher entsteht die größere Härte und Widerstandsfähigkeit dieser Seiten, und die viel leichtere Trennung der platten Schichten von einander, welche besonders bei allen Schieferarten zu bemerken ist.

Da runde Schleiffsteine und Graupensteine mit ihrem kreisförmigen Umfange wirken, so geschieht dieses also mit

den Seiten, in welchen diese Steinarten ihre größte Festigkeit haben.

V. Von allen Steinarten ist keine zu Mühlsteinen so brauchbar als die vulkanische Lava, woraus die Rheinischen Mühlsteine bestehen. Diese vereinigen in sich alle Eigenschaften, welche man von guten Mühlsteinen verlangen kann. Die Härte ihres Kornes und der feste und zähe Zusammenhang ihrer durch das Schmelzen im Feuer verbundenen Theile, übertrifft die Festigkeit aller andern Steinarten, bei welchen Härte ihres Kornes und des Bindungsmittels ungleich sind.

Diese Vorzüge der rheinischen Mühlsteine, verbunden mit ihrer langen Dauer, ersetzen die Kosten eines weiten Transports und daher werden sie auch über Holland im ganzen Norden verführt und gebraucht. Vielleicht daß in der Folge durch den Handel andere Lavasteine, z. B. von der Insel Milo, die in der ganzen Levante zu Mühlsteinen benutzt werden, auch in unsere Gegenden gebracht werden könnten.

VI. Man untersucht die Beschaffenheit der Mühlsteine am besten durch das Anhauen mit einer Pickel, wodurch man Härte des Kornes und Zähigkeit erfährt. Doch gehört dazu ein besonderes Gefühl, welches sich nur durch praktische Anweisung und eigene Uebung erwerben läßt.

Außerliche Fehler, als mangelhafte Form, Risse und Löcher entdeckt man durch Nachmessen, und sorgfältige Besichtigung von allen Seiten, wobei man immer ein wenig mißtrauisch gegen die nicht zur Schau gestellten Seiten der Steine seyn kann, da vorhandene Fehler dem ersten Anblicke nicht leicht bloßgestellt werden.

Risse, welche mit den Grundflächen der Steine parallel laufen, können veranlassen, daß sich Stücke ablösen (abblattern), die in den Flächen der Steine Vertiefungen nachlassen, welche, wenn auch keine größeren Nachtheile für die ganze Haltbarkeit der Steine damit verbunden sind, die Wirkung der arbeitenden Steinflächen um den Flächeninhalt dieser Löcher vermindern. Gehen die Risse in senkrechter oder schräger Richtung auf die Steinflächen, so können sie das Herspringen der

Steine wohl verursachen, aber deshalb braucht man sonst gute Steine nicht zu verwerfen, da man sie, oder auch schon zersprungene Steine mit warm aufgebundenen, oder als Zugbänder mit eisernen Keilen zusammen gezogenen Bändern, vor dem Zerspringen sichern, oder auch haltbar wieder vereinigen kann. In dem letzten Falle gebraucht man einen Kitt, um die zu vereinigenden Flächen genau anschließend zu machen, der aus 1 Theile ungelöschtem Kalk, 2 Theilen feinem Steinstaub von derselben Masse wie der Stein bestehet, und den man mit dicker Milch zu einer steifen Masse anrührt. Tab. V. Fig. 70.

§. 87.

Die Dauer der auf den Steinflächen eingehauenen Strahlen, hängt von der Widerstandsfähigkeit der zu mahrenden Objecte, und von der Härte und Zähigkeit der Steinmasse ab.

Bei zäher Steinmasse können die Strahlen näher bei einander stehen, als bei weniger festen Steinen, daher bei rheinischen Steinen enger als bei Sandsteinen, denn diese müssen an der breitem Fläche der Strahlen eine Haltung finden, welche ihnen die eigenthümliche Festigkeit der Steinart versagt.

Die Weite, in welcher die Strahlen am Umkreise von einander entfernt seyn können, beträgt im Hamburger Maasse bei Steinen von 2 Fuß Halbmesser nicht unter  $\frac{1}{4}$  und nicht über  $1\frac{1}{2}$  Zolle.

Ueber die Bearbeitung der Mühlsteine, welche von den Müllern als Handwerk erlernt wird, bemerke ich nur: daß der nützliche Gebrauch des Stockhammers, Fig. 71, zum Ebenen der Steinflächen, und der krausen Picken, Fig. 72, zu dem Ausbauen des vertieften Grundes der Strahlen, um denselben die richtigen Profile Tab. IV. Fig. 56. c und d zu geben, noch nicht so allgemein ist, wie er zu seyn verdient.

Da mit dem Umlaufe des Obersteines die beiden entgegengesetzten Steinflächen sich gegen einander erst abschleifen, und dadurch die Rauigkeit, welche die Strahlen von dem

Hauen noch behalten haben, verlieren müssen, so kann man nicht sogleich feines Mehl auf den frisch geschärften Steinen mahlen, sondern man muß zuerst geschrotenes Korn für Branntweinbrenner u. dgl. mahlen, denn der sich mit diesem etwa vermischende Sand fällt bei dem Einweichen des Schrotens in dem Wasser zu Boden, und wird daher dem Produkte nicht schädlich, welches aber bei dem Mehl zur Bäckerei nicht der Fall ist.

Man hat an den meisten Orten über diesen Gegenstand polizeiliche Vorschriften.

Eine vollkommene Mühle, welche Steine von wenigstens 5 Fuß Hamb. im Durchmesser hat, muß mit einem einzigen Durchgange feines Mehl geben, und es darf kein mehrmaliges Aufschütten des schon Gemahlenen nöthig seyn. Allein dieß ist bei den gewöhnlichen Mühlen nicht zu erreichen, theils weil die Steine selbst sich nach und nach abmahlen, wodurch der Oberstein von seiner Masse, dem mechanischen Momente, folglich auch an seiner Wirkung verliert, theils weil die Beutelgeschirre nicht in dem gehörigen Verhältnisse zu der Geschwindigkeit der Steine stehen, und nicht soviel Mehl fertigbeuteln können, als von den Steinen in gleicher Zeit gemahlen werden könnte. Die Müller sind daher genöthiget, um eine Uebereinstimmung zwischen den Effecten der Steine und der Beutelgeschirre zu erhalten, den Umlauf der ersten zu mäßigen, oder einen Theil des sonst möglichen Effects aufzugeben, welcher auch bei verhältnißmäßiger Einrichtung der Beutelgeschirre ganz erreicht werden könnte.

Die Abnahme der Steine an ihrer Dicke, ist ein unvermeidliches Uebel, wodurch eine Mühle nach und nach weit unter ihren anfänglichen Effect herabgesetzt wird. Man muß also suchen, das verminderte Moment des Obersteines sobald als möglich zu ersetzen. Anfangs wird zwar durch größere Beschleunigung der Steinumläufe der Effect noch nicht bedeutend verkleinert erscheinen, weil man nicht soviel Wasser gebraucht, um den kleiner oder leichter gewordenen Stein zu bewegen, und man daher, besonders bei wenigem Wasservor-

rathe, die Mühle längere Zeit damit unterhalten kann. Die Einrichtung einer jeden Mühle läßt aber keine größere Geschwindigkeit zu, als die das Wasser seinem Gefälle nach geben kann, und daher kann diese als zweiter Factor das nicht ersetzen, was in dem Momente an der Masse des Steines, als erster Factor, abgeht.

Man ersetzt die fehlende Masse, wenn man auf den abgemahlten Lauferstein einen andern Stein mit eisernen Döbeln und Klammern, und dem Ritze S. 86. VI. befestiget. In Frankreich bedient man sich zu diesem Zwecke des Gipses, welcher mit Bier oder dünnem Leimwasser eingerührt, auf die mit eisernen Döbeln versehene Oberfläche des Laufersteins aufgetragen wird; wobei man nur dahin zu sehen hat, daß die Lage des Gipses soviel dicker sey, als dieser specifisch leichter als der Mühlstein ist. Uebrigens hat dieses Verfahren das Vorzügliche, daß es von Zeit zu Zeit fortgesetzt werden kann. Wenn unsere Müller sich solcher Aufsätze unter dem Namen Drücker bedienen, so deutet dieses die unrichtige Vorstellung an, als ob das absolute Gewicht des Steines als solches, und nicht der Impuls der bewegten Masse hierbei die verstärkte Wirkung hervorbrächte.

**Anmerkung.** Es ist nicht allein für einen Mühlenbesitzer nützlich zu wissen: welchen Werth die Mühlsteine bei abnehmender Dicke noch wirklich besitzen, oder in welchem Verhältnisse die noch vorhandene körperliche Größe derselben zu dem Effecte stehe, welchen sie nach einer gewissen Abnahme noch leisten? sondern es ist bei verpachteten Mühlen nothwendig, diesen Werth genau zu bestimmen, damit weder der Verpächter, noch der Pächter bei einer Taxation zu Kurz kommen.

Da die Effecte der Mühlsteine sich gegen einander verhalten, wie die Produkte aus dem Gewicht der Steine in ihre Flächen und Geschwindigkeiten, so stehen dieselben bei gleichen Flächen und Geschwindigkeiten im Verhältnisse der Würfel der Steindicken. Daher vermindert sich der Werth eines Laufersteines durch die Abnutzung wie die Würfel der nachbleibenden Dicken.

Ein Oberstein kann bis auf 6 Zoll seiner Dicke abgenutzt, dann aber noch bis auf 3 Zoll als Unterstein ge-

Sauen noch behalten haben, verlieren müssen, so kann man nicht sogleich feines Mehl auf den frisch geschärften Steinen mahlen, sondern man muß zuerst geschrotenes Korn für Branntweinbrenner u. dgl. mahlen, denn der sich mit diesem etwa vermischende Sand fällt bei dem Einweichen des Schrotens in dem Wasser zu Boden, und wird daher dem Produkte nicht schädlich, welches aber bei dem Mehl zur Bäckerei nicht der Fall ist.

Man hat an den meisten Orten über diesen Gegenstand polizeiliche Vorschriften.

Eine vollkommene Mühle, welche Steine von wenigstens 5 Fuß Hamb. im Durchmesser hat, muß mit einem einzigen Durchgange feines Mehl geben, und es darf kein mehrmaliges Aufschütten des schon Gemahlenen nöthig seyn. Allein dieß ist bei den gewöhnlichen Mühlen nicht zu erreichen, theils weil die Steine selbst sich nach und nach abmahlen, wodurch der Oberstein von seiner Masse, dem mechanischen Momente, folglich auch an seiner Wirkung verliert, theils weil die Beutelgeschirre nicht in dem gehörigen Verhältnisse zu der Geschwindigkeit der Steine stehen, und nicht soviel Mehl fertigbeuteln können, als von den Steinen in gleicher Zeit gemahlen werden könnte. Die Müller sind daher genöthiget, um eine Uebereinstimmung zwischen den Effecten der Steine und der Beutelgeschirre zu erhalten, den Umlauf der ersten zu mäßigen, oder einen Theil des sonst möglichen Effects auszugeben, welcher auch bei verhältnißmäßiger Einrichtung der Beutelgeschirre ganz erreicht werden könnte.

Die Abnahme der Steine an ihrer Dike, ist ein unvermeidliches Uebel, wodurch eine Mühle nach und nach weit unter ihren anfänglichen Effect herabgesetzt wird. Man muß also suchen, das verminderte Moment des Obersteines sobald als möglich zu ersetzen. Anfangs wird zwar durch größere Beschleunigung der Steinumläufe der Effect noch nicht bedeutend verkleinert erscheinen, weil man nicht soviel Wasser gebraucht, um den kleiner oder leichter gewordenen Stein zu bewegen, und man daher, besonders bei wenigem Wasservors

rathe, die Mühle längere Zeit damit unterhalten kann. Die Einrichtung einer jeden Mühle läßt aber keine größere Geschwindigkeit zu, als die das Wasser seinem Gefälle nach geben kann, und daher kann diese als zweiter Factor das nicht ersetzen, was in dem Momente an der Masse des Steines, als erster Factor, abgeht.

Man ersetzt die fehlende Masse, wenn man auf den abgemahlten Lauferstein einen andern Stein mit eisernen Döbeln und Klammern, und dem Ritze S. 86. VI. befestiget. In Frankreich bedient man sich zu diesem Zwecke des Gipses, welcher mit Bier oder dünnem Leimwasser eingerührt, auf die mit eisernen Döbeln versehene Oberfläche des Laufersteins aufgetragen wird; wobei man nur dahin zu sehen hat, daß die Lage des Gipses soviel dicker sey, als dieser specifisch leichter als der Mühlstein ist. Uebrigens hat dieses Verfahren das Vorzügliche, daß es von Zeit zu Zeit fortgesetzt werden kann. Wenn unsere Müller sich solcher Aufsätze unter dem Namen Drücker bedienen, so deutet dieses die unrichtige Vorstellung an, als ob das absolute Gewicht des Steines als solches, und nicht der Impuls der bewegten Masse hierbei die verstärkte Wirkung hervorbrächte.

**Anmerkung.** Es ist nicht allein für einen Mühlenbesitzer nützlich zu wissen: welchen Werth die Mühlsteine bei abnehmender Dicke noch wirklich besitzen, oder in welchem Verhältnisse die noch vorhandene körperliche Größe derselben zu dem Effecte stehe, welchen sie nach einer gewissen Abnahme noch leisten? sondern es ist bei verpachteten Mühlen nothwendig, diesen Werth genau zu bestimmen, damit weder der Verpächter, noch der Pächter bei einer Taxation zu kurz kommen.

Da die Effecte der Mühlensteine sich gegen einander verhalten, wie die Produkte aus dem Gewicht der Steine in ihre Flächen und Geschwindigkeiten, so stehen dieselben bei gleichen Flächen und Geschwindigkeiten im Verhältnisse der Würfel der Steindicken. Daher vermindert sich der Werth eines Laufersteines durch die Abnutzung wie die Würfel der nachbleibenden Dicken.

Ein Oberstein kann bis auf 6 Zoll seiner Dicke abgenutzt, dann aber noch bis auf 3 Zoll als Unterstein ge-

braucht werden, die letzten 3 Zolle fallen als unbrauchbar weg. Man hat daher die brauchbaren 3 Zolle von dem Preise des ganzen Steines abzurechnen, und den Rest als den eigentlichen Werth des Laufersteines zu betrachten. Z. B. Ein Oberstein habe nach völliger Bearbeitung 120  $\rho$  gekostet, und er sey 18 Zolle dick, so betragen jene 3 Zolle  $\frac{1}{6}$  der ganzen Dicke, und der Werth des Steines als Laufer bleibt daher  $\frac{5}{6} \cdot 120 = 100 \rho$ . Die 3 Zolle werden gleich, nämlich mit  $\frac{2}{3} = 6 \rho$  32 s. bezahlt.

Durch die Arbeit des Steines soll dieser Werth nach und nach bezahlt werden, und da dieselbe in dem Verhältniß der Würfel der Dicken sich vermindert, so muß sie auch danach berechnet werden. Dieß nach einzelnen Zollen berechnet, hat man,

		so erhält man	
18 <sup>3</sup> = 5832	wofür man	58	für die Werthe = 20 $\frac{60}{287} \rho$
17 <sup>3</sup> = 4913	auch nur die	49	der nebenstehenden = 17 $\frac{21}{287} \rho$
16 <sup>3</sup> = 4096	ersten Zahl	40	den Zolle = 13 $\frac{260}{287} \rho$
15 <sup>3</sup> = 3375	len nehmen	34	= 11 $\frac{243}{287} \rho$
14 <sup>3</sup> = 2744	fann	27	= 9 $\frac{117}{287} \rho$
13 <sup>3</sup> = 2197		22	= 7 $\frac{191}{287} \rho$
12 <sup>3</sup> = 1728		17	= 5 $\frac{265}{287} \rho$
11 <sup>3</sup> = 1331		13	= 4 $\frac{152}{287} \rho$
10 <sup>3</sup> = 1000		10	= 3 $\frac{139}{287} \rho$
9 <sup>3</sup> = 729		7	= 2 $\frac{126}{287} \rho$
8 <sup>3</sup> = 512		5	= 1 $\frac{213}{287} \rho$
7 <sup>3</sup> = 343		3	= 1 $\frac{13}{287} \rho$
6 <sup>3</sup> = 216		2	= — $\frac{200}{287} \rho$

Summa 287 100  $\rho$

nämlich die Summe der Würfel der Steindicken von 18<sup>3</sup> bis 6<sup>3</sup> = 287 verhält sich zu dem ganzen Werthe des Steines, wie der Würfel jeder einzelnen Zahl zu dem Werthe seines abgemahlten Zolles = z. B.  $\frac{100 \times 58}{287} = 20 \frac{60}{287} \rho$ .

Wenn nun ein Mühlenpächter von einem solchen Steine z. B. 4 Zolle abgemahlen hätte, so würde er nach vorigem Preise  $20 \frac{60}{287} + 17 \frac{21}{287} + 13 \frac{260}{287} + 11 \frac{243}{287} = 63 \frac{19}{287} \rho$  dem Verpächter zu vergüten haben.

Man sieht hieraus, daß die gewöhnliche Art, bei Taxationen der Mühleninventarien den Werth der abgemahlten Zolle bei allen Steindicken gleich anzunehmen, der Natur der Sache nicht angemessen ist, weil entweder der Verpächter leidet, wenn der Pächter den Stein gegen zu geringe Vergütung abgenutzt hat, oder der nachfolgende Pächter zu



sehr belästigt wird, da der Stein mit seiner verminderten Masse keinen verhältnißmäßigen Effect mehr leisten kann.

Obgleich diese Verminderung des Effects allein von der Abnahme der Masse des Steins entsteht, und diese durch Aufsätze von Gips oder andern Steinen wohl hergestellt werden kann; so sind doch die dazu gehörenden Materialien und Vorrichtungen an vielen Orten so kostbar, daß die Sache unterbleiben muß, und dann ist es um so nothwendiger, die obigen Verhältnisse bei Berechnung der Vergütungen für die Abnutzung der Steine zum Grunde zu legen.

### Von dem Beüteln des Mehles.

#### §. 88.

Zu Bereitung des feinen Mehls, welches außer dem Mahlen durch die Mühle selbst hervorgebracht werden soll, gehören solche Vorrichtungen, die nicht allein das Mehl in der verlangten Feinheit von der Kleie absondern, sondern dieses auch in derselben Menge verrichten, wie ihnen das Gemahlene zugeführt wird. Daher muß die Größe dieser Vorrichtungen in einem passenden Verhältnisse zu diesen Mengen stehen, und mehr Größe wird nicht schädlich seyn.

In den meisten Mühlen findet in diesen Stücken ein großes Mißverhältniß Statt, da sowohl der Gang der Mühle verzögert werden, als auch das Gemahlene mehrere Male auf die Steine gebracht werden muß; dies letzte führt noch besonders den Nachtheil mit sich, daß bei dem wiederholten Durchmahlen viele Theile der Getraidehülsen, welche bei einmaligem Mahlen als breite Blättchen erscheinen, feiner zertheilt werden, mit durch die Beuteltücher gehen, sich mit dem Mehle vermischen, und diesem eine graue Farbe geben.

Ohne mich bei den elenden Mühlen, welche nur Steine von 3 bis 4 Fuß im Durchmesser führen, und die an sich keines großen Effects fähig sind, aufzuhalten, bemerke ich nur: daß man Beutelgeschirre, welche bei denselben unter den eben genannten Einschränkungen im Gebrauche sind, auch für größere Mühlen für hinreichend scheint gehalten zu haben, und

daß noch in keinem technologischen Werke etwas Zulängliches über diesen Gegenstand gesagt worden ist.

Die gebräuchlichsten Arten der Beutelgeschirre sind:

- 1) Das deutsche Beutelgeschirr mit runden Beuteln und horizontaler Bewegung.
- 2) Die breiten flachen Sichttücher mit senkrechter Bewegung, oder das sogenannte Hebezeug.
- 3) Die Walzenbeutel.

### 1. Das deutsche Beutelgeschirr

besteht aus einer Kiste, durch welche ein, an beiden Enden mit eisernen Ringen, und auf zwei Seiten der Länge nach, mit starken ledernen Riemen versehener, sonst mit Haartuch überzogener Schlauch durchgeheth. Dieser wird durch eine hölzerne Gabel, deren Stiel in einer senkrechten hölzernen Welle steckt, und der bis an das Mehlgetriebe, oder ein anderes, an dem Mühleneisen befindliches besonderes Getriebe reicht, durch den Anschlag desselben horizontal hin und her bewegt, indem eine Zugruthe den Stiel immer gegen den Anschlag des Getriebes zurückzieht. An der Gabel ist der Schlauch (Beutel) mit starken ledernen Desen an den Seitenriemen befestiget, und er erhält dadurch die Bewegung der Gabel mitgetheilt.

In der Kiste ist der Beutel dergestalt schräg aufgehangen, daß an seinem höheren Ende das gemahlene Korn einfallen, und nachdem das Mehl durch die Bewegung desselben durchgestäubt worden ist, die in dem Schlauche verbleibende Kleie an dem untern Ende auslaufen könne.

Damit auch der Beutel unterhalb sich in keine durchhängende Beugung herabsenke, wodurch das Auslaufen der Kleie verhindert werden würde, so muß derselbe angespannt werden können, wozu man eine Walze mit Sperrade oder Schrauben anwendet.

Die Einrichtung gewährt, wenn die Beutel nur eine angemessene Größe haben, zu dem Beuteln des Roggenmehles hinreichende Bequemlichkeit. Für Weizenmehl, welches zwar

auch durch feinere Beutel auf diese Art gemacht werden kann, ist die Bewegung der Gabel zu heftig, und wenn diese gemäßiget wird, so geht die Arbeit nur langsam von Statten.

Von einer verbesserten Einrichtung einer solchen Beutelskiste, giebt Tab. V. Fig. 73. eine Vorstellung, die aus dem Angeführten verständlich seyn wird, und wobei nur zu bemerken ist, worin die Verbesserungen, in Vergleichung mit der alten Einrichtung bestehen.

Da die Menge des Mehles, welches durch ein Beuteltuch in einer gewissen Zeit, oder auf eine gewisse Länge, in welcher es auf dem Tuche herabgleitet, durchstäuben kann, sich nach der Menge der Oeffnungen, welche es in dem Tuchgewebe vorfindet, richtet, so steht dieselbe mit dem Flächeninhalte des mit Mehl belegten Tuches in Verhältniß. Dieser Flächeninhalt kann aber sowohl durch größere Länge als durch größere Breite der Tücher vermehrt werden. Nun lehrt aber die Erfahrung, daß zu große Länge der Beuteltücher einige Unzulänglichkeiten mit sich führt, indem das Anspannen derselben schwerer wird, und ihre Bewegung in der ganzen Fläche nicht gleichförmig bewirkt werden kann. Deswegen muß man die Vergrößerung der Fläche der Tücher oder des Umfanges der Schläuche durch mehr Breite derselben zu erhalten suchen.

Demnach würde eine Beutelskiste so einzurichten seyn, daß ihre Länge nicht unter 7 Fuß im Lichten, und Höhe und Breite 4 Fuß betragen. Sie ruhet auf 4 Stellen, die mit Niegeln verbunden sind, auf welchen Boden und Decke ruhen, die Seitenbreiter aber an den Stellen angenagelt werden. Boden und Decke laufen zwar mit einander parallel, sind aber nach der vordern schmalen Seite zu abhängig, theils damit der schräg hängende Beutel sich mehr in der Mitte der Kiste befinde, theils um das Zusammenfegen des Mehles, und das Herauschieben desselben aus der an dem Ende der langen Seite mit einem Schnabel versehenen Oeffnung in vorgehangene Säcke, zu erleichtern.

Der Beutel ist oben über einen viereckten, wenigstens 14 Zoll weiten eisernen Rahmen festgenähet, dessen horizontale

Seiten vor den senkrechten um  $1\frac{1}{2}$  Zoll vorstehen, um an vier an der inwendigen Seite der Wand befindliche eiserne Haken aufgehangen werden zu können. An dem untern Ende des Beutels ist ein runder eiserner Ring von 12 Zoll im Durchmesser. Die zwischen beiden befindlichen Langriemen müssen die ganze Ausspannung und Bewegung der Beutel aushalten, ohne daß dabei das feine Beuteltuch gedehnt, und dem Zerreißen ausgesetzt wird.

Man giebt dem Beutel eine horizontale oder verticale Bewegung; doch ist die erste immer zweckmäßiger, weil sie nicht sehr heftig zu seyn braucht, und weil bei dem Hin- und Herrütteln die feinen Mehltheile die Oeffnungen in dem Beuteltuche leichter finden, als bei dem gewaltsamern Auf- und Niederwerfen der vertical bewegten Lächer. Hefrige Bewegung ruinirt die Lächer überhaupt früher, und die letzte Bewegung hat überdem noch das Nachtheilige, daß das Mehl, wenn es noch etwas Feuchtigkeit enthält, (schwitzt) indem es in der Kiste zu sehr herumgeworfen wird, an den Wänden sich anhängt; woher größerer Abgang des Verstäubens entsteht. Hefrige Bewegung kann das nicht ersetzen, was den Beuteln an ihrem Flächeninhalt abgeht. Die ältern Beutelsgeschirre, welche zum Theil Beutel von 8 Zollen Durchmesser führen, unterliegen alle diesem Fehler.

