









Theoretisch = practische Abhandlung  
über die  
**Besserung**  
der  
**Mühlräder**  
von  
dem Verfasser  
der  
zweckmäßigen Lustreiniger.



---

Mit drey Kupfertafeln und einer Tabelle der Quadratzahlen  
und ihrer Wurzeln.

---

Nürnberg,  
auf Kosten der Kaspeschen Buchhandlung.  
1795.

(Parrot, [George Friedrich])

Sächsische  
Landesbibliothek  
13. FEB 1966  
Dresden

G



## V o r r e d e.

---

Auf meinen Reisen in Frankreich und Deutschland hatte ich immer einen großen Unterschied im Mühlbau der beyden Länder, und zwar nicht zum Vortheil unsers Vaterlands, wahrgenommen. Dieser nachtheilige Unterschied erregte frühzeitig in mir den Wunsch, unsre inländischen Mühlen auf den Grad der Vollkommenheit gebracht zu sehen, welcher die ausländischen auszeichnet. Daher machte ich mir's zur Pflicht und Lieblingsbeschäftigung, die Theorie des Wasserrads so vollständig, als in meinen Kräften stand, zu bearbeiten. Da ich, nebst der Benutzung der neuern französischen Schriftsteller, noch eigenes Nachdenken und eigene Experimente hinzuthat, so kam ein Ganzes heraus, welches einige

nige merkliche Grade mehr von Vollkommenheit besitzt, als dasjenige, was hierin bisher geleistet worden ist. Allein diese Arbeit blieb lang unfruchtbar in meinem Pulte liegen, bis ich endlich nach Bayreuth auf eine kurze Zeit kam, und in dem dirigirenden Staatsminister von H a r d e n b e r g einen Mann fand, der die seltene Gabe besitzt, das Gründliche und Nützliche dem Schimmernden vorzuziehen, ohne den kleinmüthigen Geist einer furchtsamen Cameralistik damit zu verbinden. Er scheute Unkosten nicht, die der durch sie erlangte größere Wohlstand des Bürgers tausendfältig verzinsset. Sogleich nach Eröffnung meines Vorhabens erhielt ich von demselben den Auftrag, ein solches hydraulisches Werk im Kleinen verfertigen zu lassen, womit man die dahin abzweckenden Experimente aller Art vornehmen, und auf denselben die Berechnungen für große Mühlen bauen könne.

Hier



Hier ist der Ort nicht, die spezielle Beschreibung dieses Werks zu liefern. Sie gehört hauptsächlich zu einem andern Werke, welches ich diesen verflossenen Winter angefangen hatte, nemlich zu einer vollständigen Theorie des Mühlrads, ein Werk, welches ich aus Mangel einer öffentlichen Bibliothek nicht zu Stand bringen konnte, weil die Data, die mein Gedächtniß und einige gemachte Auszüge mir liefern, zu einer solchen Arbeit, wenn sie für's Publikum vollständig ausfallen soll, unzulänglich sind.

Es wird für jetzt hinreichend seyn, zu melden, daß das Werk so eingerichtet war, daß man Versuche und Vergleichen zwischen dem unterschlächtigen, dem oberschlächtigen und dem neuen Rade, mit verschiedenen Höhen und Quantitäten des Wassers anstellen konnte; daß überall solche Vorrichtungen an dem Werke angebracht wurden, wodurch man Wirkung und

Kraft aufs schärfste messen und vergleichen konnte. Die Versuche zeigten durchaus einen entschiedenen Vortheil des neuen Rads über die alten, und darauf erhielt die königliche Kammer zu Bayreuth den Befehl: bey gänzlichem Mangel an herrschaftlichen Mühlen hie und da wohlhabende Müller vorerst dahin zu disponiren, diese Besserung in ihren Mühlen und mit Unterstützung an unentgeltlichem Bauholz nachzuahmen, auf daß diese Versuche im Großen einen bey den blossen Praktikern gültigen Grund zu einer öffentlichen Empfehlung legen können. Mir wurde der Druck dieser Abhandlung zur Erleichterung des Unterrichts der inländischen Mühlärzte anbefohlen.

Mein gegenwärtiger Zweck ist:

- 1) Bloß die Resultate meiner Arbeit in theoretischen Sätzen sehr gedrängt zu liefern, und sie mit einer gleichsam metaphysischen Erörterung zu belegen, ohne die zu ihrer
- schar-

scharfen Demonstration nöthigen, oft sehr weitläufigen Berechnungen hinzuthun.

- 2) Die Anwendung dieser Lehre auf den Bau der Wasserräder für allerley Mühlen. Dieser Theil wird so ausgedehnt ausfallen, als nöthig und nützlich, weil dessen Hauptzweck, wie dieser ganzen Schrift, die Belehrung der Praktiker ist.

Mancher Leser wird beim Anschauen dieses Werks vielleicht sich wundern, daß die vorgeschlagenen Besserungen so groß seyn, und doch so wenig in die Augen fallen. Man wird vielleicht das verbesserte Rad für ein gemeines Staberrad ansehen. Allein dieß ist ein eben so ungerechter, als übereilter Schluß. Bey dem ungeheuren Vorrathe an mechanischen Erfindungen, den wir in Büchern besitzen, und welcher noch täglich und oft von ganz Unwissenden vermehrt wird, ist es fast unmöglich, einen schlechterdings ganz neuen Gedanken vorzubringen. Die Ausbildung des Gedankens kann aber

ganz neu seyn, und diese ist die Hauptsache. Denn es ist in der Lehre der Kräfte der Natur sehr wahr, daß die Quantität der Wirkung mehr von dem Verhältnisse der Theile der Maschine, als von der theoretischen Zusammensetzung der Maschine selbst, abhängt. Keine Maschine in der Welt ist schlechterdings besser, als eine andere, wenn wir die Verhältnisse ihrer Theile unbestimmt lassen. In dieser Bestimmung allein liegt die Vollkommenheit des Werks. Man erlaube mir, die zweckmäßigen Luftreiniger, ob schon mein eigenes Werk, hier als Beispiel anzuführen, weil mir eben jetzt kein anderes einfällt, wo eine einzige Maschine beschrieben würde, die so viel Stoff zu einzelnen theoretischen und praktischen Untersuchungen Anlaß gäbe, und wirklich verursacht habe. In derselben ist der erste Gedanke zu dem Bau des Saugventilators überhaupt nicht neu, wie ich selbst es angemerkt habe.

Den

Den Gedanken, diese Construction auf die Luftreinigung anzuwenden, hatte schon Einer, obwohl sehr dunkel und schief, vor mir gehabt. Das Ganze taugte aber nichts, bis ich dessen Theorie aufstellte, weil jeder Theil des Saugventilators besonders behandelt und berechnet seyn will, bey Strafe der schnellsten Entfernung von dem Maximo der Wirkung. Dazu gehört freilich Nachdenken und Beharrlichkeit, und eine Art von nicht gemeiner Selbstverläugnung, weil diese Arbeit selten in die Augen fällt, und nur mit der Zeit anerkannt wird. Mögen indessen größere Geister, welche jene mühsame Behandlung jedes Zweiges einer Maschine für zu gering halten, immer nur nagelneue Gedanken hervorbringen. Ich, für meinen Theil, lasse mir's zur Regel dienen, die sehr wenigen ganz neuen Ideen die ich habe, nie unverdaut dem Publikum vorzulegen, weil die Erfahrung es bis jetzt zeigte, daß die gewöhn-

wöhnliche entgegengesetzte Methode der Nutzen der Mechanik überhaupt und der menschlichen Gesellschaft insbesondere nicht ist. Man sehe die Maschinensammlungen von Leubold, Ramelli und so vieler Akademien, wo die guten Ideen hundertweise vorkommen. Warum benutzt man sie nicht? Oder vielmehr, warum sind sie unbenutzbar? — Weil jede Maschine nur gewisser Anwendungen, und zwar nur unter gewissen Verhältnissen der Theile, fähig ist, und die zu dieser Einsicht nöthige Arbeit noch zu machen ist. Der größte metaphysische Grundsatz der Mechanik ist meines Erachtens dieser: Non datur maximum absolutum et universale. — Ein Satz, dem man täglich zuwider handelt, da man sich vorstellt, diese oder jene Maschine sey schlechterdings und immer besser, als eine andere, und daß man unter allen Umständen die nehmliche Maschine unter den nehmlichen Verhältnissen

nissen

nissen bauen solle. Wären solche Vorurtheile in Deutschland nicht vorhanden, so würde man schon längst nicht mehr den Maschinenbau, und insbesondere den Mühlbau, blossen Praktikern überlassen haben. Man würde Männer dazu besolden, um den Müllern und Mühlärzten bey jedem Mühlbau spezielle Vorschriften zu geben. Man würde besondere Schulen für die Mechanik errichten, wo man nicht bloß feilen und schleifen lernte, sondern wo Kenntniß der Naturgesetze mit Bestimmtheit und Ausführlichkeit beigebracht würde. Die Mühlinspectoren oder Mühlgrafen wären nicht mehr bloß deswegen da, daß sie über Streitigkeiten der Müller, wegen der Wasserstandeshöhe, berichteten. Dann würde die Mechanik aus der Verachtung glänzend emporsteigen, in welcher sie zum allgemeinen Schaden durch unsre Schuld versunken ist. Dann hieß ein Mechanikus nicht mehr so viel, als ein guter

ter

ter Schlosser; dann würden die Naturkräfte zum Wohl der menschlichen Gesellschaft auf's zweckmäßigste benutzt. Man nehme nur ein Beispiel, und zwar das nächste, um sich einen Begriff des Gewinns zu machen, den man bey solchen Einrichtungen machen würde. Im Fürstenthum Bayreuth sind 601 Mühlen, welche über 1500 Gänge und Werke treiben. Kann man nun mit einer zweckmäßigen Einrichtung dieser Mühlen ihre Wirkung um  $\frac{4}{10}$  erhöhen, (meine Experimente lassen weit mehr hoffen) so kommt eben so viel Arbeit heraus, als hätte man statt 601 Mühlen 841, mithin 240 Mühlen mehr. Welche Masse von Kraft, die in diesem kleinen Lande der Industrie heimfallen würde! Ausserdem, wie viel kleine Bäche in diesem — in jedem Lande — die jezo um  $\frac{4}{10}$  zu schwach sind, einen Mühlgang oder ein anderes Gewerbe zu treiben, und dann es treiben würden! Wie viele  
Müh-



Mühlen sind im gegenwärtigen Zustande durch anhaltende Trockenheit oder Kälte ausser Stand gesetzt, ihre Arbeit zu verrichten, die sie noch verrichten würden, wenn das übrige Wasser  $\frac{4}{10}$  mehr wirkte, als es jetzt wirkt! Allein bis jetzt wurde nichts allgemeines gethan. Nur hie und da fühlten einige Männer diese Mängel. Sie waren noch nicht vermögend, die Hindernisse aus dem Wege zu räumen. Es ist noch Herkommen und Gesetz, daß tausend Bürgersöhne ihre Jugend auf Wiederkäuen lateinischer und griechischer Wörter zubringen müssen. Man kann sie gleichsam nicht früh genug dazu anhalten. Man hat deßhalb eigene Anstalten errichtet. Aber die Anstalt, wo man lernte, die Naturgesetze zu beobachten, die Naturkräfte zu benutzen, ist noch nicht des Daseyns werth geschätzt worden. Höchstens lernen wir auf hohen Schulen physikalische Compendia zu verstehen, die immer noch sehr weit  
von

von unsern eigentlichen Bedürfnissen abstehen. Verlassen wir die Universität, so finden sich von hundert zwei, die dieses Studium fortsetzen. Einer davon ist ein Mathematiker, und suchet sich durch reine Mathematik hervorzuthun. Der andere baut Systeme, oder sucht in der eigentlichen Experimentalphysik zu glänzen. Beyde sind zwar nützlich, aber nur mittelbar. Die eigentliche angewandte Mathematik, oder vielmehr der Theil derselben, in welchem wir die Naturkräfte messen und benutzen lernen, wird von Niemand als Hauptzweck betrieben, gerade, als wenn dieser schwereste Theil der Naturwissenschaft am wenigsten Studium verdiente.

Eine andere Ursache, warum die Mechanik so tief herabgesunken, warum so wenig scharfsinnende Männer sich um sie bemühen, ist, daß sie nicht ohne ganz praktische Kenntniß gründlich erlernt werden kann. Man muß die Bearbeitung  
des

des Holzes, des Glases, der Metalle und anderer Materialien praktisch verstehen, um von dieser Bearbeitung so viel und nicht mehr zu fodern, als sie leisten kann. Man muß in der Glashütte, bey dem Schleifer, in der Werkstätte des Schmids, des Schlossers, des Giessers, des Gürtlers, des Gerbers und des Seilers öftere Besuche abstat- ten; man muß den Schreiner, Dreher, Zimmer- mann oft beobachten, sehr oft selbst Hand an die Arbeit legen, um jeden dieser Arbeiter leiten zu können. Man sollte im Nothfall jedes Hand- werk, und meist besser, als der Meister selbst, treiben können. Allein eine solche Erfahrung kostet Mühe und Zeit, kostet Aufopferung man- cher anderer, vielleicht angenehmer spekulativer Beschäftigungen. Und welcher Gelehrter gibt sich heut zu Tag im Ernst das Ansehen eines Handwerksmannes. Wir besuchen wohl zuweilen Werkstätte, aber ja in einem solchen Kleide, und

und mit einem solchen Anstande, daß man es uns deutlich ansehe, daß wir über jenes praktische Geschäfte sehr erhaben sind — und des Meisters Zutraulichkeit wird zurückgeschreckt, und der Mann behält seine Kunstgriffe für sich, und lacht heimlich seines erhabenen Besuchers, der die Feile oder den Hobel schlechter zu führen weiß, als sein letzter Junge, der ihm aber doch in seinem Handwerk vorschreiben will! Wann werden wir denn einmal auf den eingebildeten Stolz ernstlich Verzicht thun, und uns wahrhaftig überzeugen, daß der Meißel und die höhere Mathematik, die Feile und Buffons-Systeme sehr gut sich vertragen können, und daß man gewiß nicht weniger achtungswerth ist, weil man seinen Vorrath an realen Kenntnissen vermehrt? Sollte man denn noch nicht überzeugt seyn, daß mechanische Arbeit, durch Vernunft geleitet, die wahre Bestimmung des Menschen ist? Sie ist es allein, die  
unserm

unserm Körper diejenige Behaglichkeit verschafft, welche zur Entwicklung der Seelenkräfte so unumgänglich ist. Sie allein weiß Kummer und Sorgen von der bewölkten Stirne nach und nach zu verscheuchen; sie allein ist fähig, uns praktisch zu beweisen, daß kein Unglück zu groß, kein Schmerz zu stark für unsre Kräfte ist. Edler Beruf des Menschen! Wohlthätige Handarbeit! Dir danke ich vieles. Ohne dich würde ich vielleicht ein Raub des Schmerzens, ein Opfer des Kummers geworden seyn, und schwarzer Menschenhaß würde mein Herz zersessen. — Schon hat die Nothwendigkeit, dieser beste, treueste aller Lehrer, einige wenige verdienstvolle Mathematikophysiker von der Richtigkeit dieser Ideen überzeugt. Schon fängt das Vorurtheil an zu sinken. Es bedarf vielleicht nur noch eines Hauptschlags, und das Werk wird seiner Vollkommenheit nahe seyn. — Errichtet Schulen, wo bloß

h

Mathe

Mathematik und Physik gelehrt werden, verbindet damit Kenntniß und praktische Ausübung der Handwerker. Scheut, ihr Kameralisten, die Unkosten nicht. Beweiset durch solche wohlthätige Anstalten, daß ihr nicht mehr glaubet, Euer Beruf sey, den Beutel eures Fürsten auf kurze Zeit zu füllen. Blicket in die Zukunft, sehet im Geist den Segen der Nachkommen, der auf eure Asche ruhen wird, wenn ihr euch so um die Menschheit verdient gemacht haben werdet. Und wenn ja Rechnungen immer die Grundlage eurer Operationen seyn sollen, so rechnet — auch für die Zukunft. Das Gegenwärtige ist ein großes Kapital, deren Zinsen unsre Enkel an Euch fordern werden!

Schlüßlich muß ich vom gegenwärtigen Werke noch einmal erinnern, daß es nicht als ein vollständiges Werk über das Mühlrad angesehen werden solle, sondern nur als eine Beschreibung eines  
nes

nes vollkommenern Wasserrades, wozu ich nur so viel Theorie hinzuthat, als nöthig ist, um den Grund der Veränderungen, die ich am gewöhnlichen Wasserrade vorgenommen habe, einzusehen. Auch wäre es in einem Werke, welches auf Ausübung unmittelbar zielt, nicht zweckmäßig, solches mit vielen, schweren und weitläufigen Rechnungen aufzuschwellen. Euler's und anderer großer Männer Arbeit über diesen Gegenstand ließt der gewöhnliche Mathematiker nicht; würde sie wohl der gemeine Praktiker lesen? Mein anfänglicher Endzweck war, ein solches theoretisches Werk zu schreiben, und dann das gegenwärtige als Auszug zu liefern. Allein, wenn ich schon durch den Mangel an den dazu nöthigen Büchern nicht aufgehalten worden wäre, so fühlte ich doch bey der Bearbeitung, daß die französischen Versuche, (die einzigen, auf welchen gebaut werden kann) noch nicht hinreichend sind, um eine voll-

ständige Theorie darauf gründen zu können, und ich halte es für zweckmäßiger, zu warten, bis die Engländer die Versuche bekannt machen, wofür eine Londner Gesellschaft einen Preis ausgesetzt hat, um zu sehen, ob sie das noch Fehlende nicht ersetzen werden. Denn es ist lächerlich, ohne Versuche in die Hydrodynamik dringen zu wollen. Eine bloß theoretische Hydrodynamik ist heut zu Tag schlechterdings nichts, als eine gelehrte Pedanterey.

Geschrieben im Monat Februar 1795.

Parrot der Jüngere.

Inhalt.





# I n h a l t.

---

	Seite
<b>Erster Abschnitt.</b>	
Theorie der Mühlräder — —	I
<b>Erstes Kapitel.</b>	
Theorie der alten Räder — —	5
1) Das unterschlächtige Rad —	5
2) Das überschlächtige Rad —	30
<b>Zweytes Kapitel.</b>	
Theorie des neuen Rades — —	50
Hauptfehler der bisher gebrauchten Mühl- räder — — —	54
b 3	Zweyt

## Zweyter Abschnitt.

Practische Beschreibung des neuen Rades	99
Das unterschlächtige Rad	— 103
Das überschlächtige Rad	— 109
Das neue Mühlrad	— — 115
Practische Construction des Stoßrades	— 126
Practische Beschreibung des Gerinns	— 134
1) Für Fallmühlen	— — 134
a) Das eigentliche Gerinne	— 134
b) Die Gränze	— — 137
c) Das Behältnis	— — 138
2) Für Säulenmühlen	— — 139
Practische Berechnungen für die Anlage der Mühl- räder	— — — 148
1) die wahre Geschwindigkeit eines Stroms	148
Tabelle, welche den Weg enthält, wel- chen ein Körper in Zeit einer Sec- funde	

- Kunde zurücklegt, nachdem er von einer gewissen Höhe gefallen ist, und der gleichförmigen Bewegung überlassen wird, welche er durch den Fall erhalten hat — — 152
- 2) Die Dimensionen der Schaufeln zu finden — — 154
- 3) Die Geschwindigkeit des Rades zu bestimmen — — 159
- 4) Die Größe des Rades und die Anzahl der Schaufeln zu finden — 161
- 5) Den Stoß der Wassersäule gegen die Schaufeln zu berechnen — 163
- Tabelle, welche das Verhältniß der Schaufelhöhe zum Radius; die Entfernung des Mittelpuncts des Rades zu dem Mittelpunkte der Schaufel; den abziehenden Theil und die ganze Hebellänge, in gewöhnlichen Brüchen ausgedrückt, enthält — — 165
- 6) Die

	Seite
6) Die Größe des zu überwindenden Widerstandes zu finden —	167
7) Das Verhältniß der innern Räder zu finden — —	169
8) Beispiel über die sieben vorhergehenden praetischen Aufgaben —	171



Das



Das  
verbesserte Mühlrad.

Erster Abschnitt.

Theorie der Mühlräder.

In Deutschland unterscheiden wir dreyerley Mühlräder, die unterschlächtigen, die ober-  
schlächtigen und die mittelschlächtigen. In Frank-  
reich hat man noch eine Art, nemlich die horizont-  
talen mit senkrechten und schiefen Flügeln. Die  
Reaktionsräder sind, meines Wissens, noch nir-  
gends üblich.

Die unterschlächtigen Räder sind diejenigen,  
welche eine gewisse Anzahl von Schaufeln auf ihrer  
Peripherie tragen, und in ein Gerinne laufen, das,  
da es zirkelförmig gebaut, ein Stück des Rades  
empfängt und davon ausgefüllt seyn soll. Das  
Wasser fließt auf diese Schaufeln durch einen bald  
horizontalen, bald geneigten Canal und treibt durch  
Ausfüllung des Gerinnes die Schaufeln vermöge  
seiner Schwerkraft. Fig. I stellt ein solches Rad  
vor.

A

Die

Die oberflächlichen Räder sind diejenigen, deren Peripherie aus einer gewissen Anzahl Behältnisse besteht, deren Zahl und Form nach Gutdünken des Mühlenarztes unterschieden ist. Das Wasser fällt oben herein durch einen bald horizontalen, bald geneigten Canal in diese Behältnisse, füllt selbige aus und treibt auf diese Art durch sein Gewicht das Rad. Beym Umdrehen des Rades leeren sich die Behältnisse aus, und kommen leer in die Höhe, wo sie wieder gefüllt werden. Nach Gutdünken des Mühlenarztes fällt das Wasser unmittelbar in die Behältnisse und zwar in die obersten, oder es durchläuft vorher durch seinen Fall einen gewissen Raum und fällt erst in das dritte oder vierte Behältniß. Fig. II stellt ein solches Rad in seinem Laufe vor.

Die mittelschlächlichen Räder sind dem Bau nach den unterschlächlichen gleich. Der einzige Unterschied zwischen diesen beyden Gattungen ist, daß die Wasserhöhe bey den unterschlächlichen beträchtlich kleiner ist, als der Radius des Rades. Bey den mittelschlächlichen ist sie gleich groß, oder gar um etwas grösser.

Man kann allgemein sagen, daß, in Ansehung der Art, wie das Wasser wirkt, kein Unterschied zwischen diesen drey Gattungen von Rädern statuirt werden kann, indem die Wasserhöhe nicht aus solchen angesehen werden kann. Bey allen diesen Rädern wirkt das Wasser, blos durch seinen Druck, nie durch einen Stoß. Dieser Satz soll zu seiner Zeit erwiesen werden.

In Deutschland hat man eine Einrichtung, die man vermischtschlächting nennen könnte, nemlich solche Räder, worauf man zwey Ströhme von verschiedener Höhe leitet, so daß es zugleich ober- und mittelschlächting, oder mittel- und unterschlächting, oder noch ober- und unterschlächting wird. Ein solches Rad habe ich zu Nauheim in der Landgräflichen Saline bey Friedberg gesehen.

Die horizontalen Räder sind entweder wie gemeine unterschlächtinge, aber horizontal gelegt, und die Ase vertikal, oder ihre Flügel sind schief in Rücksicht auf die Ebene des Rades, oft auch etwas hohl. In beyden Fällen wirkt das Wasser durch Stoß. Im ersten wird die Wassersäule gegen die Schaufeln horizontal geleitet. Im zweyten Fall fällt diese Säule etwas schief auf, nemlich senkrecht auf die Schaufeln. Im südlichen Frankreich sind sie üblich. Ich konnte aber nie begreifen, was zu einer solchen beschwehrlichen Construction bewegen konnte, und warum Belidor, solche Räder als die besten empfiehlt. Denn sie haben schlechterdings nichts von solchen gemeinen unterschlächtingen vertikalen Rädern zum voraus, auf die das Wasser durch Stoß würkt. Vielmehr, kann man ihnen mehrere Fehler vorwerfen. Nithin wollen wir uns nicht länger hieben aufhalten, um so mehr, da sie in Deutschland, meines Wissens, nicht bekant sind.

Noch ist ein Unterschied bey den deutschen Rädern, in Rücksicht ihrer Construction zu machen übrig. Entweder besteht die Peripherie des Rades

aus einem einzigen oder mehreren parallelstehenden starken Kreisen von Holz, (wie Fig. I), auf welchen die Schaufeln befestigt sind, oder sie besteht aus zweien zirkelförmigen parallelstehenden Zonen oder Ebenen, zwischen welchen die Schaufeln in der Richtung der Halbmesser eingeschoben sind. Diese Art von Räder heißen Staberräder. Doch muß ich gestehen, daß ich vermuthe, daß die Staberräder bis jetzt nur in Büchern vorhanden waren, und zwar in wenigen. Denn von mehreren hundert Mühlen, die ich in verschiedenen Ländern Deutschlands gesehen und beobachtet habe, stieß mir noch kein einziges Staberrad auf. Nicht einmal die hydraulischen oder Schöpfräder sind nach dieser Construction gebaut, da sie es doch am nöthigsten hätten, und dieser Bau hier sehr leicht wäre.

Nun wollen wir zu der wirklichen Lehre übergehen, und zwar mit den gewöhnlichen Rädern den Anfang machen, dann zur Beschreibung und Theorie des verbesserten Rads übergehen.





Erstes Kapitel.  
Theorie der alten Räder.

I) Das unterschlächtige Rad.

§. I. Lehrsatz.

Es gibt unter bestimmten Umständen nur ein Verhältniß der Geschwindigkeiten des stossenden Fluidum und der gestossenen Fläche, unter welchen jenes dieser die größte Quantität der Bewegung mittheilt.

Erläuterung.

Wenn man die äussersten Fälle nimmt, und die Geschwindigkeit oder Masse des Widerstands der Geschwindigkeit oder Masse der Kraft gleich macht, so entsteht in beyden Fällen ein Minimum oder gar keine Wirkung. Es sey z. B. die Last, die auf der einen Seite des Rades drückt, dem Gewichte oder dem Stöße der Wassersäule auf der andern Seite gleich, so entsteht keine Bewegung, weil Gleichgewicht da statt findet. Nimmt man von dem Gewichte etwas weg, so entsteht eine Bewegung, deren Geschwindigkeit anfangs klein seyn muß, und immer zunehmen wird, je nachdem man das Gewicht mindert. Endlich wird das Gewicht sehr klein und die Geschwindigkeit sehr groß. Ist diese vollends der Geschwindigkeit

der Wassersäule gleich, so muß das Gewicht = 0 werden. Mithin ist die Wirkung wieder = 0, da gar kein Gewicht gehoben wird. Daben muß man bemerken, daß das Rad in den mittlern Fällen, oder sobald als es Bewegung erhält, nicht mit der ganzen Geschwindigkeit des Wassers gestossen wird, sondern mit dem Unterschiede der Geschwindigkeiten des Wassers und des Rades. Mithin hängt das Produkt der Kraft von der Geschwindigkeit des Rades in Rücksicht auf die des Wassers ab. Also ist es begreiflich, daß eine zu große oder zu kleine Geschwindigkeit des Rades die Wirkung mindert; folglich muß zwischen den Extremis eine gewisse Geschwindigkeit des Rades für eine gewisse Geschwindigkeit des Wassers mehr Wirkung hervorbringen, als jede andere.

In jedem Buche über die Hydrodynamik findet man, daß bey directen Stößen die Geschwindigkeit des gestossenen  $\frac{1}{3}$  derjenigen des Stossenden seyn müsse, um das Maximum zu erreichen. (\*) In der Folge

(\*) Sollte Jemand den Beweis gern hier sehen, so soll er ihn nicht mißen:

Es sey  $c$  die Geschwindigkeit des Fluidum,  $v$  des Rades oder der fliehenden Fläche, so wird der Widerstand sich verhalten  $(c-v)^2$ . Mithin ist die Wirkung  $v(c-v)^2 = vc^2 - 2cv^2 + v^3$  dessen differential  $c^2 dv - 4cv dv + 3v^2 dv = 0$ . Folglich  $v^2 - \frac{4cv}{3} + \frac{c^2}{3} = 0$  und also  $v = \frac{2}{3}c \pm \sqrt{\frac{4}{9}c^2 - \frac{c^2}{3}}$   
 $= \frac{2}{3}c \pm \sqrt{\frac{1}{9}c^2} = \frac{2}{3}c \pm \frac{1}{3}c,$

wo das obere Zeichen das Minimum das untere aber das Maximum des Produkts giebt.

Folge werden wir sehen, welche Modificationen dieses Gesetz in der Anwendung auf die Wasserräder leidet.

### §. 2. Lehrsatz.

Es ist ein wesentlicher Unterschied zwischen Druck und Stoß der accelerirten Körper zu machen.

### Erläuterung.

Der bewegte Körper hat entweder seine ganze Geschwindigkeit erhalten, als er auf den Widerstand trifft, oder nicht. In jenem Fall entsteht der Stoß, in diesem der Druck. Ein Beispiel des Stoßes hat man in dem Rammel. Ein Beispiel des Drucks liefert eine einfache Rolle, über welche zwei ungleiche Gewichte hängen. Das Größere überwindet das Kleinere, aber in zunehmender Geschwindigkeit.

Allerdings kann man sagen, daß der Druck als ein Aggregat von kleinen Stößen angesehen werden kann. Noch mehr; er muß so angesehen werden, so oft Bewegung erfolgt. Daher ist ein grosser Unterschied zu machen, zwischen dem Drucke der bewegten und ruhenden Körper. Jener ist ein Aggregat von unendlich vielen Stößen, auf welchen Bewegung erfolgt. Dieser ist ein bloßes Bestreben nach Bewegung. Aber der Unterschied zwischen Druck und Stoß der accelerirten Körper besteht hauptsächlich darinn, daß der bewegte Körper, wenn er druckweise wirkt, in jedem Augenblicke seiner Bewegung oder bey jedem Differential des Stoßes, die

Last zu überwinden hat, mithin jedesmal einen Theil seiner Bewegung verliert. Hingegen wirkt der accelerirte Körper Stoßweise, so begegnet er dem Widerstande nur dann, wann er seine ganze Geschwindigkeit erhalten, oder wenigstens wann er einen angeblichen Raum durchlaufen hat.

Es ist auch ein Unterschied hierinn in Rücksicht auf den Widerstand zu machen, ob er der Masse und Geschwindigkeit nach beständig, oder accelerirt oder retardirt ist. Ist der Widerstand in seiner Masse und Geschwindigkeit beständig, so muß die Masse und Geschwindigkeit der Kraft auch beständig seyn, und zwar in einem gewissen Verhältnisse mit jenen des Widerstands seyn, wenn die Kraft auf's vortheilhafteste wirken soll. Ist der Widerstand unbeständig nach seiner Geschwindigkeit oder Masse, so muß es auch die Kraft seyn, nach eben dem Maße, sonst wird das Verhältniß, welches das Maximum von Wirkung erzeugt, gestört. Davon liefert uns die eben angeführte Kugel ein Beispiel. Die Massen sind ungleich und die Geschwindigkeit, die aus dieser Ungleichheit entsteht, nimmt in beiden gleichförmig zu, indem sie immer in umgekehrtem Verhältnisse der Massen ist, so daß das grössere Gewicht durchaus das Maximum von Wirkung in Kleinern hervorbringt. In den Fällen aber, wo die Kraft jeden Augenblick ihre Geschwindigkeit ändert, in dem der Widerstand eine beständige hat, und die Kraft in jedem Augenblick ihrer Acceleration den Widerstand empfindet, das heißt, in den Fällen, wo die

die

Die accelerirte Kraft Druckweise auf den gleichförmig bewegten Widerstand wirkt, so kann die Geschwindigkeit des Widerstands nur in einem Punkte der Acceleration der Kraft mit ihrer Geschwindigkeit in solchem Verhältnisse stehen, daß die Kraft ihr Maximum von Wirkung hervorbringe. In allen übrigen Punkten ist die Geschwindigkeit der Kraft zu klein oder zu groß.

Um sich die Sache noch deutlicher vorzustellen, nehme man an, A B, fig. 3, sey eine Wassersäule, die ein Rad treiben soll; die Geschwindigkeit des Wassers wird in A, C, D, E, F, &c. immer zunehmen, nach der Wurzel der Höhe von A aus. Gesezt nun, die Geschwindigkeit des Rads sey der Geschwindigkeit des Wassers in D gleich, und das Maximum von Wirkung komme heraus, wann das Rad mit einer dreysfachen Geschwindigkeit gestoßen würde, also daß das Wasser in G diese Geschwindigkeit habe, so wird nur die Schichte G oder die in dem zirkelförmigen Gerinne correspondirte Schichte das Rad so stoßen, daß das gewünschte Maximum erfolge, so werden alle Geschwindigkeiten über G zu klein seyn, und unter G zu groß, und demnach sich die Wirkung aller dieser Schichten nach Maaßgabe mehr oder weniger von dem Maximo entfernen.

Läßt man hingegen der Wassersäule ihre ganze Geschwindigkeit erlangen, ehe sie den Schaufeln des Rads begegnet, so hat man nur eine Geschwindigkeit, nemlich die in B. Nach dieser gegebenen Geschwindigkeit,

keit kann nun die des Rades eingerichtet werden, z. B. auf  $\frac{1}{3}$ , wenn dabei das Maximum erreicht würde, indem man das Moment des zu überwindenden Widerstandes  $= \frac{4}{9}$  der Schwere der ganzen Wassersäule A B machte.

Mithin ist ein gegründeter Unterschied zu machen, zwischen der Wirkung durch Druck und der Wirkung durch Stoß der accelerirten Körper, obschon der Druck, wann Bewegung erfolgt, als ein Aggregat von Stößen angesehen werden kan.

### §. 3. Lehrsatz.

Das Wasser wirkt auf das unterschlächtige Rad nicht Stoß - sondern Druckweise, wie auf das oberschlächtige Rad, und es ist kein Unterschied zwischen diesen beyden Arten von Rädern, in Rücksicht auf die Art der Wirkung des Wassers auf dieselbe.

### Erläuterung.

Die Zwischenräume a, a, des unterschlächtigen Rades (fig. I) können angesehen werden, als bildeten sie mit dem Gerinne A B kleine Behältnisse, welche durch die Umdrehung des Rades wechselseitig gefüllt und geleert werden. Das enthaltene Wasser drückt im Fall der Ruhe ganz einfach auf die Schaufel. Bewegt sich das Rad, so erhält das Wasser zugleich eine Geschwindigkeit, und es entsteht ein accelerirter Druck, dessen Beschaffenheit eben erklärt worden ist. Das oberschlächtige Rad besteht wirklich

lich

lich aus Gefäßen, die an der Peripherie befestigt sind, durch das Einfallen des Wassers gefüllt werden, durch den Umlauf des Rades sich ausleeren und vermöge welcher, das Wasser ebenfalls Druckweise wirkt. Der Unterschied in der Construction ist hauptsächlich der, daß in dem unterschlächtigen Rade die Seitenwände der Gefäße unbeweglich sind; (das Gerinne A B macht sie aus), im oberschlächtigen Rade aber sind diese Seitenwände am Rande des Rads befestigt, mithin mit demselben beweglich.

Also wirkt auf beyde Räder das Wasser auf gleiche Art, und der Satz gilt eben so von den mittelschlächtigen Rädern.

Allein, demohngeachtet bleibt es immer wahr, daß das oberschlächtige und unterschlächtige Rad von einander unterschieden sind, theils der Construction, theils der Quantität der Wirkung nach; deswegen wir sie, jedes besonders, abhandeln.

#### §. 4. Lehrsatz.

In der Lehre der Fluida müssen zweyerley Ströme unterschieden werden, die begränzten und die unbegränzten.

#### Erläuterung.

Diese Eintheilung findet nur in Rücksicht auf den zu überwindenden Widerstand statt; denn im Grunde ist jeder Strom begränzt. Ist aber in demselben eine Fläche, welche dessen Laufe widersteht, so muß untersucht werden, ob die Fläche in den Strom genau paßt, oder ob auf den Seiten und unten noch Raum

Raum

Raum ist. In jenem Falle heißt der Strom begränzt: In diesem unbegränzt. Daß dieser Umstand einen Unterschied in der Wirkung des Wassers hervorbringen muß, ist sehr leicht zu beweisen. Denn es sey, Fig. IV, A B ein Strom, in welchem der Widerstand D E versenkt ist, so daß auf beyden Seiten noch ein beträchtlicher Raum übrig sey, so wird das Wasser, im Fall der Körper D E vest stehe, auf den Seiten abfließen müssen, und zwar wird in D und E selbiges steigen, bis die Geschwindigkeit daselbst, in den Raum D + E multipliziert, gleich sey der ursprünglichen Geschwindigkeit, durch die ganze Strombreite multipliziert.

Um aber diesen Abfluß zu bewerkstelligen, muß der Strom von D E eine schiefe Richtung F D und F E nehmen. Jede Wassersäule, die hinten her kommt, stößt also nicht mehr senkrecht auf D E, sondern wird durch die Theile a, a, welche längst a D und a E abfließen, abgewendet, ehe sie die Fläche erreicht haben, und so erhält die Fläche auf jeder Seite von a einen Stoß von dem Wasser in a, welches zweyerley Richtungen, die eine nach a D und a E, die andere aber die dem Strome natürliche, nemlich auf D E senkrecht. Michin ist der erfolgende Stoß in der Richtung des Stroms schwächer. Ist hingegen der Strom begränzt, oder ist kein Seitenausfluß bey D und E möglich, so ist der ganze Stoß immer auf der Fläche D E senkrecht und es wird nichts auf eine Seitenrichtung von dessen Kraft verwendet.

Von



Von D und E aus behält das Wasser nicht die gerade Richtung D B, sondern die Seitenströme vereinigen sich wieder in G, an dem Orte, wo die Geschwindigkeit des Stroms D und E der Geschwindigkeit gleichet, welche das Wasser zwischen D G und E G durch seinen Fall gegen C erhält; denn wir haben gesehen, daß das Wasser in D und E gestiegen ist. Aus dem Verhältnisse der Länge E D zur Breite des Stroms und der ursprünglichen Geschwindigkeit des Stroms, läßt sich der Punkt G theoretisch bestimmen. Doch wird diese theoretische Bestimmung nicht mit den Versuchen übereinstimmen, weil die Friction des Stroms gegen das in C befindliche Wasser dort, nemlich in C, das Wasser fortreißt und den Punkt G näher gegen C zurückführt. Auch hat hier die verschiedene Geschwindigkeit der Stromschichten einen beträchtlichen Einfluß, indem es durch die Wasserfriction einen vertikalen Wirbel vor und hinter D E, nemlich in a und C, verursacht. (\*) — Doch diß gehört nicht mehr hieher.

Um

(\*) Ist die Fläche D E nicht ganz auf die Richtung des Stroms senkrecht, sondern steht schief, wie in Fig. V, so muß hinter D E ein horizontaler Wirbel entstehen; denn, vermöge der schiefen Lage von D E wird der größte Theil des Stroms nach D gerichtet, nachdem er sich vor D E schon in F zertheilt und nur wenig nach E fließt. Man denke sich nun den Strom D B, der in D vielleicht eine viermal

Um den Unterschied des Stoßes im begränzten und unbegränzten Ströme zu bestimmen, haben drey um die Hydrodynamik sehr verdiente Männer, ALEM-  
BERT, BOSSUT und CONDORCET Versuche angestellt, deren Resultat war, daß

der Stoß in dem unbegränzten Ströme dem Drucke einer Wassersäule gleich ist, deren Höhe der Geschwindigkeit des Stroms  
zu

mal grössere Geschwindigkeit hat, als der Strom A E in E. Er wird sich gegen die Mitte neigen und in seiner schnellen Richtung D G H Wassertheile aus der Gegend c, b, a fortreißen. Zu gleicher Zeit neigt sich der Strom E K auch gegen die Mitte und zwar gleich bey E, weil seine Geschwindigkeit klein ist. Diese innere Schichte e i desselben wird also wenig Geschwindigkeit, endlich gar keine haben, wegen der Friction gegen das innere Wasser. In-  
dessen gehen die äussern Theile D H B und E K der Ströme fort, und sie kommen, vermöge der Aus-  
dähnung von D B in I zusammen. Diese Zusammen-  
kunft hindert das Fortkommen der durch D G H fortgerissenen Theile c b a, welche gleichsam in a vor I aufschwellen; allein die fortgerissenen Theile haben innerhalb c b i e das Wasser gleichsam aus-  
geschöpft. Mithin müssen die fortgerissenen Theile, welche nun in a ohne Bewegung stehen, gegen D G H zurückfließen. Nach a, b, c können sie nicht, weil der Strom sie hindert. Sie müssen also nach i, e, besonders da hier dadurch schon  
das

zukommt, im begränzten Ströme aber dem doppelten Drucke einer Wassersäule gleich, deren Höhe seiner Geschwindigkeit zukommt.