Die Bewegung der Beutel, welche übereinstimmend mit der Geschwindigkeit der Steinumläufe durch den sogenannten Drei- oder Viereschlag, d. i. Getriebe, welche drei oder vier Getriebsstöcke haben, und die an dem Mühleisen befestigt sind, hervorgebracht wird, läßt sich durch das Verhältniß der Längen der Hebelarme *a* und *b* Fig. 74. reguliren, auch kann dieses, wenn etwa eine eingeschränkte Lage einer zu verbessern den alten Mühle, eine besondere Stellung der Beutelskiste nöthig machen sollte, durch gebrochene Hebel, oder mit Winkelheln bewerkstelliget werden. Wegen der Dauer dieser Vorrichtungen ist aber zu bemerken, daß auch die Formen der activen Getriebsstöcke *g*. *g'* epicycloidisch, nach der Abwälzung eines Kreises vom Halbmesser *ke*, auf dem Kreise vom Halb-

messer od geformt seyn müssen. Wird dieses nicht beobachtet, und findet außer dem Schlage, welchen der Hebel ad gegen den Getriebstock  $g'$  im Abfalle von  $g$  thut, noch eine schleisfende Reibung Statt, so werden die Getriebstöcke und Hebel in kurzer Zeit aufgerieben.

## 2. Die breiten flachen Sichtetücher, oder das Hebezeug.

Man verbindet mehrere Breiten oder Bahnen des Beuteltuches mit einander, so daß die ganze Länge und Breite der Kiste in ihrer schrägen Lage  $a b$ , Fig. 75., davon durchschnitten wird. An den Seiten, in der Mitte der Länge nach sowohl, wie in der Breite, werden diese mit ledernen Riemen oder starken Gurten eingefast und unternähet, um an der schmalen Vorderseite der Kiste, woselbst die Kleie durch eine niedrige, über die ganze Breite derselben gehende Oeffnung in die Trogrinne fallen soll, vermittelst über eine Walze gewundener Riemen angespannt werden zu können. Dieses Tuch wird von dem Hebezeuge auf und nieder bewegt, wobei jedoch die vorhin erwähnten Nachtheile nicht zu vermeiden sind, indem, wenn die Arbeit schnell von Statten gehen soll, die Bewegung stark seyn muß. Tab. V. Fig. 75. zeigt diese Einrichtung.

Zu Vermeidung des zu starken Aufwerfens des Mehles und des daher erfolgenden Verstäubens, habe ich folgende Verbesserung angebracht.

Ein hölzerner Rahmen, mit auf beiden Seiten und an dem obern Ende angebrachten aufstehenden Rande, faßt das ausgespannte und mit einigen Gurten oder Riemen unterstützte Beuteltuch. Dieser Rahmen ist an seinem obern schmalen Ende, sowie an seiner untern, etwas schmälern Seite, in kleinen Ketten aufgehangen, wovon die ersten über eine Walze gehen, die dem Rahmen mehr oder weniger schräge Lage geben kann. Derselbe wird übrigens, wie die deutschen Beutel, durch eine Gabel und Zugruthe horizontal seitwärts hin und her bewegt. Da das Beuteltuch in dem Rahmen schon aus-

gespannt ist, so braucht man keine Vorrichtung an der Vorderseite der Beutelliste dazu anzubringen; nur muß der Schnabel des Rahmens um etwas vor der Vorderseite vorstehen, und auch das Fallrohr an der Hinterseite etwas weiter in die Kiste hineinreichen, damit das Gemahlene auf das Beutelstuch falle, ohne den hintern Rand des Rahmens zu berühren.

Die Seiten beider Arten der Beutellisten, an welchen man das Mehl herausnehmen will, verschließt man am besten mit einem zwischen Leisten beweglichen Schieber. Das Herausnehmen des Mehles selbst, ist durch die bei 1 schon erwähnte Seitendöffnung sehr erleichtert. Wo eine solche Öffnung fehlt — wie bei den meisten alten Beutellisten — muß das gebeutelte Mehl mühsam zusammengeschaufelt und gefegt werden, da es hier nur herausgeschoben wird.

Viele Müller haben an ihren Beutellisten leinene Vorhänge anstatt der Schieber, weil sie glauben, daß diese das Mehl kühler erhalten. Bei einer, in allen ihren Theilen gehörig eingerichteten Mühle muß aber gar keine Erhizung des Mehles vorkommen, und die Schieber zum Verschließen der Kiste sind zweckmäßiger, weil sie dichter sind und das Verstäuben weniger begünstigen, als die losen Vorhänge.

Die Beutellisten zu den breiten Tüchern müssen um etwa 8 Zolle höher seyn, als bei runden Beuteln, damit man unter dem Tuche hinlänglichen Raum habe, das Mehl zusammen und hinaus zu schieben.

### 3. Walzenbeutel.

Diese werden von den Bäckern unter dem Namen französischer Beutellisten häufiger gebraucht, als man sie in Mühlen findet; und gewöhnlich lassen die Bäcker ihren Weizen bloß mahlen, verrichten aber das Beuteln in ihren Häusern selbst, weil sie mit denselben in gleicher Zeit Mehl von drei verschiedenen Sorten bereiten, und wegen etwaigen Unterschleiß nichts zu besorgen haben können. Den Bäckern mag man ihren Gebrauch lassen, für das Publikum und den Handel ist es aber vortheilhafter, wenn auch auf den Mühlen ganz

feines Mehl verfertigt, und aus der ersten Hand wohlfeiler verkauft wird.

Eine Beutelwalze ist ein hohler Cylinder, dessen Umfang mit Beuteltüchern von verschiedener Feinheit bespannt ist, so daß die feinem Tücher oben am Anfange, die gröbern unten sich befinden. Um dieselben zweckmäßig zu construiren, nimmt man eine tännene oder föhrene achtsseitig bearbeitete Stange von 14 bis 22 Fußern Länge 5 bis 6 Zolle dick, je nachdem 2 oder 3 verschiedene Beuteltücher angebracht werden sollen, und versieht dieselben in den Weiten von 3 bis 4 Fußern mit Speichen, über welche nach der Länge dünne Leisten befestiget, nach der Seite des Rechtecks, welches die Speichen bilden, dünne hölzerne gerade Felgen über gelegt werden. Inwendig muß die Beutelwalze mit den aufgenagelten Beuteltüchern ganz glatte Seiten und Ecken haben, und es darf kein anderes Hinderniß vorhanden seyn, als was die unentbehrlichen Speichen etwa verursachen möchten.

Die Walze erhält eine solche schräge Lage, wie der gewöhnliche Schlauchbeutel, und sie ist in einer Kiste ganz eingeschlossen. Sie muß sich um ihre Aze drehen, welches vermittlest einer Zugsehnur, oder auch durch ein Getriebe zu bewerkstelligen ist, und zugleich eine solche Erschütterung bekommen, daß das Mehl verhindert wird, sich an den Seiten, oder in den Zwischenräumen der Tücher anzusetzen. Während der Umdrehung der Walze fallen die feinen Mehltheile durch die Tücher, die gröbern Theile gleiten über denselben herab, bis sie unten ausgegossen werden.

Um das Verstopfen der Beuteltücher zu verhindern, oder nach der Müllersprache: sie immer klar zu erhalten, hat man allerlei Vorrichtungen, mit Hämmern, welche auf die Leisten schlagen, mit Bürsten u. dgl. erdacht; aber alle diese Vorrichtungen erfüllen ihren Zweck nur unvollkommen, und ruiniren die Tücher vor der Zeit. Weit zweckmäßiger zeigt sich die Einrichtung, wobei die Aze an ihrem untern Ende einen viereckten Zapfen hat, auf welchem sie in einer Pfanne beim Umdrehen auf dessen Ecken etwas steigt, dann auf die flache

Seite niederfällt, und dadurch einen Schlag und Erschütterung erhält, die sich der Walze in ihrer ganzen Länge mittheilen, und dadurch die zum Anhängen geneigten Mehltheile von den Tüchern abpresst.

Die Tücher der Walzenbeutel, wenigstens die beiden oberen, bestehen aus einem seidenen florähnlichen Gewebe, anstatt daß zu den gewöhnlichen Beuteln wollene Gaze genommen wird; doch hat man die letzten, seit Einführung der Maschinenspinnereien, gegenwärtig viel feiner und besser, als sie vormals zu bekommen waren. Uebrigens verbürgt der häufige Gebrauch, welchen man von diesem Beutelgeschirre außer den Mühlen macht, schon seine Vorzüglichkeit.

Da eine solche Beutelkiste aber einen bedeutenden Raum einnimmt, so muß man bei der ersten Anlage des Grundrisses einer neuen Mühle, oder bei der Eintheilung des Mühlenengerüstes an zu verbessernden alten Mühlen, auf die bequeme Stellung derselben gleich anfangs Rücksicht nehmen.

Tab. V. Fig. 76. ist die Einrichtung dieser Art von Beutelkisten und der Bewegung ihrer Walzen vorgestellt. Man wird daraus, sowie aus den vorigen Beschreibungen leicht erkennen, worauf es bei der Arbeit des Beutelns eigentlich ankommt, wie die Fehler der ältern Einrichtungen zu verbessern sind, und wie der ganze Betrieb zu erleichtern, und in eine correspondirende Ordnung der verschiedenen Bewegungen zu bringen ist.

Solche Erleichterungen, welche die am öftersten wiederkehrenden Arbeiten von der Maschine verrichten lassen, wie das Aufziehen der Säcke, die Bewegung von Sichtwerken bei Graupenmühlen u. dgl., sind zwar im Allgemeinen nützlich, jedoch nur in soweit, als sie nicht den Müßiggang der zu Bedienung der Maschine unentbehrlichen Personen begünstigen; denn auch der kleinste Theil von der Kraft der Maschine, welcher auf solche Nebenbewegungen verwendet wird, könnte zu dem Haupteffecte derselben ununterbrochen benutzt werden. Daher muß man bei solchen Anlagen das Baucapital und seine Interessen, nebst dem Verluste an dem Haupteffecte,



mit dem Werthe der dadurch zu ersparenden Menschenarbeit wohl vergleichen.

Mit den bisher beschriebenen, und wie ich hoffe auch bewiesenen Verbesserungen der Mahlmühlen, lassen sich die Producte derselben in der möglich größten Vollkommenheit und Menge erzeugen. Bei allen nach diesen Grundsätzen von mir theils neu erbaueten, theils veränderten Mühlen, welche alle die besten Producte lieferten, hatte früher das Publicum über Verögerung des Mahlens geklagt, nach Veränderung der Mühlen konnten die Müller aus ihren Mahldistricten nicht soviel Getraide erhalten, als die Mühlen zu Mehl machen konnten.

### Gr ü ß m ü h l e n .

#### §. 89.

Soll Getraide nicht in Mehl verwandelt, sondern nur von seiner Schale befreiet, oder nur bis zu einer bestimmten Größe seiner Körner zerbrochen werden, welches Grüge- und Griesmachen genannt wird, so dürfen die Mühlsteine nicht so nahe an einander stehen, als bei dem Mehlmachen, und es kömmt auf einen genauen Parallelismus der Steinflächen dabei vorzüglich an. Denn zu nahe kommende Stellen der Steine würden einen Theil der Körner in Mehl zerschneiden, und einen Abgang an der Menge der Grüge verursachen. Daher wird auch eine viel geringere Kraft für diese Arbeit erfordert, als zu dem Mehlmahlen, und man kann dazu Steine von viel kleinerem mechanischen Momente gebrauchen; Steine von 2 bis 3 Fuß im Durchmesser.

Häufig werden diese Steine auf Handmühlen (Quirren) von Menschenhänden, durch Rosmühlen, oder sogar in Tretradern, von großen Hunden in Bewegung gesetzt. In den Mühlen kann man sie aber mit Vorgelegen anlegen, und dabei etwas größere und schwerere Steine anwenden, welches die Arbeit sehr befördert.

Die Einrichtung der Grüsgänge ist im Kleinen dieselbe wie bei den Mahlgängen, nur kann die Stellung der Lichtwerke auch mit Schrauben bewerkstelligt werden, weil dieselbe während der Arbeit nicht verändert zu werden braucht.

Gewöhnlich mahlt man beim Grüsmachen alles in einen Sack, und befreiet nachher die Gröse auf einer Staubmühle von den Schalen. Hat man aber große Mengen feiner Gröse zu verfertigen, wobei sich immer etwas Mehlabgang findet, so kann man diesen durch Sichten oder durch ein Beutelgeschirr zu Gute machen. Uebrigens hängt von der weitem oder nähern Stellung der Steine gegeneinander der Grad der Feinheit der Gröse und des Grieses ab.

### S t a u b m ü h l e n .

#### §. 90.

Von diesen bekannten Maschinen und ihrem einfachen Mechanismus würde ich nicht reden, wenn sie aller Orten richtig verfertigt würden, und die Gründe ihrer guten Wirkung gehörig in Anwendung kämen.

Eine Staubmühle soll das Getraide von den mit ihm vermischten tauben Körnern, Spreu u. dgl., oder bei Gröse von den abgelöseten Schalen befreien. Dieß geschieht durch einen erzeugten Luftstrom, der die leichten Theile wegtreibt, die schweren Körner aber fallen läßt. Man bringt einen solchen Luftzug durch das schnelle Umdrehen einer Welle mit Flügeln hervor, die sich in einer cylinderförmigen Einfassung bewegen, und die nahe an der Welle befindliche Luft centrifugal nach dem Umfange treiben, wo sie nur an einer Stelle einen Ausgang findet. Dazu müßten die Windflügel eigentlich nach einer logarithmischen Spirallinie (§. 82.) geformt seyn; weil aber zu Bewegung derselben nur wenig Kraft erfordert wird, so kann man durch mehr Geschwindigkeit die nöthige Stärke des Luftzuges hervorbringen, wenn die Flügel in der Richtung einer logarithmischen Spirale, als deren Sehnen, gerade bleiben; und es ist für alle Fälle hinreichend,

die Welle fünfsecht zu machen, und auf ihre Seiten die Flügel aufzunageln. Diese Einrichtung leistet alles, was man von diesen Maschinen zu verlangen pflegt, und da man durch langsamere oder geschwindere Bewegung es in seiner Gewalt hat, die Stärke des Luftzugs zu modificiren, so kann man sogar mit derselben Arbeit bei unreinem Getraide die leichtern Sorten nicht nur von der Hauptkornart, sondern die ersten auch unter sich absondern. Zu diesem Zwecke bringt man nämlich die Kästen *x. y* Tab. V. Fig. 77 an, in welche die leichten Kornarten fallen. *S. B.* wenn Weizen, der mit Hafer, Buchweizen und Spreu vermischt wäre, gereinigt werden sollte, so wird aus dem, von der Rinne *w* herabfallenden Weizenstrahle alles Leichtere durch den, von den Windflügeln erzeugten Luftstrom, in der Richtung *tv* weggetrieben, so daß nur die guten und schweren Weizenkörner auf die untere Rinne *s* gelangen, die leichtern Körner auf *u*, und hinter derselben aufgefangen werden können. Von den weiter weggetriebenen leichtern Kornarten fällt die schwerere, also der Buchweizen, in den nächsten Kasten *x*, der Hafer in den Kasten *y*, und die noch leichtere Spreu wird über die Kästen hinweg gejagt, wo sie dann ziemlich ausgebreitet niedersinkt, weil die forttriebende Kraft des Windstroms im Verhältniß der Quadrate der Entfernungen von seinem Entstehungspunkte abnimmt.

Es ist übrigens die Einrichtung mit einem Rumpf und Schuhe, welcher durch das Umdrehen der Welle in Bewegung gesetzt wird, und der das Getraide allmählig gleichförmig auf die Rinne *w* bringt, den Einrichtungen bei den Mahlmühlen ähnlich, wie diese aus der Zeichnung Fig. 68 und 69 verständlich seyn wird.

Man bringt auch Drahtsiebe unter dem Rumpfe an, die aber bei der guten Einrichtung der Windflügel entbehrt werden können.

Graupen = Gänge.

§. 91.

**I.** Graupen sind Getraidekörner, welche durch Abschleifen ihrer Spitzen in eine kugelförmige Form gebracht worden sind. Außer dem gewöhnlichen Gebrauche in den Haushaltungen, sind sie vorzüglich zu Verproviantirungen beim Militär und Seewesen brauchbar, weil sie im kleinern Raume viel Nahrungsstoff enthalten, und sehr leicht und lange Zeit aufbewahrt werden können.

Dieses nützliche Produkt zu verfertigen, hat man verschiedene Erfindungen in Ausübung gebracht.

**II.** In den Gegenden, wo taugliche Sandsteine zu haben sind, bedient man sich steinerner Ringe, welche einen horizontal umlaufenden Stein in einem kleinen Abstände umgeben, und zwischen welchen die Getraidekörner zu der verlangten Form sich abschleifen. Weil aber der Abfall (Schlamm = Mehl) bei dieser Einrichtung sich nicht schnell genug von den Körnern absondern läßt, so erhitzen sich diese leicht, und deshalb darf man dem Steine keine schnelle Bewegung geben, und die Arbeit erfordert daher viele Zeit.

**III.** Man hat noch eine andere Einrichtung, wobei der Graupenstein sich vertical um seine horizontale Ase bewegt, und die Umgebung desselben (der Lauf) sich dieser Bewegung entgegen, langsam herumdrehet, um das Schlamm = Mehl nach und nach auszuschütten. Aber außerdem, daß auch dabei keine schnelle Bewegung möglich ist, der Stein der schleifenden Reibung auf horizontalen Zapfen unterliegt, und die Gefahr wegen des Zerspringens der Steine größer ist, fehlt diesem Mechanismus die Einfachheit, welche den Vorzug jeder Maschine bestimmt.

**IV.** Die holländischen Graupenmühlen erfüllen ihren Zweck vollkommen, wenn die Gründe ihrer Construction gehörig in Anwendung gebracht werden.

Die Arbeit der Graupensteine ist ein Abreiben oder Abschleifen, und deswegen gebraucht man einen scharfkörnigen

Sandstein, dergleichen die englischen Steine von Newcastle, oder die von den Fldzgebirgen an der Weser, von Barsinghausen an, bis nach dem Osterwalde, in verschiedenen Qualitäten gebrochen werden. Ihre Größe wird zu 5 bis 6 Fuß Durchmesser, und 1 Fuß Dicke genommen.

Der sich horizontal herumdrehende Graupenstein wirkt allein mit seinem Umfange gegen die, wie ein Reibeisen durchlöcherten Bleche des Laufs, zwischen welchen beiden die Körner abgerieben werden. Deshalb bedarf er bloß einer glatten harten Unterlage, über welcher er, ohne dieselbe zu berühren hinstreicht; und diese werden von Büchenholze gemacht und mit Eisenblech beschlagen, oder auch von glatt behauenenem Granit oder Marmor verfertigt.

Sowohl die Unterlage, als die Unterbahn des Steins behalten ihre genaue horizontale, folglich parallele Lage unveränderlich, und daher wird der Rahn mit Schraubenbolzen an dem Steine befestiget, wodurch die einmal gegebene richtige Stellung desselben sich immer erhält.

V. Um das Neußere des Laufs gehet ein Raum, der sogenannte Schlammkasten, welcher nur an einer Stelle, wo die mit einem Schieber versehene Oeffnung des Laufs sich befindet, unterbrochen ist, und dieser wird durch starkes Balkenholz gebildet, welches nothwendig ist, weil die Graupensteine, bei ihrer schnellen Bewegung, zumal in Windmühlen, dem Zerspringen ausgesetzt sind, und durch die Stärke dieser Einfassungen die Gefahr von den herumfliegenden Stücken gemindert wird, ob man gleich Beispiele genug hat, daß auch Balken von 12 — 14 Zolln Dicke durch solche Stücke ganz zerschmettert worden sind. Wegen dieser Gefahr ist es immer rathamer, die Graupengänge unter dem Fußboden des Mühlenbettes zu versenken, als dieselben darüber anzulegen.

Der ganze Graupengang wird mit einer, aus mehreren Stücken bestehenden Breterdecke versehen, welche Ausschnitte für das Klüvereisen, (wenn ein solches vorhanden ist) für den Rumpf, durch welchen das Korn aufgegossen wird, und für den Kessel, in welchem die aus der Seite des Laufs, nach

Eröffnung des Schiebers ausströmenden fertigen Graupen aufgefangen werden, haben müssen.

**VI.** Wird nun das Korn durch den Rumpf aufgegos- sen, so führt der Stein dasselbe sogleich centrifugal nach dem Umfange, wo es zwischen diesem und dem Laufe herumgejagt, sich theils an dem Steine, theils an den vorstehenden Schär- fen der Bleche des Laufs abreibt. Das dadurch erzeugte Staubmehl würde von der bloßen Bewegung des Steines, durch die Löcher der Bleche sich nicht schnell genug entfernen, und daher das Korn sich erhitzen; deshalb hat man besondere Windgänge angebracht, welche aus Vertiefungen (gewöhnlich sechs), die auf der untern Steinfläche nach einer logarithmi- schen Spirale ausgehauen sind, bestehen. Diese erzeugen einen lebhaften Luftzug von der Mitte des Steines nach sei- nem Umfange, treiben damit das Schlamm=Mehl schneller durch die Löcher der Bleche, und verhindern, daß die Körner nicht in dem untern Theil des Laufs nach ihrer Schwere sich anhäufen, sondern von dem Winde gehoben, ihren Umlauf in der ganzen Höhe des Steinumfanges fortsetzen.

**VII.** Das Staubmehl sammelt sich in dem Schlamm- kasten, aus welchem es nach Sichteien, entweder mit Rah- mensieben, oder mit runden Beuteln geleitet werden kann, worin dasselbe in mehrere Sorten durch die Bewegung der Mühle geschieden wird. Auch hat man wohl eigene Siebe zum Sortiren der Graupen angewendet; allein diese Erfindun- gen verinteressiren ihr Baucapital nur in dem Falle, wenn man für feines Gerstenmehl einen beständigen guten Absatz hat, und eine vollkommene Graupenmühle muß immer nur Graupen von einerlei gleichförmiger Größe geben. Daher ist es in den meisten Fällen besser, wenn man den Müller, wel- cher zu Bedienung des Graupenganges angestellt ist, die Graupen mit der Hand aussichten läßt, wozu während dem daß der Stein arbeitet, Zwischenzeit genug bleibt.

**VIII.** Die Windgänge Fig. 78. a. in der Unterfläche des Steines können sich nicht für sich in ihrer Form erhalten, sondern verschleifen, wie die Erfahrung lehrt, an dem Um-

fange sehr leicht. Sie dagegen zu verwahren, gebraucht man 14 bis 15 Zoll lange an dem äußeren Ende verstahte eiserne Schienen von  $\frac{7}{8}$  Zoll Breite und  $\frac{3}{8}$  Zoll Dicke, die mit ihrer breiten Seite die senkrechte Wand des Windganges bedecken und schützen. Aber selbst an diesen gehärteten Schienen wird das Verschleifen noch sehr bemerklich, sie nehmen leicht an ihren anfangs scharfen Ecken eine runde Form und eine Positur an.

Indem der Stein durch den Gebrauch an seinem Durchmesser abnimmt, bleiben die eisernen Schienen, deren Verschleifen langsamer, als an dem Steine geschieht, vor dem Umkreise desselben vorragend, wenn sie unbeweglich fest sitzen. Viele Müller lassen dieselben in diesem Falle abhauen, aber dies ist kein ökonomisches Verfahren. Besser ist es, wenn diese Schienen (Windfedern) zurückgerückt werden können, auch wenn sie an ihren Spitzen  $\frac{3}{8}$  Zoll dick gemacht werden. Eine solche Einrichtung zeigt Tab. V. Fig. 78. b. c.

Die Windfeder ad liegt an der senkrechten Seite des Windganges dke an dk, mit ihrer Dicke noch in diese Wand eingelassen, so daß dak eine ununterbrochene krumme Linie macht, und sie wird durch den Schraubenbolzen g festgehalten. Soll dieselbe nun zurückgebracht werden, so wird von dem Ansätze bei f nur soviel nach e hin weggehauen, als die Zurückziehung betragen soll, damit das Ende der Windfeder bei f gegen den Ansaß einen festen Gegenstand behalte.

Wenn die Windfedern nicht zurückgerückt werden sollen, so erhalten sie Schraubenbolzen, die entweder eingesenkte Köpfe in den Windfedern haben, und auf der Oberfläche des Steines mit Mutterschrauben angezogen werden; oder der Schraubengang ist an dem Ende des Bolzens selbst angeschnitten, und wird in die, an der Windfeder selbst befindliche Mutterschraube eingeschoben. Fig. 78. m und n.

Für beide Arten ist es erforderlich, daß die Schrauben gute scharfe Gänge haben, fest angezogen werden können, und bei der schnellen Bewegung des Steines nicht lose werden, wozu also accurate Schmiedearbeit gehört.

**IX.** Ein Graupenstein verlangt einen sehr genauen, mit der innern Seite des Laufs concentrischen Umlauf, deshalb muß derselbe richtig bearbeitet seyn, und in seiner Lage vermittelst der Spindel sich auch unverrückbar erhalten. Dies letzte läßt sich bei den Getrieben unter den Steinen leichter bewerkstelligen, als bei dem Klüvergeschirre, wobei mehrere bewegliche Punkte in eine Aze zu bringen sind.

Durch die größere Dicke des Halses am Mühleisen erreicht man diese Haltung, denn obgleich mit dem größeren Umkreise desselben die Reibung zunimmt, so ist diese bei Graupensteinen nicht so groß wie bei Mehlsteinen, da man jene zwischen drei Nüssen gehen läßt, welche auch so viel weniger reibende Fläche darbieten. Bei Obergetrieben müssen die Klüver mit der größten Genauigkeit mit dem Mühleisen zusammengerichtet werden, und die Flächen des Graupensteines auf die Aze beider völlig senkrecht stehen, denn die geringste Verrückung in der Azenlinie verursacht einen Seitendruck gegen die innere Wand der Spur des Mühleisens, welcher starke Reibung, Erhitzen der Mühleisen Spitze, und das Zusammenschweißen derselben mit der Spur, und auch Feuergefährdung zur Folge hat.