Wie es aber aussieht, wenn die Fläche D E, fig. IV. sich bewegt oder zum Theil vor dem Ströme flieht, das ist noch nicht allgemein ausgemacht. Bossut nimmt zur Grundlage seiner Berechnungen an,

das Wasser gesunken ist, da es bey e schon zum Ersatz längst E D abgegeben hat. Auch kann es in Entstehung des Wirbels nicht auf die Mitte zu, weil in der Mitte das Wasser noch um etwas höher steht, als in i e. Also entsteht die wirbelförmige Bewegung. Ist sie einmal da, so höhlt sich die Mitte durch die beständige Friction und Centrifugalkraft aus.

Nach den Umständen sind diese Wirbel oft sehr scheinbar, oft sind sie auch bennah unmerklich. Am meisten aber sind sie es, wenn der Widerstand eine Figur hat, wie A B C D, fig. VI, da die in a fortgerissenen Theile nach b und c gebracht werden, und wegen des Widerstands D nicht fortkommen können, vielmehr schief gegen denselben anprellen, und theils durch Reaction, theils durch die natürliche Neigung gegen die tiefern Gegenden nach d, c, f und endlich nach a zurückgehen, wo sie wieder fortgerissen werden und den nehmlichen Weg machen, wodurch der Wirbel nothwendig entsteht.

So

an, daß der Stoß im begränzten Strome immer gleich sey I, 7 des Drucks jener Wassersäule. Allein, daß eine solche Regel nicht allgemein ist, kann man sich leicht überzeugen; denn, je geschwin- der sich D E nach G bewegt, desto geringer die Verminderung des Stoßes des nachkommenden Was- sers F ist. Davon werden wir ein Mehreres in der Lehre von dem neuen Rade finden.

Diese

So erkläre ich jene Wassererscheinungen die die Franzosen Remoux heißen, und so lassen sich die größten Wirbel gleichfalls erklären. Für die Luft sehe man die zweckmäßigen Luftreiniger nach. Für das Wasser denke man sich eine Felsenwand, wie A B C D, und den Strom E F. (Daß derglei- chen Ströme, und zwar sehr starke, im Meer vor- handen seyen, zweifelt Niemand. Ihre Entstehung ist leicht von dem Schmelzen des Poleises, doch aber besser, als Hr. St. Pierre gethan hat, zu erklären.) Es seye ferner diese Felsenwand 20 bis 30 Fuß tief unter dem Wasser, und der Strom fließe in glei- cher Tiefe; der Wirbel wird innerhalb derselben entstehen, im Großen wie im Kleinen, und durch die Friction werden die obern Wasserschichten gleich- falls im Strudel fortgerissen, und der Wirbel wird sich weiter ausdehnen, als der Felsen. Die Cen- trifugalkraft höhlt den Mittelpunkt aus, und so entsteht der Trichter, aber wahrlich ohne Loch durch die Erde und ohne Communication mit diesem oder jenem Meere. Auch kann die Ebbe und Fluth  
keine

Diese Unbestimmtheit mag eine der Ursachen seyn, welche eine englische Gesellschaft bewogen hat, im vorigen Jahre 100 Pfund St. nebst einer goldenen Medaille für die besten hydrodynamischen Versuche auszusetzen, die als Supplement zu den Französischen dienen könnten. Bis jetzt habe ich das Resultat noch nicht erfahren.

III

keine solche Wirbel hervorbringen, welche Lage von Felsen als man sich denken möge, weil die Ebbe und Fluth keinen partiellen Strom bildet, wohl einen durch Felsen oder Sandbänke gebrochenen.

Kommt nun ein Schiff in den Strudel, so muß er, vermöge der dynamischen Gesetze der Centrifugalkräfte, seiner specifischen Leichtigkeit halber gegen den Mittelpunkt getrieben werden, wie es die Versuche Nollet's (Leçons de physique experimentale, T. II. p. 63 — 75.) Versuche, die deutsche Physiker jetzt für unnöthig halten, offenbar zeigen. In seiner Annäherung gegen den Mittelpunkt mag es vielleicht an ein Felsenstück anstoßen, es wird zerissen, schöpft Wasser; dadurch wird das Ganze specifisch schwerer, als das Wasser, und deshalb gegen die Peripherie des Wirbels geschleudert, wo es nun außerhalb des Strudels kommt. Ein neuer Stoß vielleicht macht es in Stücken, und so schwimmen alsdann die Theile desselben auf den Fluthen. Zuweilen mag es unangestoßen den Mittelpunkt erreichen,

W

Inzwischen bleibt es ausgemacht, daß die begränzten Ströme einen grossen Vortheil vor den unbegränzten haben, und mithin jene diesen immer vorzuziehen sind.

### S. 5. Lehrsatz.

Die gewöhnlichen Wasserräder laufen in unbegränztem Ströme, und leiden dadurch einen doppel-

ten  
 reichen, und daselbst bleiben, bis Sturm oder Fäulniß es sinken machen, da es alsdann zurück kommt. So erklärt eine gesunde Physik durch bekannte Naturgesetze die auffallendsten Erscheinungen, wenn nur diese Gesetze (hier gilt's die Friction der Fluida, welche erst in den zweckmäßigen Luftreinigern als Mittel zur Communication der Bewegung erschienen ist), gehörig untersucht und angewandt werden. So ist es begreiflich, warum diese Schlünde bald verschlucken, bald speyen, ohne auf Mittel zurück zu gehen, die die Einbildungskraft selbst verwirft, geschweige eine vernünftige Physik.

Sind in dem Verschlucken und Ausspenen wirkliche Mondesperioden wahrgenommen worden, so läßt sich das Phänomen noch leichter erklären, ohne Anstoß an Klippen, ohne Fäulniß oder Gewitter und ohne die Ebbe und Fluth als Ursache des Phänomens anzusehen, welches mir unmöglich zu seyn scheint, und zwar auf folgende Art:

Wenn man Noller's Versuche mit mehrerer Genauigkeit vornimmt, als er sie in den angeführten  
 Exper

ten Schaden; 1.) Sie benutzen nicht alles Wasser, welches durch den Canal lauft. 2.) Sie ziehen aus dem auf die Schaufeln drückenden Wasser nicht allen Vortheil.

### Erläuterung.

Es ist bekannt, daß die Schaufeln und das ganze Rad nicht so genau gebaut werden können, und

Experimenten angezeigt, so findet man, daß nicht alle leichte Körper bey jeder Geschwindigkeit des Wirbels gegen den Mittelpunkt getrieben werden; sondern diejenigen, welche bey nahe gleiche specifische Schwere haben, als das Wasser, wie z. B. weißes Wachs, eine große Geschwindigkeit dazu erfordern. Diejenigen aber, die nur  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{5}$  dessen specifischer Schwere haben, und noch leichter, kommen bey einer weit geringern Geschwindigkeit in den Mittelpunkt, und bey einer großen Geschwindigkeit stürzen sie ordentlich in denselben, ehe sie eine ganze oder gar eine halbe Peripherie beschrieben haben; dagegen das weiße Wachs 4 bis 5 mal umgeht, ehe es den Mittelpunkt erreicht. Diejenigen Körper aber, die specifisch schwerer sind, wenn es auch nur ein wenig ist, wie weißes Wachs mit ein wenig Feilspähnen geknetet, kommen jederzeit an die Peripherie. So lauten die Experimente im Kleinen.

Nun denke man sich irgend einen Strom, wie E F, seine Richtung mag seyn, wie sie will, so

und besonders nicht so aufgepaßt werden, daß nicht noch ein nicht unbeträchtlicher Raum zwischen der äussern Peripherie der Schaufeln und der innern Peripherie des Gerinnes statt finde. Man hat auch nicht daran gedacht, diesen Raum zu mindern, dadurch, daß man jenen Umfang zu einem Minimum machte. Im vorbegehen merke ich hier nur an, daß dieser Umfang, mithin auch der Verlust des Wassers,

muß er durch die Ebbe und Fluth Abwechslungsweise an Geschwindigkeit gewinnen und verlieren, den Fall ausgenommen, da diese zwey Bewegungen auf denselben senkrecht wären, eine Richtung, die in jedem Fall an Zernichtung des Wirbels arbeitete. Gesezt nun, der Strom gewinnt durch die Ebbe, und die dadurch erhöhte Geschwindigkeit des Wirbels sey alsdenn vermögend, ein Schiff gegen den Mittelpunkt zu treiben. Nach 6 Stunden verliert er doppelt durch die Fluth; mithin wird der geschwächte Wirbel das Schiff nicht mehr in seinem Mittelpunkt erhalten können, weil das Schiff zu schwer ist für seine geschwächte Geschwindigkeit, und es kommt auf diese Art wieder an die Peripherie. Um sich von der Wahrheit dieser Theorie bey den Mondperiodischen Wirbeln zu überzeugen, dürfte man nur sich dem Wirbel nähern, und zwey kleine Schiffe, das eine sehr leicht, das andere sehr schwer, in denselben lassen, so wird man sehen, daß jenes weit schneller, als gewöhnliche Schiffe, gegen den Mittelpunkt zuellen wird, und



Wassers, caeteris paribus am kleinsten seyn wird, wenn die Breite der Schaufeln sich zur Höhe verhält = 2:1. Noch vollkommener wären die Schaufeln, wenn sie die Form eines halben Zirkels hätten, dessen Durchmesser auf dem Keife befestigt wäre. Natürlicher Weise müßte das Gerinne gleiche Form erhalten.

Also

und vielleicht gar nicht zurück kommen, das andere hingegen immer auf der Peripherie des Wirbels herumfahren, ohne je dem Mittelpunkt sich zu nähern.

Allein jene Erklärung des grossen Phänomens der Meerschlinge giebt vielleicht Mittel an die Hand, sie zu zernichten. Seitdem Frankreich uns in Cherbourg gezeigt hat, daß man durch versenkte steinerne Massen von mehr als einer Stunde in der Länge dem Meere einen Saum anlegen könne, ist es wohl keine Ungereimtheit mehr vorzuschlagen, solche Strudel dadurch zu zerstören, daß man längs c b a einen steinernen Damm versenke, der die Wirkung der Wasserfriction zernichte. Legt in E F oder sonst wo in der Nähe des Strudels hundert Schiffe vor Anker, und lasset andere, welche an den Erstern durch lange Ankerseile befestigt sind bis in den Anfang des Strudels vorrücken. Von da aus schicke man ein oder zwey andere Schiffe mit Missethättern beladen, welche durch dieses Experiment ihr Leben retten können,

Also ist ein wirklicher Verlust des Wassers vorhanden. Bey kleinem Wasser und beträchtlichem Falle und unvortheilhaften Verhältnissen kann dieser Verlust bis auf  $\frac{1}{7}$  und noch höher steigen. Im Durchschnitte kann man ihn  $= \frac{1}{9}$  annehmen. Dieser Fehler zieht den andern nach sich, nemlich den, daß der Strom zu einem unbegrenzten Strom wird. Dieser Verlust ist bis jetzt unangeblich, theils aus Mangel an theoretischen Regeln, theils weil der leere Raum nicht bey allen Rädern gleich ist. Dennoch ist er nicht minder reel, und besonders bey den Schöpfrädern und Schiffsmühlen, allwo der Strom gar nicht begrenzt ist.

§. 6.

denen man aber vorher gehörigen Unterricht ertheilt, tief in den Strudel hinein, aber immer unter dem Schutze von mehreren Ankerseilen, damit sie ihn ganz befahren und dessen Plan mit der Sonde aufnehmen können. Hat man einmal diesen Plan, so ist die Oefnung A a b e D bestimmt, welche man durch versenkte Steinmassen schließen soll.

Man verzeihe mir diese etwas lange Digression. Sie paßt freylich nicht ganz in dieses Werkchen hinein. Allein mein Zweck ist, die Gelehrten Deutschlands durch dieselbe noch mehr auf die Friction der Fluida aufmerksam zu machen, da in dieser Note von einer neuen Seite gezeigt wird, wie wichtig diese Lehre für die Physik werden kann. Ich hoffe, daß dieser Zweck mir Nachsicht für diese Digression verschaffen wird.

## §. 6. Lehrsatz.

Ein Wasserfall, der in seinem Laufe nicht gehindert wird, nimmt immer an Dicke ab, wenn seine Breite sich selbst gleich bleibt. Hingegen nimmt er im Fall unter dem unterschlächtigen Rade an Dicke zu.

## Erläuterung.

Da die Geschwindigkeit des Stroms durch den Fall zunimmt, so muß das nehmliche Wasser unten durch eine geringere Oefnung fließen können. Aber unter dem Rade ist es anders. Einmal hat das Rad nur einen Theil der ganzen Geschwindigkeit des Wassers, mithin hält es selbiges auf in seinem Laufe. Dann nimmt aber auch die Dicke der Schaufeln, besonders wenn es viele sind, wie gewöhnlich, einen nicht unbeträchtlichen Raum ein. Endlich vermehrt der Reif D E das Aufschwellen noch, weil er meistens in's Wasser taucht. Diese drey vereinigten Ursachen machen, daß bey E das Wasser meist über die doppelte Höhe erreicht, als es erreichen würde, wenn das Wasser frey fließen könnte, und die Schaufeln werden ganz überschwemmt.

## §. 7. Lehrsatz.

Das Aufschwellen des Wassers unter dem Rade ist sehr nachtheilig.

## Erläuterung.

Dieser Verlust kommt daher, daß die Schaufeln sich aus dem Strome herausarbeiten müssen:

B 4

Je

Je höher nun der Strom bey E ist, desto grösser der Widerstand. Um sich eine deutliche Idee davon zu machen, betrachte man die Schaufel F und sehe die Schaufel B als Lothrecht an. Die Schaufel F steht schief im Wasser und bewegt sich nicht in der Richtung des Wassers. Mithin muß das Wasser durch selbiges geschlagen werden, und so eine grössere Geschwindigkeit erhalten. Es sey z. B. c d der Weg, den die Schaufel in einem untheilbaren Augenblicke zurücklegt. Aus d zieht d b mit dem Strom parallel, so wird d b den Weg anzeigen, den das Wasser hinter der Schaufel machen muß, indessen c nach d kommt. Nun ist das  $\Delta$  b c d in c rechtwinklicht, mithin ist der Weg d b grösser, als der Weg d c, den das Wasser schief machen muß, und zwar im Verhältniß des Radius zum Cosinus des Winkels F C B. Mithin stößt die Schaufel das Wasser, und zwar schief, folglich mit einem Verlust und zwar in eben dem Verhältniß des Radius zum Cosinus von F C B. Also ist die Kraft des Wassers überhaupt im Verhältniß der Quadrate des Radius zum Cosinus der veränderlichen Winkel F C B.

## S. 8. Lehrsatz.

Ben dem Eintritt der Schaufeln in den Strom bey A leidet das Rad einen Widerstand durch den Schlag der Schaufeln auf das Wasser.

## Erläuterung.

Dieser Satz ist augenscheinlich wahr, auch ohne Rücksicht zu nehmen auf die relative Geschwindigkeit

digkeit des Wassers in A und der Schaufeln. Denn die Schaufeln treten in den Strom, wie sie aus demselben gehen, nemlich schief auf die Richtung des Stroms. Diß ist es, was ich hier unter dem Schläge verstehe. Eine ähnliche Untersuchung, wie im vorigen §, könnte hier statt finden, um diesen Widerstand zu bestimmen.

### §. 9. Lehrsatz.

Jede Anzahl von Schaufeln am unterschlächtigen Rade bringt Nachtheil.

#### Erläuterung.

Macht man eine kleine Anzahl von Schaufeln, gesetzt, es fehlte die Schaufel B zwischen F und G, so würde das Wasser in a' ohne Wirkung ganz abfließen, da bey vorhandener Schaufel B nur die Hälfte und nur während der halben Zeit des Laufs von B nach F abfließt. Da nun das Wasser in a', als das Unterste des Stroms, die größte Geschwindigkeit hat, so liegt sehr daran, daß es so viel als möglich benutzt werde, welches nur durch Vermehrung der Schaufeln geschehen kann. — Ferner bringt eine grössere Anzahl von Schaufeln den Vortheil zuweg, daß das neben her abfließende Wasser nicht so frey durchfließt, mithin nicht so ganz unnütz und schädlich abfließt, als es bey wenigen Schaufeln geschehen würde.

Macht man aber eine grosse Anzahl von Schaufeln, so entsteht ein desto grösserer Widerstand

stand bey dem Eintreten der Schaufeln in A und bey ihrem Austreten in E.

Es gibt also eine gewisse Anzahl von Schaufeln, die das Maximum von Wirkung hervorbringt; aber man dachte bis jetzt nicht daran, diese Anzahl zu suchen. Zwar haben die französischen Hydrauliker diese Untersuchung angestellt, aber unter andern Umständen; denn sie benutzten bey ihren Versuchen den Stoß, nicht den Druck des Wassers. Für unsere deutschen unterschlächtigen Räder geschehe es nie, und es wird wahrscheinlich nie geschehen. Denn diese Arbeit übersteigt die Kräfte der bisherigen Hydrodynamik. Denn es kommt hier in Betrachtung die Höhe des Wasserfalls, dessen Dicke, das Verhältniß der Höhe zur Breite der Schaufeln, und die Geschwindigkeit des Rades, vier Data, die alle unbeständig sind, deren jedes an und für sich schon eine nicht einfache Formel liefert.

#### §. 10. Lehrsatz.

Das Rad muß dem ganzen Strom seine Geschwindigkeit mittheilen; oder, der Strom muß sie vorher erhalten, ehe er unter das Rad kommt: Ein neuer Verlust, der wichtigste.

#### Erläuterung.

Entweder fällt der Strom unmittelbar von dem Punkte seiner größten Höhe an auf die Schaufeln, oder man gibt ihm vorher einen Fall.

Fälle

Fällt er unmittelbar auf, so hat er noch keine vertikale Geschwindigkeit: Indem er aber in's Rad tritt, so muß er die ganze Geschwindigkeit der Schaufeln bekommen, und zwar sogleich, welches nicht anders geschehen kann, als durch das Rad selbst. Mithin ist es eine neue Last, die das Rad überwinden muß. Diese Last ist einer Wassersäule gleich, deren Höhe der Geschwindigkeit des Rads zukommt. Ist z. B. die Geschwindigkeit des Rades die Hälfte derjenigen, welche der ganzen Wassersäule zukommt; welches der gewöhnlichere Fall und oft der beste ist, so ist jene Wassersäule A H (fig. I) der vierte Theil der ganzen A B.

Läßt man aber den Strom vorher die Geschwindigkeit oder einen Theil desselben, indem man ihn schief längs K A fallen läßt, so muß der Fall eben so groß seyn, als die eben erwähnte Säule, mithin für die Geschwindigkeit des Rads  $\frac{1}{2}$  muß er  $\frac{1}{4}$  der ganzen Höhe betragen. Ein großer, der größte Verlust! Dann hat man erst einen Strom, der gleiche Geschwindigkeit mit dem Rade hat, der mithin erst tiefer hinab merklich wirken kann.

Der einzige Unterschied, der dabey statt findet, nemlich, ob man das Wasser gleich oder erst tiefer auf's Rad lassen soll, besteht darinn, daß, wenn man das letztere wählt, wie fig. I zeigt, die Schaufeln den Strom nicht so senkrecht schlagen, mithin der Verlust vom 8ten Lehrsatz in etwas gemindert wird.

## §. II. Lehrsatz.

Man kann in keinem Falle die Geschwindigkeit des unterschlächtigen Rades theoretisch angeben, welche ein Maximum der Wirkung aus dem gegebenen Wasser zieht.

## Erläuterung.

Hier gilt es, wie im 9ten Lehrsatze. Der Sachen sind zu viel und jedes ist zu unbeständig, als daß man auf alle theoretisch Rücksicht nehmen könnte, und ihr Einfluß ist zu wichtig, als daß man nur Eins vernachlässigen könnte. Nur kann man benläufig sagen, daß diese Geschwindigkeit ohngefähr die Helfte der der Höhe des Stroms zukommenden Geschwindigkeit seyn solle.

Um zu zeigen, wie nachtheilig der Mangel an gehörigem Verhältniß der Geschwindigkeiten des Stroms und des Rades sey, will ich hier etliche Beispiele aus meinen Experimenten ausziehen. Ich machte den Widerstand, die Wasserhöhe, die Größe des Rades, alles beständig, bis auf die Deffnung des Wasserstrahls. Im ersten Fall war die Deffnung  $10^\circ$ . Im 2ten,  $12^\circ$ . Mithin sollten die Wirkungen seyn ohngefähr wie  $10:12 = 5:6$ ; allein sie waren  $= 245:425$  ohngefähr  $= 50:87$ . Weil aber dieses Rad ein gewöhnliches unterschlächtiges Rad war, und mithin der Verlust des auf den Seiten und unter den Schaufeln durchrinnenden Wassers im ersten Falle, oder bey  $10$  Grad Deffnung

nung



nung nach Verhältniß größer war, als bey der Oeffnung  $12^\circ$ , so machte ich Versuche mit meinem Rade, wo dieser Verlust gar nicht statt findet.

Ich wiederholte also die Versuche, machte alles wieder gleich und beständig, die Menge des fließenden Wassers ausgenommen, und ich erhielt für eine Oeffnung

von $10^\circ$	—	41,5	Umdrehungen	des	Rades
— $12^\circ$	—	60,0	—	—	—
— $15^\circ$	—	86,0	—	—	—
— 20	—	91,4	—	—	—
— 25	—	97,8	—	—	—

Hieraus sieht man, daß bey  $15^\circ$  das Wasser, nach Verhältniß, das Maximum liefert, oder daß die Geschwindigkeit von 86 Umdrehungen in einer bestimmten Zeit, (hier waren es 2 Minuten), die beste Geschwindigkeit für die gegebene Wasserhöhe ist. Berechnet man nach dem geometrischen Verhältniß die Wirkung der andern Experimente, so erhält man für eine Oeffnung

von 10 Grad	57,3	Umdrehungen
— 12 —	68,8	— — —
— 15 —	86,0	— — —
— 20 —	114,6	— — —
— 25 —	143,3	— — —

Hier bringt nun diese große Unterschiede der bloße Mangel an gehörigem Verhältnisse der Geschwindigkeiten hervor. Im ersten Falle ist der Verlust

lust

lust  $\frac{1}{3} \frac{6}{7}$ , im 2n  $\frac{8}{8} \frac{8}{8}$ , im 4n  $\frac{2}{1} \frac{3}{4}$ , im 5n  $\frac{4}{4} \frac{6}{7}$  der absoluten Kraft  
 oder  $\frac{1}{4} \frac{6}{1}$ , ———  $\frac{8}{8} \frac{8}{8}$ , ———  $\frac{2}{9} \frac{3}{1}$ , ———  $\frac{4}{9} \frac{6}{7}$  der wirklichen  
 Wirkung.

Mithin geht im ersten und letzten Falle beynah die  
 Helfte der Wirkung verloren.

### Corollarium.

Aus diesen elf Sätzen über die unterschlächtigen Wasserräder folgt, daß man nie hoffen könne, daß man mit dem unterschlächtigen Rade über die Helfte der ganzen möglichen Wirkung eines Wasserfalls oder eines Stroms ziehen werde.

## 2) Das überschlächtige Rad.

Das überschlächtige Rad kann angesehen werden, als ein Rad, auf dessen Peripherie Wasser oder Gewichte ungleich vertheilt angebracht sind um einen gewissen Widerstand. Von dieser Vertheilung des Wassers hängt größtentheils die Größe des Widerstands ab. Diese Vertheilung aber hängt wiederum von der Figur der Gefäße und ihrer Anzahl zum Theil ab. Mithin haben wir zuerst die Figur und die Anzahl der Behältnisse am Rade zu betrachten.

Diese Behältnisse werden durch zwei zirkelförmige Zonen oder Ebenen A E K L M m f l p q (fig. II) gebildet, welche an dem Reif m e f p q befestigt sind,

sind, deren Zwischenraum durch die schiefgelegten Brettlein An, Bc, Cd, De, &c. in gleichprismatische Räume oder Kammern abgetheilt ist. Diese Brettlein sind bald gerade, bald gebrochen.

### §. 12. Lehrsatz.

Vermöge dieser Einrichtung, kann unmöglich die ganze halbe Peripherie des Rades mit Wasser angefüllt seyn.

### Erläuterung.

Gesezt, man lies das Wasser im obersten Behältniß des Rads einfallen, so würde dieses Gefäß, nachdem es durch die Umdrehung des Rades nach H gekommen wäre, sich hier gänzlich ausgeleert haben. Man mag die Flächen An, Bc, Cd, &c. noch so sehr neigen gegen die Peripherie. Und diese Neigung hat ihre Gränzen aus 3. Ursachen:

1) Je kleiner der Winkel Efe ist, desto näher kommt Ef zu De, und da die Brettlein immer eine gewisse Dicke haben, so können um so weniger Behältnisse gemacht werden.

2) Je enger die Brettlein an einander kommen, desto geringer die Oeffnung Cc der Behältnisse, mithin destomehr Friction des Wassers beim Einfallen, und da die Geschwindigkeit des Rades immer wenigstens so groß ist, als die des einfallenden Wassers, so hindert diese Friction den Eintritt des Wassers um so stärker, da der Raum mit atmosphärischer Luft angefüllt ist, welche unmöglich ganz wird

wird austreten können, weil die Oeffnung ganz durch den Strahl zugesperret ist. Dies ist Schuld, daß ein Theil des Wassers oft nicht in die Behälter kommt, sondern gleich oben austritt.

3) Wenn die Neigung der Brettlein groß ist, oder der Winkel  $B e d$  klein, so fällt der Strom auf denselben und verursacht einen Stoß, der der Bewegung des Rades entgegengesetzt ist. Und fällt auch der Stoß in der Tiefe auf  $m n$ , so entsteht auch ein der Bewegung des Rads entgegengesetzter Stoß, obschon weniger, als wenn er auf dem Brettlein geschieht. Auch geht durch jenen Stoß etwas Wasser durch's Abpressen verlohren.

#### S. 13. Lehrsatz.

Wenn man in  $Q$  die Zirkelgrade zu zählen anfängt, so ist bey  $135^\circ$  das Rad schon leer an Wasser.

#### Erläuterung.

Dieser Satz ist Erfahrungssatz, und läßt sich daraus erklären, daß der Winkel  $B e d$  der Brettlein eine gewisse Größe, nemlich  $45^\circ$ , und nicht viel weniger, haben muß. Nithin wird  $H h$  bey  $135^\circ$  bennah horizontal seyn, und also nichts mehr fassen. Dazu kommt noch die durch die Umdrehung des Rades entstandene Schwungkraft des Wassers, welche bey einem weit geringern Winkel, als  $45^\circ$ , z. B. von  $30^\circ$  den Enmer bey  $135^\circ$  ausleeren würde. Denn es sey die Geschwindigkeit  
des

des Rades so groß, daß sie einer Wassersäule von 2 Schuh Höhe zukomme, so würde, theoretisch genommen, diese Kraft das Wasser mit gleicher Geschwindigkeit hinaustreiben, und folglich zu gleicher Höhe hinauf, wenn die Richtungen der Brettlein die schicklichsten dazu wären. Allein da es nicht ist, so ist diese Wirkung der Schwungkraft beträchtlich kleiner, dennoch bleibt sie immer groß genug, um das Wasser lange von  $135^\circ$  hinauszuschleudern, welche Neigung die Brettlein praktisch haben mögen. Also haben wir der Vollkommenheit des oberflächlichen Rades keinen Abbruch gethan, da wir behaupteten, die Behältnisse seyn bis  $135^\circ$  leer.

#### §. 14. Lehrsatz.

Die beste Anzahl der Behältnisse für ein oberflächliches Rad ist 30, und ihr Neigungswinkel  $35^\circ$ , wenn die Brettlein ungebrochen sind.

#### Erläuterung.

Dieses folgt aus des vorhergehenden Satzes Erläuterung. Dann muß das Wasser erst in das 4<sup>te</sup> Behältniß fallen, von Q an gerechnet oder zwischen  $48^\circ$  und  $60^\circ$ .

#### §. 15. Lehrsatz.

Macht man gebrochene Behältnisse, so muß das innere Brettlein eine Neigung von  $55^\circ$  und das äußere von  $30^\circ$  oder von  $155^\circ$  gegen das innere haben. Dann muß das Wasser erst bey  $60^\circ$  einfallen und man kann 36 Behältnisse anlegen.

E

§. 16.

## §. 16. Lehrsatz.

Das beste Verhältniß der Tiefe der Behälter gegen den Radius des Rades ist = 3:5 oder des innern und äußern Durchmessers, wie 2:5.

## Erläuterung.

Es sey genug hier anzumerken, daß, wenn man den Ausdruck des Moments des Drucks des Wassers auf  $\frac{3}{4}$  der halben Peripherie des Rades sucht und ihn differenzirt, man die Gleichung finde

$$\frac{3}{4} + \frac{7n^2}{32} - \frac{15n^4}{128} + \frac{155n^6}{2048} - \frac{441n^8}{4096} = 0,$$

wo  $n$  das gesuchte Verhältniß der Radii fürs Maximum von Wirkung ausdrückt. Ich habe mit Fleiß viele Glieder genommen, um mich dem wahren Verhältniße mehr zu nähern, da doch bey einer einfachen cubischen Gleichung immer eine Näherung hätte statt finden müssen, weil  $n$  keine rationale Größe seyn kann. Sucht man nun die Gränzen von  $n$ , so findet man, daß  $n = 2,5$  ausserordentlich nahe kommt, deßhalb haben wir ihn als den wahren Werth angenommen.

## Corollarium.

Aus diesem Satze folgt, daß alle unsere oberflächlichen Wasserräder zu seichte Behälter haben. Doch muß ich gestehen, daß es ziemlich schwer fallen sollte, das Verhältniß 2:5 der Radien praktisch zu beobachten. Doch zeigt der vorige Satz, daß  
die

Die oberflächlichen Räder immerhin tiefere Behälter  
niße haben sollten, als sie haben.

§. 17. Lehrsatz.

Die Lehre, die wir in der Erläuterung des  
2ten Lehrsatzes auseinander gesetzt haben, ist auf die  
oberflächlichen Räder anwendbar.

Erläuterung.

Hier, wie bey dem unterschlächtigen Rade,  
nimmt die Geschwindigkeit des fallenden Wassers be-  
ständig zu oder strebt darnach, indessen die absolute  
Geschwindigkeit des Rads beständig ist. Folglich  
ist nur eine Wasserschichte auf dem ganzen Raum  
AEH, welche mit ihrem ganzen Ausdrücke zur Bes-  
wegung des Rades beiträgt.

Anmerkung.

Die Wirkung eines Gewichtes kann nur dann  
statt finden, wann der Körper, den es bewegen soll,  
eine geringere Geschwindigkeit, und zwar in der Rich-  
tung des Drucks hat, als das Gewicht selbst. Ist  
dieser Unterschied sehr klein in Rücksicht auf die ganz-  
ze Geschwindigkeit des Gewichtes, oder ist er gar = 0,  
so kann sehr wenig oder gar keine Wirkung erfolgen.  
Soll aber die größte Wirkung statt finden, so muß  
überall das Verhältniß seyn, ohngefähr = 1:3.  
Um gehörig zu untersuchen, ob es bey dem oberfläch-  
lichen Rade statt finde, nehme man die 7te Figur  
mit der 3ten vor.

E 2

HQRS

HQRS stelle den Raum der Behältnisse vor, deren eine Helfte HQR ganz oder zum Theil voll sey, und theile die Peripherie HQR in eine beliebige Anzahl gleicher Bögen HI, IK, KL &c. — und ziehe durch die Punkte H, I, K, L, M &c. gerade Linien, welche auf dem vertikalen Durchmesser senkrecht seyn, und von eben denselben Punkten die senkrechten Hh, IN, KO &c. welche den Abschnitten des vertikalen Durchmessers gleich seyn werden, nemlich  $Hh = Hh$ ,  $IN = hh'$ ,  $KO = h'h''$ ,  $LP = h''h'''$  &c. Man verlängere ausserdem die Parallelen hI, h'K, h''L &c. bis sie die Wassersäule AB in  $h, h', h'', h'''$  &c. durchschneiden. So werden HI, IK, KL die absoluten Geschwindigkeiten des Rades, hI, NK, OL &c. die horizontalen Geschwindigkeiten in den Punkten H, I, K, L &c. und Hh, IN, KO, oder die Segmente, hh', h'h'', h''h''' die vertikalen Geschwindigkeiten in denselben Punkten, welche wir die relative Geschwindigkeit nennen, und endlich die Quadratwurzeln aus  $hh', hh'', hh''',$  &c. die Geschwindigkeiten vorstellen, welche das Wasser erhalten würde, wenn es frey von dem Punkte H nach I, K, L, &c. gefallen wäre. Diese Geschwindigkeiten  $hh', hh'', hh'''$  heiße ich die möglichen Geschwindigkeiten. Nur durch eine anschauliche Vergleichung jener relativen und dieser möglichen Geschwindigkeiten entsteht ein deutlicher Begriff der Wirkung des Rades.



Sogleich sieht man ein, daß das gewünschte Verhältniß  $1:3$  nicht überall kann erreicht werden. Dennoch kann man es einrichten, daß die Abweichungen nicht sonderlich groß seyn, und zwar auf folgende Art: Es sey z. B. der Wasserfall =  $10'$  franz. hoch, so ist die ihm zukommende Geschwindigkeit =  $24\frac{1}{2}'$ . Nehmet  $\frac{1}{4}$  dieser Geschwindigkeit oder auch nur  $6'$  für die Geschwindigkeit des äußersten Punktes des Rades an. Mithin, wenn ein Rad von  $9'$  im Durchmesser gemacht wird, so muß es ohngefähr  $13$  Umdrehungen in einer Minute machen. Dadurch findet sich, daß, wenn das Wasser im Fallen die Helfte des Rades oder den Punkt Q erreicht hätte, welcher  $5\frac{1}{2}$  Schuh unter dem obersten Punkte steht, dessen Geschwindigkeit  $18', 2''$  in einer Sekunde wäre, mithin  $3$ mal größer, als die des Rades.

Nun sieht man aus der 9ten Figur, daß die relative Geschwindigkeit von unten herauf abnimmt, von der Höhe des Mittelpunkts an, und auch die Geschwindigkeit des Wassers. Zum Beispiel, für den Punkt von  $45^\circ$  von H an ist die relative Geschwindigkeit =  $\sqrt{\frac{1}{2}}$  von der ganzen, oder  $0,7$  von  $6$  Schuh oder absolute  $4,2'$ . Dagegen ist die Höhe des Falls bis dahin =  $(1 - \sqrt{\frac{1}{2}}) \cdot 9 + 1 = 3,7'$  deren zukommende Geschwindigkeit ohngefähr  $14\frac{1}{2}$  ist, mithin nur um etwas weniges größer, als das dreifache von  $4', 2$ . Diß zeigt, daß das angenommene Rad etwa  $15$  Wendungen in einer Minute für einen Fall von  $10'$  machen darf.

Ich habe mir eine solche Tabelle für alle Winkel von  $5^\circ$  zu  $5^\circ$  bis auf  $135^\circ$  verfertigt, wo die relative und die mögliche Geschwindigkeit für diese 27 Punkte berechnet sind. Eine Tabelle, die viel dazu beigetragen hat, mir richtige Begriffe von der Wirkung des Wassers auf überschlächtige Räder zu geben. Da aber der Zweck dieses Werks zum Theil dahin geht, diese Art von Mühlräder abzuschaffen, so werde ich diese Tabelle, welche ziemlich weitläufig ist, nicht abdrucken lassen, da ich überhaupt die entbehrlichen Rechnungen vermeiden will.

Unter Q nimmt die relative Geschwindigkeit des Rades wieder ab, wie sie vorher zugenommen hatte: hingegen nimmt die mögliche Geschwindigkeit des Wassers immer zu. Mithin entfernt man sich wieder von dem Maximo. So ist z. B. bey  $135^\circ$  der Fall  $7\frac{1}{3}$  hoch, mithin die mögliche Geschwindigkeit  $= 21'$ , da die relative Geschwindigkeit des Rades, wie bey  $45^\circ$  nur  $4\frac{1}{2}$  mithin gerade nur  $\frac{1}{5}$  derselben.

Daraus sieht man, daß, wenn man die obere Helfte H Q des Rades in die Verhältnisse des Maximums versetzt, sich die untere sehr schnell aus demselben begiebt. Dabey ist zu merken, daß man selten dieser Regel folgt, sondern vielmehr die Geschwindigkeit des Rades gemeiniglich viel zu klein macht. Hingegen habe ich schon solche überschlächtige Wasserräder, doch selten, gesehen, wo die absolute Geschwindigkeit des Rades etwas über  $\frac{1}{3}$  der ganzen möglichen Geschwindigkeit des Wasserfalls war, wo mite-

hin

hin die relative Geschwindigkeit des Rades in den ersten  $45^\circ$  bald gleich, bald größer war, als die correspondirende mögliche Geschwindigkeit des Falls. Dort trug also das erste Halbviertheil gar nichts zur Wirkung bey.

### §. 18. Lehrsatz.

Es läßt sich nicht a priori bestimmen, welche Geschwindigkeit das überschlächtige Rad haben müsse, und wie groß dessen Behältniße seyn sollen, um das Maximum von Wirkung hervorzubringen.

#### Erläuterung.

Wir haben (§. 15) gesehen, daß ihre Tiefe  $\frac{2}{3}$  des Radius in gewissen Rücksichten seyn solle. Allein, da war die Geschwindigkeit nicht in die Rechnung gezogen. Denn eine solche Tiefe würde einen sehr langsamen Gang voraussetzen, welches nicht wohl statt haben darf. Anderer Seits würde die Geschwindigkeit der äusseren Theile des Behältnisses zu sehr die innern übersteigen, mithin kein schickliches Verhältniß der Geschwindigkeiten, welches ohnedem fast unerreichbar ist, möglich seyn. Macht man hingegen die Behältniße seicht, so laufen sie gleich über und verlieren bald ihr Wasser, welches auf eine unnütze Art fällt, wie fig. II zeigt.

In Rücksicht auf die Geschwindigkeit selbst, ob wir schon eine in jedem Fall vestgesetzt haben, so muß ich gestehen, daß eine solche Bestimmung nicht überall paßt. Denn, gesetzt man hätte eine solche

Wassersäule, die, vermöge dieser Regel, die Geschwindigkeit des Rades 12' bis 15' in einer Sekunde erhalten müßte, so entstünde eine solche Centrifugalkraft im Wasser, daß es ganz ausser den Behältnissen herausfließen würde, und wenn diese noch so tief wären, ehe es die Mitte des Rades, oder den Punkt E fig. 2, oder Q fig. VII erreicht hätte, welches so nachtheilig wäre, daß es vielmehr rathsam wäre, sich von dem besten Verhältnisse der Geschwindigkeiten zu entfernen, wodurch ein beträchtlicher Schaden entsteht.

Aus dieser Betrachtung sieht man, daß das oberflächliche Wasserrad auch für große Wasserhöhen untauglich ist, nemlich, daß dieses Werkzeug einen hohen Wasserfall und das nur schlecht benützt.

#### §. 19. Lehrsatz.

Da das Wasser nach und nach sich ausleert, so daß, von  $135^\circ$  an, alle Behältnisse leer sind, so darf man dem Druck des Wassers nicht ansehen, als wenn er einer Wassersäule Q A C E G gleich wäre, sondern als einer, welche höchstens  $\frac{2}{3}$  dieser Höhe hätte.