**X.** Diesen Druck hat man zu vermeiden gesucht, und geglaubt, dem Steine einen völlig sicheren Gang geben zu können, wenn man das Mühleisen *f* durch den Rihn durchgehen ließe, und sein oberes Ende in einem Stege unverrückbar erhielt. **Tab. VI. Fig. 79** zeigt diese Einrichtung. *a. a.* Durchschnit des Graupensteins, *b* der Rihn, welcher mit Schraubenbolzen, die durch denselben und auf der Oberfläche des Steines durch einen eisernen Rahmen gehen, festgeschroben ist. *c. c.* ein Busch, in welchem 3 Nüsse *d. d.* liegen, zwischen welchen der Hals des Mühleisens seinen Lauf hat.

*g. g.* der Steg, welcher auf der Einfassung des Schlammkastens ruhet, und *h. h.* Nüsse, zwischen denen der obere Theil des Mühleisens läuft. Auf dem durchgehenden obern Ende derselben kann ein Aufsatz *i*, (Kunst) mit einem viereckten Zapfenloche aufgesteckt werden, der mit Seiteneinschnitten



versehen ist, in welche zwei Klüverzeihen eingreifen. I ist das Klüverzeihen.

Hiernach scheint es als wenn diese Einrichtung ihren Zweck vollkommen erfüllen müßte, die Erfahrung lehrt aber: daß es nicht allein sehr schwer ist, dieselbe vollkommen zu verfertigen, weil dabei 5 bewegliche Punkte in eine Aze zu bringen sind, sondern daß es noch weit mehr Sorgfalt und Mühe kostet, sie ohne Fehler zu erhalten, besonders deswegen, weil die kleinen Nüsse h den obern dünnen Theil des Mühleisens nicht lange, ohne zu verschleifen, in seiner richtigen Lage erhalten können, und die Länge desselben von c an, als ein langer Hebelarm, der seinen Ruhepunkt zwischen den Nüssen dd hat, mit einer viel größern Kraft gegen die Seiten der Spur des Mühleisens drückt und dieselbe erhizet. Dieß ist die Ursache des häufigen Ablöthens der Mühleisen und Spuren bei dieser Einrichtung der Graupengänge. So habe ich bei einer neuen Windmühle gesehen, daß man nach vierzehnmaligem Ablöthen der Spur, wobei der Baumeister die Schuld immer der schlechten Härte derselben beimas, den Fehler erst hob, nachdem man die gehörige Aufmerksamkeit auf die ganze lothrechte Aze, von der untern Spur bis zu dem obern Klüverzapfen, und auf die richtige Haltung des Mühleisens zwischen den Nüssen hb verwendet hatte.

Mit dieser scheinbaren Verbesserung ladet man sich nur eine Last auf, da man viel größere und nie unterbrochene Aufmerksamkeit auf dieselbe verwenden muß, um den so leicht entstehenden Schaden zu verhüten, und es ist allemal sicherer, die ältere gewöhnliche Einrichtung beizubehalten.

XI. Der schnelle Lauf der Graupensteine, den man gewöhnlich zu  $\frac{1}{2}$  Secunde annimmt, wird auf Windmühlen, durch die ungleiche Geschwindigkeit und Stärke des Windes, bald verzögert, bald beschleuniget, und da, bei gut eingetheiltem Räderwerke derselben, und für die mittlere Geschwindigkeit der Steine a  $\frac{1}{2}$  Sec. bei mittlerer Geschwindigkeit des Windes 12 Umgänge des Steins auf einen Umgang der Flügel, oder 120 Umläufe des Steins auf 1 Minute kommen; so

kann diese bei starkem sturmähnlichen Winde bis über das Doppelte zunehmen.

Da man nun kein Mittel hat, für einen Stein das Verhältniß der Cohäsionskraft in seiner Masse gegen die Centrifugalkraft zu bestimmen, als allenfalls Erfahrungen über die Festigkeit und Zähigkeit einzelner Steinarten, die aber immer nur ein Ungefähr geben können; so kann, bei übermäßig vermehrter Geschwindigkeit des Windes, die letzte so sehr zunehmen, daß sie die Cohäsion der Steine übertrifft, und im Grande ist, den Stein im ungehinderten Laufe zu zersprengen. Wie viel eher wird dieses nun geschehen, wenn ein Stoß der Centrifugalkraft gerade entgegen wirkt? welches dann geschieht, wenn mit plötzlichem Supassen der Mühle das Räderwerk angehalten wird, und der in seinem Schwunge fortlaufende Stein gegen die Klauen des Rihns mit großer Kraft anstößt.

Bei Wassermühlen, welche einen immer gleichen Beharungsstand in ihrem Räderwerke haben, und wobei selbst nach dem Abschützen des Wassers, Räder und Steine allmählig zur Ruhe gelangen, ist eine solche Gefahr nicht zu besorgen.

XII. Der Lauf um den Graupenstein bestehet aus 2 Ringen, am besten von Birkenholz, die ebenso wie die Steineinfassungen der Mahlgänge, mit aufrechten Ständern mit einander verbunden sind, an deren inwendigen Seiten die durchlöcherten Bleche bis auf eine Oeffnung mit dem Schieber, durch welche die Graupen herausgelassen werden, ange nagelt werden. Die Entfernung dieser Bleche, oder des innern Umkreises des Laufs von dem Umfange des Graupensteins beträgt, für ordinäre Graupen  $\frac{1}{2}$  Zolle, für Perlgraupen  $\frac{1}{16}$  Zolle.

Uebrigens ist der Lauf mit einem besondern Deckel besetzt, welcher nur eine Oeffnung für den Rumpf hat, durch welchen die Graupen aufgeschüttet werden, und bei Klüvers geschirren einen Ausschnitt in den beiden mittelsten zusammenstoßenden Bretern, der nur eben für die Dicke dieses Eisens hinreicht.

Das Ganze des Graupenganges wird durch die schon genannten Schlagbalken, welche zugleich den Schlammkasten bilden, eingefast, und dieser Kasten ist ebenfalls mit einem Deckel, in welchem sich die gleichen Oeffnungen befinden, bedeckt. Des leichtern Abnehmens wegen, verbindet man an beiden Deckeln nur zwei und zwei Breter vermittelst Leisten, welche unterhalb liegen, und das Ausweichen dieser nur lose neben einander gelegten Tafeln verhindern. (V.)

**XIII.** Der Rumpf zum Aufschütten der Gerste in Form einer umgekehrten abgestumpften Pyramide, geht mit seinem spitzen Ende durch beide Breterdecken. Da aber ein vorgängiges Reinmachen der zu Graupen bestimmten Gerste nicht erforderlich ist, weil die etwaigen Unreinigkeiten durch das Sichten von den Graupen und dem feinen Schlamm-Mehle ohnehin abgesondert werden, so versieht man die untere Oeffnung des Rumpfes mit einem Drahtgitter, welches die Gerste durchläßt, aber größere Körper, wie Steine u. dgl., die sich zwischen der Gerste befinden, und die den Stein oder die Bleche beschädigen könnten, zurückhalten. Damit auch die Arbeit ununterbrochen fortgehe, so muß der Müller die Gerste noch vorher, ehe er den Schieber aufzieht, um die bis dahin fertigen Graupen in den Kessel einlaufen zu lassen, in den Rumpf schütten, welche in demselben von einem andern Schieber über dem Drahtgitter so lange zurückgehalten wird, bis die letzten fertigen Graupen in den Kessel gelangt sind. Darauf wird dieser zweite Schieber im Rumpfe weggezogen, und die Gerste fällt von Neuem auf den Stein.

Aus den Figuren 80 und 81 Tab. VI. wird sich dieses deutlich erklären.

Figur 80 zeigt den Grundriß einer holländischen Graupenmühle, halb mit aufgelegtem Deckel, halb mit dem offenen Schlammkasten, nebst den einfassenden Schlagbalken.

In Figur 81 ist der Durchschnitt derselben vorgestellt.

Da das Graupenmachen schneller von Statten geht, wenn die Läufe in den angemessenen Entfernungen von den Umkreisen der Steine stehen; (XII.) so hat man auf großen

Mühlen zwei Graupengänge unter dem Namen Vorschäler und Nachschäler, wovon der erste die Graupen etwa halbfertig macht, oder eigentlich die Getraidekörner ihrer Spizen beraubt, der andere dieselben in die kugelförmige Gestalt bringt.

## Sechster Abschnitt.

### Zusammensetzung der Mühlen.

---

#### §. 92.

**I.** In den vorigen Abschnitten sind die Gründe, auf welchen die Construction aller einzelnen Theile der Mühlen beruhet, gelehrt worden, es ist nun noch übrig, den Zusammenhang und den Einfluß äußerer Umstände auf die Einrichtung der Mühlen zu zeigen.

Der eigentliche Zweck einer jeden Maschine bestimmt die Form und Eintheilung ihrer einzelnen Bestandtheile, welche für Mahlmühlen in dem Obigen gegeben worden sind. Von diesen arbeitenden Theilen derselben müssen auch alle übrigen Verhältnisse der Zusammensetzung ausgehen, damit der vollkommenen Ausübung des Effectes keine Hindernisse, weder der innern Eintheilungen noch der äußeren Umgebungen, im Wege bleiben.

**II.** Bei den gewöhnlichen Mahlmühlen nach alter Art, ist eine Construction der Mühlenbetten angenommen worden, welche viele Unzuträglichkeiten mit sich führt, und die den Betrieb der Müllerei sehr erschwert.

Weil man es nicht verstand, den Räderwerken ihre gehörigen Eingriffe, und einen sanften Gang zu geben, so suchte man durch eine starke Verbindung der Mühlenbetten, und eine isolirte Stellung derselben, die nachtheiligen Erschütterungen von dem übrigen Mühlengebäude abzuhalten. Hieraus entstand die Verbindungsart mit Schwellen, Docken, Launen, Mehlbalken und Hinterbalken, welche man in den meisten Mühlenbüchern fast völlig übereinstimmend beschrieben findet. Bei diesen machte der Mehlbalken ein so wesentliches Stück aus, daß man glaubte, ohne denselben könne gar keine Mühle bestehen.

Wollte man bei diesen Mühlenbetten für einfache Gänge, oder für die früher allein gebräuchlichen liegenden Vorgelege, keine sehr langen Wasserräderwellen gebrauchen, so konnten sie nur schmal werden, und keine, für einen bequemen Betrieb hinreichende Breite erhalten. Dagegen wurde die Mühlendiele (Flur), welche bis unter die Hauptbalkenlage des Gebäudes durchging, sehr hoch, und der obere Raum derselben blieb völlig unbenutzt.

Erst später, bei dem Gebrauche stehender Vorgelege, und der Anwendung richtiger cycloidischer Eingriffe der Räderwerke, hat man sich überzeugt, daß auch andere Verbindungsarten der feststehenden Mühlentheile hinreichende Festigkeit gewähren, und daß nicht nur die Erschütterungen des Gebäudes aufgehoben, sondern auch mit zwei abgetheilten Stockwerken mehr nutzbarer Raum gewonnen werde.

Wie diese Vortheile nun zu wahren sind, werde ich unter Erwähnung aller einzelnen Rücksichten in folgenden Beispielen zeigen.

### Die oberflächliche einfache Mühle.

#### §. 93.

I. Diese legt man nur an solchen Stellen an, wo zwar das Gefälle für ein oberflächliches Rad hoch genug ist, wo aber die meiste Zeit im Jahre die vorhandene Wassermenge

nur zur Bewegung eines Mühlsteins hinreicht; und nur in den Fällen, wo anhaltender höheres Wasser im Frühjahre, oder häufiger Zufluß aus andern Ursachen sich findet, wird man schon ein Vorgelege gebrauchen können, um solches Wasser nicht unbenutzt weglaufen zu lassen.

Ohne ein Gefälle, wobei ein Rad von wenigstens 6 Fuß im Durchmesser angebracht werden kann, und ohne eine Wassermenge von 8 Cubikfuß in einer Secunde, läßt sich keine Mühle von dem oben angenommenen Effect, oder mit Steinen von 5 Fuß D. und 60 Umläufen anlegen. Denn fehlt es an einem der beiden Erfordernisse, so müssen, weil man die Geschwindigkeit der Steinumläufe nicht aufgeben darf, um die Wirkung ihrer Schwungkraft nicht zu verlieren, kleinere Steine gebraucht werden.

**II.** Die einfache überschlächtige Mühle von solchen eingeschränkten Verhältnissen wird wesentlich verbessert, wenn man den Theilrissen der Steingetriebe den Durchmesser des mittlern Schwungkreises, oder  $\frac{2}{3}$  D. giebt, und dadurch den möglich gleichförmigsten Angriff derselben erzeugt; um aber die erforderliche Anzahl der Steinumläufe zu erhalten, ein Zwischengetriebe, in welches das Kammrade eingreift, mit einem an derselben Welle befindlichen Stirnrade anbringt, welches das Steingetriebe umtreibt.

Die unbedeutende Reibung dieses Zwischenrades auf einem untern Spitzzapfen und seinem obern cylindrischen Zapfen, nimmt viel weniger Kraft weg, als der Eingriff in die kleinern Steingetriebe; und zugleich wird damit der Mühlstein weiter von der Wasserwand entfernt, und auf dem Mühlenbette mehr Raum gewonnen, ohne daß lange Wasserradswellen erforderlich wären.

**III.** Bei dem Entwurf einer Mühlenanlage ist man zunächst an die unveränderlichen Maße der oben beschriebenen einzelnen Theile derselben gebunden. Was von denselben über dem Mühlenbette liegt, verursacht keine Einschränkung, und erfordert nur einige Rücksicht auf die Vertheilung des horizontalen Raums. Diejenigen Theile hingegen, welche

unter dem Mühlenbette liegen, müssen ihre bestimmten Maaße behalten, und nach diesen richtet sich die übrige Eintheilung.

So kann die Höhe der Mühlendiele (Flur) unter der Balkenlage nicht unter 8 Fuß betragen. Die Balkenlage mit darüber befindlichen Bohlen ist wenigstens 15 Zolle, und wenn ein neuer Bodenstein von 1 Fuß dick aufgelegt ist, so muß das Mühlisen wenigstens 5 Fuß lang seyn, wenn es ein Getriebe von 13 Zoll Höhe mit 4 Zoll Spielraum unten und oben, und 1 Fuß Höhe zu seinem Fuß haben soll, denn  $(1' + 1' 3'' + 4'' + 1' 1'' + 4'' + 1') = 5'$ . Die Dicke des Steges oder der Triebbank ist wenigstens 10 Zolle, und ein Spielraum unter derselben für die Wasserradswelle 2 Zolle, folglich kann die Oberkante derselben niemals näher als 5 Fuß bei der Oberseite des Mühlenbettes liegen. Unter dem Stege müssen aber bis auf den Fußboden der Flur noch  $4' 3''$  vorhanden seyn, wenn jene Höhe von 8 Fuß unter dem Balken herauskommen soll.

Das kleinste Kammräder, welches demnach für den unmittelbaren Eingriff in das Steingetriebe gemacht werden könnte, wäre von 9 Fuß auswendigem Durchmesser; für den Eingriff in ein Zwischengetriebe aber 6'.

Der Vergrößerung der Kammräder steht unter obigen Verhältnissen kein Hinderniß entgegen, da man den Steg mit den Mühleneisen so hoch rücken kann wie man will, indem die Axe der Wasserradswelle sich weiter von der Oberfläche des Mühlenbettes entfernt.

IV. Nach diesen und den aus der Lage, dem Gefälle, und der beobachteten Wassermenge entstehenden Maaßverhältnissen, lassen sich die horizontalen Ausdehnungen der Räder im Grundrisse eintheilen, und daraus folgt die Eintheilung der Balkenlage von selbst.

Beispiel.

Das vorhandene Gefälle sey im Ganzen  $9' 5''$   
 die beobachtete Wassermenge in 1 Sec.  $= 8$  Cub. Fuß.  
 Es bleibt also wirkendes Gefälle nur (§. 48)  $= 7' 8''$



Diesem gehört die ganze Geschwindigkeit  $21\frac{1}{2}$  Fuß, also dem Rade  $7' 2''$ , dem Ausflusse  $14' 4''$ .

Die Druckhöhe muß also auch dieser Geschwindigkeit angemessen seyn, oder wenn dadurch die Größe des Rades zu sehr vermindert werden sollte, so kann man auch die Schützenöffnung und das Rad soviel breiter machen, daß doch die hier vorhandenen 8 Cub. = Fuß Wasser in 1. Sec. auf das letzte gelangen.

Ich will das letzte annehmen und anstatt der Geschwindigkeit  $14' 4''$  für die Druckhöhe  $3' 5$ , nur 2, 5 also die Geschwindigkeit nur zu  $12', 4$  setzen, so muß demnach die Ausflußöffnung bei 3 Zoll Höhe, wenigstens  $2' 7''$  breit werden, und die Höhe des Rades im äußern Durchmesser bleibt nach Fig. 23

$$= LM - (AL + BM) = 9' 5'' - (3' + 3'') = 6' 2''.$$

Damit sind also die nothwendigen Maaße für die Eintheilung aller übrigen Theile der Mühle in der angenommenen Lage gegeben, wenn man noch weiß, welche Schnelligkeit der Stein von der Geschwindigkeit des Rades und seinem Moment erhält, und welche Eintheilung das Räderwerk in Uebereinstimmung mit dem letzten haben muß.

8 Cubik = Fuß Wasser mit der Geschwindigkeit von 12,4 bei der Schützenöffnungshöhe von 3 Zollen, also im Durchschnitt der prismatischen Grundfläche des Wasserstrahls = 446,4, oder mit Uebergehung des Bruchs = 446  $\square''$  wirken in dem Verhältniß (§. 49)  $\frac{425 \cdot 446}{714} = \text{nahe } 265\frac{1}{2}$ .

Es wäre demnach das Moment des Rades  $265\frac{1}{2} \times 31 \square''$   
 $\times 7' 2'' \times 65 \text{ R.} = \frac{8230\frac{1}{2}}{1728} = 4\frac{1}{1}\frac{3}{2}\frac{1}{8} \text{ C. = F.} = 309\frac{1}{2} \text{ R.}$

und diese  $7\frac{1}{8}$  mal, geben zum Momente des Rades in 1 Sec. 2218 R. also würde ein Stein von obiger Größe (§. 39, 1)  $\frac{2218 \times 60}{2092} = 63\frac{1}{2}$  Umläufe in 1 Minute erhalten können.

V. Der Durchmesser des Kammrades würde (gegen die III. angegebenen Maße) hier nur  $5\frac{1}{6}'$  seyn, folglich kann auch ein unmittelbarer Eingriff in das Steingetriebe nicht Statt finden, weil nicht Höhe genug bleibt, daß die Wasserradswelle unter dem Stege des Mühleisens sich bewegen könnte. Deshalb ist es nothwendig ein Zwischenrad anzubringen, dessen Halbmesser das Kammrade so weit von seiner stehenden Welle und seinem Stege entfernt, daß die Wasserradswelle noch vor demselben ihre Auflage finde. Dieß gäbe folgende Berechnung:

Der mittlere Durchmesser des Kranzes am Wasserrade ist  $5\frac{1}{6}'$ , sein Umkreis  $3,14 \times 5\frac{1}{6} = 16,22$ . Da ein Bogen desselben für 1 Sec.  $7\frac{1}{6}'$  beträgt, so ist der Umgang des ganzen Umkreises  $\frac{16,22}{7\frac{1}{6}} = 2,26$  Secunden, oder es gehet in 1 Minute  $26\frac{2}{3}$  mal herum.

Bei den  $63\frac{2}{3}$  Umläufen, (IV.) die der Stein macht, kommen  $\frac{63\frac{2}{3}}{26\frac{2}{3}} = 2\frac{7}{8}$  Steinumläufe auf einen Umgang des Wasserrades.

Das Steingetriebe, dessen Theilriß mit dem mittlern Schwungkreise des Steins von 5' D. gleichen Halbmesser = 1' 8" hat, erhält bei  $3\frac{1}{2}$  zölliger Theilung 36 Getriebstöcke.

Damit nun der Steg des Zwischenrades vor der Welle noch Raum habe, so muß derselbe wenigstens 25 Zoll von dem Theilriße des Kammrades entfernt, mit seiner Aze liegen, und folglich könnte der Drehling nicht unter 36 Stöcken  $4\frac{1}{2}$  zölliger Theilung oder  $25\frac{3}{4}$  Zoll zum Halbmesser, gleich dem Kammrade erhalten. Es bleibt demnach nur das Verhältnis zwischen dem Steingetriebe zu dem Stirnrade zu beachten =  $2\frac{7}{8} : 1$ , oder gegen 1 Umgang des Stirnrades muß das Steingetriebe  $2\frac{7}{8}$  mal herumlaufen. Also erhält das erste gegen 36 Stöcke  $3\frac{1}{2}$  zölliger Theilung, 86 Kämme, und 7 Fuß  $11\frac{3}{8}$  Zoll zum Durchmesser seines Theilrißes.

Dieß sind die nöthigen Maße, wonach der Entwurf einer solchen oberflächtigen Mühle gezeichnet werden kann,

und die auch bei den Rissen Tab. VI. Fig. 82, 83, 84, zum Grunde liegen.

Die unterschlächtige einfache Mühle.

§. 94.

I. Eben so wenig wie bei voriger, können die, dem Momente des Rades zukommenden Steinumläufe, ohne Aufopferung der Vortheile gehöriger Steingetriebe, bei unterschlächtigen Mühlen herausgebracht werden, wie folgendes Beispiel zeigt.

II. Die vorhandene Wassermenge in 1 Secunde sey  
12 Cub. = Fuß,

das ganze Gefälle 4 Fuß.

Gefälle bis zum Mittel des Stoßes auf die Schaufeln  
 $3\frac{2}{3}$  Fuß,

also Geschwindigkeit im Mittel des Stoßes 15'. Geschwindigkeit des Rades 5'.

12 Cubik = Fuß Wasser geben, nach Abzug von  $\frac{1}{20}$  für Abdänion,  $12 \times 65 \text{ \& } - \frac{1}{20} = 807\frac{1}{2} \text{ \& }$ , wovon  $\frac{2}{3}$  zur Wirkung kommen, mit  $538\frac{1}{3} \text{ \& }$ . Diese mit der Geschwindigkeit des Rades multiplicirt,  $538\frac{1}{3} \times 5$  geben zu dessen Moment  $2691\frac{2}{3} \text{ \& }$ .

Die Geschw. des Steines wird demnach  $\frac{2691\frac{2}{3}}{200} = 13,4$ ,

das ist, soviel Geschwindigkeit des Steines kommen in 1 Sec.

auf 5 Fuß Geschw. des Rades, und diese geben  $\frac{13,4 \times 60}{10,46}$

nahe 80 Umläufe des Steines in 1 Minute, in welcher Zeit ein Punkt im Umkreise des Rades  $60 \times 5 = 300$  Fuß durchläuft.

III. Nun kommt es auf die übrigen Umstände der Lage an, um zu bestimmen, welchen Durchmesser man dem Wasserrade geben kann, um diese Anzahl der Steinumläufe gegen die Umgänge des Rades zu proportioniren.

Zuerst muß auf die Erhöhung des Mühlenfußbodens über dem höchsten Oberwasser gesehen werden, damit die Feuchtig-  
keit von demselben entfernt gehalten bleibe. So hätte man  
hier wenigstens:

Erhöhung des Fußbodens über den Spiegel des Oberwassers	—' 6"
Höhe des Mittelpunkts der Welle über dem Fußboden	2' 8"
Gefälle bis zum äußern Umkreise des Rades	3' 10"
	<hr/> in Allem 7' —"

als Erhöhung der Axe der Welle über dem Untergerinne oder Durchmesser des auswendigen Radumkreises, und der Durch-  
messer des mittlern Stößkreises 6' 10". Das Rad ginge  
daher in 1 Minute nahe 7 mal herum und es kämen etwa  
11 Umläufe des Steins auf einen Umgang des Rades.

IV. Daß diese Anzahl der Umläufe mit einem einfachen  
Eingriffe nicht hervorgebracht werden könne, ist leicht einzus-  
sehen, selbst dann nicht, wenn man dem Kammrade den größ-  
ten hier möglichen Durchmesser von 12 Fuß geben, und es  
nicht achten wollte, daß, wegen der weiten Entfernung der  
Docken, die Triebbank sehr schwankend würde; (wobei man  
mit der kleinsten Theilung von  $3\frac{1}{4}$ ", 139 Kämme, und zu  
dem richtigen Steingetriebe 38 Stöcke erhielt) denn hiebei  
könnte das Steingetriebe nur höchstens 13 Stöcke erhalten.

Inzwischen läßt sich auch hier durch ein Zwischengetriebe  
das Verhältniß der Steinumläufe und Radumgänge leicht  
herstellen. Dieß kann geschehen, wenn man dem Kammrade  
112 und dem Stirnrade 60 Kämme, dem Zwischengetriebe  
16 und dem Steingetriebe 38 Stöcke giebt, erste bei 4 zöll-  
ger, letzte mit  $3\frac{1}{4}$  zölliger Theilung; denn  $\frac{112 \times 60}{38 \times 16} = 11\frac{2}{3}$ .

Die kleine Differenz der  $11\frac{2}{3}$  gegen 11, ist in der Aus-  
führung zu unbedeutend, als daß sie beachtet zu werden  
brauchte, so wie man überhaupt dergleichen kleine Reste bei  
den Divisionen der Umkreise durch die Zahlen der Kämme

und Stöcke ohne Nachtheil wegläßt oder auf die übrigen ganzen Theile vertheilt.

Das Kammrad erhielt also im Theilrisse	11' 10 $\frac{1}{4}$ D.
= Zwischengetriebe	1' 8 $\frac{1}{4}$ =
= Stirnrad	4' 3 $\frac{1}{2}$ =
= Steingetriebe	3' 4 =

Nach diesen Maassen ist die Mühle **Tab. VII. Fig. 85, 86** gezeichnet.