#### Erläuterung.

Wenn man noch so gut gemachte Behältnisse annimmt, so wird die Lage der Behältnisse und der Schwung den Ausfluß, wenigstens in E, das heißt, bey  $\frac{2}{3}$  von Q E G hervorbringen. Sehen wir nun das Wasser von E bis G als eine dreyeckigte prismatische Säule an, deren eine Seite e E, und Spitze in G,  
so

so wird das enthaltene Wasser nur die Hälfte seyn des Raums  $e E G g c$ . Dieser Raum aber ist  $\frac{1}{2}$ ; mithin ist der Verlust  $\frac{1}{2}$  dieser ganzen eingebildeten Säule. Diesen Satz bestätigt die Erfahrung nicht nur, sondern meine Beobachtungen an wirklichen Rädern, und noch mehr an meinem Modell, wo alles sich, besonders in dieser Rücksicht, wie im Grossen verhält, geben in den meisten Fällen einen grössern Verlust an. Weil aber ich die beste Satzung von Räder meistens als Muster nehmen will, so bleiben wir bey  $\frac{1}{2}$ , wie der Satz anzeigt.

### §. 20. Lehrsatz.

Man kann die Wirkung des Wassers auf dem oberflächtigen Rade ansehen, als wäre sie gleich der absoluten Wirkung, deren ein gleicher Wasserstrahl von der halben Höhe fähig ist. (Unter der Höhe verstehe ich von dem obersten Wasserstande bis auf den untersten Punkte des Rades.)

#### Erläuterung.

Diese Wahrheit fließt aus dem vorhergehenden. Ungeachtet der schönen Eigenschaft des oberflächtigen Wasserrads, daß die relative Geschwindigkeit mit der möglichen Geschwindigkeit des Wassers in ein ordentliches Verhältniß gebracht werden kann, so entfernt sich immer dieses Verhältniß von dem vortheilhaftesten sehr. Mithin ist da schon Verlust, welchen ich auf  $\frac{1}{10}$  schätze. Setzt  $\frac{1}{2}$  Verlust für den Ausfluß von  $0^\circ$  bis  $135^\circ$ , und für

E 5

den

den Widerstand des theils auf den Brettlein, theils auf der schiefen Ebene  $m n$  (Fig. II.) auffallendem Wassers. S. II. Lehrsatz. In gewissen Fällen kann er bis auf  $\frac{1}{2}$  steigen, wenn die Behältnisse klein, die Schwungkraft groß ist. Denn es kommt darauf an, wie hoch der Ausfluß anfängt, um zu bestimmen, wie viel davon fehlt, daß die Behältnisse nicht so voll seyn, als sie es könnten. Dazu kommt der Verlust von  $\frac{1}{2}$  für die letzten  $45^\circ$  von  $g$  nach  $l$ . Fig. II (Ich nehme  $\frac{1}{2}$  und nicht  $\frac{3}{20}$  des Durchmessers, welches der Sin. vers. von  $135^\circ$  ist, wegen der Behältnisse; denn, hört in  $g$  das Wasser auf, so muß die Höhe von  $g$  bis auf den Boden im Anschlag kommen. Addirt man die Werthe  $\frac{1}{20}, \frac{1}{5}, \frac{1}{5}$  so ist ihre Summe  $= \frac{5}{20} = \frac{1}{2}$ . Zwar ist diese Angabe nicht ganz genau, aber wenn ein Artikel hie und da schwächer angegeben werden kann, so wächst der andere desto stärker, so daß man doch sich ziemlich gut auf dieses Resultat verlassen darf. Allein, dieß sind noch nicht alle Fehler des obern schlächtigen Rads. Es sind noch zwey wichtige, die in Anschlag kommen müssen.

## S. 21. Lehrsatz.

Der Schwung des Wassers auf dem obern schlächtigen Rad vermindert die Wirkung der Schwere in den ersten  $45^\circ$  beträchtlich.

Erläut.

## Erläuterung.

Man kann sich davon durch das auffallende und begreifliche Beispiel derjenigen Flüsse überzeugen, die einen starken Strom in ihrer Mitte haben, indes die Seiten langsam fließen, oder beynah ganz still stehen. In der Mitte, oder wo der Strom am schnellsten ist, erhebt sich das Wasser bis auf etliche Schuh Höhe über das übrige fast ruhende Wasser. Durch dessen Geschwindigkeit ist jenes gleichsam leichter worden, als dieses nebenstehende. Mithin drückt dieses jenes in die Höhe. Findet nun eine so große Wirkung, nemlich die Erhebung des schnellen Wassers um mehrere Schuhe, in Flüssen statt, welche nie 4' Geschwindigkeit in einer Sekunde haben, so muß eine mehr als doppelte erfolgen, bey Mühlrädern, welche meistens 6' Geschwindigkeit in einer Sekunde haben, weil jene Wirkung sich wie die Quadrate der Geschwindigkeiten verhalten. Also wird auf dem oberschlächtigen Rad das Wasser durch den Schwung wirklich merklich leichter. Doch ist die Größe dieses Verlustes nicht leicht zu bestimmen. Er hängt von der Geschwindigkeit des Rades, von der Vertheilung des Wassers auf den ersten 90° und von der Richtung des Schwungs in jedem Punkte der Peripherie ab. Er mag  $\frac{1}{5}$ , oft  $\frac{1}{10}$ , zuweilen auch  $\frac{1}{8}$  der ganzen Kraft ausmachen.

## S. 22. Lehrsatz.

Das oberflächliche Rad muß der Wassersäule, welche es trägt, seine ganze Geschwindigkeit mittheilen, oder das Wasser muß vorher diese Geschwindigkeit erhalten, ehe es auf den Behältnissen auffällt.

## Erklärung.

Ein neuer Fehler der oberflächlichen Räder, den sie mit den unterschlächtigen gemein haben; hier ist dieser Fehler nicht so merklich, als dort, weil man ihn nicht durch den Schaum des Wassers wahrnehmen kann. Allein er ist nichts destoweniger wirklich vorhanden; doch hier kleiner, als bey den unterschlächtigen Rädern. Denn da wir die Geschwindigkeit des Rads  $= \frac{1}{4}$  der möglichen ganzen Geschwindigkeit des Wassers gemacht haben, so beträgt der Verlust nur  $\frac{1}{8}$  der ganzen Wassersäule. Will man diesen Verlust heben, so lasse man das Wasser erst die Geschwindigkeit erlangen, welches ebenfalls einen unnützigen Fall von  $\frac{1}{8}$  erfordert.

## S. 23. Lehrsatz.

Es muß ein Raum zwischen dem Rade und dem Boden zum Abfluß des Wassers gelassen werden, oder das Rad leidet einen Widerstand um sich aus dem Wasser herauszuarbeiten.

## Erläuterung.

Diese Wahrheit ist unstreitbar. Nur muß ich bemerken, daß dieser Raum beträchtlich seyn, oder



oder der Boden R. R. einen starken Fall haben muß, weil das Wasser gar keine horizontale Geschwindigkeit hat, um so mehr, da man meistens das Wasser in der Richtung R R abfließen läßt, da das Rad die Richtung K R hat. Auch ist die Tiefe der Schaufeln in dieser Rücksicht nachtheilig.

### Corollarium.

Aus diesen 12 Sätzen über die oberschlächtigen Wasserräder folgt, daß man bey dieser Art von Rädern auf nicht viel mehr, als auf  $\frac{1}{3}$  der Wirkung der gegebenen Wassersäule, rechnen kann.

Daraus kann man allerdings schließen, daß das oberschlächtige im Durchschnitt noch unvortheilhafter ist, als unsere gewöhnlichen unterschlächtigen. Doch ist es nicht zu läugnen, daß manches unterschlächtige Rad dennoch so gebaut ist, daß ein auf's Beste eingerichtetes oberschlächtiges eben so viel, wo nicht vielleicht etwas mehr Wirkung haben möchte. Allein die Meinung, daß ein oberschlächtiges Rad durchaus und caeteris paribus mehr taue, als ein unterschlächtiges, ist schlechterdings falsch und verwerflich. Diese meine Behauptung gründet sich theils auf die angeführten Grundsätze, theils aber auch auf unwidersprechliche Erfahrungen. Sind diese Gründe für irgend einen meiner Leser nicht überzeugend, so nehme er sich die Mühe, zwey Mühlen, eine oberschlächtige, und eine unterschlächtige auszusuchen, deren Steine gleich groß und schwer, und gleich fein malen. Er zähle die Anzahl der Revolutionen

tionen

tionen in beyden, messe die Wasserströme der Dicke und Höhe nach, mache alsdann die Vergleichung. Ich wette immer 20 gegen 1, daß der Vortheil auf der unterschlächtigen Mühle ist. Der neueste Schriftsteller, der diesen Gegenstand zwar nur flüchtig bearbeitet hat, ist Herr Burja aus Berlin, in seiner Hydraulick. Er räumte den oberschlächtigen Rädern noch den Vorzug ein. Wie wenig hinreichend aber seine Rechnungen seyn, zeigt diese Abhandlung. Ueber diese Vergleichung der unter- und oberschlächtigen Räder habe ich gegen 20 Seiten in Folio von Berechnungen, theils Formeln, und theils Tabellen da, wo die Infinitesimal- Rechnung nicht zureichte. — Mit ein paar Seiten in 8<sup>vo</sup> läßt sich die Sache nicht abmachen. — Wäre ich nicht in allen Puncten theoretisch im Reinen gewesen, so hätte ich jene practische Erörterung, welche zu dieser Schrift den Anlaß gegeben hat, nicht auf meine Gefahr unternommen.

Zu Ende dieser Abhandlung über die alten Wasserräder, muß ich noch ein Wort über die vermischtschlächtigen Räder sagen, weil dieser Gegenstand in Sachsen einen Streit verursacht hat, dessen noch nicht vollbrachte Benlegung schon 16000 Thaler gekostet haben soll. Ich habe nirgends die Acten dieses Prozesses gesehen. Nur habe ich gehört, daß die eigentliche Frage folgende seye. Ob das Wasser eines hohen Wasserfalls nicht besser mit einem ober- und unterschlächtigen Rade zugleich,

gleich, als blos mit dem ersten benutzt werden könne, oder nicht.

Diese Frage beantworte ich bejahend. Doch es kommt alles auf die Art an.

Wenn man das heißt, das Wasser ober, und unterschlächtig benutzen, daß man von E an Fig. II ein Gerinne um E G H K anlege, solcher Gestalt, daß das ausfließende Wasser darinn gefangen werde, und auf das untere Brettlein unterschlächtig drücke, wie ich es, (so viel ich glaube), in Nauheim gesehen habe, so muß ich gestehen, daß ich keinen Nutzen von dieser Einrichtung sehe. Denn hier haben wir nur die Fehler der beiden Arten nicht nur gehäuft, sondern den größten, den Mangel an gehörigem Verhältnis der Geschwindigkeiten, erhöht. Denn, wenn man das untere Wasser benutzen will, so muß das Verhältnis der obern Geschwindigkeiten sich ändern, und mithin von dem Maximum noch weiter abgehen. Ausserdem muß man bedenken, daß wenn z. B. das Rad  $\frac{1}{3}$  an Geschwindigkeit hat, und der Strom unten I, so wird er zu einer dreysfachen Dicke aufschwellen. Da nun das Rad innwendig zu ist und seyn muß, so wird, wenn die Behältnisse nicht mehr als das dreysfache Wasser halten können, der Strom sich stemmen, und das Rad bey K I H heben, mithin dessen Gang verzögern. Endlich ist jede Figur von Behältnissen, als Schaufeln eines unterschlächtigen Rads angesehen, unvortheilhaft. Mithin ist nicht viel, vielleicht gar nichts von dieser

dieser

dieser Besserung zu hoffen, besonders, (welches der Fall ist), wann sich viele Luft in das Gerinne einmischt.

Hingegen, wenn man einen Mechanismus braucht, wodurch das Wasser sich bey E ganz ausgießt in ein dabey stehendes Behältniß und die übrige halbe Höhe zur unterschlächtigen Bewegung eines andern Rads braucht, dann kann Vortheil heraus kommen. Das Rad kann an der nemlichen Welle befestigt seyn, noch besser aber thut man daran, wenn man das unterschlächtige Rad dem oberschlächtigen gegen über anlegt, und beide aufeinander wirken läßt durch Zahnräder, die ungleiche Durchmesser haben.

Durch die letzte Einrichtung können die Geschwindigkeiten des ober- und unterschlächtigen Rads mit den möglichen Geschwindigkeiten des Wassers in ein besseres Verhältniß gesetzt werden, weil man auf das Wasser unter  $90^\circ$  keine Rücksicht zu nehmen braucht.

So kann allerdings das umsonst auffallende Wasser des oberschlächtigen Rads mit Nutzen gebraucht, und so die Wirkung des Ganzen erhöht werden.

Allein, welche Mühe als man sich geben mag mit ähnlichen Einrichtungen, so darf man nicht hoffen, auch nach dem besten Erfolge und mit Anwendung aller Kosten ganz  $\frac{2}{3}$  der Wirkung

fung

fung zu erhalten, deren der gegebene Strom absolut fähig ist. Ohnehin sind die oberflächlichen Räder für sehr hohe Wasserfälle unbrauchbar. Nur Vereinfachung der Maschine kann dem Zwecke näher kommen.

Dahin läuft die Folge dieser theoretischen Abhandlung, welche die Beschreibung des Wasserrads enthält, wie ich es ausgebildet habe.



D

Zwey

## Zwentes Kapitel.

## Theorie des neuen Rades.

Wir haben gesehen, daß das oberflächliche Rad nicht anders würkt, als das unterflächliche, daß das Wasser auf beyden bloß vermöge seiner Schwere, und nicht Stoßweise drücke. Michin kann der Schluß leicht gemacht werden, daß nicht zwey Mechanismen zum Gebrauch dieses Drucks angewendet werden sollen, weil gewiß der eine vor dem andern theoretisch einen Vortheil haben muß, michin dieser vorzuziehen sey. Diese Wahrheit haben wir in der Vergleichung der ober- und unterflächlichen Räder buchstäblich bestätigt gefunden, indem das unterflächliche einen wirklichen Vortheil vor dem oberflächlichen caeteris paribus habe. Allein, dabey einem hohen Fall ein sehr grosses Rad erfordert würde, wenn das Wasser auf die alte Art unterflächlich gebraucht werden sollte, so mußte man in solchen Fällen oberflächliche Räder vorziehen, indem sie weniger, als den halben Durchmesser der unterflächlichen, haben müssen, um einen Fall von gleicher Höhe zu benutzen. Noch kam dazu der Umstand, daß bey hohem Fall und wenig Wasser die Construction des unterflächlichen Rads weit mehr Genauigkeit erforderte, um nicht einen beträchtlichen

Theil

Theil des Wassers zu verlieren. So entstand allmählig das Vorurtheil für das oberflächliche Rad. Noch mehr; Als vernünftigerer Mechaniker, durch die Betrachtung beyder Arten von Rädern, auf die Vermuthung kamen, daß das oberflächliche Rad nicht so entschieden vortheilhafter wäre, als das unterschlächtige, und Proben deshalb angestellt wurden, fielen sie zum Nachtheil dieser, und zum Vortheil jener aus, wodurch die Sache nun in den Augen aller entschieden zu seyn schien. Allein, man bedachte nicht, daß man in der Construction hierinnen sehr fehlte, und zwar folgendermassen: Die Mühlärzte haben gewisse unbestimmte Regeln, wornach sie sich in der Bestimmung der Verhältnisse der Theile des Mühlwerks richteten. Diese Bestimmung bringt meist eine gewisse Geschwindigkeit des Rads heraus. So habe ich bey unterschlächtigen Mühlen meist gefunden, daß das Rad, es mag groß oder klein seyn, der Fall hoch oder niedrig, zwischen 9 und 12 Revolutionen in einer Minute mache, wenn das Rad sein volles Wasser hat. Aus dem vorhergehenden ist es nun leicht begreiflich, daß eine solche Einrichtung unmöglich allgemein passend seyn kann. Bey den oberflächlichen Rädern hat es weniger Bedeutung, weil die Verhältnisse nach Verhältniß dem umgekehrten Verhältniß der Geschwindigkeit des Rads mehr und weniger gefüllt werden. Will man hingegen diese bestimmte Anzahl von Umdrehungen des Rads bey unterschlächtigen Rädern, einem hohen Falle und wenig Wasser hlneln zwingen, so findet sich immer

D 2

des

der Widerstand zu groß, und die Geschwindigkeit des Rads zu klein. Ist z. B. die Anzahl von 10 Umdrehungen in einer Minute für einen Fall von drei Schuh passend, so muß für einen Fall von 12 Schuh diese Anzahl bis 20 steigen, wenn die Durchmesser der Räder gleich sind. Mithin muß der Widerstand, auf dem Mittelpunkt der Schaufeln berechnet, nur halb so groß seyn, als beim unterschlächtigen, damit er zweymal so geschwind bewegt werden könne. Ist es nicht, so kann das Rad entweder gar nicht oder nur sehr schwach gehen, welches in den angestellten Versuchen der Fall war. — Daraus folgt nun, wie aus der vorangeschickten Theorie der alten Wasserräder, daß, obschon die oberschlächtigen Räder in der gewöhnlichen Praxi den Lorbeer errungen haben mögen, er ihnen theoretisch nicht zugehört, und es bleibt immer wahr, daß (caeteris paribus) das unterschlächtige den Vorzug verdiene.

Dies sey die letzte Erwähnung dieser Streitfrage, welche, im Ganzen genommen, für uns nicht wesentlich ist. Sie diene uns nur dazu, den Satz zu bekräftigen, daß der Druck des Wassers mittels zweier Mechanismen nicht gleich vortheilhaft gebraucht werden könne. Allein dieser Druck selbst ist nicht die beste Art, die Wirkung eines Wassers, mittelst eines Rades, zu benutzen, wie wir es gesehen haben, sondern nur der Stoß allein hat diese Eigenschaft.

Also



Also streichen wir von nun an die Wörter, überschlächtiges Rad, unterschlächtiges Rad, aus dem Lexicon der Hydraulik aus, oder lassen solche nur als Namen von Alterthümern stehen. An deren Stelle trete das verbesserte Rad, welches wir das Stoßrad heißen wollen, oder schlechtweg das Mühlrad. Dieses neue Rad soll nun die Stelle beyder Arten von alten Rädern einnehmen, nemlich jeden Wasserfall, den höchsten von 50 Schuh und noch mehr bis 20, den mittlern von 20 bis 10, und den kleinen von 10 bis auf wenige Zolle; ja sogar den bloßen Lauf eines Flusses benutzen. Ehe ich weiter gehe, muß ich noch einer Einwendung begegnen, die minder Verständige mir machen möchten. Ich habe nemlich in der Vorrede den Satz: Non datur maximum absolutum et universale aufgestellt, und daraus möchte man schließen, daß eben und derselbe Mechanismus für so verschiedene Wasserhöhen unmöglich der beste seyn könne. Man nehme aber auch den Satz dazu, daß die Bestimmung der Theile einer Maschine meist noch mehr auf die Wirkung Einfluß habe, als die Auswahl des Mechanismus. Solang die Wirkungsart des Wassers sich selbst gleich bleibt, und solang das Gesetz seines Stosses dasselbe bleibt, solang darf und muß derselbe Mechanismus bleiben. Nur soll das Verhältniß der Theile der Maschine, nach der Größe des Falls, der Quantität des Wassers und der Größe des Widerstands, sich richten. Und dieß wollen wir

treulich bewerkstelligen, besonders soll der praktische Theil dieser Schrift dazu angewendet werden.

### Die Hauptfehler der bisher gebrauchten Mühlräder sind folgende:

Des unterschlächtigen.

- 1) Das Wasser wirkt auf demselben Druckweise, äussert mithin nicht die ganze Kraft seines Falls auf den Schaufeln.
- 2) Das Rad läuft im unbegrenzten Strome; zieht also nicht allen Vortheil aus dem auf die Schaufeln drückenden Wassers.
- 3) Dieses Rad benützt nicht alles Wasser, das im Gerinne abläuft, weil die Schaufeln nicht ganz im Gerinne passen.
- 4) Die Schaufeln leiden einen Widerstand bey ihrem Eintritt in den Strom.

Des obereschlächtigen.

- 1) Das Wasser wirkt auf demselben Druckweise, äussert mithin nicht die ganze Kraft seines Falls auf den Behältnissen.
- 2) Es kann nicht die halbe Peripherie des Rads mit Wasser angefüllt werden, sondern höchstens  $\frac{3}{4}$  derselben, das Wasser fällt bei  $135^\circ$  ohne weitere Wirkung vollends ganz ab.
- 3) Da, wo das Wasser die größte Hebellänge erreicht hat, sind die Behältnisse schon zum Theil leer.
- 4) Die Behältnisse können nicht tief genug gemacht werden.
- 5) Sie

- 5) Sie leiden einen Widerstand bey ihrem Austritt aus dem Strom.
- 6) Das Rad muß dem Strome seine eigne Geschwindigkeit mittheilen, oder der Strom muß selbige erhalten, ehe er auf's Rad kommt: In beyden Fällen ein Verlust.
- 5) Die Schwungkraft des Rads schleudert das Wasser aus den Behältnissen.
- 6) Die Schwungkraft des Rads ist für die Wirkung des in den Behältnissen enthaltenen Wassers, nachtheilig.
- 7) Es muß ein Raum zwischen dem Rade und dem Boden zum Abfluß des Wassers gelassen werden, oder das Rad leidet einen Widerstand, um sich aus dem Wasser herauszuarbeiten.
- 8) Das Rad muß dem Wasser seine eigne Geschwindigkeit mittheilen, oder der Strom muß selbige erhalten, ehe er auf's Rad kommt. In beyden Fällen ist Verlust.

Hingegen sollen bey dem neuen Rade folgende Eigenschaften, die nur in Rücksicht auf die alten Räder der Vollkommenheiten heißen können, statt finden.

Das Wasser wirkt auf demselben Stoßweise,

Das Rad läuft im vollkommenen begränzten Ströme.

Das Rad verliert keinen Tropfen Wasser.

Die Schaufeln leiden den kleinsten Widerstand bey dem Eintritt in's Wasser.

Sie leiden gar keinen bey dem Austreten aus dem Ströme.

Das Rad erhält ganz seine Geschwindigkeit vom Strom, und theilt ihm keine mit.

Die Schwungkraft des Rads bringt der Wirkung des Wassers keinen Nachtheil, sondern Vortheil.

Das neue Rad kann keinen der Fehler des oberflächigen Rads haben.

---

Das neue Rad oder das Stoßrad wird in Fig. VIII und IX vorgestellt. Es besteht aus zweyen zirkelförmigen Zonen oder flachen Reifen A E P Q R, welche einander parallel stehen, und in ihrem Zwischenraum die erforderliche Anzahl von Schaufeln tragen. Es sieht dem Staberrade ganz ähnlich.

Das Gerinne besteht aus drey Haupttheilen, und ist in Fig. X. perspektivisch, in Fig. VIII. und

und

und IX. im Durchschnitt, und in Fig. XI im Grundriß vorgestellt.

Der erste Theil, oder das Gerinne, ist derjenige, den man in Fig. VIII. durch M K F G H M im Durchschnitt sieht, oder M K G F F G K M in Fig. X. und XI. sieht. Sein Vordertheil M K ist zirkelförmig zugeschnitten, nach dem Rade, doch mit einem etwas grössern Radius, dessen Breite M M ist, gerade der innern Breite des Rades gleich, oder um etwas weniges kleiner. Dessen Anfang M H Fig. VIII, M K F. II, welcher so lang ist, als die Distanz der äussersten Punkte zweier Schaufeln, ist geradlinicht und horizontal. Die Linie M H Fig. VIII. ist der tiefste Horizont des Wassers. Der übrige Theil, H G F, des Gerinns, ist krummlinicht, und zwar der untere Theil bis zu  $\frac{3}{4}$  der Höhe sollte cycloidisch, und der oberste Theil parabolisch seyn, und zwar so, daß diese zwey krummen Linien einander berührten. In der Praxi kann man zwar die Construction dieser krummen Linie, wenigstens der letzten, nicht leicht erwarten. Allein, statt dessen kann man sich begnügen, die Linie F D B fig. XXI nachzuahmen, mit der Bemerkung, daß die horizontale Weite von A nach Y fig. VIII ohngefähr drey mal die absolute Höhe F Y des Falls haben muß. Die Höhe des Gerinnes ist bey K um  $\frac{1}{2}$  grösser, als die Höhe der Schaufeln. S. Fig. X. Sie nimmt aufwärts immer zu, weil der Wasserstrom oben immer dicker ist, als unten.

Der zweite Theil, oder die Gränze, besteht aus zween Backen, deren Aufsriß  $KVIOAK$  in fig. VIII und Grundriß  $OL, OL$  fig. XI. Ihre Verbindung mit dem Ganzen nebst ihrer Form zeigt fig. X. Sie stehen in einer gewissen Distanz. Etwa 3 — 4 Zoll von  $KM$ . Der Zwischenraum wird durch ein oder mehrere Bretter ausgefüllt, welche ganz in der Form  $MK$  fig. X zugeschnitten sind, so daß  $MK$  eine zirkelförmige platte Fläche vorstelle. Der Theil  $NM$  der Gränze ist zirkelförmig zugeschnitten, mit dem nemlichen Radius, als  $KM$ . Die Länge dieses Theils ist der Entfernung zweer Schaufeln gleich. Damit aber dieses geschehen könne, so muß der Grund um so viel ausgehöhlt werden, damit der Boden der Gränze gleichfalls zirkelförmig gebaut werden könne. Dieser Punct kommt in die Höhe von  $M$  zu stehen, so daß die Linie  $HT$  fig. VIII. überall horizontal, nur nicht zwischen  $NM$ , ist. Ueber  $NM$  in  $IV$  ist die Gränze auch zirkelförmig, aus dem nemlichen Mittelpunct. Die Linien  $IO$  und  $VM$  sind auf demselben gerichtet. Die Aushöhlung  $NMMN$  fig. X und XI kann  $OO$  um etwas überschreiten, aber nicht nach Willkühr.

Der dritte Theil, oder das Behältniß, ist im Aufsriß Fig. VIII. durch  $TH$  in fig. X und XI perspectivisch, und im Grundriß durch  $THKKHF$  vorgestellt. Es ist nichts anders, als ein Kasten, in  $TT$  ganz offen, in  $KK$  ganz aufgeschnitten, in  $NMMN$  durchbrochen, um die beschriebene Wölbung

bung

lung der Gränze zu empfangen. Der Querschnitt in  $KK$  ist so, daß er das Gerinne ganz vollkommen passend faße. Dessen Breite  $HH = TT$  ist dreymal die Weite  $KK$ . Dessen Länge ist beynahe willkürlich. Doch mag sie im Durchschnitt so angenommen werden, daß  $NN$  gerade in der Mitte sey. Daben reicht  $K$  Fig. XI ohngefähr um die Schaufelhöhe über  $LL$  hinaus. Man richtet die Sache so ein, daß die Brettlein und der Backen  $IL$  Fig. X bis nach  $K$  reichen, welches nur in Fig. X, nicht in Fig. XI, angezeigt ist. In der untern halben Länge verliert das Behältniß seine halbe Höhe. Endlich ist noch zu bemerken, daß das Rad auf jedem seiner Backen oder Zonen einen schmalen Reif innwendig oder auf dem kleinen Zirkel trägt, der innerhalb ganz und gar nicht vorragt, aufferhalb aber bis über die Gränze auf beyden Seiten. Allein, dieser Reif soll deshalb die Höhe oder die Breite der Zonen nicht vergrößern, sondern die Zone mit samt dem Reif darf die Schaufelhöhe nicht überschreiten, deswegen wird die Gränze in  $IV$  um so viel niedriger gemacht.

So die Beschreibung dieses Gerinns überhaupt, woben ich anmerken muß, daß nur das eigentliche Gerinne, oder, der erste Theil wesentlich ist, die zwey übrigen, die Vertiefung  $NMMN$  ausgenommen, können bey einem etwas beträchtlichen Fall entbehret werden. Bey sehr kleinem Fall, wie nur von etlichen Zollen, ist es nöthig, sie bezubehalten. In den Fällen, wo  
sie

sie ausgelassen werden, sieht man die Vertiefung NM als eine Fortsetzung des Bodens des Gerinnes an.

Allein dieses eben beschriebene Gerinne, FGHM mit seinen Krümmungen, ist selbst nicht wesentlich. Ja es soll nur in den mittlern Fällen gebraucht werden, wo die Wasserhöhe 1 Schuh bis 4 Schuh beträgt, und bey Cascaden, wo der Fall 5, 10, 20, 30 und noch mehr Schuh beträgt, muß man die Einrichtung, die Fig. IX. zeigt, benutzen, Daben nemlich ist der vordere Theil des Gerinns MKH, wie vorher, auch die Gränze und Behältniß ebenfalls. Hingegen ist der übrige Theil KG ganz horizontal, und oben offen. Das Wasser kommt in dieses Gerinne durch eine vertikale, viereckigte flache Röhre UY, welche zur Dicke GX 5 bis 6mal die Dicke des Ausflusses oder die Schaufelhöhe, und zur Breite drey mal die Breite der Schaufel hat. Die Höhe dieser Röhre ist überhaupt so, daß das Wasser SY in demselben horizontal stehen könne, hingegen reicht die Röhre immer etwas tiefer, als die Oefnung G, wie die Figur anzeigt. Kann es ohne grosse Kosten geschehen, so macht man diesen Ueberschuß an Tiefe 4—5mal so groß, als die Höhe der Schaufel. Der Zweck dieser Dimensionen der Röhre ist, daß das Wasser die geringste Friction an die Wände leide, und daß der Strom YUG die Richtung wählen könne, welche den geringsten Widerstand mit sich bringt. In den Fällen eines  
 äusserst



äußerst hohen Falles und eines geringen Wassers legt man vor S ein Behältniß, vermöge welchen man das doppelte Wasser geben könne, und nur bey Tag zu arbeiten brauche. Die Oefnung in G hat die nemlichen Dimensionen, als die Schaufeln. Doch muß sie vermehrt und vermindert auch ganz geschlossen werden können. Dazu dient die Thür a, welche man durch die hölzerne oder eiserne Stange a c b, auf und nieder stossen kann, nach Willkühr. Bey b wird eine Eintheilung angebracht, nach welcher man sieht, um wie viel man auf, oder zuschließt. Der Druck der Wassersäule wird sie gänzlich verschließen, wenn anders sie und die Oefnung platt gehobelt sind. Auch kann die Thür mit einer dünner und gleichen Korkschichte belegt werden.

Jene Vorrichtung, wie in Fig. VIII. wollen wir eine Fallmühle heißen, diese eine Säulenmühle. Beide haben theoretisch gleiche Vortheile, nur in gewisser Rücksicht ist diese oder jene vorzuziehen. Dieses wird sich in folgender Theorie entwickeln.

### S. 1. Lehrsatz.

Die Friction des Wassers (aller unelastischen Fluide) folgt nicht das Verhältniß des Drucks, sonder nur das Verhältniß der berührten Flächen und der Geschwindigkeiten.

Demon.

## Demonstration.

Das Wasser sehen wir als ein unelastisches Fluidum an, weil hier blos vom Druck die Rede ist, und kein Druck bis jetzt dieses Fluidum zu comprimiren vermochte. (\*)

Es

\*) Es ist lächerlich mit Halle, zu glauben, man habe das Wasser um  $\frac{1}{11740}$  seines Raums zusammengepreßt, nicht minder aus den Versuchen des Engländers Canton, der mittelst eines Drucks, der dem gedoppelten Druck der Atmosphäre gleiche, (philos. trans. 1762.) das von der Luft gereinigte Wasser um  $\frac{1}{10870}$  seines Raums gepreßt haben will, auf die Elasticität des Wassers zu schließen. Wem ist es noch unbekannt, daß jedes metallene Gefäß bey solchem Druck sich immer ausdehne, und daß das compacteste Metall in seinen Poren Wasser aufnehmen könne? Die durch den Professor Zimmermann angezeigte Zusammenpressung des Brunnenwassers um  $\frac{1}{28}$  verdient keine Widerlegung. Der Herr Professor irrte in der Berechnung seiner Maschine.

Gründlicher ist der Einwurf wider die Nichtelasticität des Wassers, den man von dem Apprelen desselben herleitet, wenn Wasser auf Wasser stößt. Allein, wer hat dieses Experiment im luftleeren Raume vorgenommen? Und dieß ist nothwendig, um einen Schluß auf's reine Wasser ziehen zu können. Das Wasser und die Luft zeigen  
eine

Es sey  $c d$  eine Wasserschichte, welche auf der Ebene  $a b$  reibt. Die obern Schichten, indem sie sich wechselseitig auf  $c d$  drücken, können weder dessen Theile der Form nach ändern, noch eine grössere Berührung hervorbringen, denn sie treten nicht näher zusammen, folglich entsteht keine grössere Adhäsion.

eine merkliche Attraction gegen einander. Mithin kann die Letzte, (oder es können die letzten) Luftschichten, welche die horizontale Fläche des Wassers berühren, nicht weichen, wenn anders Wasser fällt. Diese Schichten finden sich also zusammengepreßt, zwischen den stossenden und den gestoßnen Wassertheilen, und diese äussern eine Elasticität, und treiben das Wasser zurück. Daß ein großer Theil des Phänomens daher rühren müsse, ist nothwendig. Ob das Phänomen ganz verschwinde, oder beynahе ganz im Luftleeren Raume — — — das muß die Erfahrung beweisen, dann erst kann nach Beschaffenheit der Umstände ein Schluß gezogen werden.

Unterdessen sind wir berechtigt zu glauben, daß das Wasser sich bey jedem Drucke unelastisch bezeige. Ob bey dem Stöße? — ist noch auszumachen. Die Analogie spricht indessen — ja.

Die Fortpflanzung des Schalls im Wasser beweiset mehr gegen, als für die Elasticität des Wassers; das Wasser enthält Luft, und zwar im elastischen Zustande, nicht nur, was die Luftpumpe und das Feuer heraus locken, sondern wahrscheinlich viel

sion. Nur nistet sich eine größere Menge von Wasser in den Poren der Fläche, oder man kann sie ansehen, als hätte die Schichte c d mehr oder minder die Stelle der Schichte a b eingenommen. Man reibt eigentlich die Schichte c d auf der Schichte a b, und nicht mehr auf der Ebene a b, wenigstens nicht mehr und nicht minder, als vorher. Nun ist die Adhäsion zwischen c d und a b nicht vermehrt, folglich auch die Friction nicht, es mag die Anzahl der drückenden Schichten groß oder klein seyn. Folglich folgt die Friction nicht das Gesetz des Drucks, sondern nur der berührten Flächen, welches offenbar ist. Besonders muß das Gesetz der Geschwindigkeit beobachtet werden, da hier kein Biegen und Einbrechen der Theile statt findet. Die Luft hingegen und die elastischen Fluida folgen einiger Maßen das Gesetz

des  
 viel mehr, aber in kleinere Massen vertheilt, welche das Feuer seiner zu geringen Anhäufung im Wasser halben nicht befreyen kann. Wir sind also berechtigt, das Wasser anzusehen als ein Fluidum, das durchaus mit elastischer Luft imprägnirt ist; diese Luft bildet in demselben gleichsam Canäle in allen Richtungen, welche den Schall um so vollkommener fortpflanzen müssen, je enger sie sind, und demnach sollte der Schall einer Stimme unter dem Wasser betäubend seyn. Er ist es aber nicht, und die Ursache kann nur der Nichtelasticität des Wassers zugeschrieben werden, welches gleichsam die Hülle der Luftkanäle

aus

des Drucks, weil durch den Druck eine Compression entsteht, mithin Näherung der Theile oder Vermehrung der Berührungspunkte. Folglich wird die Adhäsion, also auch die Friction vermehrt. Denn Friction der Fluida ist, (wie ich in den zweckmäßigeren Luftreitzgern gezeigt habe), höchst wahrscheinlich nichts, als eine Function der Adhäsion der Theile des Fluidums unter sich. Hätte ich paradox seyn wollen, so hätte ich den Satz aufstellen können, daß die Friction das umgekehrte Gesetz der Höhe der drückenden und reibenden Wassersäule folge. Weil da der absolute Druck nie einer, und derselbe bleibt, und dabey, durch die Adhäsion der Fluida, einer größern bewegten Masse mitgetheilt ist, so hat jede Schichte desto weniger zu überwinden, je mehr Schichten da sind. Allein die bloße Wahrheit hat nur zu oft das Schicksal der Paradoxen. Je einfacher

ausmacht. Mithin spricht die Fortpflanzung des Schalls im Wasser, weil sie nur mittelmäßig ist, eher wider die Elasticität des Wassers, als für dieselbe.

Das Resultat wäre also meines Erachtens, daß das Wasser nicht compressibel ist. Daß es nicht elastisch sey, wollen wir noch nur hypothetisch glauben, bis der oben vorgeschlagene Versuch es entschieden hat. — Denn Incompressibilität (für unsere Sinnen) und Elasticität vertragen sich ganz gut, indem Elasticität nur eine physisch unendlich kleine Compression erfordert.

Ⓔ

facher sie dargestellt wird, desto leichter findet sie vielleicht Eingang.

### S. 2. Lehrsatz.

An und für sich genommen, ohne Rücksicht auf Friction, ist die Geschwindigkeit des Wassers unter dem Rade der Fallmühle von den untern Schichten kleiner, als von den obern.

### Demonstration.

Es ist eine irrige Meinung, die manche hegen, daß sie glauben, eine Wassersäule, die auf einen Strom senkrecht drücke, mehre die Geschwindigkeit. Wenn die Schichte V durch ihren Druck den Gang von DL fig. IX links von A befördert, so hindert sie ihn rechts von A eben so stark. Mithin heben sich die zwey Wirkungen. Hingegen fig. VIII. fällt die obere Schichte von einer absolut größern Höhe herab, als die untere, weil die Dicke des Stroms in F grösser, als in A, ist. Folglich muß ihr Stoß größer seyn, als der der untern Schichten.

### S. 3. Lehrsatz.

Praktisch genommen, ist in beyden Arten von Mühlen, Fallmühlen und Säulenmühlen die Geschwindigkeit der obern und untern Schichten bey nahe gleich.

### Erläuterung.

Bei der Fallmühle trägt die Friction mit dem höhern Fall zum Nachtheil der untern Schichten bey. Allein die Adhäsion der Theile des Fluidums,  
oder

oder vielmehr die Friction der Schichten aufeinander, und der Druck der obern Schichten auf den untern, da wo das Gerinn nicht horizontal ist, ersetzt das Gleichgewicht beynahe ganz, wenn die Dicke des Stroms nicht allzugroß ist; doch bleiben immer die obern Schichten die schnellsten, aber nur sehr wenig.

Ben der Säulenmühle hingegen haben die untern Schichten an und für sich eine grössere Geschwindigkeit, weil sie durch eine höhere Wassersäule gedrückt werden. Hingegen benimmt ihnen die Friction des Bodens einen Theil dieses Ueberflusses. Die Friction der Schichten unter sich, (denn es entsteht eine Friction dieser Schichten unter sich, wenn einige eine grössere Geschwindigkeit haben, als andere), trägt auch noch zur Ausgleichung bey. Dennoch, besonders wenn die Oefnung hoch ist, behalten die untern Schichten eine grössere Geschwindigkeit.

#### §. 4. Lehrsatz.

Ben sehr geringen und ben sehr hohen Wasserfällen ist die Säulenmühle vorzuziehen.

#### Beweis.

Wir haben in dem vorigen gesehen, daß die Geschwindigkeit des stossenden und des gestossenen Körpers ein gewisses Verhältniß zu einander haben müssen, um die größte Quantität der Bewegung von jenem auf diesen zu übertragen. Dieß muß auf jedem Punkte einer Schaufel angewendet werden. Da von dem Mittelpunkte an die entfernten Punkte

eine größere Geschwindigkeit haben, so sollte auch das untere Wasser diese haben. Nun ist jener Unterschied der Geschwindigkeit in der Schaufel bey hohen Schaufeln, das heißt, bey sehr niedrigem und dickem Falle, immer beträchtlich. Michin muß man da die Säulenmühlen vorziehen, woben die untern Schichten die größere Geschwindigkeit haben. Ist der Fall sehr nah, so ist der Unterschied der Geschwindigkeiten der Schichten unbeträchtlich, welches auch bey den Fallmühlen ist. Allein bey hohen Fällen würde die Einrichtung einer Fallmühle zu viel Platz nehmen, und eine zu große Friction hervorbringen, da die Friction mit der Fläche nicht mit dem Drucke wächst. Michin zieht man auch hier die Säulenmühlen mit Recht vor, da hingegen für mittlere Fälle die Fallmühle, in Rücksicht auf die Wirkung, als theoretisch gleich gut angesehen werden kann, hingegen leichter zu construiren und zu erhalten ist.