In beiden vorigen Beispielen sind die kleinsten und eingeschränktesten Lagen der Mühlen angenommen, bei welchen aber der Verlust durch unrichtige Verwendung der vorhandenen Kraft verhältnißmäßig bedeutender wird, als da, wo man unter günstigeren Umständen sich befindet, und oft einen Ueberfluß von Wasser hat, den man gar nicht benutzen kann. Die noch **Tab. VIII. IX.** folgenden Beispiele, welche auf vollkommnere Lagen berechnet sind, sollen zugleich die übrigen Bequemlichkeiten für den Betrieb der Müllerei sowohl, als für die Einrichtung des Hauswesens zeigen, und diese werden, nach dem bisher Gesagten, durch die beigefügten Erklärungen verständlich werden. Doch sind dazu noch einige allgemeine Bemerkungen anzuführen.

§. 95.

**I.** In unserm Klima verursacht der Frost sehr viele Nachtheile und Beschwerden bei den Mühlen, und doch findet man nur selten die dagegen möglichen Vorkehrungen mit Ueberlegung angewendet. Diese Nachtheile sind größer bei unterschlächtigen und halbschlächtigen, als bei obereschlächtigen Rädern, da diese meistens frei hängen, und durch die Untergerinne und Weidebänke nicht beschränkt werden. Der enge Raum, in welchen die Räder zwischen den Weidebänken eingeschlossen sind, (welchen man deswegen so schmal als möglich nimmt, damit man bei mehreren Rädern keine zu langen Wasserradswellen nöthig habe,) ist aber die Ursache, daß sich nicht allein mehr Eis ansetzt, sondern daß dasselbe auch nur

mit vieler Mühe zum Verderb der Räder losgemacht werden kann.

Dagegen ist das beste Mittel bei Ueberfluß an Wasser, sich der Borgelege (S. 38) zu bedienen, und anstatt mehrerer einzelner Wasserräder, ein hinlänglich großes und breites Wasserrad anzulegen, dessen Gerinnen man nur die nothwendig erforderliche Höhe der Wangen, den Weidebänken aber einen solchen Abstand von den Radkränzen giebt, daß man räumlich und bequem zu dem Abweisen des Rades kommen kann. Um aber das Rad überhaupt vor dem Frost zu schützen, ist es am besten, dasselbe in das Mühlengebäude selbst mit aufzunehmen, weil es in diesem noch besser, als durch den besten sonstigen Ueberbau vor dem Froste bewahrt wird.

**II.** Bei dem Entwurf einer Mühlenanlage müssen daher diese Verbesserungen berücksichtigt, und die Maasse derselben in den Grundrissen und Profilen genau aufgetragen werden, wie dieß in den sämtlichen von mir gegebenen Zeichnungen geschehen ist.

**III.** Wenn Mühlen nach ihrer Lage und der vorhandenen Wassermenge des höchsten Effects fähig sind, und dazu nach Obigem auch die nöthigen Einrichtungen erhalten haben, so erfordern sie auch eine schnellere Bedienung, und damit diese keine Hindernisse finde, müssen besonders die Treppen, welche von der Mühlendiele auf das Mühlenbette führen, bequem und in der nächsten Richtung geführt werden, damit der Müller von dem Steine nach der zugehörenden Beutelliste oder Mehltroge schnell kommen könne. Beispiele solcher zweckmäßig angelegten Treppen geben die Zeichnungen **Tab. VII. VIII. IX.**

**IV.** Eine leichte Uebersicht des Betriebs der ganzen Müllerei gewährt ihrem Besitzer viel Bequemlichkeit, deren er auch wohl bedarf, wenn sein Geschäft etwas ins Große geht, und die übrigen Arbeiten des Hausstandes und Handels seine Zeit oft in Anspruch nehmen. Daher ist es zweckmäßig, wenn sein Wohnzimmer von der Mühle nur durch eine Wand ge-

schieden ist, und er aus demselben durch ein Fenster, oder durch eine Thür die ganze Mühle übersehen kann.

Die übrigen Einrichtungen des Wohnhauses umfassen die Bedürfnisse eines gewöhnlichen bürgerlichen Haushalts, wenn nicht etwa — wie dies besonders in Nieder-Deutschland häufig der Fall ist — bei der Mühle ein bedeutender Landbesitz sich befindet, wobei denn auch auf das dazu nöthige Gesinde bei Einrichtung des Wohnhauses Rücksicht zu nehmen ist.

V. Außer diesen Erfordernissen ist die Anlage guter Kornböden ein nothwendiges Bedürfnis, welche unter dem Dache, in den meisten Fällen auf der Hauptbalkenlage und zugleich auf den Kehlbalken angebracht werden. Anstatt der, auf dem Mühlenbette viel Raum wegnehmenden Kornkisten, ist es zweckmäßiger und sicherer, eine Kornkammer neben dem Mühlenbette anzulegen, welche an der Wand Abtheilungen, und an der Seite des Mühlenbettes Trichter hat, durch welche die verschiedenen Arten des Mattekorns, jede in die ihr bestimmte Abtheilung eingeschüttet werden können, und dadurch in sichern Verschluss kommen. Fig. 86. a., Fig. 95. h.

### Mühlen mit liegenden Borgelegen.

#### §. 96.

Obgleich diese Mühlen, aus den §. 38 genannten Gründen, den Nutzen stehender Borgelege nicht gewähren, und deshalb bei neuen Anlagen zu vermeiden sind, so können bei vorhandenen alten Einrichtungen doch Gründe für die Beibehaltung liegender Borgelege sprechen, und dann kommt es nur darauf an, ihnen die mögliche mechanische Verbesserung zu ertheilen.

Es mögen diese Borgelege zu Benutzung einer größern Wassermenge als ein Stein erfordert, oder zur Abwechslung im Betriebe der Müllerei bestimmt seyn, so gelten in Hinsicht der Vertheilung der Kraft sowohl, als in Beziehung auf die Vollkommenheit der innern Eintheilung, die obigen Regeln, und als dieser Einrichtung eigenthümlich, ist nur die Ausbräu-

kung der vorgelegten Räder zu betrachten, welche bei einer leichten Handhabung keine Beengung der übrigen Theile der Mühle mit sich führen darf.

Der Eingriff des, mit dem aus dem Stirnrade auszurückenden Drehlings an derselben Welle befindlichen Kammrades in das Steingetriebe, darf sich nicht klemmen, weil dadurch die Form der Kämme oder Stöcke verlest werden kann. Man nehme daher das Ende des innern Zapfens dieser Welle als den Mittelpunkt eines horizontalen Kreises an, um welchen die Nye der Welle sich drehet, so werden die Kämme des Kammrades an den Stöcken des Getriebes um so weniger Hinderniß finden, je genauer das Ende des Wellzapfens senkrecht unter dem Mittelpunkte des Steingetriebes sich befindet, und das Kammrad mit demselben concentrisch sich verrückt. Deshalb muß das Lager des andern Wellzapfens sich in einer kreisförmigen Nuth bewegen, deren Mittelpunkt das Ende des ersten Wellzapfens ist.

Das Ausrücken geschieht am zweckmäßigsten durch einen einfachen Hebel, und die Befestigung der Welle in ihrer jetzmaligen Lage durch Keile. Es ist überflüssig dazu die sogenannten Rückscheeren mit Kämmen oder Schrauben u. dgl. anzuwenden.

Man kann zwar das Kammrad auch in der Richtung seiner Welle aus dem Eingriffe des Steingetriebes zurückziehen, aber dabei müssen beide Zapfenlager der Welle mit einem Rahmen verbunden seyn, und man hat die ganze Last von Rad und Welle zu bewegen, das Kammrad, welches aus dem Eingriffe des Stirnrades nicht frei wird, muß unnützer Weise mit dem Stirnrade umlaufen, und die Arbeit des zweiten Ganges wird durch die Friction dieses Rades erschwert.

**Tab. VII. Fig. 87. a. b. c. d.** stellen die Einrichtung einer solchen Mühle mit allen ihren Theilen vor.



Mühlen mit stehenden Vorgelegen.

§. 97.

**I.** Alle Vortheile und Bequemlichkeiten, die man bei dem Betriebe der Müllerei verlangen kann, und die mechanisch richtigen Vertheilungen größerer Kräfte zu verschiedenen Zwecken, lassen sich mit diesen Vorgelegen leichter als bei allen andern Einrichtungen erreichen.

Die Hauptsache dabei ist ein Stirnrad an einer stehenden Welle, welches bei Wassermühlen vermittelst eines unterhalb angebrachten Drehlings, bei Windmühlen durch das oben befindliche Krongetriebe in Bewegung gesetzt wird.

Um das Stirnrad werden die einzelnen Steingetriebe möglichst gleich vertheilt, und die Eingriffe derselben nach den Epicycloiden aus den Abwalzungen ihrer Theilrisse angeordnet. Weil aber die Kämme des Stirnrades nur eine Abwalzung erhalten können, so richtet man in den Fällen, wo verschiedene Geschwindigkeiten verlangt werden, und daher größere und kleinere Getriebe um dasselbe Stirnrad stehen, die Abwalzung seiner Kämme nach dem größten Getriebe ein, und dieses behält runde Stöcke. Die kleinern Getriebe hingegen müssen Stöcke nach den Epicycloiden aus den Abwalzungen ihrer eigenen Theilrisse, oder active Form erhalten. (§. 71. Aufgabe 2.)

**II.** Bei Verfertigung des Stirnrades an sich, hat man zu beobachten, daß sein horizontaler Kranz gehörig unterstützt und dem Windschiefwerden nicht unterworfen sey, und dazu müssen die Arme, welche die stehende Welle umfassen, hinreichende Stärke, (nicht unter 9 Zoll) haben. Dasselbe gilt auch von dem Drehlinge, wenn derselbe mit Armen versehen ist.

Da ich von dem, was zu dem bloßen Handwerk des Mühlenmeisters gehört, nicht handle, sondern nur auf die Stücke aufmerksam machen will, worin so oft gegen mechanische Grundsätze gefehlt wird; so darf ich hier nur erinnern, daß die Kränze der Stirnräder besser von doppelten Krümmungen, mit, in Nuthen eingeschobenen Spunten (Stegen), als mit

durchgesteminten oder abwechselnd eingesehten Kammern verfertigt werden.

III. Das Stirnrad muß einen festen unwandelbaren Stand haben, und daher darf es weder dem Stege, auf welchem es mit seinem unteren Spitzzapfen ruhet, noch dem Schloßbalken, in welchem sein oberer cylindrischer Zapfen geht, an der erforderlichen Stärke (wenigstens ein □Fuß) fehlen.

IV. Wie, mit Beachtung aller obigen Regeln, die Bestimmung der Maasse der einzelnen Theile des Mühlengerüßtes aus ihrem Zweck folgt, wird sich zunächst in dem Beispiele einer von mir ausgeführten Mühle zeigen lassen, aus welchem zugleich zu ersehen ist, wie ein beschränkter Raum zweckmäßig benutzt werden kann.

V. Die zwischen Lübeck und Eutin liegende Woltersmühle war mit allen Nebengebäuden bis auf die massiven Mauern der Mühle abgebrannt. Die Entstehung dieser Feuerbrunst ist deswegen merkwürdig, da sie durch Entzündung des Halses der Welle einer nahe stehenden holländischen Windmühle veranlaßt war, weil man es versäumt hatte, die neu eingebrachte Welle gehörig mit Fett einzuschmieren.

Es mußten die stehen gebliebenen Mauern, besonders der Grund des Mühlenbettes beibehalten werden, und daher wurde die in dem Gebäude mit eingeschlossene Radstube schmaler, als sie bei einer ganz neuen Anlage hätte seyn müssen.

VI. Das Wasser dieser Mühle kömmt durch eine Aue, aus einem mit verschiedenen Zuflüssen versehenen, etwa 2000 Schritte entfernten See, und es kann von seinem höchsten bis zum niedrigsten Stande um 3 Fuß abnehmen.

Die größte Wasserhöhe bei der Mühle ist 7 Fuß,  
die kleinste also 4 "

Die Einrichtung der Mühle mußte demnach so gemacht werden, daß sie bei der kleinsten Wasserhöhe noch einen nuzbaren Effect gab.

Nach dem gebräuchlichen holsteinischen Werkmaasse  
 $= \frac{128}{144}$  Pariser, beträgt die Fallgeschwindigkeit in 1 Sec.

$$= 15,1 \text{ Par.} = 16,98 \text{ Holst.}$$

daher das Verhältniß der Geschwindigkeit nach diesen Maaßen

$$\text{Für die Druckhöhe von 7 Fuß} = \sqrt{67,95 \times 7} = 21,8$$

$$4 \text{ „} = \sqrt{67,95 \times 4} = 16,48$$

(§. 17. Anm.)

Erste Umlaufgeschwindigkeit des Rades in 1 Sec.

$$\frac{1}{4} \times 21,8 = 7,26$$

zweite

$$\frac{1}{4} \times 16,48 = 5,49$$

Gewicht von 1 Holst. Cubik-Fuß Wasser 50½ ℔.

Der Durchmesser des Rades = 18 Fuß, gab für den  
 Halbmesser bis zum Mittelpunkte des Stoßes auf  
 die Schaufeln 8' 10".

Der Umkreis des letzten war daher 55,47.

Die Steine hielten 5' im Durchmesser

der mittlere Schwungkreis im Umfange 10,46.

das Moment der Last (§. 39) war 2092 ℔.

Die Breite des Rades auswendig 3' 3"

Schaufellänge 2' 7"

Schützöffnung 3' 6"

Spielraum des Rades 6 □"

Bei 4" Dicke des Wasserstrahles die Schaufelfläche 124 □"

Durchschnitt des Wasserstrahls einschließlich des

Spielraums 130 □"

Daher Wassermengen in 1 Secunde:

Für die Wasserhöhe von 7' =  $\frac{21,8 \times 130}{144} = 19,68 \text{ C. = F.}$

$$4' = \frac{16,48 \times 130}{144} = 14,87 \text{ C. = F.}$$

Die zum Stöße gelangenden Wassermengen

$$\text{Für 7' Höhe} \frac{21,8 \times 124}{144} = 18,77 \text{ Cubik-Fuß,}$$

für 4' Höhe  $\frac{16,48 \times 124}{144} = 14,19$  Cubik-Fuß,

ihre Stoßkräfte demnach beinahe

$$18,77 \times 50\frac{1}{2} = 947\frac{3}{4} \text{ \textasciitilde}.$$

$$14,19 \times 50\frac{1}{2} = 751 \text{ \textasciitilde}.$$

Hievon für den Verlust durch Adhäsion  $\frac{1}{10}$ , bleiben  $900\frac{3}{4}$  \textasciitilde}.  
713 $\frac{11}{10}$  \textasciitilde}.

Wegen Ausweichen der Radschaufeln mit  $\frac{1}{3}$  der ganzen Geschwindigkeit bleiben — bei Uebergehung der unbedeutenden Brüche — die wirkenden Stoßkräfte  $\frac{2}{3} \cdot 900 = 600$  \textasciitilde}.  
und  $\frac{2}{3} \cdot 713 = 475\frac{1}{3}$  \textasciitilde}.

**VII.** Daher war das Moment des Rades

$$\text{für die erste Geschwindigkeit } 600 \times 7,26 = 4356 \text{ \textasciitilde}.$$

$$= = \text{zweite } = 475\frac{1}{3} \times 5,49 = 2609 \text{ \textasciitilde}.$$

$$\text{diese geben } \frac{4356}{2092} = 2\frac{4\frac{3}{4}}{5\frac{2}{3}}$$

Umläufe eines Steines in

$$\frac{2609}{2092} = 1\frac{5\frac{0\frac{7}{2}}{9\frac{2}{2}}}$$

1 Secunde,

oder 124, und 74 Umläufe in einer Minute; welche zugleich die Größe des Effects bei dem höchsten und niedrigsten Wasserstande ausdrücken, oder zeigen, daß bei hohem Wasserstande zwei Steine zugleich mit voller Wirkung mahlen können.

**VIII.** Wegen der Veränderlichkeit des Wasserstandes, wurde die Druckhöhe und das Untergefälle so getheilt, daß für die niedrigste Druckhöhe noch  $1\frac{1}{2}$  Fuß übrig blieben, und der Fachbaum also  $2\frac{1}{2}$  Fuß über dem untern Wasserspiegel lag.

Der Erfolg hat diese Berechnung vollständig gerechtfertigt, da die Effecte für jede vorhandene Wassermenge mit derselben genau übereinstimmen. Mit dieser Harmonie der Theorie und Erfahrung ist ein bisher noch ungewisses Problem gelöst, wozu aber die von mir angewandten Verbesserungen der Räder und Gerinne (§. 26. 31) und die Entfernung aller Hindernisse (vierter Abschnitt) das meiste beitragen.

Uebrigens kann bei höherem Wasser der Müller durch höheres Aufziehen der Schützen, das Moment des Rades verstärken und Beschleunigung desselben erzeugen, und von

einer größeren Wassermenge verhältnißmäßig größeren Nutzen ziehen.

**IX.** Diese Mühle hat zu abwechselndem Betriebe zwei Mahlgänge, einen Graupengang, einen Grüzgang, und eine Vorrichtung zum Buttern für einen Rindviehstand von 30 — 32 Kühen.

**X.** Da bei der größten Wasserhöhe das Rad in einer Minute  $\frac{7,26 \times 60}{55,47} = 7,85$  Umläufe macht, diese 15,78

Umläufe des Steins auf einen Umlauf des Wasserrades geben, welches für zwei zugleich mahlende Steine für jeden nahe acht Umläufe ausmacht; so mußte danach die Eintheilung des Räderwerks gemacht werden.

Das Wasserrad erhielt 54 Schaufeln,	} 4½ zöllige Theilung,
das Kammrad 80 Kämme	
der Drehling 36 Stücke	
das Stirnrad 128 Kämme	
die Mehlsiebingetriebe 36 Stücke	} 3½ zöllige Theilung.
das Graupengetriebe 18 Stücke	
das Getriebe des Grüzganges 21 Stücke	
das Getriebe des Krummzapfens zur But- tervorrichtung 24 Stücke	

**X.** In den Rissen Tab. VIII. Fig. 90, 91, 92, 93 ist deutlich vorgestellt, wie diese sämtlichen Forderungen erfüllt worden sind, und besonders ist darin die Einfachheit der Verbindung des Mühlengerüßtes, bei welchem alle schrägen Zusammenfügungen vermieden worden sind, zu bemerken.

**XI.** Nach gleichen Grundsätzen ist die Mühle Tab. IX. Fig. 94, 95, 96, 97, von fünf Gängen, nämlich 4 Mahlgängen und 1 Graupengänge zusammengesetzt. Die Verbindung der eigentlichen Mühle mit dem Wohnhause gewährt hier die nöthigen Bequemlichkeiten, und giebt die erforderlichen Räume zu der Hauswirthschaft und den Kornböden, welche auf den Kehlballen des Daches über das ganze Gebäude gehen können.

Von den Auslöfungen der Getriebe aus  
ihren Eingriffen.

§. 98.

**I.** Der gewöhnlichen Art, wie bei liegenden Vorgelegen der Drehling an der Kammradswelle aus dem Eingriffe des Stirnrades an der Wasserradswelle gerückt wird, ist schon §. 96 Erwähnung geschehen; und diese einfache Einrichtung ist in allen solchen Fällen hinreichend.

**II.** Bei stehenden Vorgelegen, die mit Obergetrieben versehen sind, wird durch Zurückziehen des Schloßbalkens, in welchem der obere cylindrische Klüverzapfen geht, das Steingetriebe aus dem Eingriffe des Stirnrades gebracht.

**III.** In allen andern Fällen, wo nur ein temporärer Gebrauch von einem Vorgelege gemacht wird, kömmt es auf Beobachtung folgender Regeln an, die noch wenig bekannt seyn müssen, da man in den Schriften über Mühlenbau davon keine Nachricht findet. Die von Belidor, Sturm und Andern gegebenen Vorschriften sind viel zu mangelhaft und gar nicht ausführbar, sie zeigen nur: daß ihren Angebern Erfindungsgabe und practische Kenntnisse gefehlt haben.

**IV.** Die Anwendung der Bunker, oder einscheibigen Getriebe, beseitiget alle Schwierigkeiten, welche bei horizontalen und senkrechten Auslöfungen irgend vorkommen können.

Bei senkrechten Auslöfungen muß der Steg, auf welchem der auszulöfende Bunker mit dem Spitzzapfen seiner Welle ruhet, sich in einer festen, nicht zu überschreitenden Lage befinden, wenn der Bunker in seinen richtigen Eingriff eingetreten ist, und dadurch nur kann der Eingriff selbst in seinem Maaße unverändert erhalten werden. Aus dem Eingriffe muß er gehoben werden, und sich außer demselben, vermittelst eines unter den Steg gesteckten Keils erhalten. Wollte man umgekehrt die Lage des Steges nach dem Eintritt in den Eingriff durch untergeschobene Keile bestimmen, so können dabei leicht Irthümer vorgehen, die einen unrichtigen Eingriff erzeugen und dadurch die Form der Kämme und Stöcke ver-

derben. Ob man sonst die Aushebungen mit einem einfachen Hebel, oder mit ordentlichen Lichtscheiden bewerkstelligen will, das hängt von der übrigen Lage ab.

Eben so müssen bei horizontalen Ausrückungen die Schloßbalken eine feste Anlage haben, damit Kämme und Stöcke nicht tiefer, als in ihre Theilrisse in einander eingreifen, oder auch hinter dieser bestimmten Grenze nicht zurückbleiben.

V. Wenn ein Bunker ein anderes actives Rad an seiner Welle hat, so wird er selbst getrieben oder er bleibt passiv, und seine Stöcke können daher rund bleiben. Vertritt er aber die Stelle eines Wechselrades, und treiben seine Stöcke das folgende Rad oder Getriebe, so wird er zugleich activ und seine Stöcke müssen, deshalb nach §. 71, 2. Aufgabe, geformt werden.

VI. Bei senkrechten Auslösungen ist es wegen des Gewichts des Steges und des auszulösenden Rades, und wegen der durch dessen Druck verursachten Reibung des untergesteckten Keils nicht zu befürchten, daß dieser zurückweichen, der Steg sich senken, und wieder in den Eingriff einfallen könnte — welches leicht den Ruin der Maschine herbeiführen möchte — allein um diese Besorgniß zu heben, brauchen die Keile an ihren spizen Enden nur mit kleinen Ansätzen versehen zu werden, welche ihr Zurückweichen sowohl bei senkrechten als horizontalen Auslösungen verhindern.

### Bemerkungen über das Einlegen der Wellzapfen.

#### §. 99.

I. Die Wellzapfen werden am häufigsten von Gußeisen verfertigt, und einige Fabriken liefern auch solche Waare, die sich durch ziemliche Zähigkeit des Eisens auszeichnet. Allein bei dem besten Gusse kann man nicht sicher seyn, daß derselbe im Innern völlig fehlerfrei sey, und daß der Zapfen im Winter, wenn das Rad mit vielem Eise belastet ist, nicht brechen

werde. Zähes Gußeisen ist aber weich und dabei porös, weshalb es leicht verschleift.

Auch die gewöhnliche Form der Zapfen aus Gußeisen, die als Blattzapfen durch den ganzen Durchmesser der Welle gehen, und auf beiden Seiten von den eisernen Bändern gehalten werden, ist dem Einlegen derselben in die Welle nicht günstig, weil dabei das Herausziehen des Zapfens keinen hinreichenden Widerstand findet, welcher — wie die Erfahrung lehrt — mit durchgesteckten eisernen Bolzen nicht einmal her- vorgebracht wird.

Geschmiedete und an ihren Walzen verstahte Zapfen sind von diesen Fehlern frei, und sie gewähren auch durch ihre Form mehr Sicherheit und Haltbarkeit für das Einlegen in das Holz der Welle; nur müssen sie genau abgedrehet, und die Endpunkte ihrer Axen bezeichnet werden, damit dem Zimmermann das richtige Maaß für ihre Einlage gegeben sey.

**II.** Für liegende Wellen ist die Form der Zapfen **Tab. XI. Fig. 112. 1. 2. 3.** die zweckmäßigste. Bei stehenden Wellen zu den unteren Spitzzapfen **Fig. 114**, zu den obern Walzenzapfen **Fig. 113**. Der Zapfen der liegenden Welle **a Fig. 112. 1.** erhält einen 2 — 3 Zolle vorspringenden Haken, der in der ganzen Dicke des Eisens umgebogen ist, und mit welchem er in das volle Holz der Welle eingelassen wird. Von der Walze nach diesem Haken hin wird der ganze Zapfen etwas verjüngt ausgeschmiedet, die Walze genau rund abgedrehet und gehärtet.

**III.** Um ihn in die Welle einzulegen, werden Nuthen **aD** und **aE**, **Fig. 112. 2. 3. A. B. H.** genau von der Länge des viereckten Theils des Zapfens so in beide Enden der Welle eingehauen, daß sie gegen einander eine rechtwinkelige Lage erhalten, und die Vertiefung, in welcher der Haken des Zapfens bei **G** eingreift, diesen fest umschliesse, auch daß die Axe des Zapfens mit der Axe der Welle in eine gerade Linie falle. Dann werden die nach dem Maaße bearbeiteten Keile **c, c'** und der Treibekeil **d** auf den Zapfen in die Nuth gelegt, die Bänder **b, b', b''** warm aufgebunden, und endlich



der Keil *d* soweit nachgetrieben, daß der Zapfen *a* fest eingeklemmt sey.

Auf ähnliche Art können auch gegossene Blattzapfen besser als sonst gewöhnlich eingelassen und befestiget werden, wenn man nach **Fig. 114** ihre Blätter schmaler, dabei aber dicker gießen läßt, und mit Keilen von einer Seite versichert.

**IV.** Bei stehenden Wellen macht man die Zapfenblätter etwas breiter als dick, legt sie auf gleiche Art in die Wellen ein, und befestiget sie gegen das Herausziehen mit durchgesteckten eisernen Bolzen, welche dazu hinreichen, weil keine so große Kraft vorhanden ist, den Zapfen zu verrücken, als bei liegenden Wellen, deren Zapfen wegen der starken Reibung auf ihren Lagern, mit Verrückung der Anwellen zurückgezogen werden können. **Fig. 114.**

**V.** Da zu stehenden Wellen häufig Föhrenholz gebraucht wird, welches nicht so hart als Eichenholz ist, so nimmt man zu dem Keile *C* **Fig. 112** gern Eichenholz, zu den andern beiden Keilen *d* und *c'* aber Föhrenholz. Auch schlägt man einen eichenen Gegenkeil *e* **Fig. 113** ein, um die Holzfasern auf dieser Seite gegen den Druck der ersten Keile zu verdichten.

**VI.** Zu den Zapfenlagern der liegenden Wellen nimmt man am besten feinkörnige, meistens Quarz enthaltende Granitsteine, oder Basaltstücke, oder in Gegenden, wo diese nicht zu haben sind, Lager von gegossenem Metall aus 9 Theilen Kupfer, 1 — 2 Theilen Zinn.

Die Spuren, in welchen die untern Spitzzapfen der stehenden Wellen gehen, sind den Spuren der Mühleneisen ganz ähnlich. **Tab. IV. Fig. 64. a. b.**

Zu den obern walzenförmigen Zapfen derselben gebraucht man aber Nüsse von Birken- oder Weißbüchenholze, die aus 2, 3 oder 4 Stücken bestehen können. **Fig. 111.** Solche Nüsse müssen etwas breiter seyn als der Durchmesser des Zapfens, und sie dürfen mit ihren abgefaseten Ecken nicht zusammenstoßen, damit sie beim Verschleifen von hinten nachgekeilt werden können.

Es gewährt keinen Nutzen, anstatt der hölzernen, metallene Nüsse zu nehmen, da die ersten sich so leicht herstellen lassen, die letzten aber, zumahl wenn sie nicht von einem Gusse sind, leicht ungleich verschleifen, und daher mehr Mühe bei ihrer Correction machen. Die Interessen des Capitals, welches zu metallenen Nüssen verwendet werden muß, kann der Müller mit wenig Arbeit bei hölzernen Nüssen selbst verdienen, und jenes Capital ersparen.

### Zusammensetzung der Windmühlen.

#### §. 100.

I. Die Zusammensetzung der Windmühlen hängt zunächst von der Benutzung oder dem Auffangen der Kraft des Windes ab, und daher ist die Bestimmung der Größe des Ruthenzugs (der Windflügel) für den vorhandenen Zweck die erste nothwendige Rücksicht. Dabei hat nun zwar die Erfahrung, in Uebereinstimmung mit der Theorie gelehrt, daß bei solchen, nach §§. 53 — 65 construirten Windflügeln, eine hinreichende Kraft erlangt werden kann; inzwischen zeigt sich bei denselben oft der Nachtheil, daß die Ruthen nicht so lange aushalten, als die sonstige Dauer des Holzes zu versprechen scheint, und daß auch ganz neue Ruthen bei starkem Winde oft abgebrochen werden. Obgleich die §. 62. II. erwähnten Bruststücke dazu schon gute Dienste leisten, so hat man doch noch auf andere Verstärkungen gedacht, die besonders in solchen Gegenden, wo man ungleichen, oder sogenannten Fallwinden ausgesetzt ist, die Windflügel besser schützen können. Man bedurfte dazu natürlich anderer Stützpunkte, an welche die Ruthen sich anlegen können, als der bloßen innern Seiten der Wellböcher, und da diese — wegen der Umdrehung der Welle hinterwärts, oder auf der Seite der Mühle nirgends zu finden waren; so verschaffte man sich dieselben durch eine Stange, welche von dem vorderen Abschnitt derselben an, eine Verlängerung bildet, an der man haltende Laue oder eiserne Stangen befestigen kann. Diese Stange wird in das Vor-

derende der Welle, nur etwa 6 Zoll tief, eingestemmt, weil sie in dem Loche selbst doch keine größere Haltung als allein für die Unverrückbarkeit ihres Fußes erhalten kann; die übrige Festigkeit wird ihr durch eiserne Winkelstützen gegeben, wie dies in der Zeichnung **Tab. XI. Fig. 107, 109** deutlich vorgestellt ist.

Auf dieselbe Art können auch bei gewöhnlichen Windflügeln die Ruthen verstärkt werden, wenn man die Wellen mit solchen Stangen versieht, von deren Ende vier eiserne Stangen unter Winkeln von 30 bis 45° gegen die Ruthen gehen, und diesen mehr Steifigkeit verschaffen.

So habe ich auch in Gegenden, wo großes Holz sehr kostbar war, um die liegende Welle nicht zu schwächen, und um zu den Ruthen kürzere Stücke gebrauchen zu können, die Wellen mit den gewöhnlichen Ruthen umfaßt, und diesen durch solche eiserne Winkelstangen die erforderliche Haltung gegeben.

**II.** Die Handhabung der Segel bei der Schifffahrt, besonders das Anspannen derselben, wenn man das Schiff zum Laviren hart an den Wind legt, mußte der Ähnlichkeit wegen, bald den Gedanken erzeugen, auf diese Art dem Winde eine größere Fläche entgegen zu stellen, ohne den Ruthen eine übermäßige Länge geben zu dürfen, und mit der Anwendung dieser Erfindung ist der, von Vielen ausgesprochene Wunsch, den Flügeln mehr Breite geben zu können, wirklich erfüllt worden. In der Erklärung der Kupfer ist darüber das Nothige gesagt worden. Hier bemerke ich nur, daß das viele dazu erforderliche Eisenwerk die Ausführung dieser Art ziemlich kostbar macht.

**III.** Welche Art von Windmühlensflügeln man nun auch erwählen mag, so hängt die Form des Mühlenthurms und seiner Kappe von der schrägen Lage derselben, und der der liegenden Welle ab; auch kommt dabei der Abstand der Flügel von dem Halsbalken in Betrachtung, damit die Segel an den Ecken der Kappenbedeckung nicht anstoßen.

Man erhöhet die liegende Welle über die horizontale Lage nicht gern über 10, höchstens bis 12 Grad, weil bei größeren Winkeln zuviel Unbequemlichkeit für den Eingriff des Kammrades in das Krongetriebe, und auch eine Verminderung der Kraft der Passe entstehen. Die Zusammenziehung des Thurms der Mühle in dem Halbmesser seiner Kappe, gegen den Halbmesser seines untern horizontalen Durchschnitts steht also in dem Verhältniß seiner Höhe  $h$  zu dem Sinus des Winkels von 10 oder 12°, oder wie  $r : \sin.$  derselben Winkel. Daher wenn  $\rho$  der nothwendige Halbmesser der Kappe,  $R$  der Halbmesser des untern Durchschnitts heißt; so ist

$$\rho : R = \cos. 10^\circ : r.$$

Also giebt auch die für eine angenommene Ruthenlänge erforderliche Höhe  $h$ , für den Halbmesser  $R = \rho + \sin. 10^\circ$ , wo  $h = \cos. 10^\circ$  ist.

Die holländischen Meister, besonders van Zyl, haben uns nach bloßen Erfahrungen von den Thürmen der Windmühlen sehr zweckmäßige Formen gegeben, deren Construction aber viel Aufmerksamkeit erfordert, weil bei keinem Theile der Zimmerkunst solche Schiftungen und Projectionen vorkommen, als bei diesen Mühlen. Daß die holländischen Windmühlen in vielen Gegenden noch so unbekannt sind, liegt außer dem Mahlzwanze an dem Mangel verständiger Bauleute, denn an Winde fehlt es nicht.

IV. Die schlanke Form der Mühlenthürme ist für das Ausweichen des Windes hinter den Flügeln am vortheilhaftesten, doch kann man dieselbe auch nicht auf Kosten des Stirnrades oder mit Verkleinerung desselben und der Steingetriebe, oder durch Einschränkung des Durchmessers des Mahlbodens erreichen, ohne dem ganzen Effecte der Mühle zu schaden. Hierbei stehen daher die Verhältnißzahlen eben so fest, wie bei den Maassen der einzelnen Theile an den Wassermühlen, und es gehen die Regeln der Zusammensetzung von den unabhängigen Größen derselben, nach Beschaffenheit des Materials aus. Sind diese dem Zwecke nach bestimmt, so bleibt in Hinsicht des übrigen Baues nur wenig zu bemerken übrig. Es ist aber gewiß: daß wenn man aus Neuerungsſucht, oder

wohl gar nach einem sogenannten ästhetischen Gefühle eine andere Form, mit Vernachlässigung einer der angedeuteten Rücksichten anbringen wollte, nur elende Werke entstehen können. Doch davor wird die Mühlenbaukunst wohl bewahrt bleiben, da unsere gemüthvollen Architekten die Nase davon lassen müssen.

V. Aus diesen Gründen ist die Wahl von steinernen Mühlenthürmen nicht rathsam, da bei denselben entweder der innere Raum beengt, oder das Ausweichen des Windes an dem dickern Thurme verhindert wird.

VI. Werden diese Rücksichten nicht gehörig beachtet, so entstehen solche Angaben, wie man in mehreren deutschen Mühlenbüchern und Handbüchern der Technologie findet, deren Ausführung rein unmöglich ist.

§. 101.

Die nächste Rücksicht betrifft die Lage der Mühle gegen den Wind; ob der Grund der Mühle an sich schon so erhaben, und von hindernden Gegenständen frei liegt, daß der Wind von allen Seiten Zugang hat, oder ob man den Thurm der Mühle über dergleichen Hindernisse erheben muß?

I. Wo eine Anhöhe im freien Felde eine Lage der ersten Art darbietet, wird man am besten eine sogenannte Kellermühle anlegen, indem man das unterste Stockwerk dergestalt in seiner Höhe theilt, daß man mit einigen Stufen nach dem Mahlboden aufsteigt, und auch mit wenigen Stufen nach der Mühlenflur hinabgehen kann. Diese Art gewährt für gewöhnliche Mahlmühlen die meisten Bequemlichkeiten, und ist zugleich die wohlfeilste. **Tab. X. Fig. 98 bis 103** zeigt die Einrichtung derselben in allen ihren Theilen.

Es ist dabei noch der Vortheil, daß die aus dem Keller ausgegrabene Erde rund um die Grundmauer vertheilt, den Fuß der Mühle noch etwas über die Oberfläche erhebt. In ganz ebenen Gegenden, wo zwar der Wind kein Hinderniß findet, wo man aber bei Versenkung des Kellers Grundwasser, oder wenigstens dem Holzwerke schädliche Feuchtigkeit zu be-

sorgen haben dürfte; kann der Kellergrund in der Höhe der alten Erdoberfläche genommen und um die Grundmauer die nöthige Erde angefüllt werden, welche in jedem Falle aus einem um den Mühlenplatz anzulegenden Graben erfolgen möchte.

**II.** In Lagen, wo Waldungen, Gebäude, oder auch einzelne Bäume den Wind auf einer oder der andern Seite abhalten, muß man die Mühlenthürme durch Untersätze über diese Hindernisse erheben. Dieß kann in den meisten Fällen, größerer Dauer wegen, durch massive Unterbaue geschehen, und da man dieselben nach Belieben erweitern kann, so lassen sich auch die Wohnungen der Müller darin anlegen. Man hat Windmühlen, um die erforderliche Freiheit zu gewinnen, auf Unterbauen von mehreren Stockwerken über einander errichtet, und dabei gereicht es zu einer großen Bequemlichkeit, wenn das untere Stockwerk mit einer Durchfahrt versehen ist, damit die Getraidesäcke sogleich von der Winde vermittelt des an der stehenden Welle befindlichen Leierrades (Loyeryrad) aufgezogen werden können, ohne daß die Säcke erst von den Wagen abgehoben zu werden brauchen.

**III.** Solchen Einschränkungen in den äußern Umständen der Lage einer Windmühle, weicht man aber gern aus, wenn sie nicht mit andern wichtigen Vortheilen verknüpft sind; sie dürfen wenigstens die dynamischen Verhältnisse auf keine Weise beeinträchtigen, oder der Mühle als Maschine irgendwo hinderlich seyn.

§. 102.

**I.** Bei den allgemein anerkannten Vorzügen der holländischen Windmühlen vor den deutschen Bockmühlen, kann ich mich um so weniger entschließen, über den schlechten Mechanismus derselben Worte zu verlieren, da diese aller Orten durch kleine holländische, besonders die vorhin genannten Kellermühlen, mit unbedeutender Kostenvermehrung, zum Vortheile ihrer Besitzer, ersetzt werden können.

**II.** Der Vorzug holländischer Mühlen besteht in der Einrichtung ihrer Kappen, welche eben die Erreichung der andern vortheilhaften Anlagen möglich macht.

**III.** Die liegende Welle ruht hauptsächlich mit ihrem runden Halse auf dem Halsbalken, auf welchem ein Lager von einer harten Steinart, Granit, Porphyr, Basalt oder dergl., oder von Metall befestiget ist, indem sie beim Umdrehen sich seitwärts gegen den einen Ständer anlehnt. Der etwa 18—20 Zoll lange rund bearbeitete Hals hat eingelassene eiserne verstahlte Schienen (Fleten), die mit eisernen Schraubensäubern an beiden Enden befestiget sind, und bei  $1\frac{1}{2}$  zölliger Stärke so in das Holz eingelassen werden, daß die zwischen zwei Fleten stehenden hölzernen Stege wenigstens  $1\frac{1}{2}$  Breiten derselben behalten. Es wird häufig der Fehler gemacht, daß die Fleten breiter werden, als die hölzernen Stege, alsdann können jene sich nicht fest erhalten, der ganze Hals hält die Schmiere nicht an, wird leichter trocken, die Reibung vermehrt sich, und er kann dadurch bei schneller Bewegung sich leicht entzünden.

An dem hintern Ende der Welle haben die ältern holländischen Meister ähnliche Fleten angebracht; weil aber daselbst das Gewicht der Welle viel kleiner als im Halse ist, und dadurch nur die Reibung unnützerweise vermehrt wird, so ist es besser, hinten einen gewöhnlichen eisernen conischen Sapfen anzubringen, der sich gegen eine verstahlte Stoßplatte stützt, um das Zurückweichen der Welle zu verhindern.

Sowohl der Halsbalken als das hintere Lager der Welle ruhen auf den Fughölzern, zwei starken etwas gekrümmten Balken, welche die eigentliche Grundlage der ganzen Kappe bilden, und deren Krümmung nöthig ist, damit das Kammmrad hinlänglichen Raum zwischen ihnen erhalte.

**IV.** Diese Fughölzer ruhen auf dem Oerringe der Kappe, und zwischen ihnen sind der Schloßbalken und der Vorderriegel, in welchem ein Stichbalken zu Unterstützung des Halsbalkens eingelassen ist, eingezapft. Auf denselben aber sind die beiden Spreite aufgekämmt, welche nebst dem Steerte

balken mit seinen Scharen, zum Herumdrehen der Kappe dienen. Man benutz auch wohl das lange Spreit zugleich zum Schloßbalken, wodurch auch die Schaaren verkürzt werden. Die verschiedenen Erfindungen, welche man in Vorschlag und Ausübung gebracht hat, um die Kappen durch Windräder herumzudrehen, sind nicht zu empfehlen, da der Steertbalken zum Gegengewicht gegen die Windflügel dient, und ungeachtet größeren Gewichts der gleichförmige Druck zu Erhaltung der Maschine besser ist, als ungleicher Druck bei wenigerem Gewichte.

Ferner sind an den Fughölzern die Rosthölzer, welche die Sparren der Kappe tragen, mit ihrem sie einfassenden Ringe befestiget und zugleich in dem Oberringe eingekämmet.

Zu leichter Bewegung der Kappen gebrauchten die ältern Meister Rollen, die nach dem Mittelpunkte der horizontalen Grundfläche conisch geformt, und in einem Ringe eingefast waren. Nachher fand man, daß die Kappe sich recht gut drehen ließe, wenn auf dem, an den Ständern des Thurms befestigten Ringe, (*Vloer, boven Tafelment*) auf welchen die Rollen herumliefen, an deren Stelle Klöße von hartem Holze (*Schmierklöße*) befestigt wurden, wobei die Bewegung zwischen der abgerundeten Oberfläche dieser Klöße, und der Unterfläche des Oberrings geschah. Aber auch diese Art ist beträchtlich verbessert worden, da man jetzt diese Schmierklöße halbzirkelförmig abrundet, und sie mit ihrer geraden Seite an dem Oberringe befestiget, wonach die Bewegung nun zwischen der Unterfläche derselben, und der Oberfläche des Flurrings liegt. Dieß hat den Nutzen, daß die Schmiere sich immer erhält, und nicht wie vorhin von den Oberflächen der Klöße ablaufen kann.

Uebrigens hängt die ganze Verbindung der Kappe von dem Mittelpunkte ihrer Grundfläche ab, in welchem sich auch der obere Zapfen der stehenden Welle befinden muß, wie dieses die Zeichnungen *Tab. X. Fig. 98 — 105* in Grundrissen und Profilen deutlich zeigen. Noch hat man dahin zu sehen, daß die Bedeckung der Kappe so wenig Raum wie möglich



einnehme, und dem abfallenden Winde wenig Hindernisse entgegen setze. Dazu sind also Schindelbedeckungen besser, als die sonst gewöhnlichen Bedeckungen mit aufgenähetem Rohre.

V. Zu den Grundflächen der Thürme wählt man am besten reguläre Achtecke, weil dabei der rechtwinkelige Durchschnit und Verband der Balkenlagen die größte Stärke giebt, und ein hinlänglicher Raum eingeschlossen wird. Vielecke von mehreren Seiten würden nur wenig mehr nutzbaren Raum geben, dagegen dem Abfalle des Windes von den Seiten des Thurms weniger Freiheit gestatten. Weniger Seiten, z. B. Sechsecke, erlauben keinen so festen Verband, fassen weniger Raum, und verursachen, wenn die Flügel grade gegen die Seiten gerichtet sind, starken Segelschlag.

Auch für die Bedeckung der äußeren Thurmwände ist der Ueberstand des kreisförmigen Umfangs der Kappenringe über die Seiten des Thurms geringer bei dem Achteck, als bei einem Sechsecke, und bedarf bei dem ersten keiner so breiten Ueberdachung. (§. 100. V.) Runde massive Thürme geben, wegen der Mauerdicken, inwendig zu wenig Raum.

§. 103.

I. Aus den gegebenen Zeichnungen **Tab. X.** ist zu ersehen, wie die genannten Rücksichten zu erfüllen, und in ihre Verhältnisse und Maassen zu bringen sind. Eine nähere wörtliche Anweisung würde überflüssig seyn, da ein Jeder, der sich mit Angabe und Ausführung solcher Mühlen abgeben will, selbst Hand an das Werk legen, in Grund-, Auf- und Profilkrißen seine Idee auftragen, und deren Uebereinstimmung unter einander, und mit obigen Erinnerungen zu erreichen suchen muß.

II. In den gewöhnlichsten Fällen wird eine solche Mühle wie **Tab. X. Fig. 98 — 103** für die Bedürfnisse eines Orts hinreichen, wenn 2 Mahlgänge und ein Graupengang, oder 1 Mahlgang und 2 Graupengänge in derselben befindlich sind; und, obgleich der Raum zu einem vierten Gange vorhanden ist, so reservirt man jenen doch gern, um mehr Platz

für das Getraide zu behalten, welches sich in den Seiten, wo der Wind nicht wehet, oft sehr anhäuft.

Wäre aber eine Mühle für einen starken Absatz ihrer Produkte durch den Handel anzulegen; so können auch zwei Mahlböden über einander gemacht werden, auf deren einem die Mahlgänge, auf dem andern die Graupengänge lägen, und wo die Steine auf dem untern Boden durch längere Klüverwellen bewegt werden; welches immer besser ist, als durch einen größern Durchmesser des Mehlbodens mehr Raum gewinnen zu wollen, da man dadurch die Form des Mühlenthurms verdirbt.

**III.** Bei den Loyrie- (Leier-) Rade, welches an der stehenden Welle einen Bunker hat, und an welchem ein Kammrad sich auf seinem Lager in den Eingriff des ersten erheben, oder aus demselben senken läßt, hat man in neuerer Zeit die sehr gute Veränderung angebracht, anstatt des Bunkers eine mit weichem Holze (Pappeln, Erlen u. dergl.) besetzte Scheibe zu machen, und statt des Rades eine andere Scheibe von Eichenholz, welche auf ihrem Umfange durch flache Sägeneinschnitte rauh gemacht ist, gegen die erste gehen zu lassen. Indem nun bei Erhebung dieses Rades auf seinem Lager, dessen Umkreis gegen die untere Fläche der Scheibe an der stehenden Welle angedrückt wird; so ist die zwischen beiden entstehende Reibung nicht allein stark genug, um das Rad herumzudrehen und schwere Säcke aufzuwinden, sondern man kann auch damit die Säcke herablassen, (welches bei der alten Einrichtung nicht möglich ist), indem die Beschleunigung des Falles mit einem geringen Druck an die erste Scheibe, vermittelst des Hebetaues, verzögert werden kann, und die herabzulassenden Sachen ganz langsam herabsinken.

Ueber den Effect der Getraide-Mahlmühlen  
im Allgemeinen.

§. 104.

**I.** Es finden sich nirgends genaue Angaben über die Wirkung der Mühlen, oder die von denselben producirten

Mengen des Mehles, verglichen mit der, auf die Bewegung der Mühle in einer gewissen Zeit verwendeten Kraft.

Belidor giebt zwar eine Untersuchung des Effectes einer Mühle zu La Fere die so wie sie war, in 24 Stunden 120 Septiers Getraide à 75  $\text{L}$  mahlte, die aber nach Belidors Berechnung, bei völlig richtigem Gange, 136 $\frac{1}{2}$  Septiers hätte liefern müssen.

Ein Septier ist nahe  $\frac{1}{4}$  Rendsburger Tonne, wovon 1 Tonne Roggen 210  $\text{L}$  im Durchschnitt wiegt.

**II.** Der kleinste Effect einer einfachen unterschlächtigen Mühle, welche 12 Cubik=Fuß Wasser in 1 Secunde verbraucht, ist, nach bestimmten Erfahrungen, 3 Tonnen in einer Stunde, also 72 Tonnen oder 216 Septiers in 24 Stunden, also 79 $\frac{1}{2}$  Septiers mehr, als Belidor verlangt.

Da nun jene Mühle eben so große Steine hatte, als ich annehme, und es auch nicht zu bezweifeln ist, daß Belidor's Untersuchungen mit der erforderlichen Genauigkeit angestellt worden sind, er auch zu dem vorigen Effecte über 37 Cubik=Fuß Wasser in 1 Secunde verbraucht; so ist nur die schlechte Einrichtung der Mühle die Ursache der Kraftverschwendung, welche durch schiefen Stoß auf die Radschaufeln, und mit der unrichtigen Form und Eintheilung der Strahlwerke, so viel — (über  $\frac{2}{3}$ ) von der vorhandenen Kraft neutralisirte.

Wahrscheinlich aber hatte Belidor sich darin geirret, daß er die Zusammenziehung des Wasserstrahles nicht berücksichtigte, und die gestoßene Fläche der Schaufel viel zu groß annahm.

**III.** Daß durch schiefen Stoß auf die Schaufeln die Kraft des Wassers unter ihre Hälfte vermindert werden kann, und daß schlechte Strahlwerke diesen Rest der Kraft noch einmal bis auf die Hälfte der sonst möglichen Wirkung herabzusetzen fähig sind, oder daß oft eine vorhandene Kraft so schlecht benutzt wird, daß sie nur den vierten Theil ihres Effectes leistet, wissen alle guten Müller, eben sowohl, als daß bei hinreichender Kraft — die man bisher nur bei Windmühlen gehabt hat — man in einer Stunde, ohne Nachtheil für

die Mühle und das Mehl 12 Tonnen, oder 864 Septiers in 24 Stunden mahlen kann.

IV. Ein solcher Effect läßt sich bei unterschlächtigen Wasserrädern mit stehenden Vorgelegen, bei dem Gebrauch eines einzelnen Steines herausbringen, wenn man mit übersflüssigem Wasser den Factor des Gewichts soweit vergrößern kann, daß eine Beschleunigung erzeugt wird. Doch ist dies nur an solchen Mühlen wie **Tab. VIII.** und **IX.** mit Nutzen zu erlangen.

## Erklärung der Zeichnungen.

### Tab. I. Fig. 1 bis 21.

- Fig. 1, 2. Hydrostatische Geseke . . . . . §. 17, 18, 19.  
- 3. Eigenschaft der Parabel . . . . . §. 19. II.  
- 4, 5, 6. Construction der Parabel . . . . . §. 19. III.  
- 7. Flächeninhalt derselben . . . . . §. 19. IV.  
- 8. a und b. Ausfließen des Wassers aus Oeffnungen  
in einem Gefäße . . . . . §. 20, 21, 22.  
- 9. Parabeln des freien Falles der Wasserstrahlen §. 22. III. u. IV. 23.  
- 10. Fall der Körper in Kreisbogen und deren Sehnen §. 26. III.  
- 11. Uebergang des frei fallenden Wasserstrahles aus  
der Parabel in die Cycloide . . . . . §. 26. V. VI.  
Bereinigung der Parabel mit der Cycloide . . . . §. 26. VII.  
- 12, 13. Verhältnisse des schiefen Stoßes . . . . . §. 30.  
- 14. a. Eigenschaft der Cycloide . . . . . §. 31.  
- 14. b. Geschwindigkeit des stießenden Wassers . . . §. 31.  
- 14. c. d. e. f. g. Verhalten der Ströme . . . . . §. 32.  
- 15. Construction der unterschlächtigen Wasserräder . . §. 33.  
- 16, 17. Einlochen der Radarme in die Wellen . . . §. 33.  
- 18, 19, 20. <sup>a</sup>. Räder mit cycloidischen Schaufeln, und  
ihre Lage gegen die parabolisch-cycloidischen Kröpfe . . §. 33.  
- 20. <sup>b</sup>. Verbesserung der Staberräder . . . . . §. 45.  
- 21. Räder mit umfassenden Armen . . . . . §. 43, 46.