#### Anmerkung.

Es hat ein französischer Schriftsteller eine Vergleichung zwischen einem fallenden Wasser und einem durch eine Säule getriebenen angestellt, und hat diesem den Vortheil im Stöße eingeräumt, und zwar aus folgender Ursache:

Ben dem fallenden Wasser ist die Geschwindigkeit aller Schichten diejenige, welche den unterschiedenen Höhen, von welchen sie herabgefallen, zugehört. Nun fallen nicht alle von gleicher Höhe herab. Hingegen bey dem gedrückten Wasser ist die

die



die Geschwindigkeit jeder Schichte diejenige, welche dem Unterschiede der Höhe dieser Schichten, und der höchsten Höhe zukommt. Mithin ist die Geschwindigkeit im Ganzen hier größer, als dort, und also auch der Stoß. Allein wer sieht nicht ein, daß da gar kein Vortheil sey. Denn, geht das Wasser geschwinder, als es sollte, so wird der Canal erschöpft, und das Wasser sinkt, bis der Ausfluß eine solche Geschwindigkeit erlangt hat, welche ihm ein beständiges Niveau erhält, oder man muß die Oefnung verkleinern, welches nothwendig ist, um die Geschwindigkeit des Stroms in gehörigen Verhältniß mit der des Rades zu erhalten. In beyden Fällen entsteht also ein kleiner Verlust, bey mittelmäßigen Wasserfällen, nemlich in jenem Störung des Verhältnisses der Geschwindigkeit, und in diesem Vermehrung der Friction.

Zu diesem Verlust rechne man noch diesen, daß in den Säulenmühlen die vier Seiten des Ausflusses beim Austritt eine Friction leisten, und so wird man einsehen, daß die durch den grössern Lauf F G entstehende Friction bey mittelmäßigen Höhen durch diesen Verlust ersetzt sey, und daß man die Wirkung in beyden (für mittlere Fälle) als gleich ansehen könne, und daß man sich hier, (wie wir im vorigen Lehrsatze sagten), in der Wahl der Mühlarten bloß nach Vortheilen der Construction bestimmen müsse.

## S. 5. Lehrsatz.

Um das Wasser am besten zu benutzen, muß der Strom im Augenblicke des Stoßes vollkommen begränzt seyn und gleich nach dem Stoße vollkommen unbegränzt.

## Erläuterung.

Daß der erste Theil dieses grossen Satzes wahr sey, ist deutlich genug bewiesen worden. Der zweite ist es nicht minder, denn das schon gestoßen habende Wasser rückt höchstens mit der Geschwindigkeit des Rades fort, meist aber etwas langsamer, des Zurückprallens halber. Bleibt nun dieses Wasser in seiner ganzen Höhe da stehen, so arbeitet sich das Wasser mühsam durch, und der nachfolgende Strahl trifft das Wasser, nicht die Schaufel, und wirkt mithin schwächer.

## S. 6. Lehrsatz.

Das Wasser wirkt Stoßweise auf dem neuen Rade.

## Erläuterung.

Dies ist augenscheinlich, da das Wasser seine größte Geschwindigkeit erhält, ehe es die Schaufeln stößt, denn der Theil MH des Gerinns ist gerade nicht. Außerdem haben wir durch den abgewechselten Gebrauch der Fall- und Säulenmühle dafür gesorgt, daß die verschiednen Geschwindigkeiten der Theile der Schaufeln keine merkliche Störung des festgesetzten Verhältnisses der Geschwindigkeiten verursachen. Folglich zieht in dieser Rücksicht das  
neue

neue Rad aus der vorgelegten Wassersäule den größten Nutzen.

§. 7. Lehrsatz.

Im Augenblicke des Stoßes ist der Strom ein vollkommen begränzter Strom, und benützt also alles Wasser, und den ganzen Stoß desselben.

Erläuterung.

Dahin zweckt der ganze Bau des Gerinnes und des Rads. Einmal kommt der Strom, durch das eigentliche Gerinne ganz begränzt, auf die Schaufeln, sobald er sie erreicht, ist er (nemlich der stossende Theil) durch die Backen des Rades seitwärts begränzt, und zwar auf's vollkommenste. Dahin zweckt noch die Gränze, welche das Wasser, das nur unten her auf die Seiten fließen könnte, abhält, indem es dagegen anstößt und nicht steigen kann. Dieses ist so wahr, daß die Versuche zeigen, daß, wenn der Strom nicht die ganze Dicke der Schaufelhöhe hat, dieser Raum zwischen dem Rade und den Gränzen ganz wasserleer ist.

Von unten her ist der Strom begränzt, weil durch die getroffene Einrichtung der Aushöhlung des Bodens der Gränze, der Strom vermöge seiner Geschwindigkeit den Theil A M. des Bodens überspringt, fig. VIII. und XI. Die angeführte Bemerkung, daß der Zwischenraum leer ist, zeugt auch für die vollkommene Begränzung von unten her.

## §. 8. Lehrsatz.

Der Strom ist nach dem Stöße so vollkommen unbegrenzt, als möglich.

## Erläuterung.

Da der Strom unter den Schaufeln nothwendig aufschwellen muß, so wird er eben so nothwendig überlaufen, und mithin frey werden, weil das Rad nur auf den Seiten geschlossen ist. Dieß geschieht ganz natürlich und sachte in der Gegend von A. Allein, der Theil des Stroms, der die Schaufel B in schiefer Richtung getroffen hat, springt hinüber und fällt schief auf V, und trift da noch einmal die nemliche Schaufel, weil sie beyde mit gleicher Geschwindigkeit fortrücken. Der Theil, der A schlägt, bleibt nicht lang eingeschränkt. Gleich bey O kann er sich in einen dreyfachen Raum ausbreiten. Der Reif, der auf der innern Peripherie und aufferhalb des Rades liegt, der die Gränze deckt, dient dazu, daß kein Wasser zwischen der Gränze und dem Rade falle. Dadurch ist also der einzige Nachtheil, den die Construction unsers Rades nach sich ziehen könnte, nemlich Friction der Wände gegen das Wasser, vollkommen verhütet, indem von unten her kein Wasser in diesen Zwischenraum dringen kann, und käme auch welches hinein, so würde es mit dem Rad fortlaufen, und sich nie häufen.

## S. 9. Lehrsatz.

Die Construction unsers Rads und Gerinns erfordert nicht so viel Genauigkeit, als die der Alten, um ihren Zweck zu erreichen, und die Arbeit ist solider.

## Erläuterung.

Ehemahls musste man sich die außerordentlichste Mühe geben, um den nöthigen Zwischenraum zwischen den Schaufeln und dem Gerinn so klein als möglich zu machen. Hier ist es nicht nöthig. Ein Zoll mehr oder weniger auf den Seiten macht schlechterdings keinen Schaden. Nur unten wünsche ich blos etwas Genauigkeit. Doch hat auch hier ein kleiner Fehler, (sie werden alle klein, weil der Theil M N klein ist), sehr wenig Einfluß.

## S. 10. Lehrsatz.

Die Schaufel leidet keinen Widerstand beim Austreten aus dem Wasser.

## Erklärung.

Wir haben den Theil A N fig. VIII. und XI. des Bodens der Gränze noch nicht betrachtet. Seine Krümmung leitet den Strom aufwärts. Er erhält diese Richtung merklich, nachdem er über N hinaus ist. Mithin schiebt er gleichsam die Schaufel in ihrer Richtung vor sich hin, anstatt von ihr geschoben und gehoben zu werden, wie es die alten Räder thaten. Ehe noch durch die Schwere diese Richtung nachläßt, sobald er aus N heraus ist, so

E 5

breitet

breitet er sich aus, und da er die Richtung aufwärts verlohren hat, so hat er schon den dreynfachen Raum eingenommen, und die Schaufel ist aus demselben vorgetreten. Ist des Wassers wenig, so sieht man den Strom zum Theil über die Schaufel D springen, und in das Behältniß fallen. Ein Beweis dieser Richtung aufwärts.

### S. II. Lehrsatz.

Der Theil HGF des Gerinns ist am vollkommensten, wenn er aus einer Cycloid und einer Parabel zusammengesetzt ist, jene unten, diese oben.

### Erläuterung.

Die natürliche Linie des springenden Wassers ist die Parabel oder beynah. Mithin sollte der Anfang der Krümmung parabelförmig seyn. Die Linie des geschwindesten Falls, mithin der kleinsten Resistenz im Fallen, in schiefer Richtung ist die Cycloid. Mithin sollte die Parabel in einen halben cycloidischen Bogen übergehen, welche selbst in die Horizontallinie fließen würde bey H. Doch ist jene Linie minder wichtig. Sie kann ganz wegbleiben, und der Anfang mit der Cycloid gemacht werden, wenn man nur den Boden bey F. etwas abrundet. Denn der Druck der Atmosphäre wird den Strahl gegen den Boden der Cycloid schon andrücken, ausser im Falle, da der Strom in T schon sehr stark wäre. In diesem Fall würde der Druck der Luft das Wasser zertheilen, und so dessen  
Gang

Gang hemmen. Da muß eine Krümmung vorangehen. Doch die Parabel genau zu beschreiben, und der Geschwindigkeit des Stroms in  $F$  anzupassen, ist über die Stärke des Practikers hinaus. Hingegen ist die Construction der Cycloid wichtiger und leichter, deshalb werde ich sie im practischen Theile zeigen.

§. 12. Lehrsatz.

Das Verhältniß der Breite zur Höhe der Schaufeln muß seyn = 2:1.

Erläuterung.

Darauf hat nichts Einfluß, als, zwei Sachen.  
 I. Die Lage des practischen centrum impulsions, welches zwischen dem theoretischen centrum impulsions der Schaufel und dem centrum impulsions des Stroms in Rücksicht auf die verschiedene Geschwindigkeiten seiner Schichten. Jener ist bey der Fallmühle tiefer, dieser höher, als die halbe Höhe der Schaufel. Bey den Säulenmühlen ist es in beiden bennah gleich hoch, oder bennah in der Mitte, und da hier der Strom nicht sehr dick ist, so kann hier, wie auch in den Fallmühlen, aus dieser Rücksicht des practischen Stoßpunctes kein Datum gezogen werden, als daß man der Schaufel überhaupt wenig Höhe geben müsse, auf daß diese theoretische centra näher an die Mitte der Schaufel kommen mögen. Die zweite Rücksicht ist die Friction des Wassers in dem Gerinn. Diese muß ein Minimum seyn. Dieß führt uns zu folgender Aufgabe. Dasjenige  
 Vers

Verhältniß der Höhe zur Grundlinie eines Rechtecks zu finden, daß die Summe der Seiten und der Grundlinie ein Minimum seyn.

### Auflösung.

Man nehme an Fig. XIII.  $AD + DB + BC$  sey beständig und  $= a$ , und man suche das größte Rechteck welches  $a$  von drey Seiten einschließen könne. Es sey  $AD = x$ ,  $AB = y$ , mithin  $2x + y = a$  und  $y = a - 2x$ , also das Rechteck  $xy = x(a - 2x) = ax - 2x^2$ , dessen Differential  $ax - 4x^2 = 0$  gemacht werde, wodurch man erhält  $a - 4x = 0$ , und  $x = \frac{1}{4}a$  oder  $4x = a$ . Es ist aber  $y = a - 2x$  folglich  $y = 4x - 2x$  oder  $y = 2x$ . Also  $x:y = 1:2$ . Wollte man setzen, das Rechteck wäre gegeben  $= p^2$  und man sollte  $x$  und  $y$  finden, so hätte man  $xy = p^2$  oder  $x = \frac{p^2}{y}$  folglich die Summe der 3 Seiten  $2x + y = \frac{2p^2}{y} + y$  dessen Differential  $-\frac{2p^2}{y^2} dy + dy = 0$  oder  $-\frac{2p^2}{y^2} + 1 = 0$  und  $2p^2 = y^2$ , oder  $2xy = y^2$  oder  $2x = y$ , wie vorher.

In der Fallmühle verlangt die Lehre des Stoßpunctes und der Schaufel und der Geschwindigkeit der Stromschichten daß  $x$  etwas grösser sey, Aber die Friction in  $FG$ , wo der Strom mehr  
Dicke



Diese hat, als unten, verlangt, daß  $x$  etwas kleiner sey; welches die Sache compensirt.

In der Säulenmühle verlangt die Geschwindigkeit der Stromschichten eine Verminderung von  $x$ . Allein der Umstand, daß bey dem Ausgang die vier Seiten der Thüre Friction verursachen, (wozu sie ein Quadrat seyn müßte, um das Minimum zu erreichen), erfordert, daß  $x$  etwas grösser werde. Mithin ist wieder alles compensirt. Also bleibt es bey dem gefundenen Verhältniß 1:2.

### Corollarium.

Wenn ein gewisses Wasser gegeben wird, und man will die Grösse der Höhe und Breite der Schaufeln dazu finden, so lasse man es in dem bisherigen Gerinne fortlaufen, messe die Breite und Höhe des Stroms am untersten Puncte. Es seyn diese zwey Dimensionen  $a$  und  $b$ , so hat man  $x y = a b$  und  $y = 2 x$ , mithin  $2 x^2 = a b$ , also  $x = \sqrt{\frac{a b}{2}}$  und  $y = \sqrt{2 a b}$ .

### S. 13. Lehrsatz.

Die Schaufel leidet bey dem Eintreten ins Wasser einen Widerstand, welcher aber kleiner ist, als der, den das alte unterschlächtige Rad leidet.

### Erläuterung.

Die Sache ist an und für sich klar, weil die Schaufel  $B$  schief in den Strom tritt, mithin selbiges in einer andern Richtung schlägt, als in der selbigen

nigen

nigen. Allein, da die Schaufeln der neuen Räder kleiner und weniger sind, als die der alten, so muß dieser Widerstand kleiner seyn. Er hängt ganz von der Anzahl der Schaufeln ab, mithin kann seine Größe nur dann geschätzt werden, wann diese Anzahl bestimmt ist. Aus diesem Fehler ziehen wir nun den beträchtlichen Nutzen, daß der Strom eine kleine Neigung von M nach A Fig. VIII. erhält und so die ganze Schaufel A stößt.

#### §. 14. Lehrsatz.

Bei der Bestimmung der Anzahl der Schaufeln unsers Rads muß auf den Sinus versus der Entfernung zweier Schaufeln nicht gesehen werden.

#### Erläuterung.

Gesetzt, der Boden der Gränze wäre bei N M eben, so müßte das um diesen ganzen Sinus versus heraus gehoben werden, damit es sich bewegen könne. In diesem Falle mußte freylich sehr darauf gesehen werden, denn wenn die zwey nächsten Schaufeln, wie in Fig. IX, gleichweit von dem Lothe aus dem Mittelpunct stehen, so würde ein Theil des Wassers unten vorbeinfließen, ohne auf die Schaufeln zu wirken. Und dieser Theil nimmt ab, wann die Anzahl der Schaufeln zunimmt. Im Falle des Minimum's der Anzahl der Schaufeln, (wir werden bald sehen, was unter diesem Minimum verstanden wird), ist die Größe dieses Sinus versus für alle Verhältnisse

nisse

nisse der Höhe der Schaufeln zum Radius ohngefähr  $\frac{27}{100}$  der Schaufelhöhe. Mit Vermehrung der Schaufeln mindert sich dieser Verlust, bleibt aber doch merklich groß und achtungswerth.

Allein, wir haben dafür gesorgt, daß er ganz verschwinde, dadurch daß wir den Boden in MN ausgehöhlt haben, um die ganze Weite zweier Schaufeln. Denn der Strom, der beynah horizontal von M gegen N lauft, (Fig. VIII) stoßt immer den untersten Theil der Schaufel, ohne unten durchgehen zu können, und in der Lage von Fig. IX wird die ganze Schaufel sogleich gestoßen. Wiltin dürfen wir keine Rücksicht auf den Sinus versus der Schaufeln in Bestimmung der Anzahl der Schaufeln, und in Berechnung der Wirkung des Stroms nehmen.

#### §. 15. Lehrsatz.

Die Wirkung des Stroms leidet einigen Verlust von der schiefen Lage der gestoßnen Schaufel B.

#### Erläuterung.

Die Sache ist an und für sich deutlich. Dieser Verlust hängt wieder von der Anzahl der Schaufeln ab. Nur nach der Bestimmung dieser Anzahl kann dieser Verlust geschätzt werden. Hins gegen influirt er auch auf diese Bestimmung, und zwar stimmt er zur Minderung dieser Anzahl, so wie der 13<sup>te</sup> Lehrsatz.

#### §. 16.

## §. 16. Lehrsatz.

Das Wasser, das die Schaufeln geschlagen hat, und zwischen denselben steht, ist der Wirkung des nachfolgenden Stoßes nachtheilig, indem es einen Theil dieses Stoßes empfängt.

## Erläuterung.

Zwar haben wir unser mögliches gethan, um durch Wegschaffung dieses Wassers jenen Fehler zu mindern. Allein ganz zu nichts ist er nicht geworden. Das Unangenehmste dabei ist wohl, daß ich, alles Nachdenkens und Observirens ungeachtet, kein festes Datum finden konnte zu dessen Bestimmung. Nur durch vielfältige und wiederholte Versuche von Rädern von einer unbeständigen Anzahl von Schaufeln läßt sich es a posteriori einigermaßen bestimmt angeben. Diese Versuche konnte ich noch nicht in hinlänglicher Anzahl vornehmen. Doch kann man schon a priori schließen, daß dieser Verlust immer klein bleibt, weil das Wasser, das mit dem Rade fortgeht, nur um sehr wenig gehoben werden muß, um überzulaufen, und mehr braucht es nicht, um den Stoß frey zu machen. Ich glaube, daß wenn man ihn der Summe der Fehler von §. 13 und §. 15 macht, man der Wahrheit ziemlich nahe kommen wird.

§. 17.

## S. 17. Aufgabe.

Die Anzahl der Schaufeln zu finden.

## Auflösung.

Auf die Bestimmung dieser Anzahl haben folgende Sachen Einfluß. I. Das Verhältniß der Höhe der Schaufeln zum Radius des Rades. Es ist nemlich begreiflich, daß, für jedes Verhältniß dieser Grössen, eine andere Anzahl von Schaufeln vorhanden seyn müsse. Denn machte ich z. B. für das Verhältniß der Schaufel zum Radius  $1:10$  und für das  $1:3,10$  Schaufeln, so würde in jenem Falle das Wasser oft leer durchschleßen, indessen in diesem immer 2 Schaufeln eingetaucht wären.

Die geringste Anzahl von Schaufeln, die man statuiren kann, ist die, daß die eine Schaufel in den Strom trete, wie B fig. XI, die andere A auf den untersten Punkt, oder in der Vertikallinie des Mittelpunkts, wie fig. VIII. stehe. Dieß heiß ich das Minimum der Anzahl der Schaufeln.

2. Die schiefe Lage der Schaufel B in Rücksicht auf Lehrsatz 13 und 15. Dort haben wir nemlich gesehen, daß diese schiefe Lage einen Widerstand und eine Minderung des Stoßes verursache.

Die Minderung des Stoßes fängt bey dem Eintritt in K an Fig. VIII., wo es in Rück-  
sicht

F

sicht

sicht auf die Lage im Maximo, in Rücksicht aber auf die Quantität der getauchten Schaufel im Minimo steht.

Benm Fortrücken der Schaufel nimmt der Winkel ab, die Quantität der Eintauchung zu, bis nach A, wo der Winkel = 0 und die Quantität der Eintauchung der ganzen Höhe gleicht. Da aber die Abnahme des Winkels weit nicht so beträchtlich ist, als die Zunahme der getauchten Fläche, so wollen wir einstweilen die Sache so ansehen, als wenn der Neigungswinkel beständig den  $\frac{3}{4}$  der Entfernung zweier Schaufeln gleich wäre, hingegen die Quantität der Eintauchung beständig die Hälfte der Schaufelhöhe betrage.

Der Verlust an Kraft, der durch den Stoß der Schaufel gegen den Strom entsteht, fängt in K an, ist der Schiefe nach dort im Maximo, der Quantität aber im Minimo, wie die Verminderung des Stosses, und geht auch so fort, doch mit dem Unterschiede, daß er nicht bis nach A dauert, da der Strom durch den vorhergehenden Druck zwischen K und B schon die gehörige Richtung erhalten hat. Also wird wohl dieser Verlust zu hoch geschätzt seyn, wenn wir ihn der Minderung des Stosses gleich machen. Mithin können wir diese zwey Fehler zusammen ansehen, als wenn sogleich bey B die ganze Schaufel tauchte, mithin der Verlust so groß wäre, als wenn von B an die ganze Schaufel schief geschlagen würde. In der folgenden Aufgabe wollen wir diesen Verlust auf's genaueste berechnen.

3) Das

3) Das Daseyn des Wassers zwischen den Schaufeln, in Rücksicht Lehrsatz 16., N<sup>o</sup> 2. erfordert, daß die Anzahl der Schaufeln ein Minimum wäre. N<sup>o</sup> 3. erforderte, daß es wenigstens doppelt so viel hätte, als das Minimum anzeigt. Um nun den Verlust so sehr zu mindern, als möglich, so wolten wir die Mittelstrasse wählen, und demnach folgende Schaufelzahlen festsetzen.

Man nehme an, die Schaufelhöhe sey 1, der grosse Radius des Rades habe mehrere solcher Einheiten, so würden die Zahlen folgendermassen aussehen.

Schaufel- höhe. =	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ganzer Radius. =	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Zahl der Schaufeln.	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25

Diese Fälle können alle faßen, die man je brauchen wird. Ich weiß wohl, daß die angezeigten Zahlen von Schaufeln nicht überall vollkommen passen. Allein hier können keine Brüche gebraucht werden. Doch muß ich bemerken, daß, wenn ja diese Regel eine Veränderung leiden sollte, die Schaufelzahl von dem Verhältnisse 1:8 an bis 1:16 eher gemindert, als vermehrt, werden sollte.

## §. 18. Aufgabe.

Den Verlust in Nro. 2. (§. 17. Aufgabe) bestimmt anzugeben.

## Auflösung.

Es seyn Fig. XIV CB, CA, CF drey Radli eines Rades, an welchem Schaufeln befestigt sind, und BE der Sinus des Winkels ACB, AE der Sinus versus. Wir haben schon gesehen, daß diese Abkürzung der Schaufel in unsern Rädern keinen Einfluß hat, sondern die Schaufel wird ganz geschlagen von Wasser. Und sollte ein kleiner Fehler noch vorhanden seyn, so würde er hinlänglich dadurch ersetzt, daß, wo der Stoß schief ist, und also von seiner Intensität leidet, die relative Geschwindigkeit des Rads kleiner, mithin der Stoß um so viel stärker ist.

Also bleibt nur zu berechnen übrig, die Verminderung, welche von der blossen Neigung herrührt, angenommen, die ganze Schaufel befände sich geneigt im Fluido:

Nun ist der Stoß auf einer schiefen Schaufel, wie das Quadrat des Cosinus des Winkels ACB oder der Entfernung der Schaufeln. Folglich wird der mittlere Stoß gefunden werden, wenn man den vertikalen oder den ganzen  
Stoß



Stoß durch Ee oder die Distanz des Mittelpuncts der Bewegung zum Centro oscillationis des Sinus versus EA, anstatt durch den ganzen Radius zu multipliciren, setzet.

Demnach sey  $CE = a$ ,  $EA = b$ ,  $Ee = x$ , so hat man für's Differential der Kräfte  $(a + x)$ ;  $dx$  dessen Integral ist  $a x + \frac{x^2}{2}$ , und für's Differential des Moments der Kräfte  $(a + x)^2 dx = (a^2 + 2 a x + x^2) \cdot dx$  dessen Integral ist  $a^2 x + a x^2 + \frac{x^3}{2}$ . Und wenn man  $x = b$  macht

und die Glieder unter einerley Bruch bringt, kommt für die Summa der Kräfte  $\frac{1}{2} (2 a b + b^2)$  und für's Moment der Kräfte  $\frac{1}{3} (3 a^2 b + 3 a b^2 + b^3)$  Nun ist die Entfernung Ce des Oscillations-Mittelpuncts dem Quotient dieser Grössen gleich,

$$\text{mithin } Ce = \frac{\frac{1}{3} (3 a^2 b + 3 a b^2 + b^3)}{\frac{1}{2} (2 a b + b^2)} =$$

$$\frac{2}{3} \frac{3 a^2 + 3 a b + b^2}{2 a + b} = \frac{2}{3} \left( \frac{b + a + \frac{a^2}{b}}{b + 2 a} \right)$$

und wenn man  $a + b = r$  macht, so erhält man für den endlichen Werth

$$C e = \frac{2}{3} \left( \frac{r + \frac{a^2}{a+r}}{a+r} \right)$$

Um diesen Werth in Zahlen auszudrücken, müssen wir den Werth von  $a$  für alle unsere Verhältnisse oder Anzahl der Schaufeln suchen und daraus die Formel  $\frac{2}{3} \left( \frac{r + a^2}{a + r} \right)$  berechnen. Endlich kann man noch die gefundenen Werthe von  $I$  abziehen, um den Verlust rein zu bekommen; daraus folgende Tabelle entsteht.

Schau

Schaukelhöhe	Wasser Radius	Schaukelhöhe für den $R. = 1.$	Zahl der Schaukeln	Entfernung der Schaukeln	Cosinus oder $a$	Werth der Formel.	Verlust.
I	3	0,3333	12	30°. —	0,86602	0,9346	0,0654
I	4	0,2500	13	27. 42	0,88539	0,9439	0,0561
I	5	0,2000	14	25. 43	0,90095	0,9514	0,0486
I	6	0,1666	15	24. —	0,91354	0,9574	0,0426
I	7	0,1428	16	22. 30	0,92387	0,9625	0,0375
I	8	0,1250	17	21. 10	0,93253	0,9667	0,0333
I	9	0,1111	18	20. —	0,93969	0,9702	0,0298
I	10	0,1000	19	18. 56	0,94589	0,9733	0,0267
I	11	0,0909	20	18. —	0,95105	0,9757	0,0243
I	12	0,0833	21	17. 8	0,95562	0,9781	0,0219
I	13	0,0769	22	16. 22	0,95947	0,9798	0,0202
I	14	0,0714	23	15. 39	0,96292	0,9817	0,0183
I	15	0,0666	24	15. —	0,96592	0,9832	0,0168
I	16	0,0625	25	14. 24	0,96858	0,9844	0,0156

Kontingenz- und Anwesenheits-Liste

Nr.	Name	Wohnort	Stand	Profession	Religion	Wahlberechtigt
1	...	...	...	...	...	...
2	...	...	...	...	...	...
3	...	...	...	...	...	...
4	...	...	...	...	...	...
5	...	...	...	...	...	...
6	...	...	...	...	...	...
7	...	...	...	...	...	...
8	...	...	...	...	...	...
9	...	...	...	...	...	...
10	...	...	...	...	...	...
11	...	...	...	...	...	...
12	...	...	...	...	...	...
13	...	...	...	...	...	...
14	...	...	...	...	...	...
15	...	...	...	...	...	...
16	...	...	...	...	...	...
17	...	...	...	...	...	...
18	...	...	...	...	...	...
19	...	...	...	...	...	...
20	...	...	...	...	...	...
21	...	...	...	...	...	...
22	...	...	...	...	...	...
23	...	...	...	...	...	...
24	...	...	...	...	...	...
25	...	...	...	...	...	...
26	...	...	...	...	...	...
27	...	...	...	...	...	...
28	...	...	...	...	...	...
29	...	...	...	...	...	...
30	...	...	...	...	...	...
31	...	...	...	...	...	...
32	...	...	...	...	...	...
33	...	...	...	...	...	...
34	...	...	...	...	...	...
35	...	...	...	...	...	...
36	...	...	...	...	...	...
37	...	...	...	...	...	...
38	...	...	...	...	...	...
39	...	...	...	...	...	...
40	...	...	...	...	...	...
41	...	...	...	...	...	...
42	...	...	...	...	...	...
43	...	...	...	...	...	...
44	...	...	...	...	...	...
45	...	...	...	...	...	...
46	...	...	...	...	...	...
47	...	...	...	...	...	...
48	...	...	...	...	...	...
49	...	...	...	...	...	...
50	...	...	...	...	...	...
51	...	...	...	...	...	...
52	...	...	...	...	...	...
53	...	...	...	...	...	...
54	...	...	...	...	...	...
55	...	...	...	...	...	...
56	...	...	...	...	...	...
57	...	...	...	...	...	...
58	...	...	...	...	...	...
59	...	...	...	...	...	...
60	...	...	...	...	...	...
61	...	...	...	...	...	...
62	...	...	...	...	...	...
63	...	...	...	...	...	...
64	...	...	...	...	...	...
65	...	...	...	...	...	...
66	...	...	...	...	...	...
67	...	...	...	...	...	...
68	...	...	...	...	...	...
69	...	...	...	...	...	...
70	...	...	...	...	...	...
71	...	...	...	...	...	...
72	...	...	...	...	...	...
73	...	...	...	...	...	...
74	...	...	...	...	...	...
75	...	...	...	...	...	...
76	...	...	...	...	...	...
77	...	...	...	...	...	...
78	...	...	...	...	...	...
79	...	...	...	...	...	...
80	...	...	...	...	...	...
81	...	...	...	...	...	...
82	...	...	...	...	...	...
83	...	...	...	...	...	...
84	...	...	...	...	...	...
85	...	...	...	...	...	...
86	...	...	...	...	...	...
87	...	...	...	...	...	...
88	...	...	...	...	...	...
89	...	...	...	...	...	...
90	...	...	...	...	...	...
91	...	...	...	...	...	...
92	...	...	...	...	...	...
93	...	...	...	...	...	...
94	...	...	...	...	...	...
95	...	...	...	...	...	...
96	...	...	...	...	...	...
97	...	...	...	...	...	...
98	...	...	...	...	...	...
99	...	...	...	...	...	...
100	...	...	...	...	...	...

48

Aus dieser Tabelle, (welcher ich auch die Schaufelhöhe für den Radius = 1 beigesetzt habe), sieht man, daß der Verlust von §. 13 und 15 zusammen von  $\frac{1}{5}$  der ganzen Wirkung, bis auf  $\frac{1}{4}$  abnimmt, indessen die Anzahl der Schaufeln zunimmt, und zwar in einer weit schnellern Progression.

Das Nämliche thut der Verlust von §. 16. Mit hin können wir die Summe aller Verluste, die Friction des Wassers ausgenommen, doppelt so groß annehmen, als es die Tabelle zeigt, oder als die wahre Wirkung von der absoluten Wirkung, deren das Wasser theoretisch fähig ist. Zwischen den Gränzen  $\frac{2}{5}$  und  $\frac{2}{4}$ , woben zu merken ist, daß die Abnahme des Verlusts in der Tabelle anfangs sehr langsam geht. Die Tabelle enthält die Werthe für alle mögliche Verhältnisse der Schaufelhöhe zum Radius. Allein wir werden gleich sehen, daß die beyden ersten immer wegbleiben müssen. Mit hin sind die Gränzen der genannten Verluste 0,0486 und 0,0156 doppelt genommen oder  $\frac{1}{5}$  und  $\frac{1}{4}$ .

#### Corollarium.

Aus dieser Tabelle folgt, daß man immer so grosse Räder machen müsse, als möglich, auf daß dieser Verlust der möglichgeringste werde. Dieses stimmt auch vollkommen mit der Minderung der Friction überein.

## §. 19. Lehrsatz.

Je höher der Wasserfall, desto kleiner muß gewöhnlich das Rad seyn.

## Erläuterung.

Je höher der Wasserfall, desto weniger Wasser hat man gemeiniglich. Und wenn das Wasser schon oben einen beträchtlichen Fall bildet, so wird doch unten dieser Strom klein, wegen der erhaltenen Geschwindigkeit, mithin wird die Schaufel klein ausfallen, folglich auch das Rad, obschon man immer das größte Verhältniß wo möglich wählen muß. Daben kann eine Einwendung wider unsere ganze Einrichtung gemacht werden, die ich nicht verschweigen darf. Bey sehr grossen Höhen und wenig Wasser wird der Strom unten äußerst klein ausfallen, mithin auch das Rad, so daß es demselben am Ende an Hebelkraft fehlen würde, um die Mühle zu bewegen. — Ich habe schon erwähnt, daß in den Fällen, wo dieses Extremum sich findet, man den Strom verdoppelt, durch Anlegung eines Verhältnisses, und zwar nicht aus der angeführten Ursache, sondern um die Wasserfriction zu vermindern. Sollte aber das Rad noch so klein ausfallen, sollte z. B. die Schaufelhöhe nur 2 Zoll, die Breite nur 4 Zoll ausmachen, und mithin im letzten Verhältnisse der Radius des Rads nur 32 Zoll, so wird demnach das Rad die nöthige Hebelstärke haben, weil ihre Geschwindigkeit sehr groß seyn wird. Ein Rad von 5' 4'', wie dieses, ein Rad von 4 Schuh  
ist

Ist noch nicht zu klein. Sollte die Construction desselben aus Holz für den Mühlarzt zu beschwerlich seyn, so baue man es aus starkem Eisenblech, (die eisernen Räder sind ohnehin nichts neues), und streiche es mit Oelfirniß an, um vor dem Rost zu sichern, so wird ein solches Rad nicht den vierten Theil so viel kosten, als dasjenige oberflächliche Rad, welches es ersetzen könnte.

### §. 20. Lehrsatz.

Die Geschwindigkeit der Mitte der Schaufel muß die Hälfte der absoluten Geschwindigkeit des freyströmenden Wassers seyn.

### Erläuterung.

Wenn die von dem Strom gestoßne Fläche gerade vor dem Strom fliehet, so müßte die Geschwindigkeit der Fläche  $\frac{1}{2}$  der des Stroms seyn. Nun aber haben mehrere Mathematiker, unter andern der Abt Sauri, dieses Verhältniß auf  $\frac{2}{3}$  anwachsen lassen, weil die Schaufeln des Rads nur in einem Punct ihrer Umdrehung senkrecht geschlagen, und ihre relative Geschwindigkeit daher meist kleiner ist, als ihre mögliche. Allein, eine dritte Rücksicht zwingt uns, dieses Verhältniß auf  $\frac{1}{2}$  wachsen zu lassen, und zwar ist diese Rücksicht von dem Wasser hergenommen, welches mitten zwischen den Schaufeln fortströmt, und den Stoß des nachkommenden schwächt. Je geschwinder nun dieses fortströmt, desto kleiner jener Verlust von §. 16. Folglich muß

muß in dieser Rücksicht die Geschwindigkeit des Rades um etwas erhöht werden, doch nur um ein wenig, um von deren sonstigem besten Verhältniß  $\frac{2}{3}$  nicht zu weit abzukommen; so schloß ich theoretisch. Und dieser Schluß bestätigte die Erfahrung. Ich bekam immer das Maximum von Wirkung in meinen Versuchen dann, wann ich das Verhältniß  $\frac{1}{2}$  brauchte. — — — —

### Corollarium.

Man nehme nun so einen Fall von 30 Schuh an und ein Rad von 4 Schuh dazu, die Peripherie des centrum impulsionis desselben, wird seyn 73'' oder 6', 1''. Aber die Geschwindigkeit des Wasserfalls von 30, ist 42, '42 in einer Secunde. Mithin sollte das Rad beynah 7 Umdrehungen in einer Secunde machen, oder ohngefähr 400 in einer Minute. Nun braucht ein kleiner Mühlstein, wie man sie in den Fürstenthümern Anspach und Bayreuth hat, ohngefähr 80 Umdrehungen in einer Minute, mithin muß man, anstatt ein Wasserrad ein Kammrad anlegen, das in ein 5mal kleinere Drilling eingreift, und unser Wasserrad in ein Drillinganlegen, der in ein 5mal größeres Kammrad eingreiffe, mithin wird auch das kleinste Rad immer noch groß genug seyn.

Aus dieser Berechnung kann man abnehmen, wie gegründet das sey, was ich zu Anfang der Beschreibung des neuen Rades sagte, daß nemlich die Versuche, die mir zur Vergleichung der  
ober



ober- und unterschlächtigen Räder Anlas gaben, schlecht angestellt worden sind. Wenn man bedenkt, daß das Moment der Friction der Theile einer Maschine immer weit grösser ist, wenn man eine grosse Geschwindigkeit mit einer kleinen bewirkt, als wenn man eine kleinere Geschwindigkeit mit einer grössern erlangt, so wird man begreifen, daß unser Wasserrad in allen Rücksichten die hohen, obschon geringen, Wasserfälle auf's beste benutzt. Eine bisher noch unaufgelöste Aufgabe! da man sonst das Wasser von Wasserfällen von 40 bis 50 Schuh erst in einem niedrigen Behältnisse sammelte, und dann erst auf ein 15 bis 20 Schuh grosses obereschlächtiges Rad fallen ließ.

#### §. 21. Lehrsatz.

Der Schwung des Rades ist der Wirkung desselben nützlich.

#### Erläuterung.

Die Einrichtungen, die wir getroffen haben, machen diesen Schwung in Rücksicht auf die Wirkung des Wassers ganz unschädlich, indem das Wasser durch denselben erst nach dessen Stoß geschleudert werden könnte, und zwar immer in der Richtung des Stroms. Hingegen ist dieser Schwung dazu dienlich, die größte Gleichheit in dem Gange der Maschine hervorzubringen, und besonders bey Fällen von beträchtlicher Höhe, wo nicht nur das Wasserrad, sondern das Kammrad, welches hier beträchtlich ist, eine grosse Geschwindigkeit haben.

#### §. 22.

## S. 22. Lehrsatz.

Die Wirkung eines stossenden Wasserstroms auf ein Rad ist  $1\frac{1}{2}$  mal so groß, als der Druck einer Wassersäule von gleicher Höhe und Basis, als die Schaufel.

## Erklärung.

Dieser Satz ist blos durch die Erfahrung bekannt. Wir haben schon gesehen, daß mehrere französische Schriftsteller = 1,7 der Wassersäule gleich machen. Auf meine Versuche gegründet, glaube ich diese Angabe auf 1,5 heruntersetzen zu müssen. Ich glaube ohne dieß, daß es, (wenn ja ein Fehler gemacht werden muß) besser sey, dieses eher geringer, als grösser, anzunehmen; weil im Grossen die Friction und übrigen Fehler meist grösser nach Verhältniß sind, als im Modell.

## S. 23. Aufgabe.

Die Formel für den Ausdruck des Moments der Wirkung eines Stroms auf unser Rad zu finden.

## Auflösung.

Es sey Fig. XV.  $BC = a$ ,  $AC = b$ ,  $AB = q$ ,  $DE = f$ ,  $CP = x$ , so wird das Element seyn  $f dx$ ; Es sey  $v$  die Geschwindigkeit des Rads in B,  $c$  die Geschwindigkeit des Wassers,

fers,

fers, so hat man  $c - v$  für dessen relative Geschwindigkeit und die Geschwindigkeit des Elements P ist  $\frac{v x}{a}$ . Folglich ist die relative Geschwindigkeit

des Wassers in P  $= c - \frac{v x}{a}$ . Folglich der Stoß des Wassers auf dem Element wird seyn

$$f x d x \left( c - \frac{v x}{a} \right) = f x d x \left( c^2 - \frac{2 c v x}{a} + \frac{v^2 x^2}{a^2} \right)$$

dessen Integral  $f \left( \frac{c^2 x^2}{2} - \frac{2 c v x^3}{3 a} + \frac{v^2 x^4}{4 a^2} \right) + C$

$$= f a^2 \left( \frac{c^2 x^2}{2 a^2} - \frac{2 c v x^3}{3 a^3} + \frac{v^2 x^4}{4 a^4} \right) + C. \text{ Aber}$$

im Punkt A ist der Stoß = 0 und  $x = b$ . Folglich

$$\text{hat man } f a^2 \left( \frac{c^2 b^2}{2 a^2} - \frac{2 c v b^3}{3 a^3} + \frac{v^2 b^4}{4 a^4} \right) + C = 0$$

$$\text{und } C = - f a^2 \left( \frac{c^2 b^2}{2 a^2} - \frac{2 c v b^3}{3 a^3} + \frac{v^2 b^4}{4 a^4} \right)$$

Mithin der ganze Stoß ist, indem man  $x = a$  macht,

$$f a^2 \left( \frac{c^2}{2 a^2} \cdot \overline{a^2 - b^2} - \frac{2 c v}{3 a^3} \cdot \overline{a^3 - b^3} + \frac{v^2}{4 a^4} \cdot \overline{a^4 - b^4} \right) +$$

Im Falle unserer Räder ist  $c = 2 v$

oder  $v = \frac{1}{2} c$ , welches für den Stoß giebt

$$f a^2 c^2 \left( \frac{a^2 - b^2}{2 a^2} - \frac{a^3 - b^3}{3 a^3} + \frac{a^4 - b^4}{16 a^4} \right) \text{ Ein Mo-}$$

ment

ment, welches dem Gewichte einer Wassersäule gleicht, welche zur Basis  $f \left( \frac{a^2 - b^2}{2a} - \frac{a^3 - b^3}{3a^2} + \frac{a^4 - b^4}{16a^3} \right)$  hat, und zur Höhe, die der Geschwindigkeit  $c$  zugehörige, und zu Ende des Radius des Rades drückt \*).