Tab. II. Fig. 22 bis 40.

- Fig. 22. Zeichnung der Cycloide . . . . . §. 46.
- 23. Das überschlächtige Rad . . . . . §. 48.
- 24. Verhältniß der Kraft des Windes im Stosse gegen eine Fläche; seitwärts treibende Kraft desselben; Größe des Widerstandes der Luft . . . . . §. 56.
- 25. Modelbret zu Bestimmung der Richtungen der Sprossen an den Windflügeln . . . . . §. 57. III.
- 26. Schobers Vorschrift zu Bestimmung derselben Schrägen . . . . . §. 58. I.
- 27. Verbesserung dieser Angabe . . . . . §. 58. II.
- 28. Horizontaler Durchschnitt eines Windflügels.
- 29. Das mittelschlächtige Rad . . . . . §. 52.
- 30. Ansicht eines Windflügels von der Seite des Windbrets . . . . . §. 63, 64.
- 31. Ansicht der Hinterseite eines Windflügels.
- 32. Ansicht der Vorderseite.
- 33. Ansicht der Seite der Heckscheiden.
- 34, 35, 36. Anschiffung der Windruthen mit Bruststücken . . . . . §. 62.
- 37, 38. Bohren der Löcher für die Heckscheiden . . §. 64. II.
- 39. Abwicklung der Epicycloide . . . . . §. 67. II.
- 40. Abwicklung der Hypocycloiden . . . . . §. 67.

Tab. III. Fig. 41 bis 52.

- Fig. 41, 42. Eigenschaften der Epicycloiden . . . . . §. 68.
- 43. Eingriffe der nach Epicycloiden geformten Kämme und Stöcke an activen und passiven Rädern und Getrieben . . . . . §. 69.
- 44. Zeichnung der Abwälzung an den Kämmen in Kamm- und Kronrädern . . . . . §. 70.
- 45, 46, 47. Desgl. . . . . §. 71.
- 48, 49. Verwandlung der cycloidschen Abwälzung der Kämme in den Kammrädern durch conische Getriebe . . §. 72.
- 50. Kegelförmiges Getriebe gegen die schräge Lage der Kammräder in Windmühlen . . . . . §. 71.
- 51<sup>a</sup>, 51<sup>b</sup>. Veränderung der Kreisbewegung in geradlinigte durch gezähnte Stangen.
- 52. Desgl. durch Hebedaunen.

Tab. IV. Fig. 53 bis 66.

- Fig. 53, Aeltere Arten die Flächen der Mühlsteine zu behauen §. 77. IV.  
- 54. Zeichnung der logarithmischen Spirallinie . §. 77. V. — 82.  
- 55. Lage der Bodensteine.  
- 56. a. Grundriß. b. Durchschnitt eines behauenen Laufersteins. c. und d. Profile der eingehauenen Strahlen.  
- 57. a. a'. b. c. Deutsche Hauen.  
- 58. Hauen von andern Formen.  
- 59, 60. Holländische Röhne.  
- 61. Röhne mit 3 Klauen.  
- 62. Klüvereisen zu einem Röhne mit 4 Klauen.  
- 63. Dergl. mit 2 Behen, zu einem Klüver mit 4 Klauen.  
- 64. a. b. c. Mühleisen (Spindeln, Spillen) mit ihren Pfannen und Spuren . . . . . §. 84.  
- 65. Umkleidung des Halses am Mühleisen und Verteilung desselben in dem Loche des Bodensteines . . §. 84. IX.  
- 66. a. Aufbringen des Laufersteins auf den Bodenstein durch Walzen.  
- 66. b. Aufheben des Steins.  
- 66. c. Stürzblock.  
- 66. d. Unterlage der Hebestange oder Brechholz.  
- 66. e. Steckteil.

Tab. V. Fig. 67 bis 78.

- Fig. 67. Vorrichtung der Triebbank (des Steges) zum Hin- und Herkeilen . . . . . §. 84. X.  
- 68. Lichtwerk.  
- 69. m. Steineinfassung. n. Schubleiter. o. Schuß.  
q. Kumpf.  
- 70. Zugband zum Zusammenhalten gesprungener Steine.  
- 71. Der Stockhammer.  
- 72. Die krause Piffe.  
- 73. Beuteltiste mit rundem Beutel und horizontaler Bewegung.  
- 74. Bierschlägiges Getriebe zu Bewegung der Beutelschüre.  
- 75. Beuteltiste mit breitem Beuteltuche und hebender Bewegung.  
- 76. Walzenbeutel mit Kiste und Triebwerke.

- Fig. 77. Staubmühle . . . . . §. 90.  
- 78. Grundrisse und Durchschnitte eines Graupensteins  
und seiner Windfedern . . . . . §. 91.

**Tab. VI. Fig. 79 bis 84.**

- Fig. 79. Durchschnitt eines Graupenganges mit durchgehenden Mühleisen . . . . . §. 91. X.  
- 80. Grundriß eines Graupenganges.  
- 81. Durchschnitt desselben.  
- 82. Grundriß einer einfachen oberflächigen Mühle.  
- 83. Durchschnitt derselben nach der Breite.  
- 84. Durchschnitt derselben nach der Länge . . . . . §. 93.

**Tab. VII. Fig. 85 bis 89.**

- Fig. 85. Grundriß einer einfachen unterschlächtigen Mühle.  
a. Mählendiele. b. Hausdiele. c. Wohnstube. d. Schlafstube. e. Küche. f. Gesindestube. g. Vorrathskammer.  
- 86. Durchschnitt der Mühle nach der Länge . . . . . §. 94.  
- 87. a. Grundriß einer unterschlächtigen Mühle mit liegenden Vorgelegen.  
- 87. b. Durchschnitt derselben nach der Breite.  
- 88. Armen der unterschlächtigen Wasserräder, welche durch Sangen a. zusammengehalten werden.  
- 89. Einrichtung eines Freischuges, woran durch Befestigung der Windketten in der Mitte der Schußbretter diese höher aufgezogen werden können, ohne daß man hoher Griesäulen bedarf.

**Tab. VIII. Fig. 90 bis 93.**

- Fig. 90. Grundriß der Woltersmühle zwischen Eutin und Lübeck.  
a. Mählendiele. b. Hausdiele. c. Wohnstube. d. Fremdenstube. e. Küche. f. h. Schlafstuben. g. Gesindestube. i. Treppe zum Keller.  
- 91. Durchschnitt nach der Länge.  
- 92. Durchschnitt der Radstube in der Breite.  
- 93. Durchschnitt der Mählendiele.

**Tab. IX. Fig. 94 bis 97.**

- Fig. 94. Grundriß von dem Erdgeschoße einer unterschlächtigen Mühle von 5 Gängen mit stehenden Vorgelegen.  
a. Mählendiele. b. Hausdiele. c. Wohnstube. d. Schlafkammer. e. Küche. f. Speisekammer.



Fig. 95. Grundriß des zweiten Geschosses.

g. Mahlboden. h. Kornkammer. i. Vorplatz. k. Stube.  
l. Kammer.

- 96. Aufriß der Hälfte des Gebäudes, und Durchschnitt der Mühle nach der Länge.
- 97. Durchschnitt derselben nach der Breite.

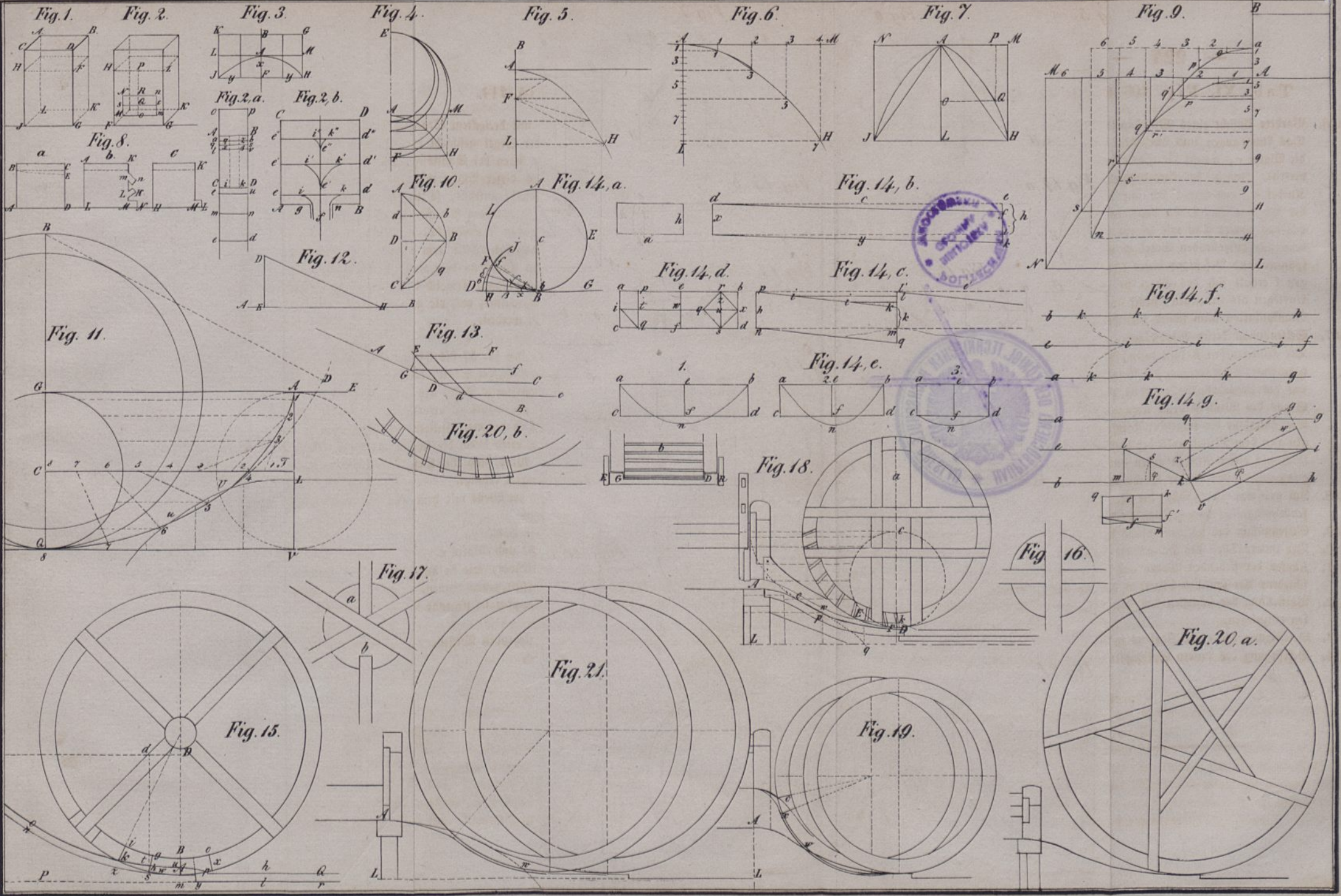
Tab. X. Fig. 98 bis 105.

Fig. 98. Grundriß einer Windmühle mit Keller.

- 99. Grundlage der untern Schwellen und Hauptständer (Orth = Ruthen) aa. bb. Die untern Hauptverband = Balken. cc. Die obern Hauptverband = Balken.
- 100. Grundriß der Kappe.  
d. Außenring. e. Oerring, auf welchem die Rosthölzer f und die Fughölzer g eingekammt und mit Schraubenbolzen befestiget sind. h. Schloßbalken. i. Hintere Anwelle, in welcher der Zapfen der liegenden Welle geht. k. Langes Sprunt. l. Kurzes Sprunt, an welchen die Scharen, durch welche mit dem Steertbalken die Kappe gedrehet wird, mit Bolzen festgeschroben sind. m. Halsbalken. n. Vorderriegel. o. Stichtbalken, der wie die Fughölzer auf dem Oerringe eingekammt ist, und den Halsbalken in der Mitte unterstützt.
- 101. Durchschnitt der Windmühle.  
aa. Hauptständer (Orthruthen). b. Untere Balkenlagen. c. Obere Balkenlagen. d. Außen = oder Kappenring. e. Oerring. g. Fugholz. h. Schloßbalken. i. Hintere Anwelle der liegenden Welle mit ihrem Stoßzapfen = Lager. k. Langes Sprunt. l. Kurzes Sprunt. m. Halsbalken. n. Vorderriegel. o. Stichtbalken. p. Ober = Tafelment. q. Liegende Welle. r. Kammrad. s. Krongetriebe. t. Stehende Welle. u. Stirnrad. vv. Klüver und Getriebe der beiden Mahlgänge. w. Klüver des Graupenganges. x. Steertbalken. y. Langes Schar. z. Winde. tz. Passe.
- 102. Verbindung mit Kreuzbändern zwischen den Orthruthen.
- 103. Die Passe (Bremse) mit ihrem Eisenbeschlage.  
r. Das Kammrad. e. Kranz der Passe. gg. Durchschnitt der Fughölzer. tz. Durchschnitt des Paßbalkens.
- 104. Grundriß einer Windmühle mit 2 Mahl = und 2 Graupen = gängen, mit erhöhtem Umgange (Galerie. Swigtstellung.)
- 105. Durchschnitt der ganzen Mühle.

Tab. XI. Fig. 106 bis 114.

- Fig. 106.** Bordere Ansicht eines Windflügels mit dreiecktem Segel. Das Ausspannen und Einziehen der Segel geschieht durch die Walze c, welche die Stelle der Raen bei Schiffssegeln vertritt. Indem bei dem Umdrehen dieser Walze mit der Kurbel e, das Segel sich auf dieselbe aufrollt, so windet sich das Tau i von derselben in gleichem Maaße ab, wie das untere Tau mit seinem Kloben h nachgiebt, und dem sich aufrollenden Segel d nachfolgt. Mit dem Ausspannen und Befestigen dieses letzten Tauen an dem Knaggen f erhält sich das Segel in jeder Lage, sowohl beim Auslegen als Einziehen, straff ausgespannt, und die ganze Manipulation kann schnell verrichtet werden.
- 107. Seitenansicht dieser Windflügel. Die Hinterruthen k bestimmen, in den §§. 57 bis 64 angegebenen Verhältnissen, die Windschiefe der Segel, da sie auf der liegenden Welle soweit zurückgesetzt sind, als der Sinus des Winkels beim Anfange der Segel es erfordert. Die Zunahme der folgenden Winkel in weiteren Entfernungen von dem Mittelpunkte der Welle, wird durch die schräge Richtung dieser Ruthen gegen den Wind, und ihre Befestigung mit Tauen an der Vorderstange l erlangt.
- 108. Im größeren Maaßstabe; der Kopf der Welle mit dem Eisenbeschlage der umfassenden Ruthen.
- 109. Seitenansicht des vordern Theils der Welle.
- 110. Der untere Theil der Hauptruthe h. und Walze c.
- 111. Zapfen der stehenden Wellen und Klüver, wie sie auf verschiedene Art zwischen hölzernen Nüssen gehen können.
- 112. Vorstellung der sichersten Art, die Zapfen in liegende Wellen einzulegen.
- 113. Befestigung des obern Zapfens in stehenden Wellen.
- 114. Befestigung des untern Spitzzapfens.



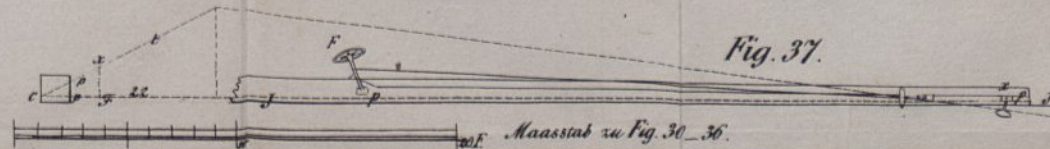
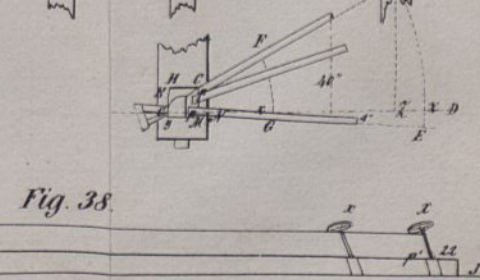
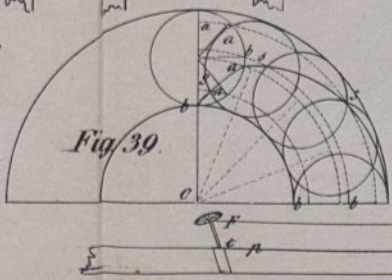
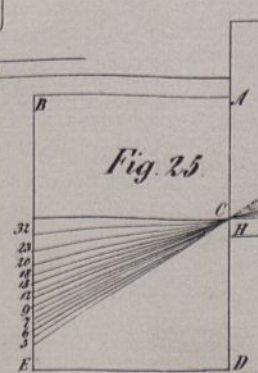
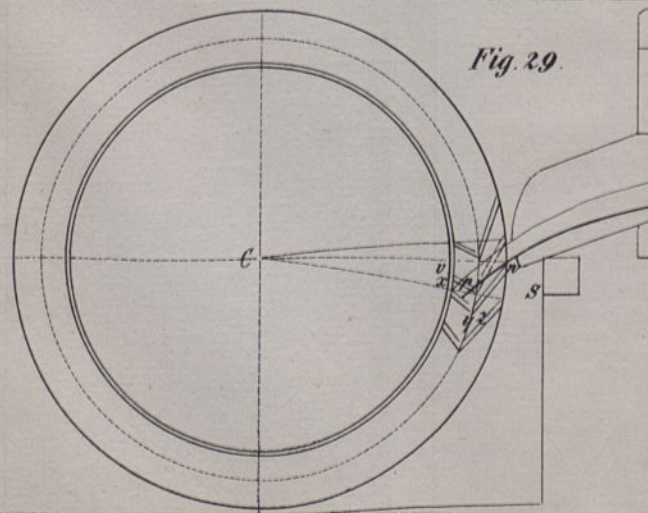
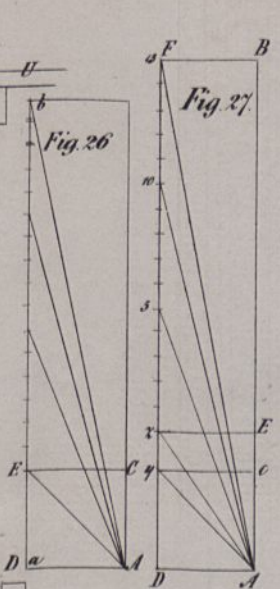
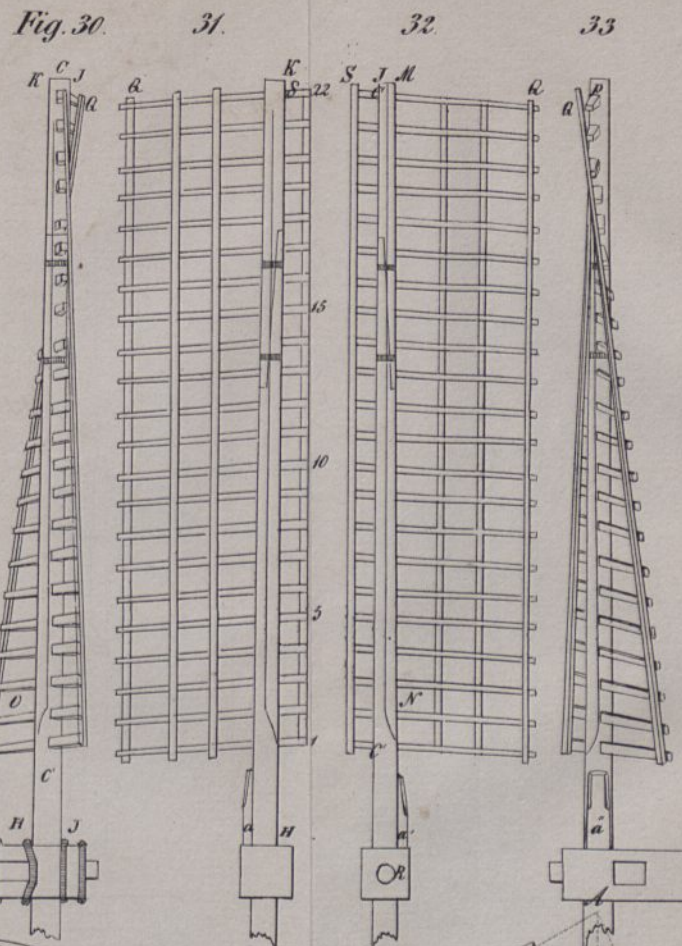
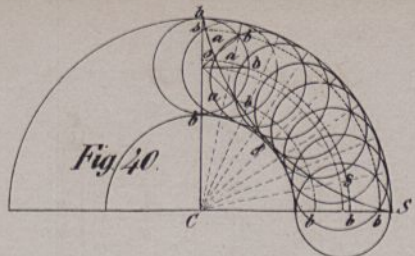
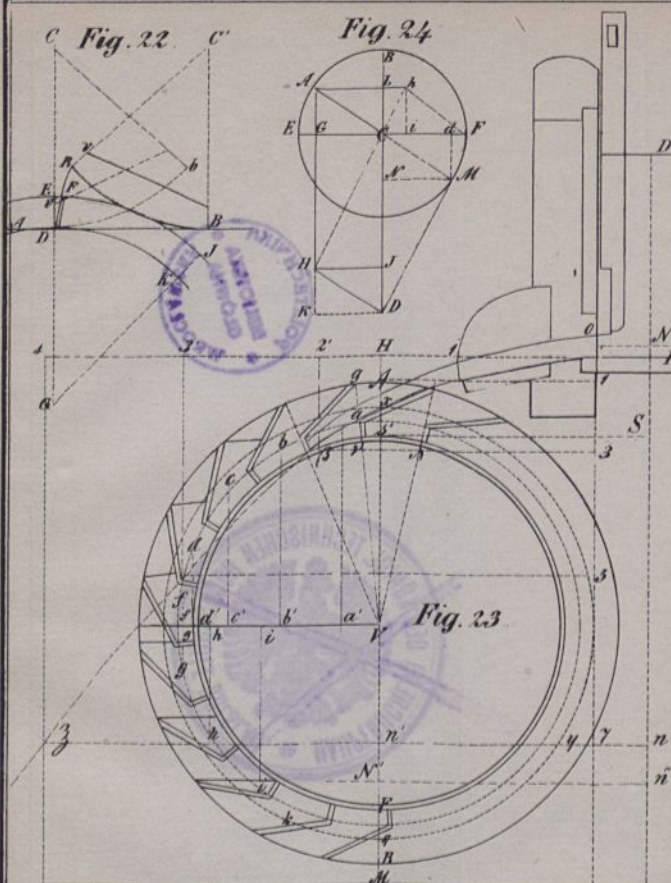


Fig. 41

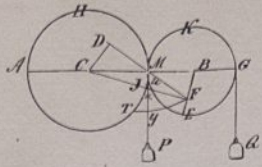


Fig. 42

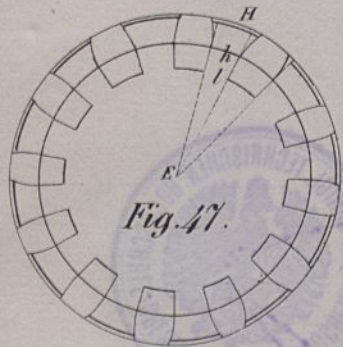


Fig. 47.

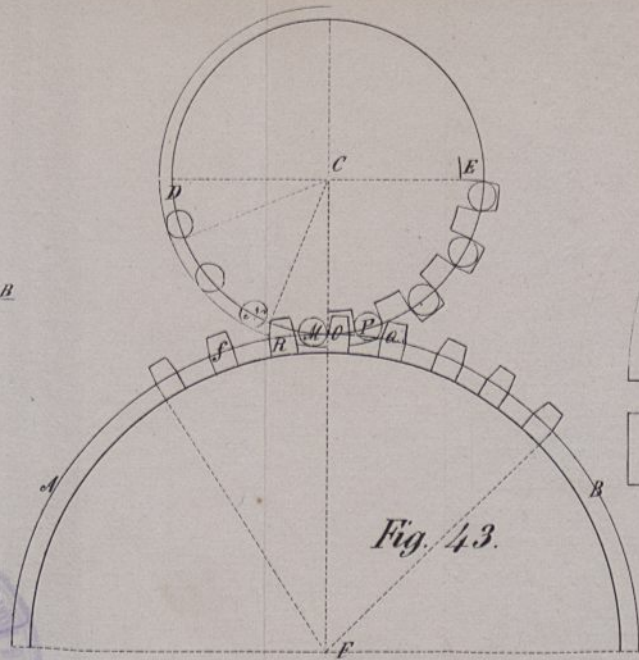


Fig. 43.

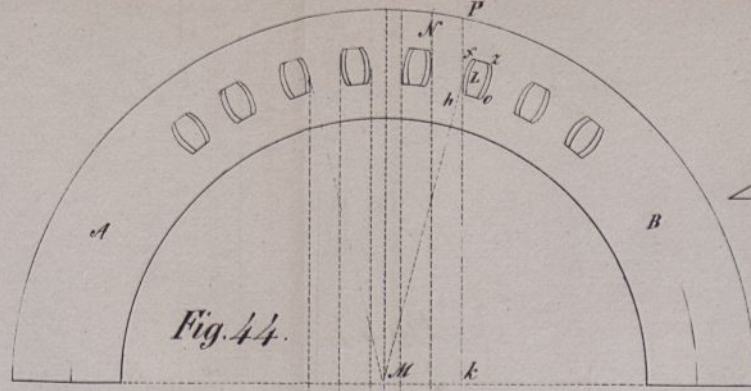


Fig. 44.