Dieses

\*) Läßt man in der obigen Formel  $a^2$  aus dem allgemeinen Coefficienten  $f a^2 c^2$ , so erhält man

$$f c^2 \left( \frac{a^2 - b^2}{2} - \frac{a^3 - b^3}{3a} + \frac{a^4 - b^4}{16a^2} \right)$$

Setzt man nun  $b = \frac{a}{n}$ , so erhält man

$$f a c^2 \left( \frac{a(n^2 - 1)}{2n^2} - \frac{a^2(n^3 - 1)}{3an^3} + \frac{a^3(n^4 - 1)}{16a^2n^4} \right)$$

Macht man in dem Coefficienten  $f a c^2$ ,  $a = q m$ , so erhält man

$$f q c^2 \cdot m \left( \frac{a(n^2 - 1)}{2n^2} - \frac{a(n^3 - 1)}{3n^3} + \frac{a(n^4 - 1)}{16n^4} \right) \\ = f q c^2 \cdot a m \left( \frac{n^2 - 1}{2n} - \frac{n^3 - 1}{3n^2} + \frac{n^4 - 1}{16n^3} \right)$$

Mithin ist das Moment so viel, als das einer Wassersäule, deren Basis  $= f q$  oder dem Flächen-Inhalt der Schaufel gleicht, deren Höhe der Geschwindigkeit  $c$  zukommt, und welche zu Ende eines Hebels

$$a m \left( \frac{n^2 - 1}{2n} - \frac{n^3 - 1}{3n^2} + \frac{n^4 - 1}{16n^3} \right) \text{ drückt.}$$

Dieses Moment muß nun noch mit 1,5 multiplicirt, und dann, statt des ganzen Radius, die Werthe von §. 10. als Hebellänge darinn gesetzt werden.

Aus dieser dargelegten Theorie des neuen Mühlrades wird nun jeder Unbefangene leicht einsehen können, wie viel vortheilhafter in jeder Rücksicht das neue Rad sey, als die alten. Wir sehen, daß jeder vernünftige Mühleigenthümer, dem die Besserung seiner Mühle am Herzen liegt, diese neue Einrichtung einführen müsse, um so mehr, da die Kosten der Ausführung geringer sind, als bey der alten Einrichtung, besonders für hohe Wasserfälle.

Aus unsern Berechnungen sehen wir §. 18. daß die Summe der Verluste in den unvortheilhaftesten Fällen  $\frac{1}{10}$  ausmache. Mithin benützt das neue Rad  $\frac{9}{10}$  der ganzen möglichen Wirkung des Wassers. Das unterschlächtige aber benützt nur ein halbes dieser Wirkung. Mithin verhalten sich die Wirkungen des neuen zu dem unterschlächtigen Rade, wie die Zahlen 9:5.

Daß diese Berechnungen auch practisch wahr seyn, zeigt sich aus meinen Experimenten. Denn als ich die Summe mehrerer Experimente nahm, woben ich für mein Rad allerley Geschwindigkeiten desselben gestattete, mithin manchen Verlust litt,

S

so

so war das Resultat, daß die mittlere Wirkung des neuen Rads sich zu der des alten unterschlächtigen verhalte, bennaher wie 9:6. Mithin läßt es sich begreifen, (da ein bestimmtes Verhältniß der Geschwindigkeit eine Hauptbesserung des Wasserrads ausmacht), daß jenes practische Verhältniß bis auf 9:5 anwachsen müsse.



Zweyter

## Zweiter Abschnitt.

Practische Beschreibung des neuen  
Rades.

Gegenwärtige practische Beschreibung ist besonders für diejenigen geschrieben, welche sich mit dem Mühlbau beschäftigen, und demnach Mangel an theoretischen Kenntnissen in der Hydraulik leiden. Ich weis ihnen keinen bessern Rath zum voraus zu ertheilen, als daß sie sich von den Vorurtheilen ihres Verstandes frey machen. Meistens glaubt ein Mühlarzt, seine Methode, um Mühlen zu bauen, sey nicht nur die beste, sondern unverbesserlich. Allein, daß sie nicht die beste sey, wird ihm jeder seiner Nachbarn, der anders baut, als er, streitig machen. Wer von allen diesen hat Recht? Zuverlässig keiner, denn wer sich die Wahrheit gestehen will, muß sagen, daß seine Regeln viel zu allgemein sind, und daß er nicht im Stande ist, sie nach den Umständen mit der gehörigen Genauigkeit abzuändern. Ich sage mit Fleiß mit gehöriger Genauigkeit. Denn es wird die größte Genauigkeit und Aufmerksamkeit erfordert, um die Länge, Breite, Dicke, Höhe der Theile einer jeden Mühle insbesondere zu bestimmen und zu berechnen. Denn

Keine von den menschlichen Wissenschaften ist schwerer zu erlernen und practisch auszuüben, als die Hydraulik, oder die Wissenschaft der Anwendung der Kräfte der Flüssigkeiten, als Wasser, Luft, Feuer, Dampf. In jeder andern Natur-Wissenschaft haben wir meist nur einen, oder doch nie mehr, als einige Körpermassen, auf einmal zu beobachten. In der Lehre der Flüssigkeiten aber haben wir unzählig viele, und beym Wasser besonders ist es zu merken, daß dessen Gesetze der Bewegung oft von den Gesetzen der Bewegung der festen Körper abweichen. Der Astronom steht schon mit seiner Wissenschaft am Berg, sobald er drey einzelne Massen, wie Sonne, Erde und Mond, zusammen zu vergleichen hat, und doch ist die Astronomie eine erhabene Wissenschaft. Der Hydrauliker hingegen hat Millionen Kugeln, die eben so gut, als Weltkugeln, ihre bestimmten Gesetze haben, miteinander zu vergleichen. Ausserdem hat der Astronom bey der Berechnung der Weltkörper nur die Anwendung des allgemeinen Naturgesetzes der Attraction zu machen. Der Hydrauliker aber hat nicht nur diese Attraction zum Gegenstand seiner Arbeit, sondern die Schwere, die Adhäsion oder Anziehung anderer Körper, die Friction, die Elasticität von jenen Millionen von Kugeln, die alle zusammen wirken. Wer darf also zu Denken sich erkühnen, ohne vorher es genau untersucht zu haben, seine Grundsätze oder vielmehr practischen Regeln seyn besser, als die Regeln des Nachbarn? Wer wird die dumme Eigenliebe so weit treiben, daß er dächte, er wisse unsere

unsere



unsere Wissenschaft ganz, und man dürfe ihm nichts neues mehr sagen, das besser wäre, als was er weiß? Jahrhunderte von täglichen Untersuchungen der Theorie und der Erfahrung würden noch vorüber gehen, ehe wir uns rühmen könnten, den 10ten Theil dieser Wissenschaft gründlich zu verstehen. Je weiter wir kommen werden, desto mehr werden wir Räthsel finden, die wir jetzt noch nicht ahnden, desto mehr werden wir neue Entdeckungen zum Vortheil des Mühlbaus machen.

Wir sollten uns also nicht vor Neuerungen in diesem Fache scheuen, denn jeder neue Schritt bringet Vortheile mit sich.

Allein man muß auch daraus nicht schließen, daß jeder gerechte Ansprüche auf unser Zutrauen habe. Nicht jedem, der sich für einen Hydrauliker oder für einen Mühlverständigen ausgiebt, ist zu trauen. Wer in dieser schweren Wissenschaft als Erfinder glänzen will, muß in allen andern physicalischen Wissenschaften viele und gründliche Kenntnisse haben. Wer von nun an, ich setze voraus, ihr habet eure Mühlen nach den in diesem Buche enthaltenen Grundsätzen umgearbeitet, wer von nun an, sage ich, zu euch kommt und behauptet, er wolle das Product eurer Mühle um die Helfte, ums Doppelte, erhöhen, betrügt sich selbst, oder will euch anführen. Denn die gegenwärtige Einrichtung benützt von jedem Wasser ohngefähr  $\frac{2}{7}$  der ganzen absoluten Kraft, die das Wasser hat. Nithin kann keine Mühle in der Wirkung mehr als um  $\frac{1}{7}$  steigen. Ja es ist

fogar unmöglich mit allen künftigen Bemühungen dieses Zehnthel vollends ganz zu gewinnen. Denn ohne Verlust wird keine Kraft in der Natur von den Menschen benutzt. Nur der Schöpfer allein weiß alles anzuwenden, drum ist er der größte Hydrauliker.

Doch muß man daraus, daß wir noch  $\frac{1}{10}$  zu gewinnen haben, nicht schließen, es bleibe nur noch  $\frac{1}{10}$  der Wissenschaft zu lernen übrig. Nein, vielleicht haben wir vielmehr noch 20mal mehr Untersuchungen nöthig, um die Hälfte dieses  $\frac{1}{10}$  zu gewinnen, als für die ersten  $\frac{2}{10}$ . Und dieß ist eine weise Anordnung der Vorsehung, welche den Gebrauch der Natur nicht so sehr erschwert hat. Sonst möchten wir vielleicht jetzt noch nicht den tausendsten Theil der Wirkung eines Wasserfalls zu benutzen wissen, das heißt, wir würden wahrscheinlich noch gar keine Mühle angelegt haben. Um so schätzbarer sind jene Männer, welche ihr Nachdenken und ihre Zeit, oft ihr Geld auf Besserung unserer Werkzeuge verwendet, da diese Besserungen minder in die Augen fallen und dem Manne, der sie hervorgebracht, selten den schuldigen Dank verschaffen. — —

Mancher wird vielleicht fragen, wer mich zum Gesetzgeber hierinnen constituirte habe, und womit ich meine Hydraulische Sendung rechtfertigen kann? Darauf antworte ich in dem ersten Theile dieses Werks. Er enthält die Grundsätze, worauf dieser zweite Theil gebaut seyn wird, und diese Grundsätze hat die Erfahrung in meinen öffentlichen

Expes

Experimenten gerechtfertiget. Dafür bürgt das Zutrauen, welches die Landesregierung darinn setzt, indem sie gegenwärtige Beschreibung zu eurem Unterrichts von mir gefordert, dafür bürgt die Belohnung, die man mir für diese Arbeit gegeben hat.

Nun sollten doch alle Zweifel, die Einführung der neuen Mühlräder betreffend, aufgehoben seyn, um so mehr, da man durchaus finden wird, daß die neue Art in der Construction und in der Erhaltung durchaus wohlfeiler ist, als die alte. Dennoch will ich kein blindes Zutrauen fordern, sondern ich wünsche herzlich, daß jeder Mühlarzt sich so viel möglich Unterricht verschaffe, und deshalb will ich hier in gedrängter Kürze und möglichster Deutlichkeit einen practischen Auszug aus unsern theoretischen Sätzen machen, damit jeder daraus so viel Unterricht schöpfen könne, als nöthig, um mit Sachkenntniß arbeiten zu können.

### Das unterschlächtige Rad.

Das gewöhnliche unterschlächtige Rad werde ich nicht mehr für Practiker beschreiben müssen, fig. I stellt selbiges im Durchschnitt vor.

Man denkt gewöhnlich, das Wasser treibe das unterschlächtige Rad zum Theil durch seinen Stoß gegen die Schaufel D A. Allein diese Meynung ist falsch, es müßte nur vorher das Wasser in A K einen großen Fall und das Rad eine sehr kleine Geschwindigkeit erlangt haben, welches nicht ist, weil

man den größten Theil des Falls für den Theil AHGB des Gerinnes sparet. Gesezt auch, es geschehe ein wirklicher Stoß des Wassers gegen die erste Schaufel, so würde der immer sehr unvortheilhaft seyn, weil die Schaufel sehr schief steht gegen den Umlauf des Stroms. Das Sprudeln, das meist in D statt findet, rühret vielmehr von dem Stöße der Schaufel gegen den Strom. Denn die Schaufel hat immer eine größere Geschwindigkeit, als das Wasser in A, auffer im Falle, da man die Höhe des Gefälls KA so groß macht, als der vierte Theil der ganzen Höhe des Wasserfalls. Man lese darüber den 10<sup>ten</sup> Lehrsatz nach. Daß um die Schaufel das Wasser schlägt, weil dieses langsamer geht, als jenes, ist ein grosser Nachtheil des unterschlächtigen Rades. Allein dieser Nachtheil ist noch dadurch erhöht, daß dieser Schlag nicht in der natürlichen Richtung des Stroms geschieht, denn die Geschwindigkeit, die der Strom in der Richtung KA hat, ist sehr verschieden, von der Richtung AH, die er durch den Schaufelstoß erhält. Man lese darüber den 8<sup>ten</sup> Lehrsatz nach. Gleichwie bey dem Eintritt in den Strom das unterschlächtige Rad einen Widerstand leidet, leidet es auch einen bey dem Austreten aus demselben von B nach E. Denn die Schaufeln schlagen oder stoßen den Strom, dessen Richtung nun horizontal ist, schief in der Richtung des Umkreises des Rades. Deshalb auch heben sie das Wasser zum Theil aus dem Bette. Diesen Widerstand haben wir im siebenten Lehr-

Lehrs

Lehrsatz geschätzt. Es wird noch dadurch vermehrt, daß das Wasser unter dem Rade aufschwillt, theils, weil es sich nur mühsam mit den Schaufeln fortbewegt, da es doch geschwinder gehen möchte, theils, weil die Schaufeln und der Reif DE einen Theil des Raums, der ihm zugehört, einnehmen. Nimmt nun der Strom an Dicke zu, so nimmt der Widerstand, den er bey BFE verur- sacht, in gleichem Verhältniß zu. Man lese darüber den 6ten Lehrsatz. Daraus sieht man, daß dicke keilförmige Schaufeln nichts taugen, weil sie in den Strom desto schwerer aus- und eingehen. Noch ein einzelner Nachtheil klebt an das unterschlächtige Rad, nemlich der, daß das Rad oder vielmehr die Schaufeln nie ganz in das Gerinne passen. Es bleibt immer ein Raum auf den Seiten und unter den Schaufeln frey, wodurch viel Wasser fließt. Dieser Raum ist nicht so unbeträchtlich, als man sich es gewöhnlich vorstellt, besonders wann der Fall groß und das Wasser klein ist, weil er die Peripherie der Schaufel trifft. Gesezt, man hätte eine Schaufel von 5'' Höhe und 8'' Länge, und der Mühlarzt hätte das Gerinn  $5\frac{1}{2}$  Zoll hoch und 9 Zoll breit gemacht, welches hier keinen zu grossen Fehler bey den gewöhnlichen Mühlrädern giebt, so würde doch der Verlust bis auf  $\frac{1}{4}$  der Oberfläche der Schaufel und  $\frac{1}{4}$  des Durchschnitts des Gerinns steigen. Deshalb geriethen die unterschlächtigen Räder mit hohem Gefäll nicht. Ausserdem giebt es noch eine Art, wie das Wasser ohne Nutzen abfließt, nemlich unten her, wo

keine Schaufel senkrecht steht. Denn wenn man eine gerade Linie zwischen B und G zieht, so wird in der Mitte der Linie mehr Raum zwischen derselben und dem Gerinne statt finden, als zwischen B oder G und dem Gerinn. Diesen Unterschied heißt man in der mathematischen Sprache den Sinus versus der halben Entfernung zweier Schaufeln. Dieser Sinus versus ist desto kleiner, je mehr Schaufeln gemacht werden, allein man kann aus allen Rücksichten, z. B. wegen dem Aus- und Eintreten der Schaufeln, ihre Anzahl nicht zu sehr erhöhen. Nithin ist dieser Fehler immer beträchtlich, besonders bey grossen Rädern, wie bey den Schiffmühlen, die wenig Schaufeln haben müssen. S. S. 5.

Doch ist das nicht alles, daß man auf diese zwey Arten Wasser unnütz verliere, sondern der Druck des übrigen Wassers, welches an die Schaufeln kommt, ist dadurch geschwächt, einmal, weil der Druck des übrigen Wassers das Durchrinnen befördert, anderselts, weil man aus theoretischen Gründen sehr gut weiß, und es die Erfahrung bewiesen hat, daß ein ganz eingeschlossener Strom bey weitem mehr Kraft ausübt, als ein uneingeschlossener, auch ohne Rücksicht auf das Durchrinnen des Wassers zu nehmen. Man mache zum Beispiel ein Rad in einem 3 bis 4 noch breitem Strom, als die Schaufeln, und lasse denselben gegen die Schaufel frey schlagen, thue hernach 2 Parallelbretter auf beiden Seiten des Rads, die den Strom um das Rad herum einschließen, ohne einen Tropfen mehr zu fassen, ohn

ohne sie obenher weiter auseinander zu stellen, als unten, so wird in diesem Falle die Wirkung um die Helfte vermehrt. Je enger der Strom nun vorher war, je kleiner ist der Unterschied; aber wenn noch so wenig Zwischenraum ist, so entsteht doch ein gewisser Verlust, den man nicht verachten darf. Man lese darüber den 4<sup>ten</sup> Lehrsatz.

Alle diese einzelne Fehler des unterschlächtigen Rades machen einen beträchtlichen Abzug an Kraft aus. Denn nicht nur benutzt es nicht alles Wasser, sondern das übrige Wasser muß einen Theil seiner Kraft auf Ueberwindung manchen Widerstands, den wir angezeigt haben, anwenden. Nun bleibt uns noch übrig, zu untersuchen, ob die am Ende uns bleibende Kraft nur noch gehörig benutzt wird.

Es wird doch wohl kein geübter Mühlarzt seyn, dem nicht oft der Fall vorgekommen wäre, daß ein von ihm oder von einem andern gemachtes Mühlrad entweder zu geschwind oder zu langsam gegangen wäre, nemlich daß man mehr Wirkung von diesem oder jenem Rade gezogen hätte, wo die Einrichtung getroffen worden wäre, daß es entweder langsamer oder geschwinder gegangen wäre, denn mit Vermehrung und Verminderung der Last kann beides veranstaltet werden.

Dieses darf ich um so eher voraussetzen, daß sie alle wissen werden, daß, wenn man z. B. die Last vermehrt, das Rad nicht gerade um so viel langsamer, und, wenn man sie vermindert, es nicht gerade um so viel geschwinder geht, sondern es  
gleicht

bleibt eine gewisse Geschwindigkeit, die so ist, daß das Product der Last in die Geschwindigkeit grösser ist, als bey jeder andern Geschwindigkeit des Rads; das rührt von der Geschwindigkeit des Wassers in Vergleichung mit der des Rades selbst her. Mithin ist es practisch erwiesen, daß nur unter einem gewissen Verhältniß dieser beyden Geschwindigkeiten das Rad die größte Wirkung hervor bringt. §. 5. Welcher Mühlartzt konnte nun das genau berechnen? Viel mehr konnte es bis jetzt Niemand, auch der gelehrteste Hydrauliker nicht, und zwar weil der Strom das Rad mit verschiedenen Geschwindigkeiten treibt? Was wir von dem ganzen Rade gesagt haben, gilt von jeder Schaufel hauptsächlich. Das Wasser im Gerinn steht überall mit sich selbst in Verbindung, mithin drückt es die Schaufel B mit mehrerem Nachdrucke als G, und G mit mehrerem Nachdruck, als die nächste hinauf zu, und so weiter. Folglich sollte jede Schaufel eine elgne Geschwindigkeit haben, um mit dem größten Erfolg von dem Correspondiren der Stromsäule getrieben zu werden. Folglich kann höchstens Eine einen Augenblick lang mit dem größten Vortheile getrieben werden. Mithin leisten alle andern Schaufeln oder das Wasser, das den andern correspondirt, weit nicht alle Wirkung, deren es fähig ist. Man lese darüber den 2ten und 11ten Lehrsatz nach. Jener enthält eine grössere Erklärung dieser Theorie, dieser zeigt den Werth des Verlusts an, der aus dieser Unvollkommenheit entsteht.

Die



Die Betrachtung des unterschlächtigen Mühlrades, mit der Schätzung seiner Fehler, welche ich mit all der Sorgfalt und Unpartheylichkeit, deren ich fähig bin, anstellte, brachte mich auf den, im theoretischen Theile schon angeführten, Schluß, daß man nie hoffen könne, mit dem unterschlächtigen Rade über die Helfte der ganzen möglichen Wirkung eines gegebenen Wasserfalls oder eines Stroms zu ziehen.

### Das oberschlächtige Rad.

Das oberschlächtige Rad wollen wir auch nicht practisch beschreiben. Es ist jedem Mühlarzte hinlänglich bekant. Die 11te Figur stellt dessen Durchschnitt vor. Dieses Rad, das sonst so beliebt ist und dessen Besitzer den stolzen Beynamen von Obermüller beylegt, hat alle Fehler des unterschlächtigen, und hat noch eigene dazu aufzuweisen.

Das Wasser, das in die Behältnisse A fällt, stoßt diese Behältnisse nicht, oder sehr wenig, weil die Geschwindigkeit des Rads grösser ist, als die des Wassers, es müßte nur der Strom vorher einen beträchtlichen Fall gehabt haben. Vielmehr muß das Wasser, wann es in den Behältnissen ist, durch das Rad selbst dessen Geschwindigkeit erlangen, wie das Wasser unter dem unterschlächtigen Rade. Der Widerstand ist auf dem oberschlächtigen Rade nicht minder, als bey jenem, denn der ganze Unterschied zwischen beyden Gattungen besteht darinn, daß bey  
unter,

unterschlächtigen das Gerinne, oder die untern und Seitenwände der Behältnisse *aaa* fig. I. fest sind, beim ober Schlächtigen Rade aber sind sie mit den Schaufeln *Ab*, *Bc* &c. und dem ganzen Rade beweglich. Wer an diesem Widerstand noch zweifeln wollte, lege sich die Frage vor, ob eine Kugel, welche den Berg hinabgeschossen wird, nicht den nemlichen Widerstand, das nemliche Zurückstossen der Büchse verursacht, als wenn sie horizontal oder in die Höhe abgeschossen wird; der lege sich die Frage vor, ob er keinen Widerstand fühlen wird, ein recht schweres Schwungrad, das schon eine gewisse Bewegung hat, noch geschwinder zu machen, ob es schon keinen andern Widerstand zu überwinden hat, als sich selbst. In diesem Falle befindet sich nun das Wasser in den obern Behältnissen.

Es hat eine natürliche Geschwindigkeit vermöge seiner Schwere, wie die Flintenkugel, oder es hat sie erhalten durch den Fall, wie das Rad durch eine andere Kraft. Aber soll das Wasser noch mehr Geschwindigkeit auch abwärts erhalten, so widerstehet es, so wie die Flintenkugel und wie das Schwungrad. S. S. 23.

Eben dieser Schwung des Rads, welcher dem Wasser mitgetheilt werden muß, ist in einer andern Rücksicht der Wirkung des Wassers schädlich, denn dieses wirkt nur durch seine Schwere, und die Schwungkraft vermindert diesen ihre Wirkung, wie die Schleuder und tausend andere Beispiele

spiele

spiele es zeigen. Folglich gehört der Schwung des oberflächlichen Rads nicht unbeträchtlich zu einem der Fehler desselben.

Was die relativen Geschwindigkeiten betrifft, so sieht es ganz anders hier, als bey den unterflächlichen Rädern aus. Dort nimmt der Strom die Richtung der Peripherie des Rades an, und drückt die Schaufel in der nemlichen Richtung, weil er das Gerinne zur Unterstützung hat. Diß ist deutlich. Nicht minder, daß die Unterstützung des drückenden Wassers auf dem oberflächlichen Rade, nemlich der innere Kreis  $m n d f g l$ , sich mit dem Rade bewegt, mithin keine Unterstützung, in Rücksicht auf die Behältnisse, oder auf die Schaufeln,  $A b$ ,  $B c$ ,  $C d$ , &c. seyn kann. Also drückt hier das Wasser immer vertikal, und dieser Druck ist der nemliche, als wenn an jedem Punkt der Peripherie, in  $a, b, c, d, e, f, g, h, i, k, l$ , Gewichte an Seilen frey hiengen. Betrachtet man die Bewegung des Rades, so sieht man, daß, wenn man auf einem Augenblick jeden Punkt desselben sich bewegen sieht, welches mit gleicher Geschwindigkeit seyn würde, der eine langsamer fallen, als der andere, oder einen kürzern Raum in der vertikalen Linie beschreiben. Die Punkte zwischen  $Q$  und  $A$ , z. B. fallen ungleich weniger, als zwischen  $D$  und  $F$  in der nemlichen Zeit. Hingegen bewegen sich jene Punkte in der Horizontallinie weit schneller, als diese. Um jenen Fall, oder um jenen Weg in der Vertikallinie ist es uns hauptsächlich zu thun, denn man sieht leicht

leicht

leicht ein, daß die andere Richtung, nemlich die horizontale, uns weniger angeht. Diese mag langsam oder schnell durchlaufen seyn, der Strom wird das Rad immer erreichen, und zwar mit seiner ganzen Geschwindigkeit stoßen. Auf die vertikale Bewegung aber kommt es an, wo sie sehr langsam ist, kann das Rad durch den Strom nach einem sehr kleinen Fall erreicht und gestoßen werden, im entgegengesetzten aber wird das Rad nicht erreicht. Wolte man z. B. einen Strom bey Anfang seines Falls bey E einfallen lassen, so würde er die mäßig bewegten Verhältnisse nicht erreichen, sondern von ihnen mitgenommen werden.

Nimmt man nun für das Rad irgend eine Geschwindigkeit an, so wird man finden, daß der Fall der Verhältnisse zu Anfang in Q gar nichts ausmacht, in a zu etwas geworden, durch A, B, C, D, immer zugenommen, bis er endlich in E der ganzen Geschwindigkeit des Wassers gleicht, um hernach in der untern Helfte nach eben dem Gesetze abzunehmen, bis er in C zu nichts worden ist. Der Strom hingegen nimmt nicht nur bis an E an Geschwindigkeit zu, sondern bis zu seinen tiefsten Punkten in R. Daraus erhellt es, daß man für den ersten Theil Q, B D des Rads, die Geschwindigkeit des Rads so gut treffen kann, daß das Product nahe ans Maximum komme, und das kommt dem oberflächlichen Rade sehr wohl zu statten, sonst möchte es vielleicht beynähe unbrauchbar seyn. Denn unter D und E fällt man aus allen Verhältnissen hinaus, oder  
man

man muß den obern Theil aufopfern. Man lese die Anmerkung, die dem 18ten Satz vorangeht. Wie groß solche Nachtheile seyn, ist im eilften Lehrsatz hinlänglich bewiesen worden.

So lauten die Hauptfehler, welche der Mechanismus des oberflächlichen Rades verursacht, in Rücksicht auf das Wasser, das in dessen Behältnissen ist. Allein, kommt alles Wasser des Stroms in dieselben hinein, und bleibt es in denselben, bis es den möglich untersten Punkt erreicht hat?

Man kann schon die Sache so einrichten, daß alles Wasser so ziemlich auf's Rad komme, und das ist die Ursache des grossen Vorzugs, den man den oberflächlichen Rädern vor den unterschlächtigen einräumt. Allein dieses Wasser bleibt nicht lang auf dem Rade, sondern es fließt bald ab, wie die 2te Figur zeigt. Man sollte glauben, daß die Figur und Anzahl der Behältnisse viel thun könnte, aber es ist eine der gleichgültigsten Sachen in der Hydraulik. Denn man kann behaupten, daß dasjenige Behältniß H, welches um die Mitte der untern Quadranten liegt, immer vollkommen leer ist. Macht man den Winkel Hhg zu spitzig, damit er mehr halte, so entsteht ein anderer Nachtheil im obern Quadranten bey dem Einfall des Stroms. Hier zeigt sich die Centrifugal- oder Schwungkraft, bey dieser Radart, zum drittenmal als nachtheilig, indem sie das Wasser aus den Behältnissen heraustrreibt, ehe durch die Lage von Hg es für sich ausströmt.

H

strömt.

strömt. Mithin ist die untere Helfte des Quadranten ganz unnütz, da es kein Wasser trägt, und außerdem noch hat das Ausleeren wenigstens bey E, meist bey B und C, angefangen. Hierüber sehe man S. 12, 13, 19. Endlich muß noch von dem Wasserfall die Höhe der Behältnisse der Berechnung der Wirkung abgezogen werden, sonst muß sich das Rad durch das gefallene und in Rücksicht auf die Bewegung des Rads ganz ruhige Wasser ganz mühsam herausarbeiten. Ein Verlust, der allerdings beträchtlich ist. Man lese darüber den 23<sup>ten</sup> Lehrsatz.

Aus dieser Uebersicht des obereschlächtigen Rades kann man leicht abnehmen, daß man selten mehr, als  $\frac{1}{2}$  der ganzen Wirkung, deren der gegebene Strom fähig ist, von demselben erwarten darf. Mithin ist dieses Produkt kleiner, als das des untereschlächtigen Rades, und das obereschlächtige ist nicht einmal tauglich, um sehr hohe Wasserfälle mit Vortheil zu benutzen, theils der Schwere des Rads halber, theils hauptsächlich, weil das Rad, um die gehörige Geschwindigkeit zu haben, einen solchen Schwung erhielt, der das Wasser nahe zu in der Mitte der Höhe, aus den Behältnissen herausschleuderte, und die Wirkung der Schwere desjenigen, was oberhalb ist, sehr mindern würde. Mithin sieht man daraus, daß das obereschlächtige Rad bey weitem nicht die Vortheile besitzt, auf welchen es bishero so stolzirte. Man lese darüber die Bemerkungen, welche auf dem 23<sup>ten</sup> Lehrsatz folgen

folo

folgen, wie auch den Anfang des Artikels (2. Das verbesserte Rad),

Nun können wir zu dem eigentlich Practischen dieses Theils übergehen, nemlich zur Beschreibung des neuen Rads.

### Das neue Mühlrad.

Es ist ein längst bekannter Satz in der Mechanik; daß man alle Maschinen so sehr als möglich vereinfachen müsse. Dieser Satz hat vornemlich hier seine Anwendung, obschon man es im Ganzen nicht so leicht einsieht. Nichts scheint beim ersten Anblick einfacher zu seyn, als Wasser in einem Gerinne, wie A B Fig. I, einzuschließen, um Schaufeln zu treiben. Eben so einfach scheint auch das oberschlächtige Rad zu seyn, das nur Behältnisse trägt, welche sich wechselsweise füllen und ausleeren, und so das Rad durch das Gewicht des enthaltenen Wassers umtreiben. Allein, wie verschieden ist doch nicht die Wirkung des Wassers in den verschiedenen Punkten der beyden Räder, und wie viel Umstände haben nicht auf diese Wirkung Einfluß. Der theoretische Theil dieses Werks ist nun damit angefüllt. Nithin ist keines von diesen beyden Rädern in seiner Action einfach. Unser Bestreben soll hauptsächlich dahin gerichtet seyn, diese scheinbare Einfachheit zu realisiren, und wenn auch das Werk im äußersten etwas zusammengesetzter aussehen sollte, denn nur Einheit und Zusammenstimmung aller einzelner Kräfte bringe

bringt Vortheil, oder vielmehr entfernt jeden Verlust.

Da eine Haupteigenschaft unsrer neuen Einrichtung darinnen besteht, daß das Wasser seine ganze absolute Geschwindigkeit erhält, ehe es auf das Rad wirkt, und wir diese Wirkung im theoretischen Theile Stoß geheißen haben, da die Wirkung des Wassers auf die alten Räder nur Druck ist, so wollen wir das neue Rad das Stoßrad heißen, die alten aber zusammen Druckräder. Unser Zweck geht nicht dahin ab, daß wir mit den Stoßrädern mehr Wirkung hervorbringen, als das Wasser an und für sich vermag, weil die Erreichung dieses Zwecks unmöglich ist. Eine gegebene Wassersäule vermag an und für sich eine gewisse bestimmte Wirkung, die alle unsere Kräfte, all' unser Bemühen nicht erhöhen kann. Es bleibt uns nichts übrig, als, von dieser Wirkung den größten möglichen Theil zu benutzen. Schon haben wir gesehen, daß wir nicht das Ganze benutzen können, weil unsere Werke, wann sie auch noch so gut ausfallen, immer noch das Gepräge der Unvollkommenheit tragen. In dem Vorhergehenden haben wir schon erwähnt, daß der Druck des Wassers bey weitem nicht der Ausdruck der ganzen Kraft sey, oder daß man bey demselben immer Nachtheil habe, wegen den verschiedenen natürlichen Geschwindigkeiten des Wassers nach der Höhe, welche es im Fallen durchlaufen hat, Geschwindigkeiten, welche doch auf Schaufeln wirken sollen, die alle Eine Geschwindigkeit haben. Um  
nur



nun diesen Hauptfehler nebst andern erwähnten des ober- und unterschlächtigen Rades zu vermeiden, oder wenigstens zu schwächen, und keine neue hinzuthun, habe ich folgenden Mechanismus erdacht.

Das neue oder Stoßrad wird in Fig. VIII und IX in Profil und in Fig. XVI. perspectivisch vorgestellt. Es besteht aus zweien zirkelförmigen Zonen oder flachen Reifen AEPQR, welche einander parallel stehen, und in ihrem Zwischenraume die erforderliche Anzahl von Schaufeln tragen. Es sieht dem Staberrade ganz ähnlich. Das Gerinn ist zweyerley, was den vordern Theil desselben betrifft, wovon auch die Mühl zwey verschiedene Namen erhält, die wir weiter unten sehen werden.

Das eine Gerinn besteht aus drey Haupttheilen, und ist in fig. X. perspectivisch, in fig. VIII. und IX im Grundriß vorgestellt.

Der erste Theil oder das Gerinne ist derjenige, den man in fig. VIII durch MKFGHM im Durchschnitt sieht, oder MKGFFGKM in fig. X und XI. Sein Vordertheil MK ist zirkelförmig zugeschnitten, nach dem Rade, doch mit einem etwas größern Radius, dessen Breite MM ist gerade der innern Breite des Rades gleich, oder um etwas weniger kleiner. Dessen Anfang MH fig. VIII. MK fig. XI., welcher so lang ist, als die Distanz der äußersten Punkte zweier Schaufeln, ist geradlinicht und horizontal. Die Linie HM Fig. VIII. ist der tiefste Horizont des

Wassers. Der übrige Theil H G F des Gerinns ist krummlinicht, und zwar der untere Theil bis zu  $\frac{3}{4}$  Höhe sollte er cycloidisch, und der oberste Theil parabolisch seyn, und zwar so, daß diese zwey krummen Linien einander berührten. In der Praxi kann man zwar die Construction dieser krummen Linie nicht leicht erwarten. Allein, statt dessen kann man sich begnügen, die Linie F G H nachzuahmen, mit der Bemerkung, daß die Horizontalweite von A nach Y ohngefähr drey mal die absolute Höhe F Y des Falls haben muß. Die Höhe des Gerinnes ist bey K um ein Drittel grösser, als die Höhe der Schaufeln. Siehe fig. X. Sie nimmt aufwärts immer zu, weil der Wasserstrom oben immer dicker ist, als unten.

Der zweyte Theil oder die Gränze besteht aus zweyen Becken, deren Aufsriß K V I O A K in fig. VIII im Grundriß O L, O L fig. XI. Ihre Verbindung mit dem Ganzen, nebst ihrer Form, zeigt fig. X. Sie stehen in einer gewissen Distanz, etwa 3—4 Zoll von K M. Der Zwischenraum wird durch ein oder mehrere Bretter ausgefüllt, welche ganz in der Form M K zugeschnitten sind, so daß M K eine zirkelförmige platte Fläche vorstelle. Der Theil M N der Gränze ist zirkelförmig zugeschnitten, mit dem nemlichen Radius, als K M. Die Länge dieses Theils ist der Entfernung zweyer Schaufeln gleich. Damit aber dieses geschehen könne, so muß der Grund um so viel ausgehöhlt werden, damit der Boden der Gränze  
gleich

gleichfalls Zirkelförmig gebaut werden könne. Der Punkt kommt in die Höhe von M zu stehen, so, daß die Linie HT Fig. VIII. überall horizontal, nur nicht zwischen NM, ist. Ueber NM in IV ist die Gränze auch Zirkelförmig aus dem nemlichen Mittelpunkt. Die Linien IO und VM sind auf demselben gerichtet. Die Auslözung NMMN fig. X und XI kann OO um etwas überschreiten oder nicht, nach Willkühr.

Der dritte Theil, oder das Behältniß, ist in fig. VIII in Aufsriß durch TH in fig. X und XI. perspectivisch, und im Grundriß durch THKKHF vorgestellt. Es ist nichts anders, als ein Kasten in TT. ganz offen, in KK ganz aufgeschnitten, in NMMN durchbrochen, um die beschriebene Wölbung der Gränze zu erlangen. Der Ausschnitt in KK ist so, daß er das Gerinne ganz vollkommen passend fasse. Dessen Breite HH — TT ist drey mal die Weite KK. Dessen Länge ist benahe willkührlich. Doch mag sie im Durchschnit so angenommen werden, daß NN gerade in der Mitte sey. Daben reicht K Fig. XI ohngefähr um die Schaufelhöhe über LL hinaus. Man richtet die Sache so ein, daß die Brettlein und der Becken IL Fig. X. bis nach K reichen, welches nur in fig. X. nicht in fig. XI. angezeigt ist. In der untern halben Länge verliert das Behältniß seine halbe Höhe.

Endlich ist noch zu bemerken, daß das Rad auf jedem seiner Becken oder Zonen einen schmalen

Reif innwendig, oder auf dem kleinen Zirkel trägt, der innerhalb ganz und gar nicht vorragt, ausserhalb aber bis über die Gränze auf beyden Seiten. Allein dieser Reif soll deshalb die Höhe oder die Breite der Zonen nicht vergrößern, sondern die Zone mit sammt dem Reif darf die Schaufelhöhe nicht überschreiten, deswegen wird die Gränze in I V um so viel niedriger.

Dies ist die Beschreibung dieses Gerinns überhaupt, woben ich anmerken muß, daß nur das eigentliche Gerinn oder der erste Theil wesentlich ist, die zwey übrigen, die Vertiefung NMMN ausgenommen, können bey einem etwas beträchtlichen Falle entbehret werden. Bey sehr kleinen Fällen, wie nur von etlichen Zollen, ist es rathsam, sie beyzubehalten; im Falle sie ausgelassen werden, sieht man die Vertiefung NM als eine Fortsetzung des Bodens des Gerinnes an.