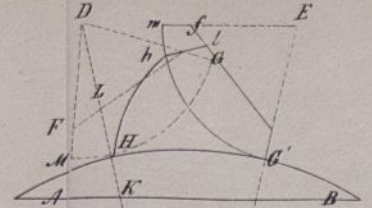


Fig. 45

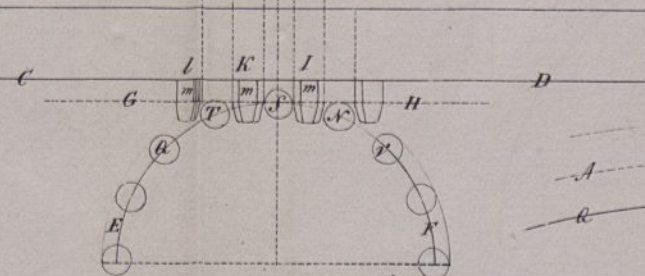


Fig. 46.

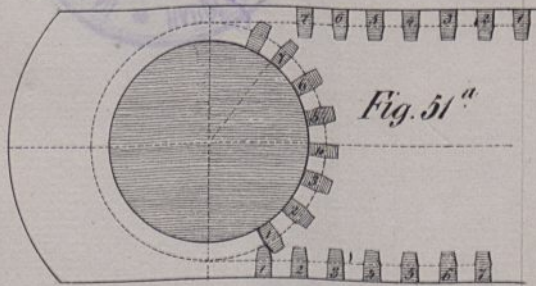


Fig. 51<sup>a</sup>

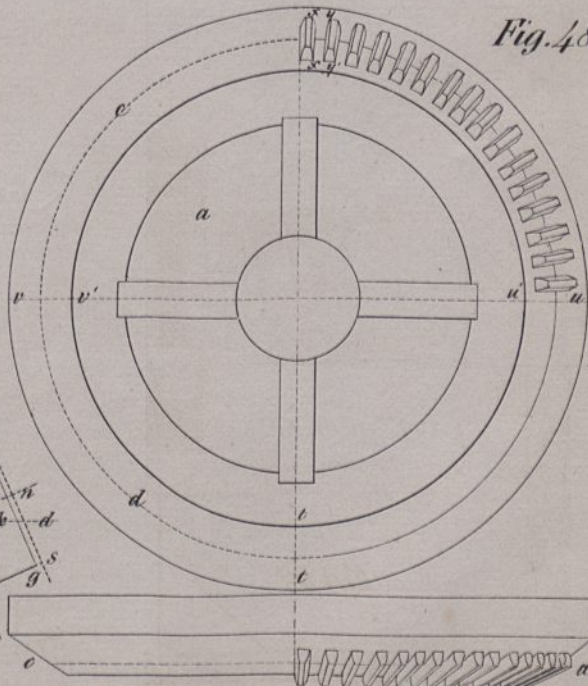


Fig. 49.

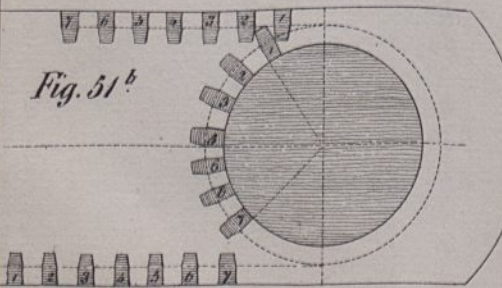


Fig. 51<sup>b</sup>

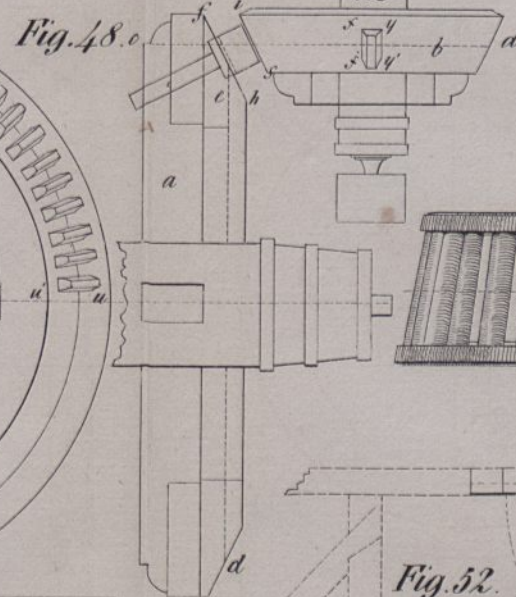


Fig. 48.

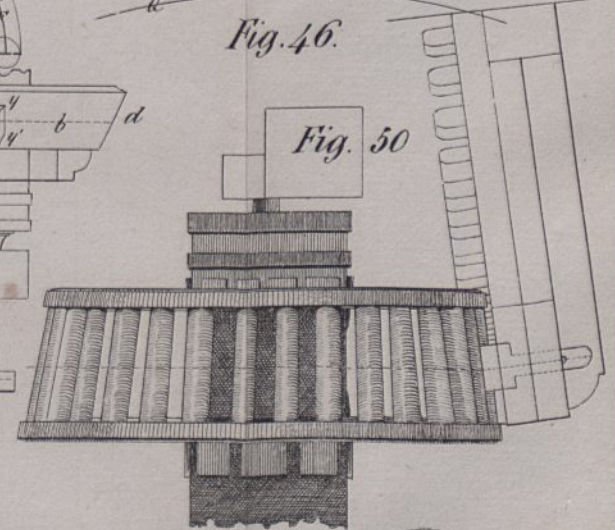


Fig. 50

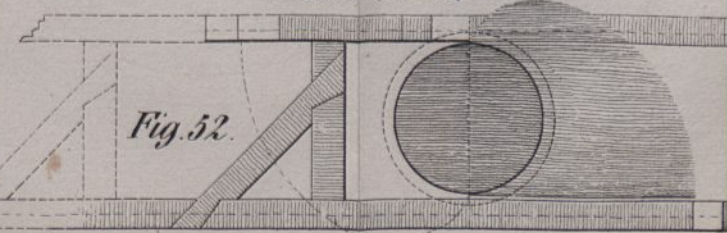


Fig. 52.

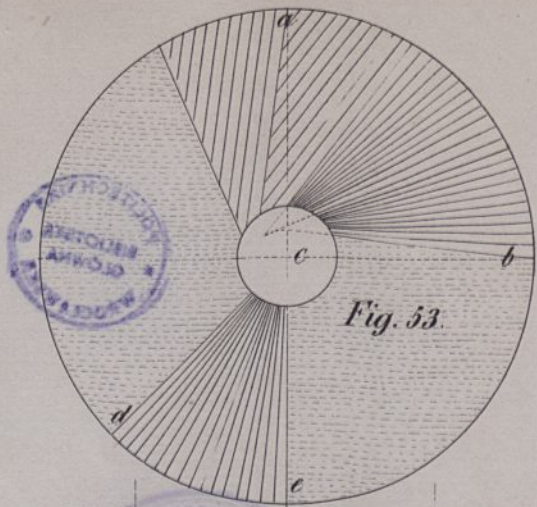


Fig. 53.



Fig. 56.

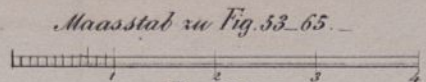


Fig. 65.

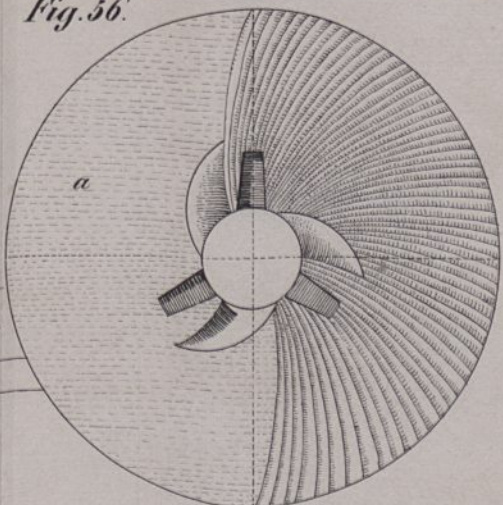


Fig. 58.

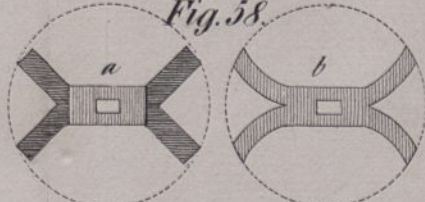


Fig. 59.

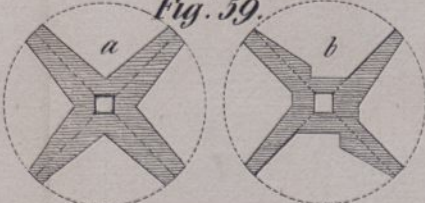


Fig. 60.

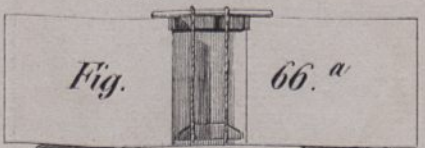


Fig. 66. a

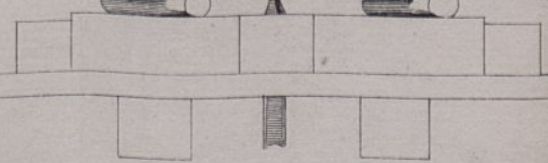


Fig. 66. b



Fig. 66. b

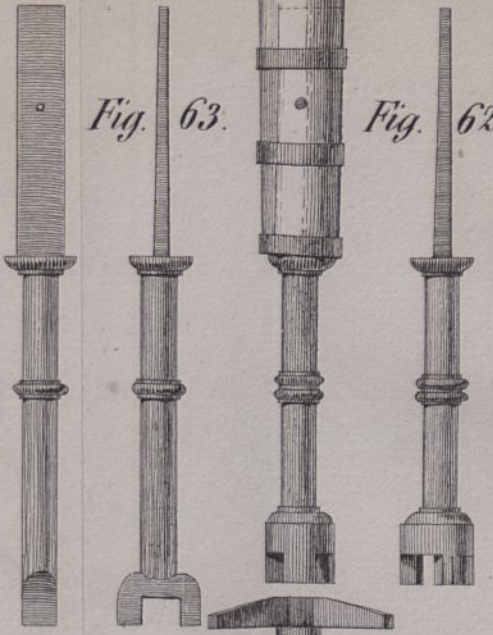


Fig. 63.

Fig. 62.

Fig. 64.

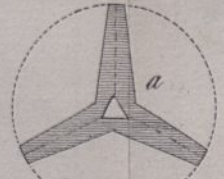


Fig. 61.

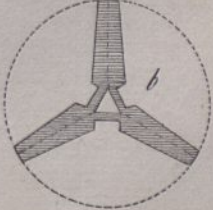
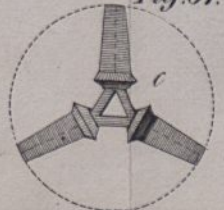


Fig. 55.



Fig. 57.

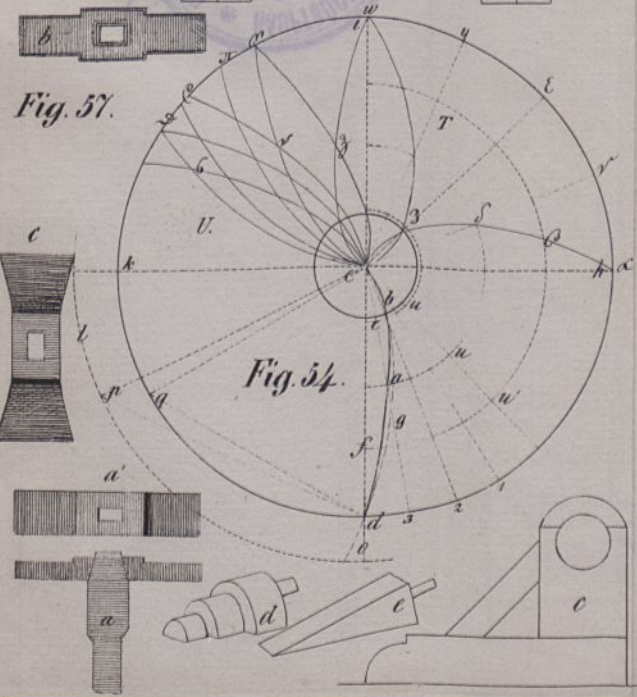


Fig. 54.

Fig. 69.

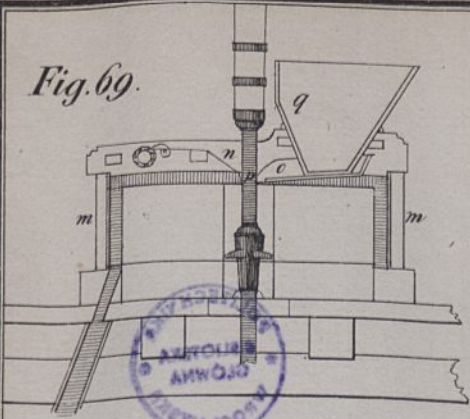


Fig. 73.

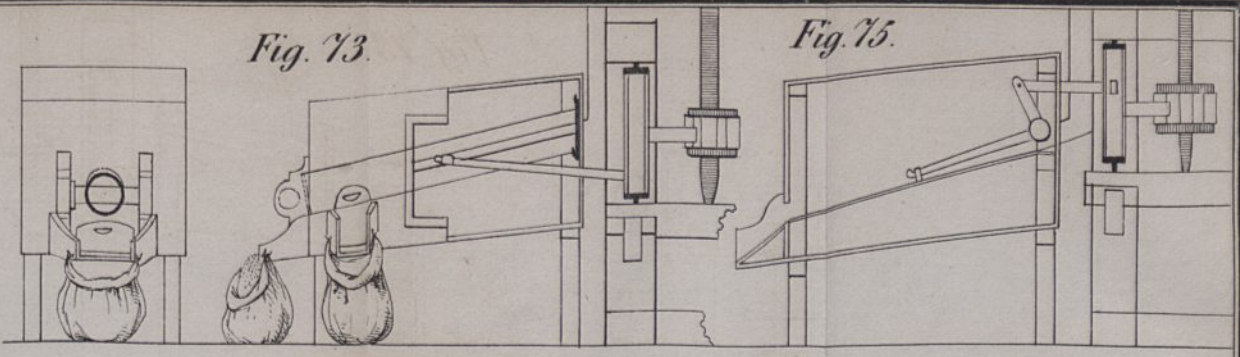


Fig. 75.

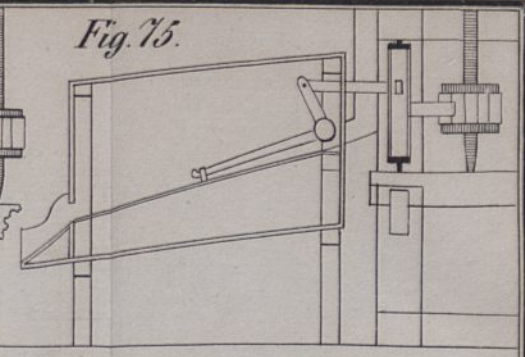


Fig. 76.

Maasstab zu Fig. 73. 75. 76.

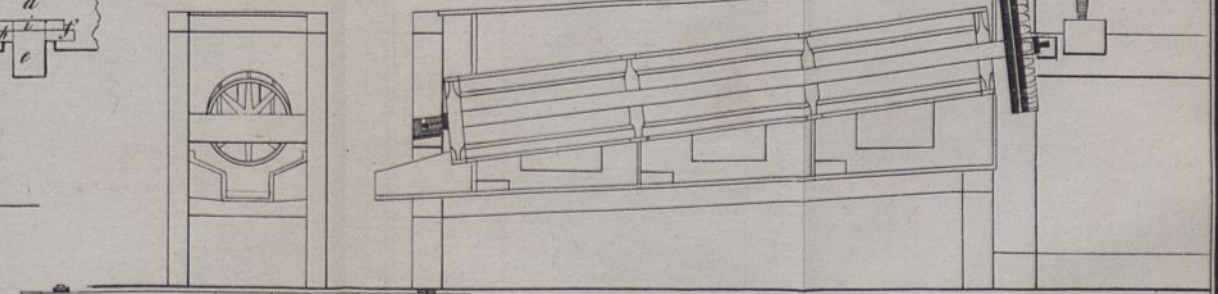
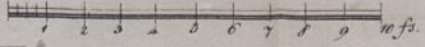


Fig. 68.

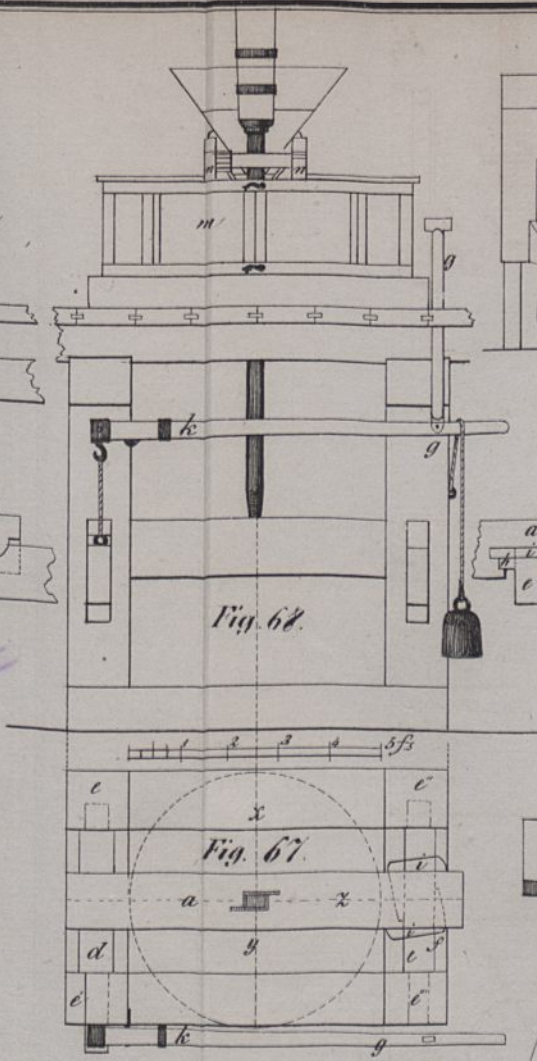


Fig. 67.

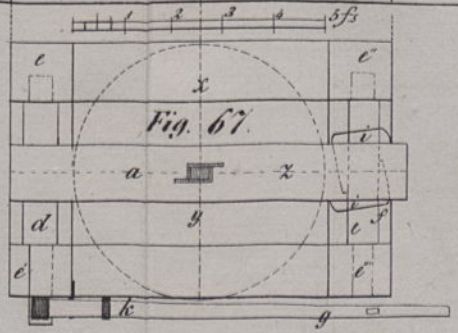


Fig. 72.



Fig. 71.



Fig. 70.

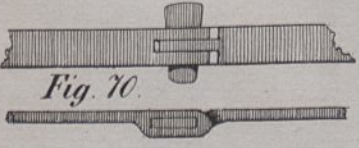


Fig. 74.

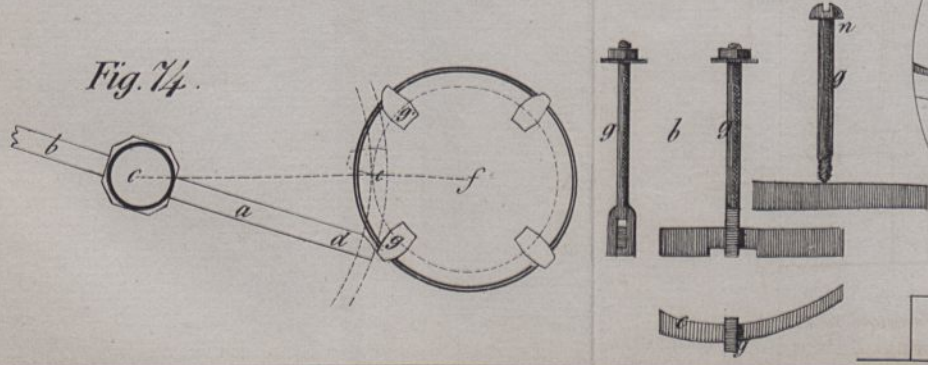


Fig. 78.

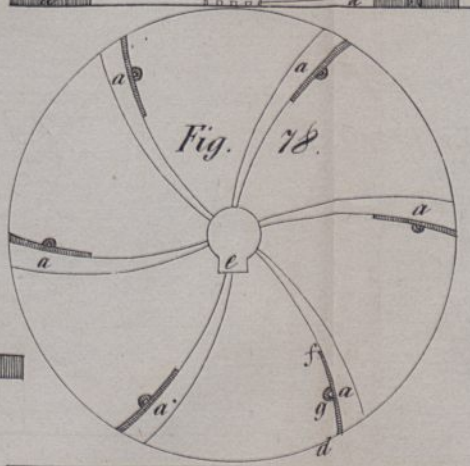
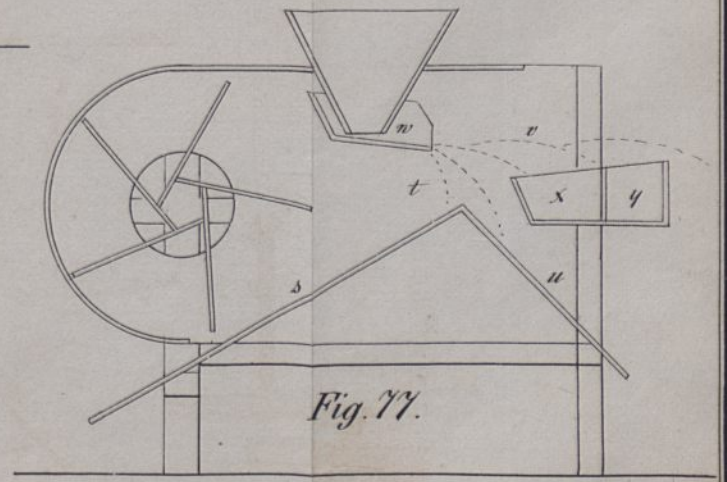
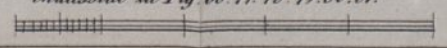


Fig. 77.



Maasstab zu Fig. 66. 77. 78. 79. 80. 81.



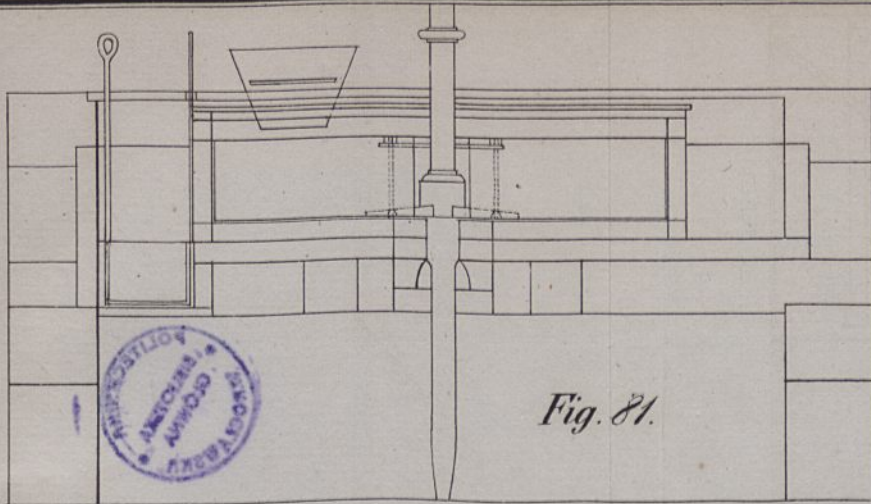


Fig. 81.

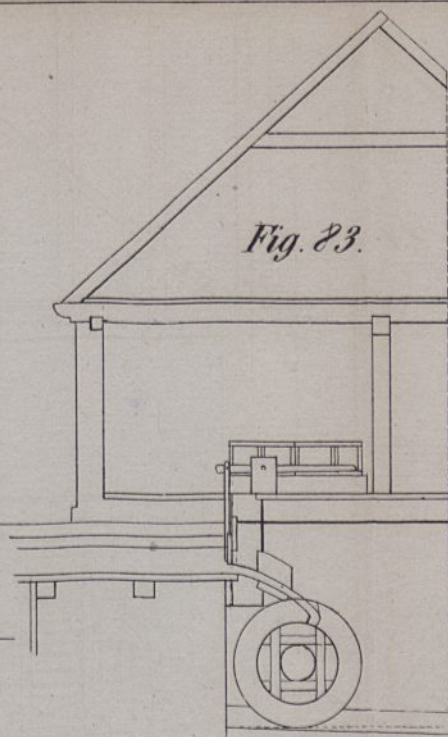


Fig. 83.

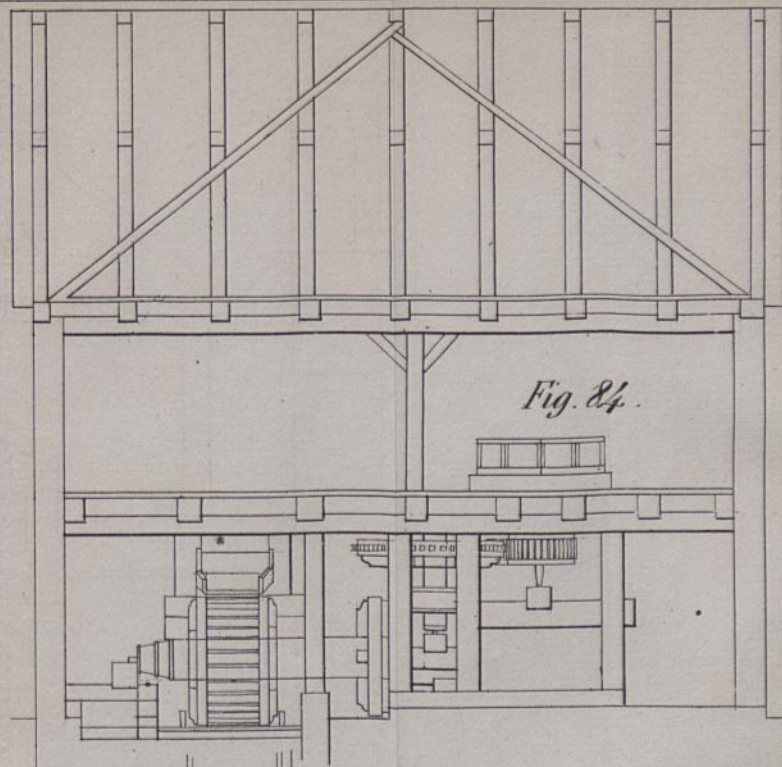


Fig. 84.