Allein dieses eben beschriebene Gerinne FGHM, mit seinen Krümmungen, ist selbst nicht wesentlich. Ja, es soll nur in den mittlern Fällen gebraucht werden, allwo die Wasserhöhe 1 Schuh bis 4 Schuh beträgt, und bey Cascaden, wo der Fall 5, 10, 20, 30. und noch mehr Schuh beträgt, muß man die Einrichtung, die fig. IX zeigt, benutzen. Dabey nemlich ist der vordere Theil des Gerinns MKH, wie vorher, auch die Gränze und Verhältnis ebenfalls. Hingegen ist der übrige Theil KG ganz horizontal und oben offen. Das Wasser kommt in dieses Gerinne durch eine vertikale,  
viere

viereckigte flache Röhre U Y, welche zur Dicke G X, 5—6mal die Dicke des Ausflusses oder die Schaufelhöhe, oder zur Breite, 3mal die Breite der Schaufel hat. Die Höhe dieser Röhre ist überhaupt so, daß das Wasser S Y in demselben horizontal stehen könne; hingegen reicht die Röhre immer etwas tiefer, als die Oefnung G, wie die Figur anzeigt. Kann es ohne große Kosten geschehen, so macht man diesen Benschuß an Tiefe 4—5mal so groß, als die Höhe der Schaufel. Der Zweck dieser Dimensionen der Röhre ist, daß das Wasser die geringste Friction an die Wände leite, und daß der Strom Y U G die Richtung wählen könne, welche den geringsten Widerstand mit sich trägt. In den Fällen eines äußerst hohen Falles und eines geringen Wassers legt man vor S ein Behältniß, vermöge welchen man das doppelte Wasser geben könne, und nur bey Tag zu arbeiten brauche. Die Oefnung in G hat die nemlichen Dimensionen, als die Schaufeln. Doch muß sie vermehrt und vermindert, auch wohl gar geschlossen werden können. Dazu dient die Thür a, welche man durch die hölzerne oder eiserne Stange a c b auf und niederstoßen kann, nach Willkühr. Bey b wird eine Eintheilung angebracht, nach welcher man sieht, um wie viel man auf- oder zuschließt. Der Druck der Wassersäule wird sie gänzlich verschließen, wenn anders sie und die Oefnung platt gehobelt sind. Auch kann die Thür mit einer dünnen und gleichen Korbschichte belegt werden.

Jene Berrichtung, wie in fig. VIII., wollen wir eine Fallmühle heißen, diese eine Säulenmühle. Beide haben theoretisch gleiche Vortheile, nur in gewisser Rücksicht ist diese oder jene vorzuziehen. Dieses wird sich in folgender Theorie entwickeln.

So lautet im wesentlichsten die Beschreibung unsers Rades und des Gerinnes. Mancher aber wird begierig seyn, zu wissen, warum wir zweyerley Gerinne haben, und das eine für die mittlern Fälle, das andere für die ganz kleinen und großen. Die Ursache ist kurz folgende. Wir haben im theoretischen Theile gesehen, daß bey sehr kleinen Fällen die Oberschichten des Stroms in der Fallmühle eine größere Geschwindigkeit haben, als die untern, bey der Säulenmühle hingegen haben sie eine kleinere, als die untern, 2tes Kap. 2ter und 3ter Lehrsatz; da nun bey den kleinen Fällen die Schaufeln immer eine beträchtliche Höhe haben, weil der Strom dicker ist, so ist die Geschwindigkeit der untern Punkte jener Schaufeln merklich größer, als die der obern Punkte. Folglich paßt hier die Säulenmühle besser. Bey höhern Fällen hat die Fallmühle theoretisch gleiche Vortheile, als die Säulenmühle, hingegen erfordert ihre Construction für ganz hohe Fälle zu viel Raum. Deswegen ziehen wir hier die Säulenmühlen vor, um so mehr, da sich hier die Einrichtung eines Reservoirs besser schickt, bey mittlern Fällen zieht man die Fallmühlen vor, weil sie weniger

niger

niger Unterhaltungskosten fordern, als die Säulenmühlen. (2tes Kap. 4ter Lehrsatz.)

Die Construction, die wir oben schon beschrieben haben, zeigt an und für sich, daß sie frey von den Fehlern der andern Construction ist; nemlich der Strom A bey derselben vollkommen begränzt im Augenblicke des Stoßes, hingegen vollkommen unbegränzt nach dem Stoße, weil das Wasser gleich nach dem Stoße in das Behältniß überfließt. Mit hin ziehen wir aus dem Wasserstoße allen möglichen Vortheil, und das nicht mehr stoßende Wasser hindert so wenig, als möglich, den Stoß des folgenden Wassers. Ferner erhält das Wasser seine ganze Geschwindigkeit, ehe es das Rad trifft. Mit hin hat der Strom nur Eine Geschwindigkeit, in Ansehung des Rads. Ausserdem leidet das Rad keinen Widerstand, um die Schaufeln aus dem Strome herauszuarbeiten, weil die Vertiefung N M M N, fig. X und XI. dem Strome die Richtung der Schaufeln giebt, so lang die Schaufeln in demselben sind, 2ter Theil, 10ter Lehrsatz, und der Widerstand bey dem Eintritt desselben in den Strom ist ungleich kleiner, als bey den alten unterschlächtigen Rädern, theils weil der Strom dünner ist, (1tes Kap. 5ter Lehrsatz,) theils auch, weil wir durchaus an unsern Rädern weniger Schaufeln haben, als an den alten. Dieser Verlust, und die übrigen zusammen, betragen in den unvortheilhaftern Fällen nicht über  $\frac{1}{10}$  der ganzen möglichen Wirkung des Wassers. (2tes Cap. S. 18. Lehrsatz.)

Noch

Noch muß ich hier einen Fehler rügen, den die gewöhnlichen Mühlärzte bey jeder Anlage von Mühlen gemacht haben, ich meine den Wasserfang. Man hat sich bisher vorgestellt, das Gerinne müsse in K Fig. I breiter seyn, als in A, um das Wasser gleichsam zu fangen, daß es besser vorschleße. Diese Meynung aber ist ganz irrig. Das Wasser läßt sich nicht fangen, wie der Wind, weil es sich nicht zusammen drücken läßt, wie die Luft. Man sehe in Fig. XVII. einen solchen Wasserfang an. Alles Wasser, das zwischen der Linie ac und der Wand bc zur Mündung ab hereinströmt, stößt an cb an; weil nun das Wasser nicht elastisch ist, so verliert es dadurch von seiner Geschwindigkeit. Nun aber läuft es längst bc, ab, und mischt sich mit dem mittlern Strom, wie de anzeigt. Folglich verliert der Strom im Ganzen die Geschwindigkeit, die dessen Theile ad und df verloren haben. Nun soll aber alles das Wasser, das zu hd hereingetreten, zur kleinen Mündung c ausströmen, und doch hat es in ce weniger Geschwindigkeit, als in bd. Mithin muß der Strom in ce aufschwellen, bis der Durchschnitt der Mündung um so größer wird, als die Geschwindigkeit in ce kleiner ist, als in bd. Es soll zum Beispiel bd zweymal so groß seyn, als ce, so wird die Dicke des Stroms in ce nicht nur noch einmal so dick seyn, als in bd, sondern noch etwas darüber. Man bemerkt aber diese Unterschiede in der Praxi gewöhnlich nicht, weil man von bd nach ce einen Fall veranstaltet, wel-

wel.

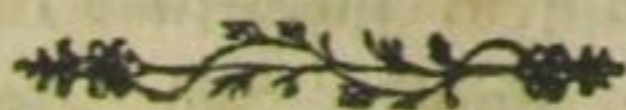


welcher diese Maaße verändert. Aber der Satz ist nicht minder wahr.

So habe ich in Hanau eine Mühle gesehen, dessen Eigenthümer anfangs das Gerinne ohne merklichen Wasserfang hatte anlegen lassen. Allein man rieth ihm, einen solchen zu machen; er that es, und sein Rad gieng nun etwas weniger langsamer, als vorher. Er fragte mich um die Ursache, die ich ihm nun zu seiner Zufriedenheit erklärte.

Doch will ich nicht in Abrede seyn, daß nicht in gewissen Fällen, besonders wo man einen etwas hohen Wasserfall, wie Fig. I., hat, ein Wasserfang nicht gut gewesen seyn mag, seines innern Fehlers ungeachtet, gerade weil er die Geschwindigkeit bey A mindert.

Denn ein zu schneller Strom überspringt zum Theil die Schaufel D, und fällt über dieselbe hinaus. Auch ist der Stoß gegen den Reif ED des Rads der Bewegung des Rads nachtheilig. Folglich mag es in diesem Fall besser seyn, den Strom in A aufschwellen zu lassen, da dann sein Fall besser in die Richtung des Gerinns und der Schaufeln geschieht, als vorher. Allein, man könnte das Nemliche ohne Wasserfang erreichen, und bey unserm Stoßrade wäre es für Fall- und Säulenmühlen gleich schädlich.



Pract.

## Practische Construction des Stoßrades.

Jeder Reif oder Becken A B E F G (fig. XVI) besteht aus Stücken von Brettern, die man mit Holznägeln doppelt aufeinander nagelt, mit den dabey gewöhnlichen Vorsichten; die Dicke dieser Bretter darf für die kleinsten Räder von Holz nicht mehr als 3 Zoll Dicke haben, und für die grösssten nicht mehr als 5 Zoll. Mit hin hat jede Scheibe, aus welcher so ein Becken gemacht wird, zwischen  $1\frac{1}{2}$  zwischen  $2\frac{1}{2}$  Zoll Dicke. Ihre Breite wird durch die Höhe der Schaufel bestimmt, doch ist sie kleiner um so viel, als der krumme Reif, der hier nicht gezeichnet ist, in der Dicke hat. Ich meine hier jenen Reif, der auf der innern Kante der Becken angenagelt wird, und um etliche Zoll aussen her hervorragt, um die Gränze des Gerinnes zu decken. Dieses Hervorragen braucht nicht mehr als 2 Zoll zu betragen.

Sind die beyden Becken fertig und abgedreht, doch so, daß man beyde noch auseinander setzen könne, so theilt man sie ab in die Anzahl der Schaufeln, und schneidet innen her die Fugen, aber Schwalbenschwanzförmig, ein, und die Enden der Schaufeln gleichfalls, auf daß, wenn diese eingeschoben sind, die Becken recht dicht zusammengehalten werden. Das Einschneiden der Becken kann vom größten bis zum kleinsten Rade  $\frac{1}{2}$  bis

bis

bis 1 Zoll Tiefe haben, auf daß von den innern Scheiben jedes Beckens so viel Holz übrig bleibe, daß das Rad noch Solidität genug behalte.

Was die Arme BF, GE betrifft, so sind sie entweder doppelt oder einfach, nachdem die Schaufeln lang oder kurz sind. In jedem Falle aber müssen es 6 seyn. Die XVIIte Figur hat nur 4 erhalten, um die Schaufeln nicht zu sehr zu decken, damit man den Zusammenhang des Ganzen besser einsehe.

Soll das Rad nur einfache Arme haben, so mache man es, wie Fig. VIII und XI zeigen, nemlich, befestige 6 viereckigte Bälklein O, O, O, da, wo die Arme die Peripherie des Rads eingreifen müssen. Sie werden noch das Zusammenhalten der Becken befördern.

In deren Mitte lasse man dann die 6 Enden der Arme ein, wie sonst bey Mühlrädern zu geschehen pflegt. Hat das Rad einen Reif auf seiner innern Kante, wie es bey allen niedrigen Wasserfällen seyn soll, so muß das Bälklein auf den Becken aufsitzen, da alsdann der Reif zu dessen Befestigung dienen wird. Kommt dieses Bälklein auf eine Schaufel zu stehen, so muß die Schaufel um so viel abgenommen werden, und das Bälklein so gelegt, daß es auf der Seite, wo das Wasser die Schaufel schlägt, mit derselben eine Fläche ausmache, und nicht, wie in fig. VIII vorgestellt ist, daß das Bälklein mitten auf der Schaufel aufliegt. Diese Regel muß beobachtet werden, oder man

man muß das Bälklein unten her einschneiden, auf daß die Schaufel ihre ganze Höhe behalte. Diejenigen, welche auf keine Schaufeln zu stehen kommen, werden gleichfalls eingeschnitten, daß das Wasser unten her an nichts gehindert werde. Fig. XVIII. stellt ein solches Bälklein vor, den wir einen Riegel heißen wollen. In der Mitte kann man ihm etwas mehr Dicke lassen, weil er durch das Einlassen des Arms geschwächt wird. Soll das Rad zweifache Arme haben, so müssen sie unmittelbar in die Becken eingelassen werden, und zwar so, daß ein Theil desselben 1 bis  $1\frac{1}{2}$  Zoll dick ausserhalb vorstehe, und außerdem 1 bis 2 Zoll innerhalb den Becken in denselben eingelassen werde.

In beiden Fällen aber, nemlich, wenn das Rad doppelte oder einfache Arme hat, ist es minder gut, die Arme auf der hohen Kante einzulassen, wie fig. XIV. zeigt, außer im Fall, man habe einen sehr großen und dicken Wellbaum, und man läßt sie nicht im nemlichen Zirkel in demselben seyn. Sonst aber ist es besser, sie flach einzulassen, und immer zwey aus einem Stücke zu machen. Fig. XIX stellt einen solchen doppelten Arm vor, wie ich wünschte, daß sie gemacht würden. Es sey nemlich für den Arm H, c derjenige Mittelpunct des Wellbaums, welcher mit der Mitte der Dicke eines Beckens correspondirt, so wird seyn f und g die 2 Zapfen, f, welches ausserhalb anliegt, g, das innerhalb ganz eingelassen wird in den Becken. Noch mehr aber die Seiten hf, hf, welche bey k so weit absteht,

steht,

steht, daß der Arm seine gehörige Stärke habe.  $hh$  ist eine gerade Linie, so lang, als der Durchmesser des Wellbaums  $kk$  gleichfalls. In der Mitte hat dieser Arm einen schiefen Einschnitt  $acdb$ , so breit, als die Holzdicke ist, so, daß, wenn man ein Lineal hineinlegt, das Lineal gerade auf dem Punct der Peripherie weise, auf welchen der andere Arm kommen soll. Dieser Einschnitt reicht bis zur Helfte der Breite des Arms. Ein zweyter Arm wird nun gemacht, gerade wie der eben beschriebene, und auch mit dem nemlichen und gleichliegenden Einschnitte. Endlich wird der dritte Arm  $B$  gemacht, der aber keinem von beyden gleicht, sondern eine Seite ist beynah, wie die andere. Es sey  $ll$  diejenige Linie, welche mit der Mitte der Dicke des Beckens correspondirt,  $c$  der Durchschnitt der Aye mit der Linie, wie in vorhergehendem Arm,  $hh$ .  $kk$  gleichweit von  $ll$ , so, daß  $hk$  der Breite der andern Arme gleich sey. Zu den Enden zeichne man das Stück  $q$ , das innerhalb des Beckens eingelassen wird, so, daß dessen innere Seite an  $ll$  anliesse. Auf der andern Seite von  $ll$  mache man das Uebrige, und ziehe die Linien  $hf$ ,  $ky$ , so ist das Stück zum Ausschneiden fertig. Es bekommt keinen Schnitt. Es wird nun der Wellbaum gelocht — — — — nach der Breite und Dicke der Arme, so aber, daß 2 Löcher nach der Länge des Wellbaums sich so von einander entfernen, daß das eine Loch da aufhöre, wo das andere anfängt. Das dritte Loch wird an seiner Peripherie

J Stelle

Stelle, aber so, daß es, der Länge des Wellbaums nach, in die Mitte der andern komme. Nun steckt man die zwey Arme mit den Einschnitten in ihre zugehörigen äussern Löcher, so, daß die Einschnitte gegeneinander gedreht sind, dann schiebt man den 3ten durch, der nun in die beyden Einschnitte vollkommen passen muß, und so die beyden andern befestigt. Michin ist die ganze Wellbaumslänge, welche die 3 Arme einnehmen, der gedoppelten Breite eines Armes gleich. Hat man 2 Trio von Armen, so macht man das 2te, wie das 1te. Dann schlägt man die Becken auseinander, setzt sie an die Arme wieder aneinander, befestigt sie mit den gehörigen Holznägeln, schiebt die Schaufeln ein, so ist das Rad fertig. (\*)

Noch bleibt uns eine Besserung auf unser Rad anzuwenden übrig, wovon im theoretischen Theile nichts vorkam, weil sie eigentlich nichts neues enthält. Sie betrifft die Zapfen und die Pfannen, auf welchen das Rad rührt. Es ist Zeit, warlich sehr Zeit, daß man endlich daran denke, unsere Mühlräder nicht mehr auf plumpen Zapfen laufen zu lassen, sondern auf Spitzigen, um die Friction, die

(\*) Ist das Rad so breit, daß die Schaufeln eine Unterstüzung bedürfen, so macht man noch einen Backen darzwischen, welchen man aber auf der Peripherie gleichförmig zuschneidet. Dieser Backen braucht nicht immer eigne Arme zu haben.

die dabey statt findet, zu vermindern. Die 20te Figur stellt eine Vorrichtung dazu vor. AB ist der Kopf des Wellbaums, C der Zapfen, der um I Zoll ganz cylindrisch hervorrage, dann in der Form eines sehr spitzigen Enes (nicht eines Kegels) abnehmen soll (†), F ist eine messingene Schraube, deren Gänge so sind, daß, wenn sie von der nemlichen Seite, als das Rad, gedreht wird, sie gegen AB anrückt. In der Mitte ihrer Grundfläche bey a ist ein kleines Loch, das die Figur der Spitze des Zapfens hat, doch äußerlich etwas weiter. Dieses Loch darf nicht tiefer seyn, als 4 Linien. Diese Schraube wird von einer eisernen Mutter DE empfangen, welche einen Fuß ELK hat, der von L nach K in 2 Theile gespalten, und mit mehreren Schrauben an dem Klotz Q befestigt wird. Eine Klammer GH, welche gleichfalls sich in 2 Aeste vertheilt, giebt mittelst der Schrauben H der Mutter die gehörige Festigkeit. Hat man nun für jeden Zapfen so eine Vorrichtung, deren Hals EL etwas lang ist, etwa  $2\frac{1}{2}$  Zoll, so kann beym Stellen die Mutter nach Bedürfniß gehoben und niedergelassen werden, und mit ihr der Ruhepunkt a, so

J 2 daß

(†) Die eigentliche Generations-Linie dieses Zapfens ist die neubische Parabel, deren Gleichung ist  $y^3 = \frac{Cx}{m}$ , wenn er durchaus gleich stark seyn soll, bey ungleicher Dicke.

daß man die Aye recht horizontal stellen kann, ehe man alle Holzschrauben ansetzt.

Mitteltst der Hauptschraube F, deren Gänge eng seyn müssen, kann man diesen Wellbaum hin und her rücken, auch nach Belieben.

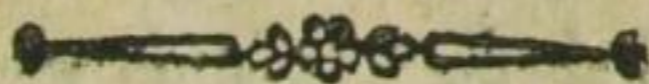
Mithin kann das Rad auf's genaueste gestelt werden, und die Friction wird bey weitem der vierte Theil der gewöhnlichen Friction seyn. Sollte es einem schwer ankommen, die Schraube F machen zu lassen, welche allerdings bis 3 Zoll im Durchmesser erhalten kann, der mache sich folgende leichtere Vorrichtung: Anstatt in DE eine Mutter einzuschneiden, mache man aus demselben eine innwendig viereckigte Büchse von 2 Zoll Dicke, und dazu eine messingene Stange, welche in allen Lagen in der Büchse paße, und auf eine ihrer Grundflächen den Kern a trage. Hinter dieser Büchse bevestige man eine Mutter, wie DE, aber weit kleiner, mit einer dazu gemachten Schraube F, welche höchstens 1" im Durchmesser zu haben braucht, mittelst welcher man die Stange hin und her rücken und walzen kann.

Hat sich der Kern ausgelaufen, so, daß der Zapfen in demselben zu viel Raum hat, so drehe man um so viel die Schraube F, bis sie ein wenig spannt, hat man die Vorrichtung mit der Stange, so muß sie auf eine andere Seite zu



zu liegen kommen, und dann mit der Schrauben  
angezogen werden, bis es ein wenig spannt.

Erdenkt sich irgend ein Mühlartzt eine noch  
bequemere Vorrichtung, als diese zwey, so mache  
er es nach Gutdünken, wenn nur das Rad im  
Kern spitzig lauft, und der Kern sich nicht oval  
auslaufen könne.



## Practische Beschreibung des Gerinns.

### 1) Für Fallmühlen.

#### a) Das eigentliche Gerinne.

Es ist, wie wir schon bemerkt haben, der Theil F G K Fig. VIII und X.

Wir haben schon bemerkt, daß der oberste Theil F desselben nur etwas abgerundet zu seyn brauche. Mithin wollen wir uns dabey nicht aufhalten, der übrige Theil muß die Krümmung einer gewissen Linie haben, die man Encloid nennet, und deren eine Eigenschaft ist, daß alle Körper, die auf derselben herunter wollen von dem Puncte F als den obersten zu dem Punct K als den untersten, in der kürzesten Zeit kommen. Mithin leiden sie in ihren Fall den kleinsten Widerstand, welches unser Endzweck ist.

Mithin nehme man fig. XXI. ein Lineal NF, auf welchen man die Höhe des Wasserfalls EI = FY Fig. VIII. senkrecht aufträgt, und theilt sie in 10 gleiche Theile ab. Nun nimmt man eine ebne Fläche, aus welcher man einen Zirkel AB herauschneidet, der die ganze Höhe zum Durchmesser hat, und zieht den Durchmesser AB. Auf den Mittelpunct bevestigt man einen eisernen Zapfen mit einem beweglichen hölzernen Handgriff C und zu Ende desselben in B ein Bleystift, das mit einer Feder gegen

gegen

gegen das darunter stehende Getäfel sanft angedrückt wird. Dessen Spitze muß gerade in der Peripherie des Zirkels liegen. Damit aber in dessen Bewegung die Scheibe nicht leicht von dem Lineal wegwelche, indem man das Ganze auf dem Lineal NF aufrichtet, wird auf dem Lineal ein anders aufgenagelt, damit der Zirkel gleichsam in einer Falze sich bewege. In diesem Zustand nun, wann es wirklich aufgerichtet ist, stellt man die Scheibe so, daß der Durchmesser AB auf NF senkrecht stehe, und das Bleystift oben her in B. (In der Figur ist das Ganze liegend vorgestellt.) Dann greift man die Scheibe beim Handgriff und führt sie sachte gegen EI, so daß die Scheibe genau auf dem Lineal fortrolle. Ist das Bleystift B auf's Lineal angekommen, so hat es die krumme Linie EDB, die man cycloid nennt, beschrieben, nemlich den Haupttheil derjenigen, die wir brauchen.

Nun mißt man von dem Anfangspunkt E dieser Cycloid nach T zwey Zehnthelle des Durchmessers oder der Höhe EI, zieht FH parallel mit EI und trägt ebenfalls  $\frac{2}{10}$  der Höhe EI von F nach G und von E nach P; zieht die gerade PG, bis sie die Cycloid in D schneidet. Dann beschreibe man von F nach D die krumme Linie TD aus freyer Hand, so daß sie in DB recht gut fließe. Sollte das Wasser bey F stark hervorschießen, so muß man für EF und FG anstatt  $\frac{2}{10}$ ,  $\frac{3}{10}$  oder gar  $\frac{4}{10}$  nehmen, doch nie mehr, und mit dieser Länge einen neuen Punkt D finden, und eine neue krumme

Linie  $FD$  beschreiben; und hiemit ist der krumme Theil des Gerinnes gezeichnet.

Nun mißt man an dem Rade die Entfernung zweier Schaufeln am äußersten Rande und trägt diese Entfernung zweymal von  $B$  aus auf der Geraden  $BL$ , und so erhält man  $M$  oder den Punkt, der zweymal so weit von  $B$  ist, als eine Schaufel von ihrer nächsten. Zugleich legt man am Rande ein Lineal auf dem äußersten Rande zweier Schaufeln gegen den Backen, und reißt eine gerade Linie ab. Dann nimmt man die größte Entfernung der Peripherie von dieser geraden Linie; es wird die seyn, welche auf die Mitte steht; diese Entfernung haben wir nun schon den Sinus versus geheißten. Man trägt sie nun in  $M$  senkrecht auf  $LB$  auf, wie  $Mq$ ; von  $q$  aus trägt man nun den Radius des Rades senkrecht auf nach  $O$ , so daß  $O$  der Mittelpunkt sey. Dann legt man  $\frac{1}{2}$  Zoll zu diesem Radius zu, und beschreibe aus  $O$  den Zirkelbogen  $LqKQ$ , dessen Theil  $KQ$  anzeigt, wie die Backen des Gerinnes geschnitten werden sollen, um die Krümmung  $MK$ , fig. X, herauszubringen. Denkt der Mühlarzt sich auf seine Genauigkeit so verlassen zu können, daß er nicht den ganzen halben Zoll zum Zwischenraum zwischen dem Rade und dem Gerinne zu lassen brauche, so bricht er nach Verhältniß davon ab. Ich glaube aber, daß  $\frac{1}{2}$  // immer hinreichend seyn wird, weil der Bogen  $LqKQ$  nicht lang ist. Der übrige Theil des Bogens, nemlich  $LqK$  bestimmet die Vertiefung  $NMMN$ . (fig. X.)

b) Die

## b) Die Gränze.

Sie besteht aus zweien Stücken OIVKMO, fig. X, welche flach sind, deren Vordertheil OIVM aber einem Stücke von dem Backen des Rades gleich, welcher zwischen zwey Schaufeln steht, der Hintertheil aber VKM reicht so weit, als der Boden des Gerinnes KB fig. XXI gerad ist, allwo das Behältniß anfängt, der Theil MK muß so dick seyn, daß es in demselben Raum für die Dicke der Backen und noch 2 Zoll darüber gebe, auf daß die Arme des Rads durchkommen können. Deshalb wird es gefüttert, bis es diese Dicke erhalten hat, da man alsdann erst die Backen der Gränze anlegt. Ihre Höhe muß so seyn, daß der Keil, der innerhalb der Backen des Rades befestigt ist, darüber weglau- fen könne, ohne anzustoßen. Das Stück IOMV muß mit dem nemlichen Radius und aus dem nemli- chen Mittelpunkt gezeichnet werden, als der Bogen LK Fig. XXI.

Will man das Gerinne wirklich bauen, so muß man die Backen desselben aus doppelten Bret- tern zusammensetzen, so aber, daß das Holz die krumme Linie FDBKqL um etliche Zoll über- schreite. Dann nagelt man starke Leisten nach FDBKqL auf, so, daß zwischen den Leisten und dieser Linie noch  $\frac{1}{2}$  Zoll Raum sey. Ist das gesche- hen, so nagle man  $\frac{3}{4}$  Zoll dicke Brettlein queer über auf den Leisten auf den Backen und hobe- le sie mit einem krummen Hobel, bis man überall die

35

Linie

Linie FDBKqL entdecke. Dann belegt man die äussern Seiten des untern Theils KQB mit Brettern, bis es die erforderliche Dicke hat. Dann schlägt man die Backen der Gränze an, und so erhält man aus einem Stück das Gerinn und die Gränze.

### c) Das Behältniß.

Dieses ist sehr leicht zu machen. Man schlage Leisten an  $\frac{1}{2}$  Zoll unter der geraden Linie BL, dann bringe man das Gerinn an Ort und Stelle, und befestige es, so daß BL recht horizontal und so tief, als das tiefste Niveau des Wassers, zu liegen komme, auf kleinen eingeschlagenen Pfeilern. Dann schlägt man eben solche Pfeiler um die Gränze herum, wo es nöthig zu seyn scheint, und schlage Querbretter auf, bis es eine Ebene gibt, welche wenigstens so weit vor OO, fig. X, reicht, als hinter derselben. Dann befestigt man die Wände, wie die Xte Figur es anzeigt, und das ganze Gerinn ist fertig.

Man erinnere sich aber immer bey dieser Construction, daß der Boden OM unter dem untersten Punkte des Wasserfalls kommen und sich in NN genau mit dem Boden des Behältnisses vereinigen müsse.

2) Für

## 2) Für Säulenmühlen.

Die Construction des untern Theils des Gerinns der Säulenmühle ist ganz, wie bey den Fallmühlen. Nur der obere Theil ist verschieden. Er bestehet aus einer viereckigten Röhre oder Kasten Y U, fig. IX, welcher unten eine Oefnung hat, wodurch das Wasser durch das horizontale Gerinn das Rad erreicht und treibt. Die Größe des verticalen Kastens ist schon weiter oben bestimmt worden. Die Thür, welche auf- und abgezogen wird, hat dazu einen eisernen oder hölzernen Stiel a b, mit einem Queerholz versehen, zur Bequemlichkeit des Müllers, bey dem Aufziehen niederzudrücken. Dieser Stiel trägt eine Eintheilung, mittelst welcher man sehen kann, wie hoch oder wie niedrig die Oefnung ist. Ein Hammer ist hinlänglich, um die erforderliche Genauigkeit im Stellen zuwege zu bringen, und die Friction, besonders wenn der Stiel hölzern ist, ist hinlänglich, um die Thür in der gehörigen Höhe zu erhalten. Widrigensfalls kann dieser Endzweck mit einem Keile erreicht werden. Die Fallthür a, fig. IX, muß ganz oder nur auf dem Rande mit Kork belegt werden, auf daß der Druck der Wassersäule einen bessern Schluß mache. Die Oefnung darf ja nicht Keilsförmig seyn, von inwendig und von auswendig. Die Ursache dazu ist eben dieselbe, welche uns wider den Wasserfang (fig. XVII) entschieden hat. Es muß die Oefnung aber vollkommen gleich seyn mit dem Gerinn, damit

kein

Kein Stoß oder ausserordentliche Friction entstehen möge. Nur muß man die scharfe Kante innwendig ein wenig abraspeln.

Mit dieser Vorrichtung kann man sich schon bey ganz kleinen Strömen behelfen, wie die Gefälle von fig. IX. Allein, ist der Fall niedrig und der Wasserstrahl hoch, das heißt, wenn man die gewöhnliche Vorrichtung braucht, die bey kleinen Gefällen schon üblich, wo man das Wasser stemmt, so ist die Arbeit schon beschwerlicher. Allein, da hilft man sich bey Mittelmäßigen mit Walzen und Hebeln, und bey Großen mit Winden. Allein, das größte Uebel bey diesen Einrichtungen ist, daß, wenn es nothwendig ist, entweder wegen Feuersgefahr, oder wenn Jemand mit dem Rode oder mit einem Werkzeug in die Mühle gerathen ist, daß er oder die Mühle Schaden davon nehmen könnte, da sind diese Mittel, um das Wasser schnell zu hemmen, viel zu langsam. Oft gehen sie sogar nicht an, weil die Friction oder eine schiefe Richtung das Herabfallen der Thür hindert.

Um diesem Uebel zu begegnen, muß man folgende Einrichtung treffen. AB, fig. XXII, sey die Fallthür, durch deren Aufziehen das Wasser auf's Rad gelassen wird, und die Richtung des Wassers sey a b. Man bevestige an die zwey Hauptpfosten die Thüren DE, DE, welche aber nur etwas mehr als die Mündung des Stroms in der Höhe haben sollen, nur damit sie an AB um ein Paar

Paar



Paar Zoll anliegen können. Ihre vertikale Kante E wird etwas weiter gegen aussen, als gegen innen zugeschnitten, damit, wenn sie zugemacht sind, der Druck des Wassers die Mündung desto besser zumache. Um sie offen zu erhalten, wie sie in der Figur sind, legt man dazwischen ein Stück Brett EE, welches an seinen Enden so eingeschnitten ist, daß es in die Kante EE passe. An dessen einem Ende ist ein Stück, F, befestigt, welches über eine Rolle bis in die Mühle reicht. Will man nun plötzlich zumachen, so darf man nur den Strick anziehen; das Holz EE wird aufspringen und der Druck des Wassers die Thüren zuschlagen, und so sich selbst hemmen. In hh sind Ketten befestigt, um die Thüren nachher aufzumachen. Dazu aber muß man vorher die Thür AB niederlassen, um den Druck des Wassers zu heben, sonst hätte man zu viel Mühe. Damit aber die Thüren recht zugehen und in DD recht passen, muß der Stiel C, welcher zur Bewegung von AB dient, nicht gegen EE vorstehen, sondern gegen das Rad, damit jene Seite von AB ganz eben sey. Auch soll man es nicht einlassen, sondern nur zur Helfte vorstehen lassen, und mit Nägeln oder Schrauben befestigen, damit das Brett nicht geschwächt werde. Ausserdem muß ober und unterhalb der Mündung AB Wasser seyn, oder das Bett des Stroms muß unter der Mündung und unter den Thüren ED tiefer gegraben werden, wie fig. IX zeigt, und das Wasser muß auch höher gespannt werden, als die Thüren ED reichen, damit

damit

damit ihr Daseyn, wann sie offen sind, das Ausströmen des Wassers nicht hindern.

Was endlich die Räder von 5 Schuh im Durchmesser und noch kleinere betrifft, welche für sehr hohe Wasserfälle sehr brauchbar, sogar nothwendig sind, so können sie sämtlich aus flachgeschmiedeten Eisen gemacht werden, und zwar jeden Backen besonders aus 3 bis 6 Stücken, auf deren Fug aussenher ein flaches Stück von gleicher Breite zur Verbindung genüthet werden kann. Scheuet man die Unkosten nicht, so macht man jeden Backen aus doppelten Flächen, wie wir es von den hölzernen Rädern gezeigt haben. Ist man so weit gekommen, so bohrt man an dem Ort, wo die Schaufeln hinkommen, zwey Löcher, damit man zwey Ohren einlassen könne, die man auf den zwey schmalen Seiten jeder Schaufel gelassen hat. Diese Ohren nüthet man oder schneidet ein kleines Gewind mit einer Mutter ein, auf daß man im Nothfall auch das Rad auseinander legen könne. Das Ganze überzieht man mit einer doppelten Schichte eines guten Delfirnißes oder Delfarbe, um es vor dem Roste zu bewahren. Bey diesen Rädern, die eine ausserordentliche Geschwindigkeit erhalten werden, braucht man nicht darauf zu sehen, daß die äussere Seite der Backen eben sey. Es können Plättchen, Schraubenmütter, hervorragen, ohne Consequenz, weil man ohnehin hier keine Gränze braucht, sondern die Backen des Gerinns werden nur fortgesetzt bis nach K M, wie fig. X weiset, und der Boden  
bis

bis nach NN oder, wenn man will, etwas weiter hinaus. Allein in MN muß er ausgehöhlt seyn, wie wir es angemerkt haben. Dieses Gerinn wird auch von Eisen seyn.

Diese Eigenschaft der hohen Gefälle und der geschwinden Räder, daß sie keine Gränze am Gerinn brauchen und kein Behältniß, mithin auch keinen Reif an den Backen des Rades, erstreckt sich bis auf die Wasserfälle von 6 franz. Schuhen Höhe.

Ueber diese 6' hinaus braucht man Gränze und Behältniß nicht, wohl aber bey kleineren. Die Ursache dazu ist, daß das Wasser, das an und für sich bey 19' Geschwindigkeit hat, (nemlich 19' in einer Sekunde beschreibt), unter dem Rade noch mit wenigstens 9 Schuh fortlauft, mithin nicht Zeit hat, zu überlaufen auf den Seiten, sondern rasch fortströmt.

Räder von 4 Schuh und noch kleinere, (es können allerdings solche vorkommen), können recht gut aus Weißblech gemacht werden, wenn man nur folgende einfache Vorsichten dabey anwendet. Jeder Backen wird doppelt gemacht und von  $\frac{1}{2}$  bis 1 Zoll Dicke. Zuerst wird das Blech glatt geschlagen oder abgespannt, und Peripheriestücke daraus geschnitten, welche zu einem Ganzen gelöthet und dann wieder eben geschlagen. Jede dieser vier Peripherien wird auf der innern Seite mit halbrunden Streifen in der Rundung belegt, damit sie steif werde. Dann schlägt man sie wieder eben, weil beym Löthen sich das Blech

Blech meistens zieht. Endlich werden zwey genommen und mittelst zweier 1 oder  $\frac{1}{2}$  Zoll breiten, glatten Streifen zu einem ganzen Becken gemacht. Doch müssen die Seitenwände jedes Beckens etwas von den Reifen hervorragen, damit man das Rad abdrehen könne, wenn es fertig ist. Die Schaufeln werden von doppeltem Bleche für die größte solcher Räder und aus einfachen für die kleinern gemacht. Doch wird auf denselben, nemlich auf der Seite, wo das Wasser nicht anstößt, halbrunde Streifen der Länge nach gelöthet, ehe sie an die Becken befestigt werden. Oder man legt eine oder zwey Blechdicke noch zu. Für die Arme macht man an jeden Becken einen sechs-eckigten Stern, den man auf eine viereckigte Büchse löthet, welche auf dem viereckigten hölzernen Wellenbaum geschoben wird. Diese Sterne werden mit halbrunden Blechstrichen steif gemacht, und auf jeder Seite noch aussenher vier Blecherstücke schief an den Stern und an die Büchse gelöthet, so daß sie auf jeder Seite eine kleine Pyramide oder Trichter bilden. Der Zweck dieser Pyramide ist, das Schwanken des Rades zu finden.

Ein solches Rad von 4 Schuh im Durchmesser kann für 15 fl. Rhein. gemacht werden. Man überfirnißt es doppelt, und in diesem Zustande kann es 20 Jahre dienen, besonders, wenn man es alle 2 oder 3 Jahre frisch anstreicht.

Endlich wollen wir in dieser practischen Construction noch einen Blick auf das Innere des Mühlenwerks werfen, um eine wichtige Besserung dort

dort

dort ohne grosse Kosten anzubringen. Es ist bey nahe keine Mühle, wo nicht die Quantität des Wassers ab- und zunimmt, oder wo nicht zuweilen, wie man sagt, das Schwellwasser komme, welches den Müller zwingt, wenn er dazu eingerichtet ist, seine Mühle zu erheben, wodurch er meist am Gefälle verlehrt. Es giebt also 3 mögliche Fälle. Entweder ist das Wasser kleiner geworden, mithin auch die Kraft, oder das untere Wasser, ist gestiegen und widersteht dem Gang des Rads, das heißt, der zu überwindende Gegenstand ist grösser, oder man hebt das Rad (mit sanftem Gerinne) (\*) aus dem Schwellwasser, und man verlehrt etwas am Gefälle, das heißt, die Kraft ist gemindert. In allen 3 Fällen also ist das Verhältniß zum Widerstand immer zum Nachtheil jener geändert, mithin auch das Verhältniß der Geschwindigkeiten, welches, wie wir es 10mal gezeigt haben, sehr nachtheilig ist. Um das zu ersetzen, muß das Verhältniß der innern Räder geändert werden, und da wollen wir wieder 3 Fälle voraussetzen, entweder greift ein Kammrad in einen Drilling, und das Kammrad ist grösser, als der Drilling, oder es greift ein Kammrad in ein gleich grosses Kammrad, wie es bey Gefällen von 12 bis 15  
der

(\*) Ueber diesen Gegenstand möchte ich gern noch ein Wörtchen sagen, und gute Vortheile an die Hand geben; allein die Zeit fehlet mir.

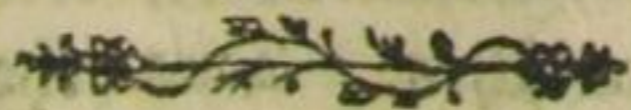
der Fall seyn kann, oder es greift ein Drilling in ein Kammrad, wie es bey Gefällen von 20, 30, 40 Schuh seyn muß.

Im ersten Falle mache man an das Kammrad, statt eine, 3 Peripherien von gleich grossen Zähnen, auf daß sie in den nemlichen Drilling greifen können. Der Drilling muß keinen erhabenen Rand haben, oder dessen Becken können nicht über die Stricke hervorragen, sondern diese werden mit einem Reif befestigt. Ausserdem muß der Drilling an der eisernen Spindel des Laufrads (wenn's eine Mehlmühle ist) auf, und absteigen können, und in 3 Höhen so befestigt werden, daß er in einen von den 3 reiferen Zähnen greifen könne. Die Durchmesser dieser 3 Zirkel von Zähnen sollen sich verhalten ohngefähr 6, 5, 4, so daß, wenn zum Beispiel der größte 6 Schuh im Durchmesser hat, der zweyte 5, der dritte 4 haben soll.

Wenn das Wasser am häufigsten lauft, daß der Strom die völlige Dicke der Schaufeln hat, so läßt man den Drilling in den größten Zirkel von Zähnen greiffen. Nimmt die Stromdicke in etwas ab, so läßt man in den mittlern, und nimmt sie noch mehr ab, so läßt man in den dritten greiffen. Auf diese Art wird der Widerstand abnehmen, ohngefähr wie das Wasser, mithin wird man wahre Verhältnisse der Geschwindigkeit um so viel weniger verfehlen. Im zweyten Falle, wo die eingreifenden Räder gleich oder nicht sehr ungleich sind, macht man an den Wellbaum ein Stirnrad, anstatt ein Kammrad, dessen

dessen

dessen Zähne etwas breiter, als gewöhnlich, seyn sollen. Das Rad ist beweglich längs dem Wellbaum, das Kammrad des Laufens erhält die 3 Reihen von Stöcken, und entsteht unbeweglich der eisernen Achse. Ist gar kein Schwellwasser, so läßt man das Stirnrad in den kleinsten Zirkel greifen. Kommt etwas Schwellwasser, so läßt man in den mittlern, und endlich bey gewissen Schwellwasser, in den größten Zirkel greifen, wodurch das gewünschte Verhältniß wieder erstattet wird. Im dritten Fall endlich, da ein Drilling in ein Kammrad greift, macht man diesen Anfangs den Wellbaum beweglich, und benutzt ihn, wie im ersten Falle. Das Kammrad bleibt an der eisernen Spindel vest, und enthält die 3 Reihen Stöcke. Hat man das ganze Gefäll, so läßt man in's kleinste greifen, mindert sich das Gefäll, in den mittlern, und mindert sich es noch mehr, in den größern greifen. Da aber der Unterschied des Gefälls immer nicht sehr groß ausfallen kann, wenn man die Mühle hebt, so müssen die 3 Zirkel von Stöcken auch weniger Unterschied haben, und sich verhalten, wie die Zahlen 9, 8, 7. Die Anwendung dieses Mechanismus auf andere, als Mehlmühlen, ist nicht schwer. Ein geschickter Mühlenarzt wird sich schon darein finden können.



Practische Berechnungen  
für die  
Anlage der Mühlräder.

Das Erste, was man betrachten soll, wenn man ein Mühlwerk oder nur ein neues Mühlrad anlegen will, ist das Wasser, das man hat, und zwar dessen Fallhöhe, oder Menge, oder Stromdicke. Jene dient, um zu wissen, wie geschwind der Strom fließt, und bestimmt hiemit die Geschwindigkeiten, die das Rad haben soll. Dieses bestimmt die Quantität oder die Größe des Widerstands, den man annehmen soll.

§. 1. Aufgabe.

Die wahre Geschwindigkeit eines Stroms zu finden.

Auflösung.

Es giebt eigentlich 2 Mittel, um die Geschwindigkeit eines Stroms zu finden, ein theoretisches und ein practisches. Das theoretische besteht darinn, daß, da man weiß, daß, wenn ein Körper

per



per von einer gewissen Höhe fällt, er eine gewisse Geschwindigkeit erhält am Ende seines Falls, er bey einer andern Höhe eine andere Geschwindigkeit erhalten wird. Zwar befolgt es nicht die gewöhnliche Proportion, allein es kann doch mittelst der Regel de Tri herausgebracht werden, wenn man sagt, die eine Höhe verhält sich zu einer andern, wie das Quadrat einer verlangten Geschwindigkeit zu dem Quadrat einer andern.

Es sey z. B. die Geschwindigkeit, welche das Wasser, wenn es von einer Höhe von 3 Schuh Pariser Maaß fällt, erlangt =  $13', 4'', 11'''$ ,  $10''''$ , in einer Secunde, man fragt, welche Geschwindigkeit es erlangen wird, wenn es von einer Höhe von 7 Schuh fällt, so wird man die Proportion haben.  $3^{\circ} : 7^{\circ} = Q \ 13', 4'', 11'''$ ,  $10'''' : Qx$ , wo  $x$  die gesuchte Geschwindigkeit bedeutet. Folglich muß man  $13', 4'', 11'''$ ,  $10''''$  in's Quadrat erheben, das heißt, mit sich selbst multipliciren, solches denn mit 7 multipliciren, und dann mit 3 dividiren, so kommt das Quadrat der gesuchten Geschwindigkeit heraus. Mithin bekommt man für das Quadrat der gesuchten Geschwindigkeit  $1252863696''''$ , welche Größe die Geschwindigkeit des Wassers in einer Secunde ausdrückt, nemlich, wenn ich die Quadratwurzel ausziehe, sie ist =  $20', 5'', 10''$ ,  $11'''$ . Nun hat sich's gezeigt, daß diejenige Geschwindigkeit, welche einem Fall

von 5'' zukommt, gerade 5' ist in einer Secunde, das heißt, daß das Wasser, welches 5 Zoll hoch fällt, nach zurückgelegten 5 Zollen Falles 5 Schuh in einer Secunde beschreiben würde, wenn es immer mit gleicher Geschwindigkeit gieng, als im letzten Augenblick des Falles. Mit hin sind das weit bequemere Zahlen, als die andern, um andere Fälle zu berechnen. Demnach würden wir die Proportion machen, 5 Zoll : 7. 12 Zoll =  $\overline{Q5'}$  :  $\overline{Qx'}$  und  $\overline{Qx} = \frac{7.12.25}{5} = 7.12.5$ . Mit hin, wenn man die Wasserhöhe in Zollen ausdrückt, darf man sie nur mit 5 multipliciren, so erhält man das Quadrat der gesuchten Geschwindigkeit in Schuhen; zieht man nun die Quadratwurzel aus, so findet man 20 Schuh und noch einen Bruch. Allein die Ausziehung der Quadratwurzel, besonders hier, da man immer mit Zollen und Linien zu thun hat, ist für den Praktiker immer mißlich, daher wollen wir uns mit einer Näherung begnügen, und die Sache folgendermaßen anstellen. Man multiplicire die Fallhöhe, welche man in Duodecimalzoll ausgedrückt hat, durch die Zahl 720, so kommt eine Quadratzahl heraus. Nun sucht in der am Ende dieses Buchs angefügten Tabelle der Quadratzahlen diese Zahl auf, unter den Quadraten. Die einfache Zahl oder Wurzel, die darneben steht, ist die gesuchte Geschwindigkeit in Zolle ausgedrückt. Oft wird man diese Zahl unter den Quadraten nicht finden, so nimmt man die nächste.



ste. Steht sie aber zwischen 2 Quadratzahlen der Tabellen hinein, so nimmt man die Wurzeln derselben, addirt und halbirt, so erhält man die gesuchte Geschwindigkeit, so daß man gewiß ist, daß man nicht um ein halb Zoll gefehlt hat. Im vorigen Exempel ist die Höhe in Zollen = 84, mit 720 multiplicirt, giebt 60480. Die nächste Quadratwurzel in den Tabellen ist 60516 deren Wurzel ist 246. Mithin ist die gesuchte Geschwindigkeit etwas kleiner, als 246 Zoll oder 20'6'', wie vorher. Gesetzt man wollte wissen, welche Geschwindigkeit der Höhe von 13', 6'' zukommt, man multiplicire diese 162'' Zoll mit 720, so kommt 116640 heraus, welche Zahl zwischen den Quadraten 116281 und 116964 in der Mitte steht. Mithin ist die gesuchte Geschwindigkeit die mittlere Zahl zwischen 341, und 342, also  $341\frac{1}{2}$  oder 28'5 $\frac{1}{2}$ ''.

Jene Tabellen der Quadratzahlen und der Wurzeln können die Geschwindigkeiten angeben, bis auf 83' einer Secunde, welches einer Fallhöhe von ohngefähr 115' zukommt, sie sind also für alle Fälle hinlänglich. Sollte man die Geschwindigkeit für kleine Fälle bis auf Linien wissen, so dürfte man nur die Anzahl von Zollen mit 103680 multipliciren, und denn so verfahren, wie vorher. Allein unsere Tabellen reichen nur bis 9 Zoll Gefäll. Man soll z. B. für das Gefäll von 9'' die zugehörige Geschwindigkeit finden. Multiplicirt 9 mit 103680, so kommt 933120 heraus, deren nächste Quadrat-

zahl in den Tabellen ist 933156, deren Wurzel 966<sup>''</sup> ist, mithin ist die gesuchte Geschwindigkeit 966 Linien oder 6', 8'', 6'''.

Wohl aber doch diese Rechnung, so einfach und leicht sie ist, dennoch eine Rechnung ist, die man sich gern ersparet, und man oft brauchte, viele solche Werthe auf einmal unter den Augen zu sehen, so will ich hier eine genauere Tabelle anhängen, wo alle Werthe besonders berührt worden sind, und welcher ich mich seit langer Zeit mit Nutzen bediene. Sie ist ein Auszug aus den Tabellen des Belidor.

(Siehe folgende Tabelle.)

Tabelle,

## Tabelle,

welche enthält den Weg, welchen ein Körper in der Zeit einer Secunde zurücklegt, nachdem er von einer gewissen Höhe gefallen ist, und der gleichförmigen Bewegung überlassen wird, welche er durch den Fall erhalten hat.

Höhe des Falls.			Gleichförmige Geschwindigkeit.			Höhe des Falls.			Gleichförmige Geschwindigkeit.			Höhe des Falls.			Gleichförmige Geschwindigkeit.		
Schub	Zoll	Linien	Schub	Zoll	Linien	Schub	Zoll	Linien	Schub	Zoll	Linien	Schub	Zoll	Linien	Schub	Zoll	Linien
—	—	1	—	7	9	1	—	—	7	8	11	8	3	—	22	4	—
—	—	2	—	10	11	1	3	—	8	7	11	8	6	—	22	7	—
—	—	3	1	1	5	1	6	—	9	5	10	8	9	—	22	10	11
—	—	4	1	3	6	1	9	—	10	2	11	9	—	—	23	2	10
—	—	5	1	5	4	2	—	—	10	11	5	9	3	—	23	6	8
—	—	6	1	7	—	2	3	—	11	7	5	9	6	—	23	10	6
—	1	—	2	2	10	2	6	—	12	2	11	9	9	—	24	2	3
—	1	6	2	8	10	2	9	—	12	10	6	10	—	—	24	5	11
—	2	—	3	1	11	3	—	—	13	5	—	10	3	—	24	9	7
—	2	6	3	6	5	3	3	—	13	11	7	10	6	—	25	1	2
—	2	—	3	10	6	3	6	—	14	5	11	10	9	—	25	4	9
—	3	—	4	2	2	3	9	—	15	—	—	11	—	—	25	8	3
—	3	6	4	5	8	4	—	—	15	5	11	11	3	—	25	11	9
—	4	—	4	8	11	4	3	—	15	11	7	11	6	—	26	3	2
—	4	6	4	—	—	4	6	—	16	5	2	11	9	—	26	6	7
—	5	—	5	2	11	4	9	—	16	10	7	12	—	—	26	10	—
—	5	6	5	6	—	5	—	—	17	3	10	12	3	—	27	1	4
—	6	—	5	8	5	5	3	—	17	9	—	12	6	—	27	4	8
—	6	6	5	11	—	5	6	—	18	2	—	12	9	—	27	7	11
—	7	—	6	1	7	5	9	—	18	6	1	13	—	—	27	11	2
—	7	6	6	3	11	6	—	—	18	11	18	13	3	—	28	2	4
—	8	—	6	6	3	6	3	—	19	4	4	13	6	—	28	5	6
—	8	6	6	8	6	6	6	—	19	9	—	13	9	—	28	8	8
—	9	—	6	10	9	6	9	—	20	1	6	14	—	—	28	11	9
—	9	6	7	—	10	7	—	—	20	5	11	14	3	—	29	2	10
—	10	—	7	2	11	7	3	—	20	10	3	14	6	—	29	5	11
—	10	6	7	5	—	7	6	—	21	2	7	14	9	—	29	9	—
—	11	—	7	7	—	7	9	—	21	6	9	15	—	—	30	—	—
—	11	6	7	—	—	8	—	—	21	10	11						

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

Handwritten text below the first section, possibly a subtitle or a line of text.

Handwritten header 1	Handwritten header 2	Handwritten header 3	Handwritten header 4	Handwritten header 5	Handwritten header 6	Handwritten header 7	Handwritten header 8	Handwritten header 9	Handwritten header 10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100



Hat man Höhen, für welche die zugehörigen Geschwindigkeiten nicht in dieser Tabelle berechnet sind, so berechnet man sie mittelst der angeführten Regel, die immerhin genug Genauigkeit liefert, da die kleinern bis auf 9'' Anfall nicht um  $\frac{1}{2}''$  falsch sind, und die grössern, bis auf 115' nicht um  $\frac{1}{2}''$ .

Die Art, die Geschwindigkeit eines Stroms practisch zu finden, ist folgende: Man läßt das Rad leer laufen, mißt dessen Umfang am äussersten Ende der Schaufeln, und zählt die Anzahl von Umdrehungen in einer Minute, diese Zahl multiplicirt man mit dem Umfang des Rades, und dividirt das Product mit 60, so kommt im Quotient der Weg, den das Wasser in einer Secunde beschreibt. Z. B. das Rad hat zu Ende der Schaufeln 32 in der Peripherie, die Anzahl von Umdrehungen ist 10 in einer Minute, das macht 320, welche mit 60 dividirt giebt 5', 4'' für die gesuchte Geschwindigkeit. Die Ursache dieser Regel liegt in der ungleichen Geschwindigkeit der Punkte der Schaufel, in der Lage des Stoßpunktes, centrum impulsions, und im Stoß der Schaufeln gegen das Wasser. Genauer erhält man diese Geschwindigkeit practisch, wenn der Mühlarzt sich ein kleines blechenes Stoßrad, dessen Peripherie = 3 Schuh, machen läßt, und selbiges in den Strom taucht, und zählt die Anzahl der Umdrehungen in einer Minute, welche er mit 20 dividirt, so kommt in Schuhen die gesuchte Geschwindigkeit im Quotient heraus. Gesezt die Anzahl der Umdrehungen

hungen

hungen ist 97, so wird die Geschwindigkeit seyn  
 $4'$ ,  $10''$ ,  $2'''$ .

Um aber diese Umdrehungen zu messen, sollte an dem Wellbaume des Rades eine Schraube ohne Ende seyn, welche sehr leicht ein Rad von 10 Zähnen treibt, auf daß die Umdrehungen durch den Zeiger des Rads auf einer in hundert Grade eingetheilten Scheibe gezählt werden. So wird eine Vorrichtung an mein Wasserwerk angebracht, nebst einem Nonium an den Zeiger.

Man hat zu dem nemlichen Endzweck Drichter mit verticalen Röhren vorgeschlagen. Allein sie müssen mit ungewöhnlichen Vorsichten gemacht werden, wenn sie die Genauigkeit erreichen wollen, die das Rad liefert, und ihr Gebrauch schränkt sich auf Wasserfälle von wenigen Schuhen Höhe.

Haben wir nun theoretisch und practisch die Geschwindigkeit des Stroms gefunden, so werden wir 2 Resultate bekommen. Wir rechnen die Mittelzahl zwischen beyden, welche wir als die wahre Geschwindigkeit des Stroms ansehen, und gewiß gar nicht weit davon entfernt ist. Wir müssen diese Vorsichten brauchen der Friction des Wassers gegen die Wände des Gerinns wegen.

### S. 2. Aufgabe.

Die Dimensionen der Schaufeln zu finden.

#### Auflösung.

Wir haben im 12<sup>ten</sup> Lehrsatze des 2<sup>ten</sup> Kapitels gesehen, daß die Höhe der Schaufel sich verhalten  
 ten



ten solle zu der Breite, wie die Zahlen 1 und 2: nemlich, daß die Breite 2mal so groß seyn sollte, als die Höhe. Um die Größe dieser Höhe und Breite für einen gegebenen Wasserfall zu finden, muß man den Durchschnitt desselben genau wissen, um den Durchschnitt desselben in Quadrate, Schuhe, Zolle und Linien zu finden. Diese Ausmessung geschieht folgendermassen: man läßt den Strom im Gerinne frey herunter laufen, mißt die Höhe, die er im untersten Punkte seines Falls hat, dann die Breite multiplicirt; multiplicirt diese 2 Höhen ineinander, so kommt der Quadrat-Inhalt des Durchschnitts des Stroms heraus. Läßt man das Rad von demselben treiben, aber leer, und mißt wieder die Dicke des Stroms hinter dem Rade, so wird man einen kleinen Unterschied finden, der anzeigen kann, wie viel das Rad die Schnelligkeit des Stroms mindert. Denn je grösser dieser Unterschied seyn wird, desto langsamer wird der Strom laufen, und zwar gerade im Verhältniß dieser Dicke.

Auf diese Art kann man practisch erfahren, wie viel die Friction auf dem Zapfen des Ein- und Austretens des Rades aus dem Strom an Kraft zunimmt, z. B. wenn man die Stromdicke ohne Rad 7 Zoll gefunden hat, und mit dem Rade  $7\frac{1}{2}$  Zoll, so würde der Strom um  $\frac{1}{4}$  langsamer gehen, mithin würde die Friction und das Ein- und Austreten der Schaufeln  $\frac{1}{4}$  der Kraft aufreiben, wenn das Rad leer läuft; treibt es aber die Mühle, so ist jeder dieser Fehler grösser, der Widerstand der Luft

aus

ausgenommen, der mit der Abnahme der Geschwindigkeit des Rades abnimmt.

Hat man nun den Quadrat-Inhalt des Durchschnitts des Stroms, so ist noch die Frage, wie man einen Durchschnitt findet, dessen Höhe die Helfte sey der Grundlinie, denn solche Verhältnisse muß die Schaufel haben. Zuvor aber muß noch erinnert werden, daß obengenannte Maaße zur Zeit genommen werden müssen, wann das Wasser sein volles Maaß hat, nemlich, wann es in grosser Quantität da ist. Doch müssen die ausserordentlichen Fälle ausgeschlossen werden, und überhaupt kein solches Wasser zum Grund der Berechnung annehmen, das nur etliche Tage oder Wochen im Jahr stattfindet. Demnach thut man gut, wenn man Anfangs das Frühjahr, wann die Ueberschwemmungen vorbei sind, und in der Mitte des Herbstes diese Ausmessung vornimmt. Mag der Müller nicht gerade zu einer dieser Jahreszeiten in der Mühle arbeiten lassen, so merkt sich der Mühlarzt dieses Maaß an, bis er sie zu brauchen hat. In den Fällen, wo das Wasser geringer ist, hilft sich der Müller mit dem dreifachen Kammrade.

Hat man jeko die Größe des Durchschnittes so genommen, daß man darauf rechnen könne, daß diese Quantität Wasser die größte Zeit des Jahrs da sey, (es ist das Beste, man drückt sie vorerst in Quadratvolle aus, oder man messe gleich Breite und Höhe in Zolle aus) so multiplicire man solche mit 2 und suche alsdenn in den Quadrat-Tabellen  
diese

diese Zahl oder die nächste. Die Wurzel, die darneben steht, ist die gesuchte Breite in Zollen ausgedrückt, die Hälfte dieser Länge ist alsdenn die Breite oder Höhe.

Man habe z. B. einen Strom, der zur Dimension (im untersten Punkte seines Falls) 15 und 9 Zoll habe. Man fragt, wie groß die Schau felbreite, und Höhe seyn muß? Man multiplicire 15 und 9, und es kommt 135 Quadratvolle heraus, die mit 2 multiplicirt, welches 270 giebt. Diese Zahl steht nun zwischen den Quadraten 256' und 289, mithin ist die gesuchte Breite ohngefähr  $16\frac{1}{2}$  Zoll, die Höhe also  $8\frac{1}{4}$ ''.

Allein damit ist uns noch nicht gedient, denn wenn man  $16\frac{1}{2}$  mit  $8\frac{1}{4}$  multiplicirt, so kommt im Produkte  $136\frac{1}{8}$ , mithin haben wir nun etwas gefehlt, und zwar kann der Fehler noch grösser werden. Dieß zeigt, daß diese Methode nur für grosse Ströme brauchbar ist, wo ein kleiner Fehler unmerklich ist. Z. B.

Man habe einen Strom, der zur Dimension 52 und 40 Zoll habe. Man multiplicirt diese zwei Zahlen durcheinander und mit 2, so kommt 4160 heraus, welche Zahl gerade zwischen 4096 und 4225 ist. Mithin ist die gesuchte Breite  $64\frac{1}{2}$  Zoll, und die Höhe  $32\frac{1}{4}$ , welche, miteinander multiplicirt, geben  $2080\frac{1}{8}$ ; da nun der Quadrat-Inhalt

halt 2080 war, so ist der Fehler ganz unbeträchtlich. Wenn er beträchtlicher ausgefallen wäre, hätte man ihn dadurch gemindert, daß man etwas weniger zu beyden Dimensionen, aber nach Verhältniß addirt oder davon genommen hätte, z. B. 1 oder 2 Linien.

Für kleinere Wasser muß man den Strom in Linien ausmessen und dann verfahren, wie vorher, so kommt die gesuchte Breite und Größe in Linien heraus. Z. B. Man habe einen Strom, dessen Breite und Höhe 97 und 75 Linien sey, das Produkt ist 7275 mit 2 multiplicirt 14550, eine Zahl, die zwischen 14400 und 14641 fällt. Mit hin ist die Breite  $120\frac{1}{2}$  Linien, und die Höhe  $60\frac{1}{4}$ . Ihr Produkt ist  $7260\frac{1}{8}$ . Mit hin ist der Fehler gering. In jedem Falle aber ist die Breite nie um  $\frac{1}{2}$  Linie zu groß oder zu klein. Unsere Tabellen liefern uns diese Worte bis auf Strombreiten von 1000 Linien, oder bis 7 Schuh, welches hinlänglich ist, da ohnehin bey solchen grossen Strömen das ordentliche Verhältniß der Breite zur Höhe der Schaufeln selten befolgt werden kann, weil man den Strom meistens nicht hoch genug stemmen darf oder kann. In solchen Fällen muß man nun sich nach den Umständen bequemen. Hier ist aber auch dieses Verhältniß bey weitem nicht so wichtig zu beobachten, als bey kleinen Strömen oder Wasserfällen, weil die Friction des Wassers hier in Vergleichung ihrer grossen Qualität unbeträchtlich ist, und diese Friction ist  
der

der Hauptgrund, warum wir dieses Verhältniß festgesetzt haben. Ich könnte wohl hier eine Tabelle für diese Werthe der Breiten und Länge ausrechnen. Allein die nöthige Rechnung ist so leicht, daß der Nutzen dieser Tabellen bey weitem die Mühe, die sie kosteten, nicht belohnte.

### §. 3. Aufgabe.

Die Geschwindigkeit des Rads zu bestimmen.

#### Auflösung.

Diese Geschwindigkeit hängt lediglich von der wahren Geschwindigkeit des Stroms ab, welche wir als die mittlere zwischen der theoretischen und practischen gefunden haben. Im 20ten Lehrsatz des 2ten Kapitels des 1sten Abschnitts haben wir gezeigt, daß die Geschwindigkeit der Mitte der Schaufeln die Helfte der Geschwindigkeit des Stroms seyn müsse. Nun haben wir in der ersten Aufgabe der practischen Beschreibungen diese Geschwindigkeit zu berechnen gelernt. Mithin dürfen wir nur die Helfte davon nehmen, um die Schaufeln zu finden. Allein es ist noch die Frage aufzulösen, wie viel Umdrehungen soll das Rad machen? Sie ist leicht zu beantworten, wenn man die Größe der Schaufeln und des Rades weiß. Die der Schaufeln haben wir zu bestimmen gelernt, die des Rades werden wir in dem folgenden §. zu finden lernen. Wir wollen sie einstweilen als bekannt ansehen.

2

Um

Um die Anzahl der Umdrehungen, die das Rad in einer z. B. Minute machen soll, zu wissen, messe man den äussern Durchmesser desselben in Schuhen aus, ziehe eine Schaufelhöhe davon ab, und multiplicire diese Zahl von Schuhen mit 314. Dann multiplicirt man die halbe Geschwindigkeit des Stroms durch 6000, dividire dieses Produkt durch das erste, so kommt im Quotient die Anzahl von Umdrehungen heraus, die das Rad in einer Minute machen soll.

Es sey z. B. der äussere Durchmesser 12 Schuh, die Schaufelhöhe = 1 Schuh, so hat man 11 zum Durchmesser von der Mitte einer Schaufel zu der Mitte der entgegengesetzten, multiplicirt mit 314, so kommt 3454 heraus. Nun sey die halbe Geschwindigkeit des Stroms = 5' in einer Secunde, ihr Produkt durch 6000 ist 30000, welche Zahl mit 3454 dividirt  $8\frac{2}{3}\frac{3}{4}\frac{6}{5}\frac{8}{4}$  giebt oder ohngefähr  $8\frac{3}{4}$ . Mithin sollte das Rad in einer Minute  $8\frac{3}{4}$  Umdrehungen absolviren, oder 26 in 3 Minuten.

Es sey z. B. der äussere Durchmesser 24', die Schaufelhöhe = 1 Schuh, die halbe Geschwindigkeit des Stroms 5', 6'' so ist das erste Produkt  $23:314 = 9734$  und das zweite 33000, welches durch jenes dividirt  $3\frac{7}{9}\frac{2}{3}\frac{8}{4}$  giebt. Mithin soll das Rad 3 und  $\frac{1}{3}$  mal in einer Minute herum kommen, oder 37mal in 12 Minuten.

Es sey z. B. der äussere Durchmesser 5', die Schaufelhöhe  $\frac{1}{4}$ , so ist der mittlere Durchmesser  $4\frac{3}{4}$ , die mit 314 multiplicirt, giebt  $1491\frac{1}{4}$ . Es sey die halbe Geschwindigkeit des Stroms =  $21\frac{1}{2}$ , so ist ihr

ihre

Ihr Produkt durch 6000 = 19000 eine Zahl, die mit 4 dividirt, giebt  $64\frac{3}{4}\frac{0}{9}\frac{8}{8}\frac{8}{3}$ , das heißt, das Rad muß in einer Minute  $64\frac{1}{4}$ mal herum kommen, oder beynah 390mal in einer Minute.

Da bey dieser Rechnung sehr oft fast immer Brüche vorkommen, dem Ausdrücke der halben Geschwindigkeit, so ist sie freylich etwas beschwerlich für den Practiker, indessen kann er sich damit helfen, daß er die Länge des Durchmessers des Rades in Zolle oder Linien ausdrücke, wie auch die halben Geschwindigkeiten, so wird er mit der nemlichen Regel fortkommen können.

Es sey z. B. der äussere Durchmesser des Rades = 4' oder 48 Zoll, die Schaufelhöhe = 2 Zoll, so ist 46 der mittlere Durchmesser, der mit 314 multiplicirt giebt 14444. Es sey die halbe Geschwindigkeit des Stroms = 29', 7" oder 355", so ist dessen Produkt durch 6000 = 2130000, welche Zahl 14444 dividirt, giebt  $148\frac{1}{7}$ . Eben diese grosse Menge von möglichen Fällen macht die Berechnung einer Tabelle unmöglich, wenn man nicht anders 50 gedruckte Seiten darauf verwenden will, welches hier nicht seyn kann.

#### S. 4. Aufgabe.

Die Grösse des Rades und die Anzahl der Schaufeln zu finden.

#### Auflösung.

Diese Grösze wird, wie auch die Anzahl der Schaufeln, durch die Grösze der einen Schaufeln

2 3

be

bestimmt, doch nicht ganz. Denn es bleibt doch bey unserm Belieben, nach irgend einem Verhältniß die Höhe der Schaufeln und die Größe des Rades anzunehmen. In §. 17. des 2ten Kapitels des theoretischen Abschnitts haben wir 14 solcher Verhältnisse statuiert, doch mit der Bemerkung, daß die beyden ersten eigentlich wegfallen sollten.

Man merke sich jene kleine Tabelle. Sie enthält die Anzahl der Schaufeln für diese Verhältnisse. Eine andere Tabelle bestimmt die Größe eines gewissen Verlustes, dem man mit dem neuen Rade noch ausgesetzt ist, und zeigt durch diese Darstellung, daß dieser Fehler, wie er an Größe des Rades zunimmt, immer abnehme. Deshalb ist es immer vortheilhafter, grosse Räder zu machen. Nur dann werden wir uns für solche Räder entschließen, deren Radian nicht oft die Schaufelhöhen enthalten, wann die Höhe der Schaufel eine übertriebene Größe des Rades nach sich ziehen würde. So z. B. werden wir nicht das Verhältniß der Schaufelhöhe zum Radius finden  $1:24$ , wenn die Schaufel 1 Schuh Höhe hat. Denn das Rad würde 48' im Durchmesser erhalten, eine Größe, die bey weitem zu groß ist. Aehnliche Verhältnisse taugen nur bey sehr kleinen Schaufeln, und hohen Wasserfällen.

Ich denke, man könnte sich folgende Regel machen: nemlich, daß für sehr kleine Gefälle und lange und hohe Schaufeln das Rad nicht über 36 bis 40' im Durchmesser haben solle, so daß für diese Art von Rädern man in dem Verhältnisse von  $1:3$   
bis



bis 1 : 10 zu wählen hätte. Für mittelmäßige Mühlen, wo die Schaufelhöhe von 1 Schuh Höhe bis auf 2 Schuh steigen mag, sollten die Räder nicht über 25' im Durchmesser haben, also, daß man für diese Gattung von Rädern die Wahl unter dem Verhältnisse 1 : 6 bis 1 : 12 für die kleinen Mühlen, wo die Schaufelhöhe von 8'' bis 12'' steigen mag, sollten die Räder nicht mehr als 18' im Durchmesser haben, so daß man die Wahl zwischen den Verhältnissen 1 : 9 und 1 : 14 hat. Endlich für alle übrigen kleinen Wasser und grossen Fälle könnte der Durchmesser des Rades bis auf drey Schuh fallen, wobey man freylich für Fälle für 100 Schuh die letzten Verhältnisse wählen würde, auf daß das Rad nicht ganz in die Größe eines Modells zurückfalle.

In der letzten Bestimmung dieses Verhältnisses hat die Relation zwischen Kraft und Widerstand noch Einfluß, weil ein gewisser Radius nochmal bequemer A ist, als ein anderer, um leicht auszufühbare Verhältnisse zwischen Kammrad und Drilling hervorzu bringen.

### §. 5. Aufgabe.

Den Stoß der Wassersäule gegen die Schaufeln berechnen.

#### Auflösung.

Dieser Stoß ist, wie wir gesehen haben, im 22sten Lehrsatz des 1sten Abschnitts, gleich dem Drucke einer Wassersäule, von gleicher Basis, als die Schaufel des Rads, und von  $1\frac{1}{2}$  mal so viel Höhe.

£ 4

Dies

Dies ist wohl im Allgemeinen wahr. Allein, wenn man fragt, nach dem Moment in Rücksicht auf das Stirnrad, so muß das noch durch irgend eine Hebellänge multiplicirt werden. Nun ist diese Hebellänge verschieden, nachdem man ein Verhältniß der Schaufelhöhe zum Radius angenommen hat. Im 23 §. des ersten Abschnitts zweiten Kapitels haben wir die Formel dazu gefunden. Diese Formel zeigt an, daß diese Hebellänge immer um etwas größer ist, als die Entfernung des Mittelpunkts des Rades bis zum Mittelpunkt der Schaufel, und zwar wächst dieser Ueberschuß mit der Schaufelhöhe.

Allein, wir haben auch gesehen, (2tes Kapitel §. 18. Aufgabe) daß diese Hebellänge aus verschiedenen Ursachen verkürzt werden müsse, und zwar, um der doppelten Brüche, die in der letzten Columne (Verlust genannt) dieses § enthalten sind. Nun macht jener Ueberschuß, nemlich dasjenige, um was die Hebellänge größer ist, als die Entfernung des Mittelpunkts des Rades zum Mittelpunkt der Schaufel beynahe durchaus so viel, als die in jener letzten Columne der Tabelle enthaltenen Brüche anzeigen; folglich bleibt noch von dieser Entfernung des Mittelpunkts des Rades zum Mittelpunkt der Schaufel so viel abzuziehen, als jene Zahlen ausmachen, um die gesuchte Hebellänge zu bekommen; daraus entsteht folgende Tabelle:

Tabelle.

Tabelle.

Verhältnis der Schaufelhöhe zum Radius.	Entfernung des Mittelpunkts des Rades zu dem Mittelpunkte der Schaufel.	Abzuziehender Theil.	Ganze Hebellänge.	Ganze Hebellänge in gewöhnlichen Brüchen ausgedrückt.
1:3	$2\frac{1}{2} = 2,5$	0,0654	2,4846	$2\frac{4346}{10000}$
1:4	$3\frac{1}{2} = 3,5$	0,0561	3,4439	$3\frac{4439}{10000}$
1:5	$4\frac{1}{2} = 4,5$	0,0486	4,4514	$4\frac{4514}{10000}$
1:6	$5\frac{1}{2} = 5,5$	0,0426	5,4574	$5\frac{4574}{10000}$
1:7	$6\frac{1}{2} = 6,5$	0,0375	6,4625	$6\frac{4625}{10000}$
1:8	$7\frac{1}{2} = 7,5$	0,0333	7,4667	$7\frac{4667}{10000}$
1:9	$8\frac{1}{2} = 8,5$	0,0298	8,4702	$8\frac{4702}{10000}$
1:10	$9\frac{1}{2} = 9,5$	0,0267	9,4733	$9\frac{4733}{10000}$
1:11	$10\frac{1}{2} = 10,5$	0,0243	10,4757	$10\frac{4757}{10000}$
1:12	$11\frac{1}{2} = 11,5$	0,0219	11,4781	$11\frac{4781}{10000}$
1:13	$12\frac{1}{2} = 12,5$	0,0202	12,4797	$12\frac{4797}{10000}$
1:14	$13\frac{1}{2} = 13,5$	0,0183	13,4817	$13\frac{4817}{10000}$
1:15	$14\frac{1}{2} = 14,5$	0,0168	14,4832	$14\frac{4832}{10000}$
1:16	$15\frac{1}{2} = 15,5$	0,0156	15,4844	$15\frac{4844}{10000}$



Die 4<sup>te</sup> Säule enthält die ganze Hebellänge in Decimalthelle der Höhe der Schaufel ausgedrückt, woben die Ganze immer den kleinen Radius anzeigen, die Brüche aber denjenigen Theil der Schaufelhöhe der zu dem kleinen Radius kommen muß, um die ganze Hebellänge zu bekommen. Das Nemliche gilt von der 5<sup>ten</sup> Säule, welche ich hler eingerückt habe, damit der bloße Praktiker, der der Decimal, Brüche unfundig ist, dennoch diese Tabelle, wenigstens das Wesentlichste davon, verstehe. Sollten diese Brüche zu viel Ziffern haben, so kann man welche zur Linken im Zählen und Nennen weglassen. Man wird wenig an Genauigkeit verlieren.

Sollte aber irgend Jemand diese Tabelle, der Compensation wegen, die wir bey derselben zum Grund gelegt haben, nicht für richtig genug halten, (Sachverständige, welche wissen, wie weit die theoretischen Rechnungen einer Anwendung fähig sind, werden schwerlich mehr Genauigkeit fodern), iene, sage ich, mögen die Formel des §. 23. ausrechnen, und dann den Fehler von §. 18. mit in Anschlag nehmen. Sie werden in der dritten oder vierten Decimatziffer einigen Unterschied finden. Da aber in dieser ganzen Arbeit praktische Data zum Grund liegen, so versteht es sich von selbst, daß Fehler von weniger als  $\frac{1}{1000}$  hler unbeträchtlich sind.

#### §. 6. Aufgabe.

Die Größe des zu überwindenden Widerstandes zu finden.

Auf

## Auflösung.

Jeder Widerstand ist entweder stet oder un-  
 stet. Ist er unstet, so muß an das schnellste Rad der  
 Maschine ein schweres, aber hauptsächlich ein gro-  
 ßes Schwungrad angehängt werden, um diese Un-  
 gleichheit in Rücksicht auf die bewegende Kraft zu min-  
 dern. Dann mißt man den Widerstand in verschie-  
 denen, z. B. in 4 Fällen ohne Schwungrad, nem-  
 lich, wann er am größten, dann wann er am klein-  
 sten ist, und noch in 2 mittlern Fällen, und zwar  
 jedesmal, wie wir es für den Fall, da der Wider-  
 stand stet ist, zeigen werden. Man addirt die Re-  
 sultate, dividirt die Summe durch 4, und addirt  
 zu derselben noch  $\frac{1}{10}$  derselben. Die daraus entstan-  
 dene Zahl sieht man an, als wäre sie der beständige  
 Widerstand. Es sey z. B. der Widerstand im Ma-  
 ximo = 40<sup>lb</sup>, im Minimo = 28<sup>lb</sup>, in den 2 mittlere-  
 ren Fällen 34<sup>lb</sup> und 36<sup>lb</sup>. Ihre Summe ist 34 $\frac{1}{2}$ <sup>lb</sup> das  
 zu  $\frac{1}{10}$  = 3 $\frac{2}{10}$ <sup>lb</sup> macht 37 $\frac{1}{2}$ <sup>lb</sup>. Soll die Mühle in  
 Gang kommen, so legt man das Schwungrad wieder  
 an. Um einen steten, gleichförmigen Widerstand zu  
 messen, wie der einer Mahlmühle, lasse man das Werk  
 vorher einige Minuten gehen mit der alten Einrich-  
 tung, und halte es mitten im Gange auf. Dann neh-  
 me man Gewichte, die man an einem Hebel oder Arm  
 des Wasserrades hängt, und zwar alle an einen Punkt.  
 (Es muß aber dieser Arm des Rades, an welchen  
 man die Gewichte hängt, horizontal liegen, und das  
 Wasser darf nicht im geringsten auf die Schaufeln  
 kommen.) Man legt von diesen Gewichten so viel

zu, bis man sieht, daß das Rad sich zu bewegen anfängt. Ist das geschehen, so hebt man die Gewichte ab, merkt sich ihre Quantität und Entfernung des Punkts, wo sie hängen, von dem Mittelpunkt des Rades sehr genau (diese Entfernung wollen wir Hebellänge des alten Rades nennen), wie auch das Verhältniß der Größe des Kammrades und des Drillings, oder die Anzahl der Kämme und Stöcke. Zur grössern Sicherheit wiederholt man den Versuch auf verschiedene Arme des Rades, und nimmt aus diesen Erfahrungen das Mittlere.

### §. 7. Aufgabe.

Das Verhältniß der innern Räder zu finden.

#### Auflösung.

Da das Rad die halbe Geschwindigkeit des Stroms haben soll, so muß der Widerstand, für die in §. 5. bestimmte Hebellänge des neuen Rades berechnet, nur  $\frac{1}{4}$  von der berechneten Kraft des Stoßes des Stroms seyn. Gesezt also, unsere Kraft, wie im §. 5. berechnet, sey einem Gewichte von 160<sup>lb</sup> gleich, so muß der Widerstand, auf die nemliche Hebellänge berechnet, nur so viel als ein Gewicht von 40<sup>lb</sup> ausmachen. Ist es wirklich so, so macht die innern Räder einander gleich. Ist aber der berechnete Widerstand größer, z. B. = 100<sup>lb</sup>, so muß die Anzahl der Umdrehungen des Drillings sich zu der des Rades verhalten, umgekehrt, wie diese Zahlen. Das heißt:

In

In der Zeit, da das Rad 100mal herumkommt, darf der Drilling nur 40mal herumgehen. Michin muß der Drilling 100 Stöcke haben und das Rad 40 Kämme, oder jenes 50, dieses 20, oder jenes 25, dieses 10. In diesem Falle aber kehrt man die Sache um; man macht, wie wir es schon erwähnt haben, den Drilling mit 10 oder 20 Stöcken an das Wasserrad, und das Kammrad mit 25 oder 50 Kämmen an dem Laufer.

Hätte man aber für den Widerstand 10 lb und für die Kraft immer 160 lb, dessen Viertel = 40 lb, so müßte das Kammrad, (welches jetzt an die Welle des Wasserrads kommt), 40 Kämme und der Drilling 10 Stöcke haben.

Allein, noch bleibt dem Praktiker eine Schwierigkeit übrig, nemlich der Widerstand, den er praktisch gefunden hat, für die Hebellänge seines neuen Rades zu berechnen. Er gehe folgendermaßen zu Werk:

Man hat die Hebellänge des alten Rades gemerkt und weiß die Hebellänge des neuen Rades. Nun mache man die Proportion: Wie die Hebellänge des neuen Rades sich zu der des alten verhält, so verhält sich das durch die Erfahrung gefundene Gewicht zu dem gesuchten.