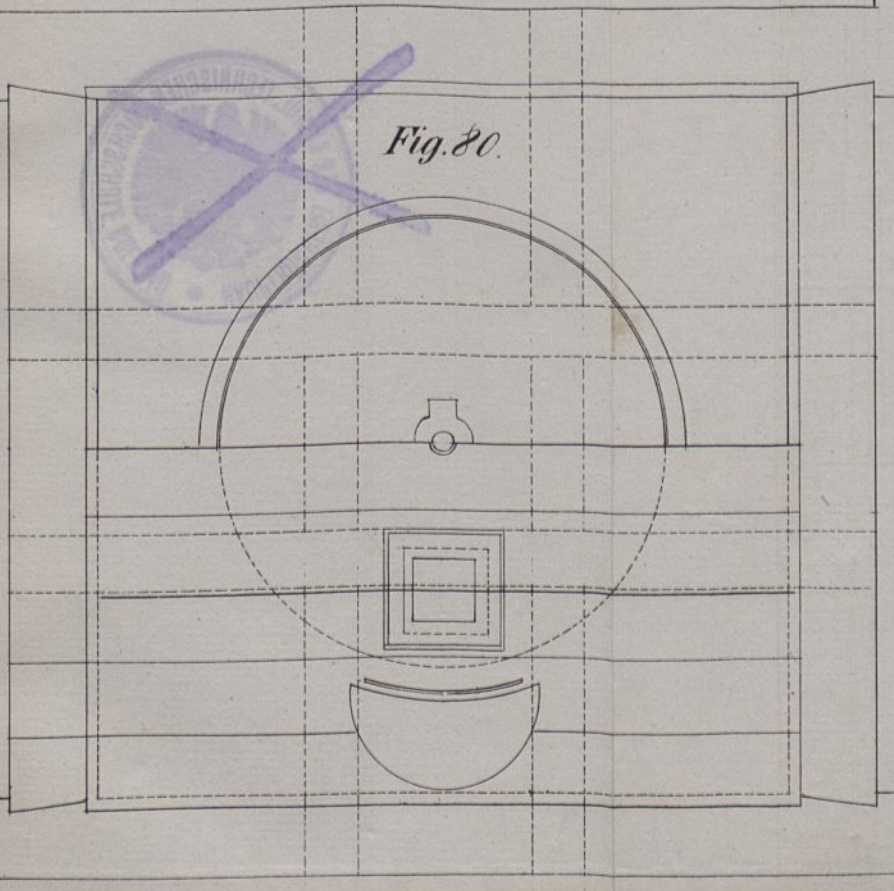


Fig. 80.

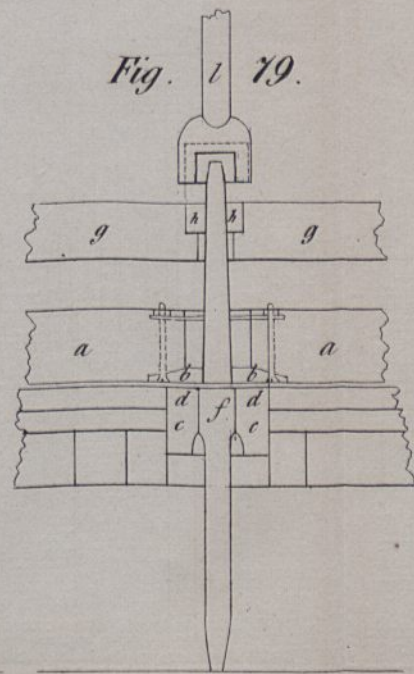


Fig. 79.

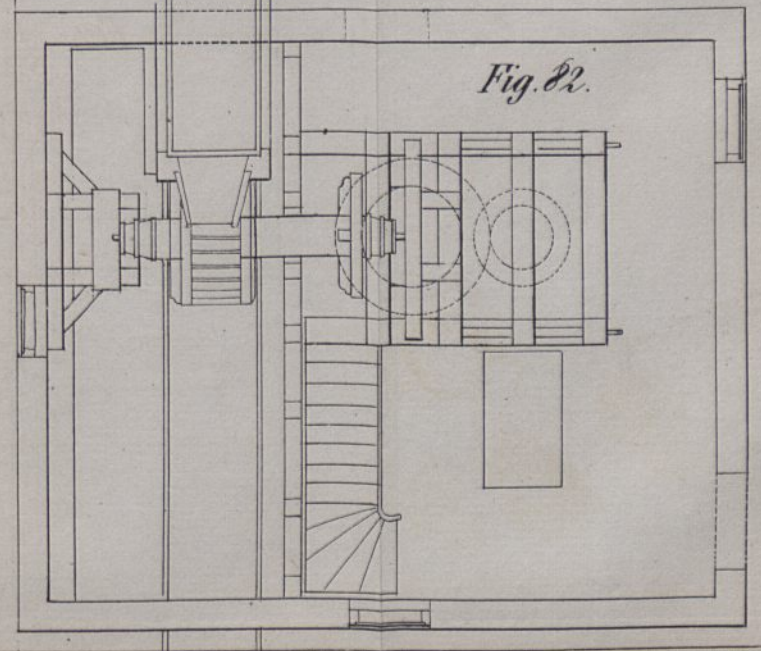


Fig. 82.



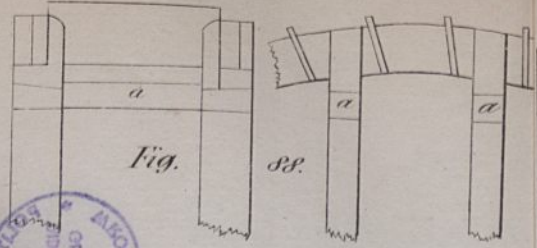


Fig.86.

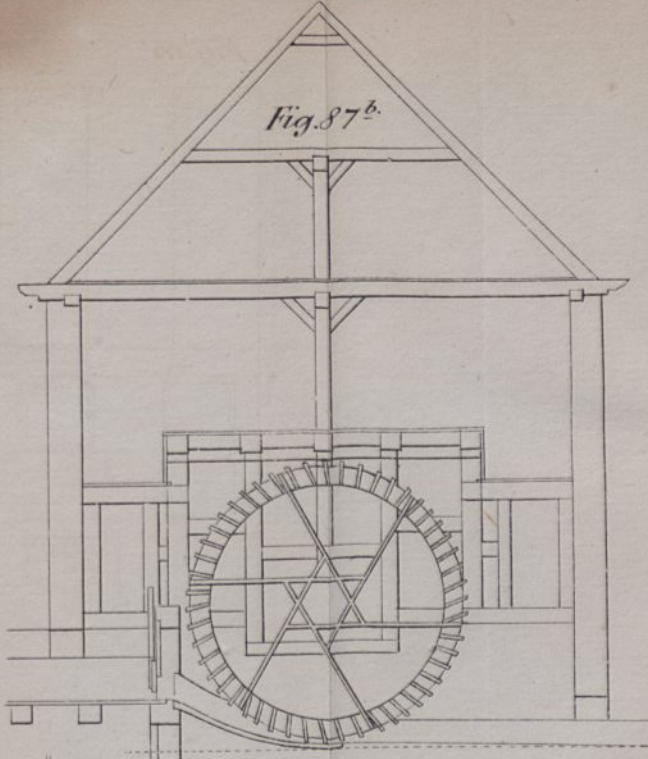
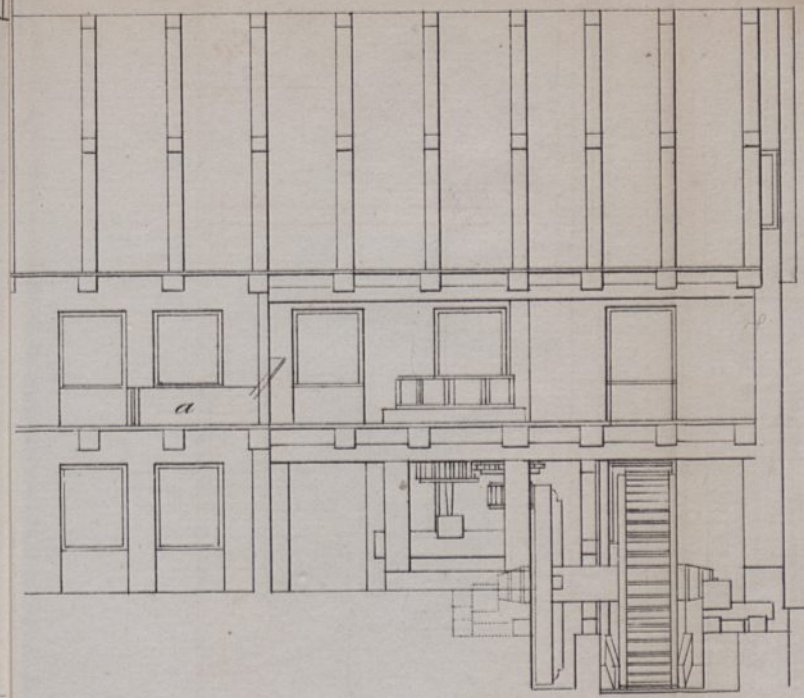
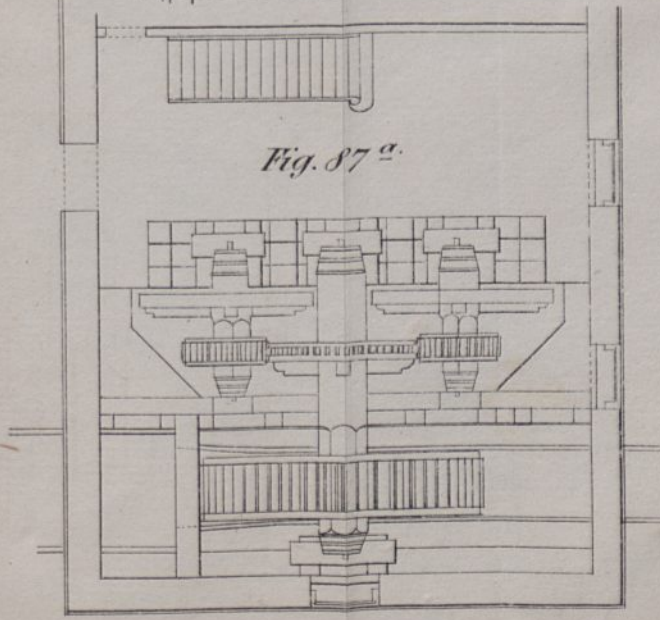
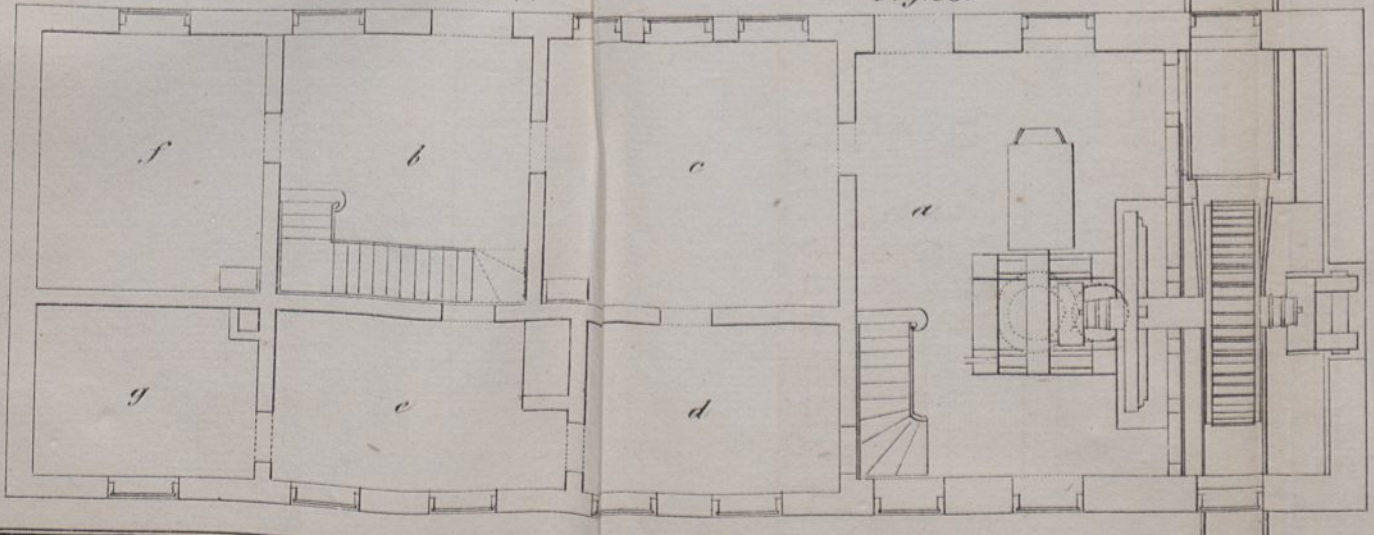


Fig.85.



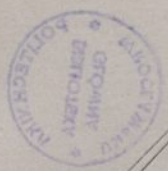


Fig. 91.

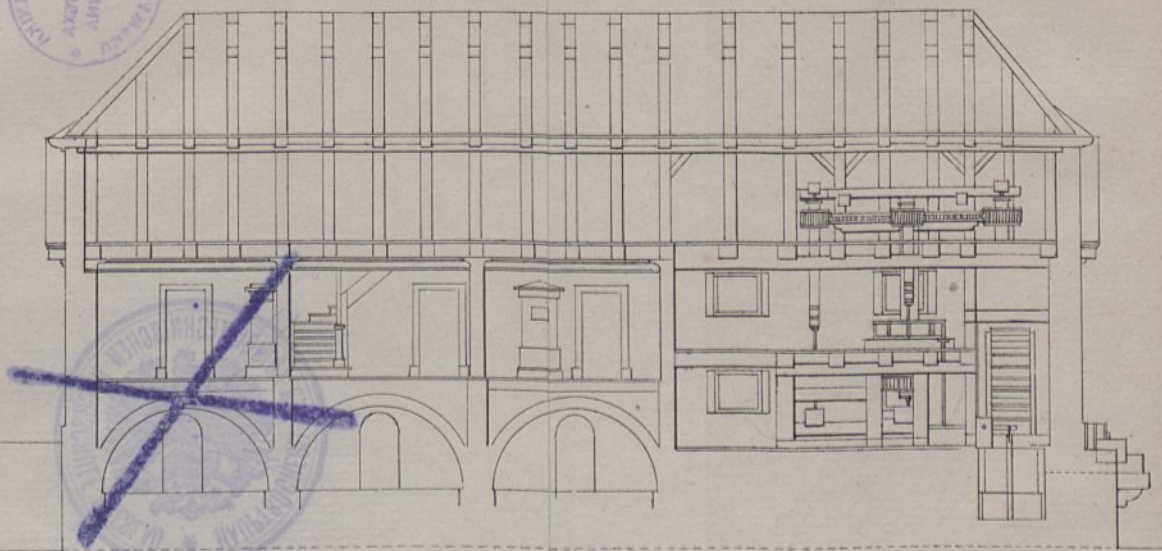


Fig. 92.

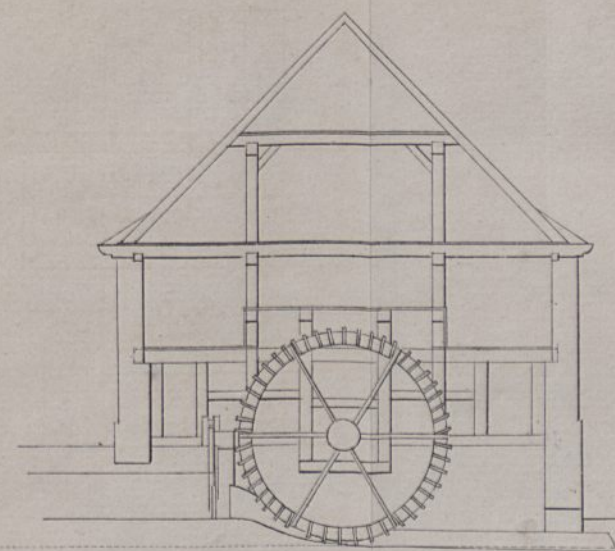


Fig. 90.

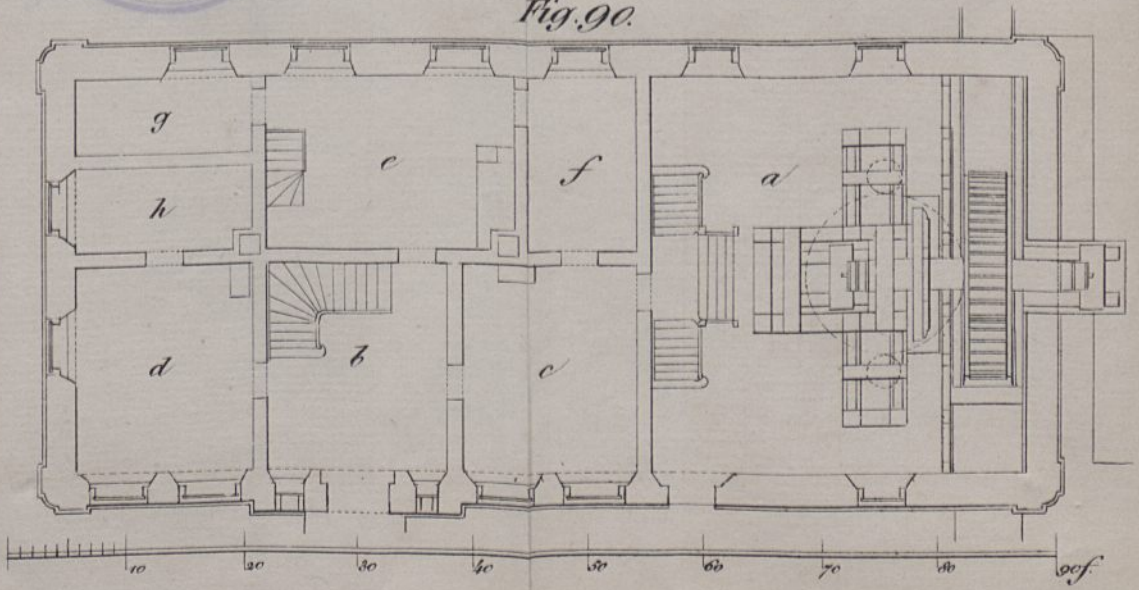


Fig. 93.

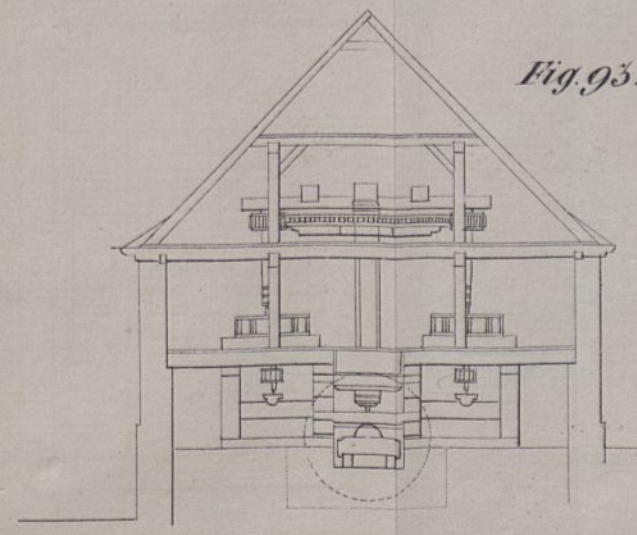


Fig. 96.

10.07

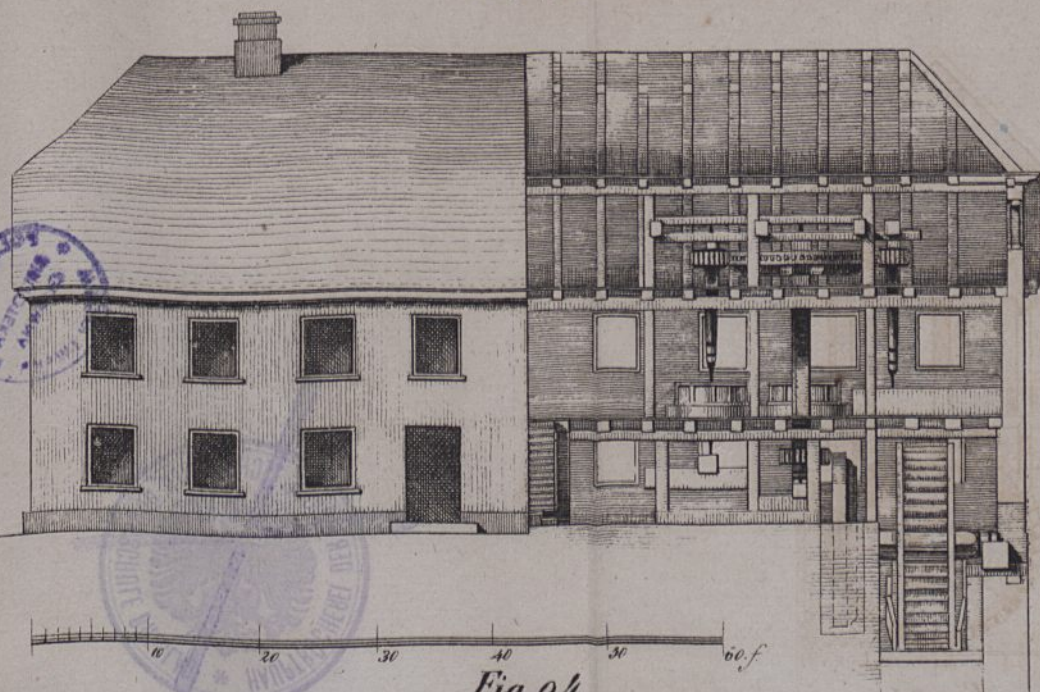


Fig. 94.

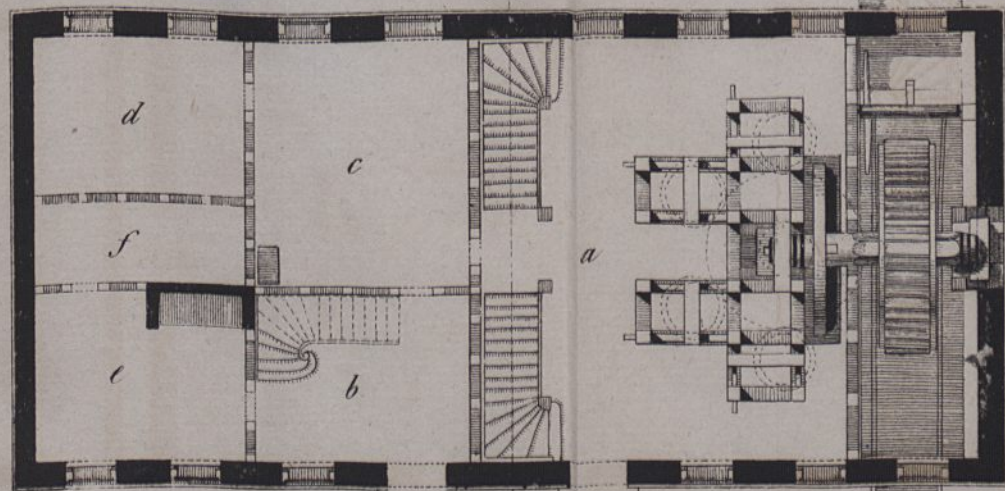


Fig. 97.

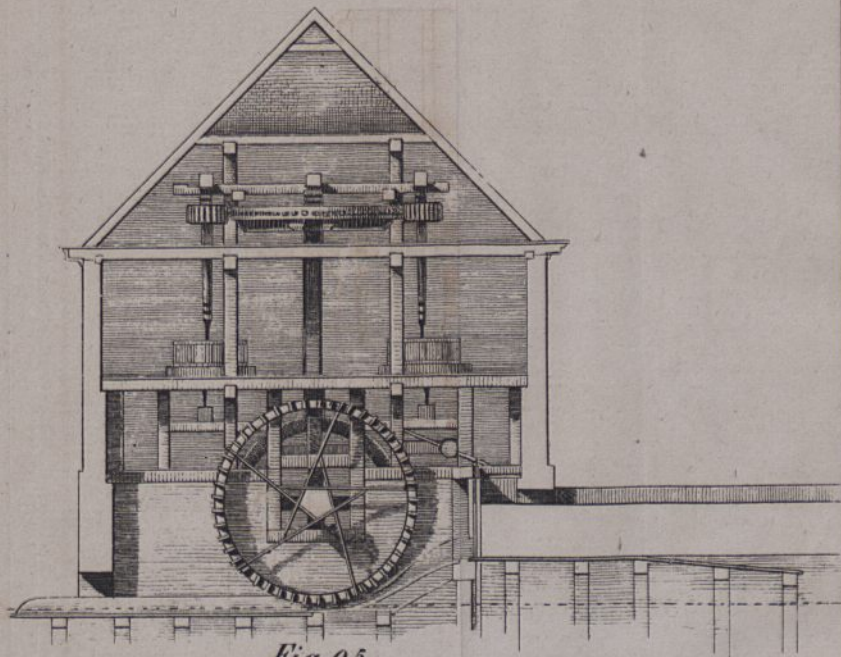


Fig. 95.