Es sey, z. B. die Hebellänge des alten Rades =  $5\frac{1}{2}$  Schuh, die des neuen  $8\frac{3}{4}$  und das gefundene Gewicht = 50 lb, so hat man

$$8\frac{3}{4} : 5\frac{1}{2} = 50 \text{ lb} : x \text{ lb}.$$

Michin x oder das gesuchte Gewicht ist =  $31\frac{1}{7}$  lb.

Hat



Hat man dieses reduzirte Gewicht gefunden, so verfährt man, wie oben gezeigt worden.

### S. 8. Aufgabe.

Man gibt die praktische Geschwindigkeit eines Stroms, seine Fallhöhe, dessen Durchschnitt im untersten Punkte, und den für die Hebellänge des alten Rades berechneten Widerstand, man will wissen die Breite der Schaufeln, ihre Höhe, ihre Anzahl, die Größe des Rades, das Verhältniß seiner Durchmesser und das Verhältniß der innern Räder. Das heißt:

Man gibt eine alte Mühle, um eine neue daraus zu bauen.

### Auflösung.

Die Auflösung dieser Aufgabe ist das Resultat dieses ganzen Werks. Jeder Theil derselben ist in den 7 vorhergehenden praktischen Aufgaben aufgelöst worden. Es bleibt nur noch übrig, ein Beispiel zu geben, um die Benutzung der vorhergehenden Auflösungen in's deutlichste Licht zu setzen.

Es sey die Fallhöhe des Stroms = 2', 9",  
so ist nach der Tabelle von S. I. dessen theoretische Geschwindigkeit = 12', 30", 6''' in einer Sekunde. Ist diese nicht in den Tabellen, so berechne man sie, wie dort gezeigt worden ist. Nun mißt man, auch nach S. I, dessen praktische  
sche

sche Geschwindigkeit, diese sey  $10', 9'', 3'''$ . Man addire diese zwey Zahlen und halbire, so kommt  $11', 9'', 10\frac{1}{2}'''$  für die wahre Geschwindigkeit des Stroms heraus.

Ferner sey die Dicke des Wasserfalls am untersten Punkte =  $10'', 5'''$  und Breite  $13'', 8'''$  oder der Quadrat-Inhalt des Durchschnitts =  $125''', 164''' = 20500$  Quadratlinien, so wird man nach §. 2. für die Breite der Schaufel, mithin des Gerinns  $203''' = 16'', 11'''$  finden. Mithin ist die Schaufelhöhe  $8'', 5\frac{1}{2}'''$ . Nehmen wir 1:10 als das Verhältniß der Schaufelhöhe zu dem grossen Radius des Rades an, nach §. 3, so werden wir finden, daß das Rad im großen Radio  $7', —'', 7'''$  und im großen Durchmesser  $14', 1'', 2'''$  haben wird, und die Anzahl der Schaufeln ist nach der im §. 18. des zweyten Kapitels des ersten Abschnitts enthaltenen Tabellen = 19.

Mit diesen gegebenen und gefundenen Sachen kann ich sogleich finden, wie viel Umdrehungen das Rad jede Minute machen soll, wie §. 3 lehrt. Der Durchmesser ist  $2030''$  lang, die Schaufelhöhe =  $101\frac{1}{2}'''$ , so ist der mittlere Durchmesser =  $1929\frac{1}{2}'''$ , welcher, mit 314 multipliziert, gibe 605863. Die wahre Geschwindigkeit des Stroms haben wir gefunden =  $1702\frac{1}{2}'''$ . Ihr Produkt mit 3000 ist 5107500, welche Zahl mit der gefundenen 605863 dividirt gibt  $8\frac{260526}{863}$ . Das heißt: daß das Rad ohngefähr  $8\frac{1}{4}$  mal in einer Minute herum kommen solle, oder etwas mehr als

als

als 337mal in 40 Minuten. Dieses Resultat dient uns, um alle übrigen praktisch zu berichtigen. Denn daran wird man es erkennen, ob man in der Messung und Berechnung der Data sich nicht geirrt habe.

Der Durchschnitt des Stroms ist = 244 Cubiczoll; die Fallhöhe ist 33'', mithin ist die Wassersäule = 8052 Cubiczoll. Nun ist das Gewicht eines Cubischuhes oder von 1728 Cubiczoll Wassers gewöhnlich = 70 lb. Also wird man das Gewicht unserer Wassersäule mittelst folgender Proportion finden.

$1728'' : 70 \text{ lb} = 8052'' : x \text{ lb} (*)$   
 und für  $x \text{ lb}$  oder das Gewicht unsrer Wassersäule  $325 \text{ lb} \frac{1}{7} \frac{4}{8}$ . Nun müssen wir zu diesem Gewichte dessen Hälfte addiren, und es kommt  $488 \text{ lb} \frac{2}{7}$  heraus, als die absolute Kraft des Stoßes, deren Viertel  $= 122 \text{ lb} \frac{1}{8}$ .

Nun wollen wir die Hebellänge des neuen Rades nach §. 5 berechnen. Die Schaufelhöhe ist  $101 \frac{1}{2}''$  und die Zahl, durch welche sie multiplicirt wird, ist  $9,4733$  oder  $9 \frac{47}{10000}$ , da das angenommene Verhältniß 1:10 ist. Man erhält also  $961,5399''$  oder  $961 \frac{1}{2}''$  oder  $6', 8'', 1 \frac{1}{2}''$ .

Wir wollen annehmen, daß die nach §. 6. gemessene Größe des Widerstands sich befunden habe

(\*) Diese Regel, wie noch manche andere, könnte viel vereinfacht werden, wenn die Decimalmaße eingeführet wären.

W

habe =  $35\frac{1}{2}$  lb, woben die Hebellänge des alten Rades =  $5' = 720''$ , so finden wir durch die im §. 7. enthaltene Regel, daß dieses Gewicht für die Hebellänge des neuen Rades =  $26\frac{1}{9}$  lb ist. Mithin müssen sich die innern Räder, wie  $122\frac{1}{10} : 26\frac{1}{9}$  verhalten. Das heißt, daß das Kammrad, (welches am Wasserrade befestigt wird) 1221 Zähne und der Drilling 266 Stöcke haben sollen. Da aber diese Anzahl von Kammern und Stöcken nicht statt finden kann, so muß man ein anders Verhältniß finden, das sich diesem nähere. Das Kürzeste ist, daß man die Zahlen 1221 und 266 mit etlichen Zahlen, wie 2, 3, 5 dividire und die Reste nicht achte, bis man ausführbare Zahlen finde. Auf diese Art finden wir für die gesuchten Zahlen 46 und 10.

Hat man dieses Verhältniß der innern Räder für die gewöhnliche Menge und Fallhöhe des Wassers gefunden, so mache man die Probe. Trifft es sich nicht zu, daß das Wasserrad in 40 Minuten 337mal herumkomme, sondern mehr oder weniger, so zeigt es an, daß man irgend einen Fehler gemacht habe. Demnach gebe man dem Kammrade mehr oder weniger Kämme nach Verhältniß, auf daß die verlangte Geschwindigkeit herauskomme. Sollte aber der Fehler nicht so viel betragen, als der halbe Werth eines Kammes, (hier  $\frac{1}{9}$  oder  $3\frac{2}{3}$  Umdrehungen in den 40 Minuten) so muß man keine Veränderung vornehmen, weil sie eher schädlich, als nützlich, wäre.

Bey

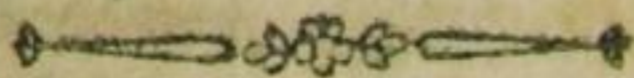
Bei dieser Berechnung haben wir vorausgesetzt, daß die gegebene Höhe und Durchschnitt des Stroms die gewöhnlichste im Jahre seye. Ist die Anzahl der Kämme des Kammrads für selbige nun bestimmt, so macht man alsdann die beyden andern Zirkeln von Kammern, wie wir es oben beschrieben haben, auf daß man nach der Menge und Standhöhe des Wassers mit denselben umwechseln könne.

Zum Beschluß dieser Aufgabe muß ich anmerken, daß ich in derselben, wie in allen andern den französischen Fuß und das Markgewicht zum Grund gelegt habe, aus der gültigen Ursache, daß in Deutschland kein allgemein eingeführter Maasstab und Gewicht vorhanden sey. Hätte ich mich nach den Maassen und Gewichten irgend einer deutschen Provinz gerichtet, so wäre ich für die übrigen unverständlich gewesen. Ohnehin ist der französische Fuß überall den praktischen Künstlern bekannt, und das Markgewicht ist die durchaus angenommene Basis zur Vergleichung aller Gewichte angenommen. Mithin ist es nichts schweres, sich beyde zu verschaffen. Allein beyde müssen sehr genau seyn, sonst könnten die Tabellen unmöglich mehr mit der Wirklichkeit eintreffen. Deshalb bemühe sich ein jeder, sich solche so scharf und richtig anzuschaffen, als möglich.

---

Zum Beschlusse meiner Arbeit muß ich noch einmal erinnern, daß ich dieses Werk nicht als etwas

vollständiges über den Mühlbau, oder nur über das Wasserrad ansehe, oder angesehen haben will, sondern blos als ein Auszug aus einem solchen Werke, das ich noch nicht fertig habe, ein Auszug, welcher die nöthigsten, meist neuen Sätze der Theorie des Wasserrades nebst ihrer Anwendung auf alle Wassermühlen, von welcher Art sie seyn mögen, enthält. Auch berge ich mir die vielen Ausführungsfehler dieses Werkes nicht, und in dieser Rücksicht fürchte ich nicht, daß irgend ein Rezensent mit mir schärfer verfare, als ich selbst. Die Ursache zu diesen bibliographischen Fehlern ist hauptsächlich Mangel an Zeit. Man hat bald ein ausführliches Werk, als ein gutes Compendium, geschrieben, und doch mangelten mir zu dem Ersten Zeit und Quellen!! Nichtin mußte ich mich mit dem schlechterdings und unmittelbar Brauchbaren begnügen, und so übergebe ich dem deutschen Publicum meine wahrscheinlich letzte deutsche Schrift, mit der Bitte, solche mit der Nachsicht zu beurtheilen, womit es meine übrigen beurtheilt hat. Es wird an dieser, wie an den Andern, wenigstens den entschiedenen Endzweck, wahrhaftig nützlich zu seyn, anerkennen.



Ber.

Verzeichniß  
der  
Druckfehler und Verbesserungen.

Seite. Zeile. lese.

6. 28. —  $v = \frac{2}{3}c \pm \sqrt{\frac{4}{9}c^2 - c^2}$  —

statt:  $v = \frac{2}{3}c \pm \sqrt{\frac{4}{9}c^2 - c^{\frac{2}{3}}}$

24. 6. — des Stroms, statt: des Wassers.  
 30. 17. — Widerstand zu überwinden, statt: Widerstand  
 33. 9. — vor 135°, statt: von 135°.  
 40. 15. — Wasserfall selten und das nur schlecht benutz  
 ten kann, statt: Wasserfall und das nur schlecht  
 benutzt.  
 43. 25. —  $\frac{1}{17}$ , statt:  $\frac{1}{7}$ .  
 51. 25. — weil die Verhältnisse nach dem umgekehrten  
 Verhältniß, statt: weil die Verhältnisse nach  
 Verhältniß dem umgekehrten Verhältniß.  
 57. 11. — F. XI., statt: F. II.  
 63. 1. — c d, F. XII, eine, statt: c d eine.  
 68. 8. — sehr hoch, statt: sehr nah.  
 81. 17. — fig. IX, statt: fig. XI.  
 83. 2. — in Rücksicht auf den Lehrsatz 16, statt: in  
 Rücksicht Lehrsatz 16.  
 85. 1. — Ce, statt: E e.

Auch ist in Fig. XIV zwischen A und E der Mittelpunkt  
des Stoßes mit dem Buchstaben e vergessen worden.  
Tab. II.

85. 6 —  $(a + x) dx$ , statt:  $(a + x)$ ;  $dx$ .  
 92. 12 — Peripherie am centrum, statt: Peripherie  
 des centrum.  
 92. 20. — anstatt am, statt: anstatt ein.

- Seite. Zeile. lese.
92. 22. — kleinern, statt: kleinere.
92. 22. — unser Wasserrad, statt: und unser Wasserrad
92. 22. — an ein Drilling, statt: in ein Drilling.
92. 29. — die man zur Vergleichung der ober- und un-  
93. 1. terschlächtigen Räder anstellte, statt: die mir  
zur Vergleichung der ober- und unterschläch-  
tigen Räder Anlaß gaben.
94. 9. — Schriftsteller diesen Stoß = 1, 7. statt:  
Schriftsteller = 1, 7.
- 14. — dieses Verhältniß eher, statt: dieses eher
95. 6. —  $fxdx\left(c - \frac{vx}{a}\right)^2$  statt:  $fxdx\left(c - \frac{vx}{a}\right)$
97. 8. — alten, werden sehen, statt: alten. Wir sehen
99. 11. — Standes, statt: Verstandes.
102. 26. — hydrodynamische, statt: Hydraulinamische.
- 27. — mit dem ersten Theile, statt: in dem ersten  
Theile.
115. 22. — ist nur damit, statt: ist nun damit.
125. 7. — Etwas weniges, statt: Etwas weniger.
- Von S. 126 an ist durchaus Becken statt Backen  
gedruckt worden.
128. 8. — kann man ihm obenher etwas mehr, statt: kann  
man ihm etwas mehr.
128. 25. — den Arm A, statt: den Arm H.
- 29. — Wihin ist die Linie a g, b g schief um die  
Hälfte der Dicke des Balkens, noch mehr  
aber die Seiten h f & c.
129. 4. — a e d b, statt: a c d b.
- 20. — Stück g, statt: Stück q.
- 23. — die Linien h f, k g, statt: die Linien hf, k y
131. 26. — cubische, statt: nebische.
132. 7. — bey weitem nicht, statt: bey weitem.
132. 22. — Fixiren, statt: Walzen.
137. 28. — zwischen den Backen, statt: auf den Backen.
141. 9. — ein Strick F G, statt: ein Stück F.



- | Seite. | Zeile. | lese.                                                                                              |
|--------|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 144.   | 22.    | — hindern, statt: finden.                                                                          |
| 145.   | 12.    | — samt dem, statt: sanften.                                                                        |
| 147.   | 13.    | — Reihen von, statt: reifernen.                                                                    |
| 147.   | 1.     | — seyn sollen, damit sie als Stöcke eines Drillings wirken.                                        |
| 147.   | 8.     | — großen, statt: gewißen.                                                                          |
| 147.   | 12.    | — längs, statt: anfangs.                                                                           |
| 148.   | 7.     | — und Menge, statt: oder Menge.                                                                    |
| 149.   | 6.     | — Detri, statt: de Dri.                                                                            |
| 155.   | 11.    | — dann die Breite; multipliziert diese, statt: dann die Breite multipliziert; multipliziert diese. |

---

Ich bitte den geneigten Leser, diese große Anzahl von Fehlern zu verzeihen. Die Hauptursache dieser Fehler mag daher rühren, daß diese Abhandlung nach einer Abschrift, welche in meiner Abwesenheit gemacht wurde, gedruckt worden ist. Ich war auf einer Reise begriffen, wovon ich gegen Ende des Druckes erst zurückkam.



Ein. Buch. Nr. 144  
144 22. — Ein. Buch. Nr. 144  
145 23. — Ein. Buch. Nr. 145  
146 24. — Ein. Buch. Nr. 146  
147 25. — Ein. Buch. Nr. 147  
148 26. — Ein. Buch. Nr. 148  
149 27. — Ein. Buch. Nr. 149  
150 28. — Ein. Buch. Nr. 150  
151 29. — Ein. Buch. Nr. 151  
152 30. — Ein. Buch. Nr. 152  
153 31. — Ein. Buch. Nr. 153  
154 32. — Ein. Buch. Nr. 154  
155 33. — Ein. Buch. Nr. 155  
156 34. — Ein. Buch. Nr. 156  
157 35. — Ein. Buch. Nr. 157  
158 36. — Ein. Buch. Nr. 158  
159 37. — Ein. Buch. Nr. 159  
160 38. — Ein. Buch. Nr. 160  
161 39. — Ein. Buch. Nr. 161  
162 40. — Ein. Buch. Nr. 162  
163 41. — Ein. Buch. Nr. 163  
164 42. — Ein. Buch. Nr. 164  
165 43. — Ein. Buch. Nr. 165  
166 44. — Ein. Buch. Nr. 166  
167 45. — Ein. Buch. Nr. 167  
168 46. — Ein. Buch. Nr. 168  
169 47. — Ein. Buch. Nr. 169  
170 48. — Ein. Buch. Nr. 170  
171 49. — Ein. Buch. Nr. 171  
172 50. — Ein. Buch. Nr. 172  
173 51. — Ein. Buch. Nr. 173  
174 52. — Ein. Buch. Nr. 174  
175 53. — Ein. Buch. Nr. 175  
176 54. — Ein. Buch. Nr. 176  
177 55. — Ein. Buch. Nr. 177  
178 56. — Ein. Buch. Nr. 178  
179 57. — Ein. Buch. Nr. 179  
180 58. — Ein. Buch. Nr. 180  
181 59. — Ein. Buch. Nr. 181  
182 60. — Ein. Buch. Nr. 182  
183 61. — Ein. Buch. Nr. 183  
184 62. — Ein. Buch. Nr. 184  
185 63. — Ein. Buch. Nr. 185  
186 64. — Ein. Buch. Nr. 186  
187 65. — Ein. Buch. Nr. 187  
188 66. — Ein. Buch. Nr. 188  
189 67. — Ein. Buch. Nr. 189  
190 68. — Ein. Buch. Nr. 190  
191 69. — Ein. Buch. Nr. 191  
192 70. — Ein. Buch. Nr. 192  
193 71. — Ein. Buch. Nr. 193  
194 72. — Ein. Buch. Nr. 194  
195 73. — Ein. Buch. Nr. 195  
196 74. — Ein. Buch. Nr. 196  
197 75. — Ein. Buch. Nr. 197  
198 76. — Ein. Buch. Nr. 198  
199 77. — Ein. Buch. Nr. 199  
200 78. — Ein. Buch. Nr. 200

Die in den angeführten Büchern  
enthaltenen Nachrichten sind  
aus den Originalen entnommen  
und sind in der Ordnung  
der Nummern angeordnet.  
Die in den angeführten  
Büchern enthaltenen  
Nachrichten sind aus  
den Originalen entnommen  
und sind in der Ordnung  
der Nummern angeordnet.

Die in den angeführten Büchern  
enthaltenen Nachrichten sind  
aus den Originalen entnommen  
und sind in der Ordnung  
der Nummern angeordnet.  
Die in den angeführten  
Büchern enthaltenen  
Nachrichten sind aus  
den Originalen entnommen  
und sind in der Ordnung  
der Nummern angeordnet.

Tabelle  
der  
Quadrat = Zahlen  
und  
ihrer Wurzeln.

A

1110003

Quarta Edition

(1787, 1790)

A

Q.	W.	Q.	W.	Q.	W.
1	1	961	31	3721	61
4	2	1024	32	3844	62
9	3	1089	33	3969	63
16	4	1156	34	4096	64
25	5	1225	35	4225	65
36	6	1296	36	4356	66
49	7	1369	37	4489	67
64	8	1444	38	4624	68
81	9	1521	39	4761	69
100	10	1600	40	4900	70
121	11	1681	41	5041	71
144	12	1764	42	5184	72
169	13	1849	43	5329	73
196	14	1936	44	5476	74
225	15	2025	45	5625	75
256	16	2116	46	5776	76
289	17	2209	47	5929	77
324	18	2304	48	6084	78
361	19	2401	49	6241	79
400	20	2500	50	6400	80
441	21	2601	51	6561	81
484	22	2704	52	6724	82
529	23	2809	53	6889	83
576	24	2916	54	7056	84
625	25	3025	55	7225	85
676	26	3136	56	7396	86
729	27	3249	57	7569	87
784	28	3364	58	7744	88
841	29	3481	59	7921	89
900	30	3600	60	8100	90

Q.	W.	Q.	W.	Q.	W.
8281	91	14641	121	22801	151
8464	92	14884	122	23104	152
8649	93	15129	123	23409	153
8836	94	15376	124	23716	154
9025	95	15625	125	24025	155
9216	96	15876	126	24336	156
9409	97	16129	127	24649	157
9604	98	16384	128	24964	158
9801	99	16641	129	25281	159
10000	100	16900	130	25600	160
10201	101	17161	131	25921	161
10404	102	17424	132	26244	162
10609	103	17689	133	26569	163
10816	104	17956	134	26896	164
11025	105	18225	135	27225	165
11236	106	18496	136	27556	166
11449	107	18769	137	27889	167
11664	108	19044	138	28224	168
11881	109	19321	139	28561	169
12100	110	19600	140	28900	170
12321	111	19881	141	29241	171
12544	112	20164	142	29584	172
12769	113	20449	143	29929	173
12996	114	20736	144	30276	174
13225	115	21025	145	30625	175
13456	116	21316	146	30976	176
13689	117	21609	147	31329	177
13924	118	21904	148	31684	178
14161	119	22201	149	32041	179
14400	120	22500	150	32400	180

Q.	W.	Q.	W.	Q.	W.
32761	181	44521	211	58081	241
33124	182	44944	212	58564	242
33489	183	45369	213	59049	243
33856	184	45796	214	59536	244
34225	185	46225	215	60025	245
34596	186	46656	216	60516	246
34969	187	47089	217	61009	247
35344	188	47524	218	61504	248
35721	189	47961	219	62001	249
36100	190	48400	220	62500	250
36481	191	48841	221	63001	251
36864	192	49284	222	63504	252
37249	193	49729	223	64009	253
37636	194	50176	224	64516	254
38025	195	50625	225	65025	255
38416	196	51076	226	65536	256
38809	197	51529	227	66049	257
39204	198	51984	228	66564	258
39601	199	52441	229	67081	259
40000	200	52900	230	67600	260
40401	201	53361	231	68121	261
40804	202	53824	232	68644	262
41209	203	54289	233	69169	263
41616	204	54756	234	69696	264
42025	205	55225	235	70225	265
42436	206	55696	236	70756	266
42849	207	56169	237	71289	267
43264	208	56644	238	71824	268
43681	209	57121	239	72361	269
44100	210	57600	240	72900	270

Q.	W.	Q.	W.	Q.	W.
73441	271	90601	301	109561	331
73984	272	91204	302	110284	332
74529	273	91809	303	110889	333
75056	274	92416	304	111556	334
75625	275	93025	305	112225	335
76176	276	93636	306	112896	336
76729	277	94249	307	113569	337
77284	278	94864	308	114244	338
77841	279	95481	309	114921	339
78400	280	96100	310	115600	340
78961	281	96721	311	116281	341
79524	282	97344	312	116964	342
80089	283	97969	313	117649	343
80656	284	98596	314	118336	344
81225	285	99225	315	119025	345
81796	286	99856	316	119716	346
82369	287	100489	317	120409	347
82944	288	101124	318	121104	348
83521	289	101761	319	121801	349
84100	290	102400	320	122500	350
84681	291	103041	321	123201	351
85264	292	103684	322	123904	352
85849	293	104329	323	124609	353
86436	294	104976	324	125316	354
87025	295	105625	325	126025	355
87616	296	106276	326	126736	356
88209	297	106929	327	127449	357
88804	298	107584	328	128164	358
89401	299	108241	329	128881	359
90000	300	108900	330	129600	360



Q.	W.	Q.	W.	Q.	W.
130321	361	152881	391	177241	421
131044	362	153664	392	178084	422
131769	363	154449	393	178929	423
132496	364	155236	394	179776	424
133225	365	156025	395	180625	425
133956	366	156816	396	181476	426
134689	367	157609	397	182329	427
135424	368	158404	398	183184	428
136161	369	159201	399	184041	429
136900	370	160000	400	184900	430
137641	371	160801	401	185761	431
138384	372	161604	402	186624	432
139129	373	162409	403	187489	433
139876	374	163216	404	188356	434
140625	375	164025	405	189225	435
141376	376	164836	406	190096	436
142129	377	165649	407	190969	437
142884	378	166464	408	191844	438
143641	379	167281	409	192721	439
144400	380	168100	410	193600	440
145161	381	168921	411	194481	441
145924	382	169744	412	195364	442
146689	383	170569	413	196249	443
147456	384	171396	414	197136	444
148225	385	172225	415	198025	445
148996	386	173056	416	198916	446
149769	387	173889	417	199809	447
150544	388	174724	418	200704	448
151321	389	175561	419	201601	449
152100	390	176400	420	202500	450

Q.	W.	Q.	W.	Q.	W.
203401	451	231361	481	261121	511
204304	452	232324	482	262144	512
205209	453	233289	483	263169	513
206116	454	234256	484	264196	514
207025	455	235225	485	265225	515
207936	456	236196	486	266256	516
208849	457	237169	487	267289	517
209764	458	238144	488	268324	518
210681	459	239121	489	269361	519
211600	460	240100	490	270400	520
212521	461	241081	491	271441	521
213444	462	242064	492	272484	522
214369	463	243049	493	273529	523
215296	464	244036	494	274576	524
216225	465	245025	495	275625	525
217156	466	246016	496	276676	526
218089	467	247009	497	277729	527
219024	468	248004	498	278784	528
219961	469	249001	499	279841	529
220900	470	250000	500	280900	530
221841	471	251001	501	281961	531
222784	472	252004	502	283024	532
223729	473	253009	503	284089	533
224676	474	254016	504	285156	534
225625	475	255025	505	286225	535
226576	476	256036	506	287296	536
227529	477	257049	507	288369	537
228484	478	258064	508	289444	538
229441	479	259081	509	290521	539
230400	480	260100	510	291600	540

Q.	W.	Q.	W.	Q.	W.
292681	541	326041	571	361201	601
293764	542	327184	572	362404	602
294849	543	328329	573	363609	603
295936	544	329476	574	364816	604
297025	545	330625	575	366025	605
298116	546	331776	576	397236	606
299209	547	332929	577	368449	607
300304	548	334084	578	369664	608
301401	549	335241	579	370881	609
302500	550	336400	580	372100	610
303601	551	337561	581	373321	611
304704	552	338724	582	374544	612
305809	553	339889	583	375769	613
306916	554	341056	584	376996	614
308025	555	342225	585	378225	615
309136	556	343396	586	379456	616
310249	557	344569	587	380689	617
311364	558	345744	588	381924	618
312481	559	346921	589	383161	619
313600	560	348100	590	384400	620
314721	561	349281	591	385641	621
315844	562	350464	592	386884	622
316969	563	351649	593	388129	623
318096	564	352836	594	389376	624
319225	565	354025	595	390625	625
320356	566	355216	596	391876	626
321489	567	356409	597	393129	627
322624	568	357604	598	394384	628
323761	569	358801	599	395641	629
324900	570	360000	600	396900	630

Q.	W.	Q.	W.	Q.	W.
398161	631	436921	661	477481	691
399424	632	438244	662	478864	692
400689	633	439569	663	480249	693
401956	634	440896	664	481636	694
403225	635	442225	665	483025	695
404496	636	443556	666	484416	696
405769	637	444889	667	485809	697
407044	638	446224	668	487204	698
408321	639	447561	669	488601	699
409600	640	448900	670	490000	700
410881	641	450241	671	491401	701
412164	642	451584	672	492804	702
413449	643	452929	673	494209	703
414736	644	454276	674	495616	704
416025	645	455625	675	497025	705
417316	646	456976	676	498436	706
418609	647	458329	677	499849	707
419904	648	459684	678	501264	708
421201	649	461041	679	502681	709
422500	650	462400	680	504100	710
423801	651	463761	681	505521	711
425104	652	465124	682	506944	712
426409	653	466489	683	508369	713
427716	654	467856	684	509796	714
429025	655	469225	685	511225	715
430336	656	470596	686	512656	716
431649	657	471969	687	514089	717
432964	658	473344	688	515524	718
434281	659	474721	689	516961	719
435600	660	476100	690	518400	720

Q.	W.	Q.	W.	Q.	W.
519841	721	564001	751	609961	781
521284	722	565504	752	611524	782
522729	723	567009	753	613089	783
524176	724	568516	754	614656	784
525625	725	570025	755	616225	785
527076	726	571536	756	617796	786
528529	727	573049	757	619369	787
529984	728	574564	758	620944	788
531541	729	576081	759	622521	789
532900	730	577600	760	624100	790
534361	731	579121	761	625681	791
535824	732	580644	762	627264	792
537289	733	582169	763	628849	793
538756	734	583696	764	630436	794
540225	735	585225	765	632025	795
541696	736	586756	766	633616	796
543169	737	588289	767	635209	797
544644	738	589824	768	636804	798
546121	739	591361	769	638401	799
547600	740	592900	770	640000	800
549081	741	594441	771	641601	801
550564	742	595984	772	643224	802
552049	743	597529	773	644809	803
553536	744	599076	774	646416	804
555025	745	600625	775	648025	805
556516	746	602176	776	649636	806
558009	747	603729	777	651249	807
559504	748	605284	778	652864	808
561001	749	606841	779	654481	809
562500	750	608400	780	656100	810

Q.	W.	Q.	W.	Q.	W.
657721	811	707281	841	758641	871
659344	812	708964	842	760384	872
660969	813	710649	843	762129	873
662596	814	712336	844	763876	874
664225	815	714025	845	765625	875
665856	816	715716	846	767376	876
667489	817	717409	847	769129	877
669124	818	719104	848	770884	878
670761	819	720801	849	772641	879
672400	820	722500	850	774400	880
674041	821	724201	851	776161	881
675684	822	725904	852	777924	882
677329	823	727609	853	779689	883
678976	824	729316	854	781456	884
680625	825	731025	855	783225	885
682276	826	732736	856	784996	886
683929	827	734449	857	786769	887
685584	828	736164	858	788544	888
687241	829	737881	859	790321	889
688900	830	739600	860	792100	890
690561	831	741321	861	793881	891
692224	832	743044	862	795664	892
693889	833	744769	863	797449	893
695556	834	746496	864	799236	894
697225	835	748225	865	801025	895
698896	836	749956	866	802816	896
700569	837	751689	867	804609	897
702244	838	753424	868	806404	898
703921	839	755161	869	808201	899
705600	840	756900	870	810000	900

Q.	W.	Q.	W.	Q.	W.
811801	901	866761	931	923521	961
813604	902	868624	932	925444	962
815409	903	870489	933	927369	963
817216	904	872356	934	929296	964
819025	905	874225	935	931225	965
820836	906	876096	936	933156	966
822649	907	877969	937	935089	967
824464	908	879844	938	937024	968
826281	909	881721	939	938961	969
828100	910	883600	940	940900	970
829921	911	885481	941	942841	971
831744	912	887364	942	944784	972
833869	913	889240	943	946729	973
835390	914	891136	944	948676	974
837225	915	893025	945	950625	975
839056	916	894916	946	952576	976
840889	917	896809	947	954529	977
842724	918	898704	948	956484	978
844561	919	900601	949	958441	979
846400	920	902500	950	960400	980
848241	921	904401	951	962361	981
850084	922	906304	952	964324	982
851929	923	908209	953	966289	983
853776	924	910116	954	968256	984
855625	925	912025	955	970225	985
857476	926	913936	956	972196	986
859329	927	915849	957	974169	987
861184	928	917764	958	976144	988
863041	929	919681	959	978121	989
864900	930	921600	960	980100	990

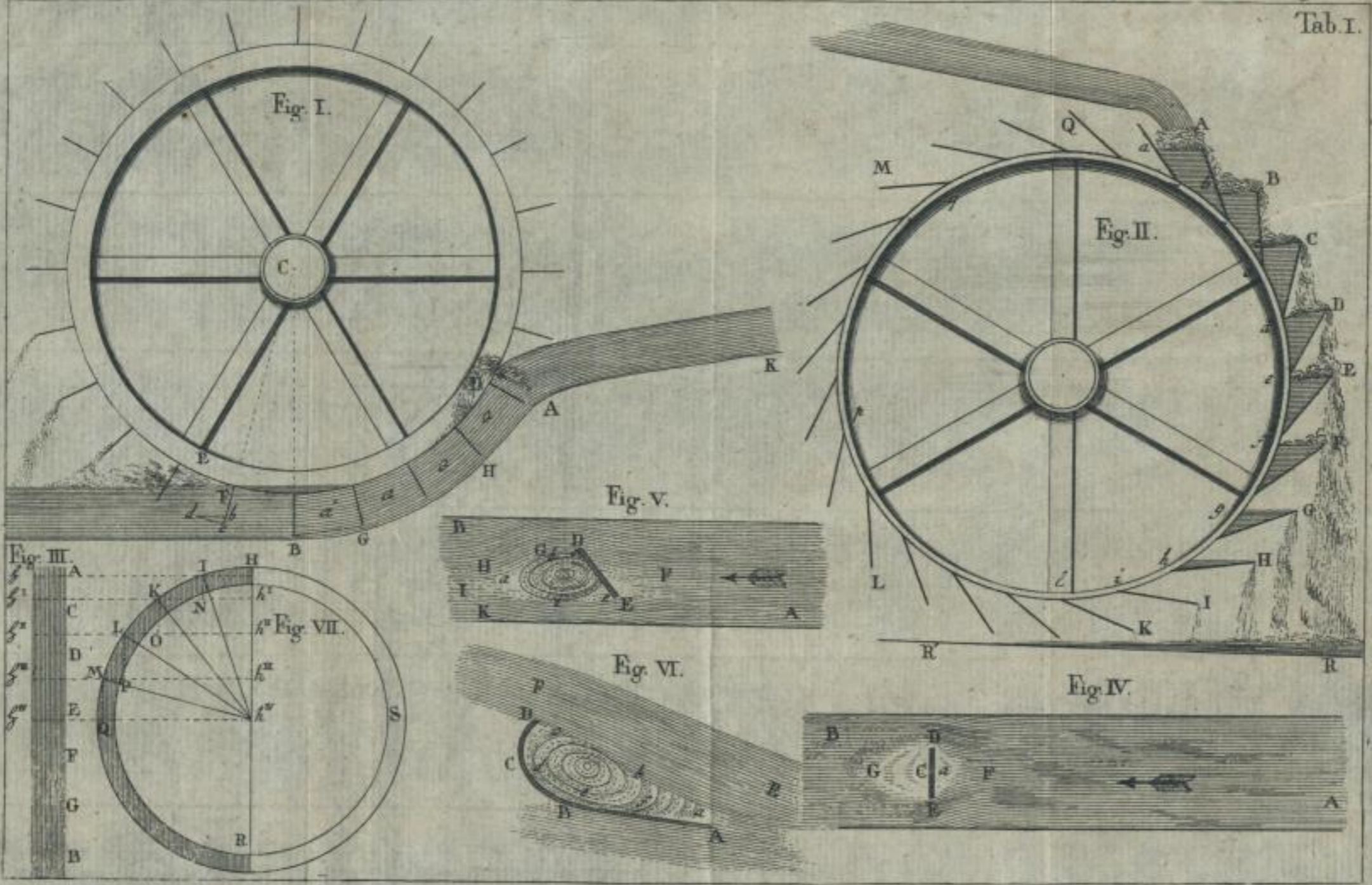
W	Q.	W.	Q.	W.
100	982081	991	992016	996
100	984064	992	994009	997
100	986049	993	996004	998
100	988036	994	998001	999
100	990025	995	1000000	1000
110	121000	100	10000	100
120	144000	110	12100	110
130	169000	120	14400	120
140	196000	130	16900	130
150	225000	140	19600	140
160	256000	150	22500	150
170	289000	160	25600	160
180	324000	170	28900	170
190	361000	180	32400	180
200	400000	190	36100	190
210	441000	200	40000	200
220	484000	210	44100	210
230	529000	220	48400	220
240	576000	230	52900	230
250	625000	240	57600	240
260	676000	250	62500	250
270	729000	260	67600	260
280	784000	270	72900	270
290	841000	280	78400	280
300	900000	290	84100	290
310	961000	300	90000	300
320	1024000	310	96100	310
330	1089000	320	102400	320
340	1156000	330	108900	330
350	1225000	340	115600	340
360	1296000	350	122500	350
370	1369000	360	129600	360
380	1444000	370	136900	370
390	1521000	380	144400	380
400	1600000	390	152100	390
410	1681000	400	160000	400
420	1764000	410	168100	410
430	1849000	420	176400	420
440	1936000	430	184900	430
450	2025000	440	193600	440
460	2116000	450	202500	450
470	2209000	460	211600	460
480	2304000	470	220900	470
490	2401000	480	230400	480
500	2500000	490	240100	490



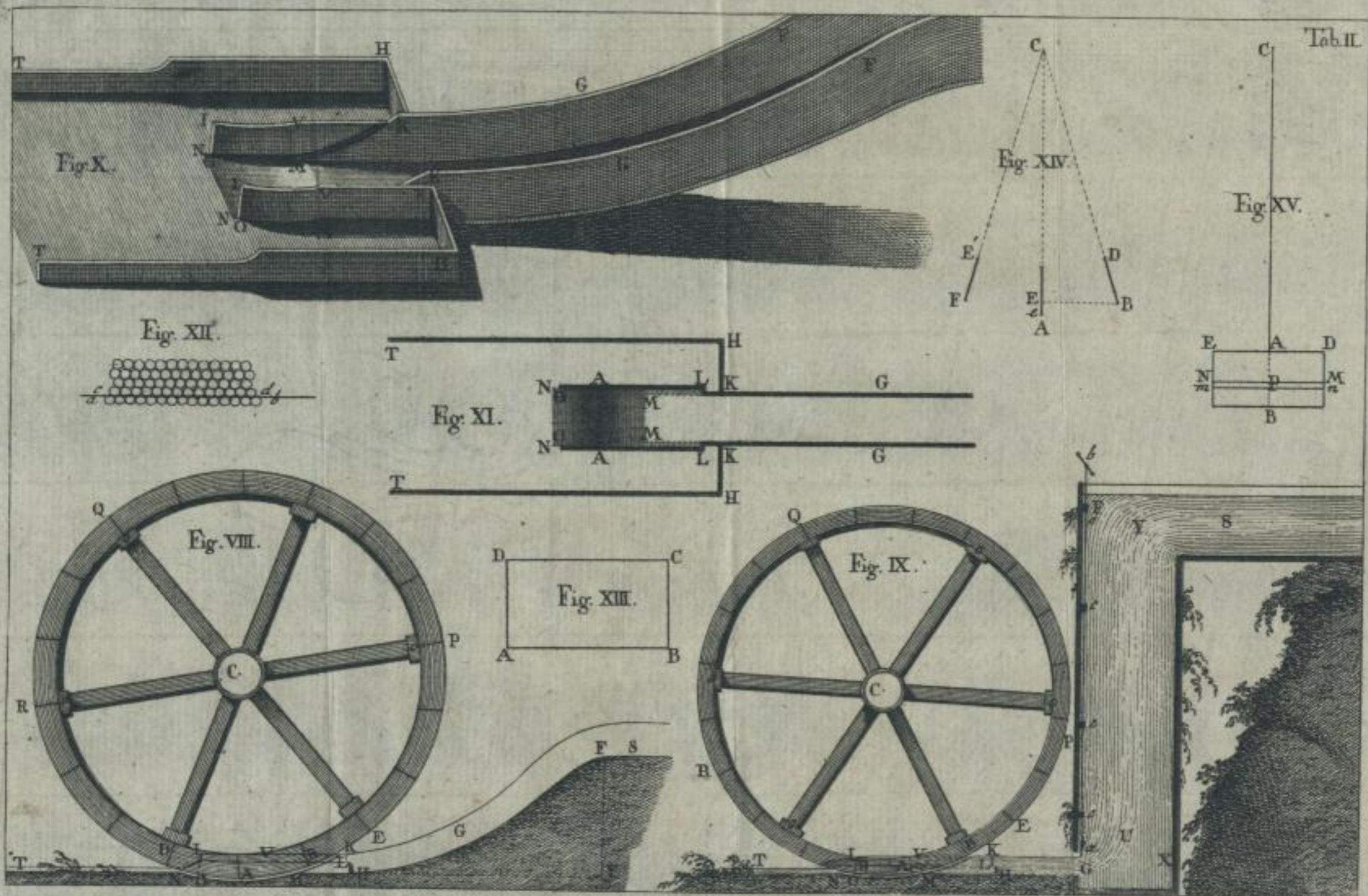




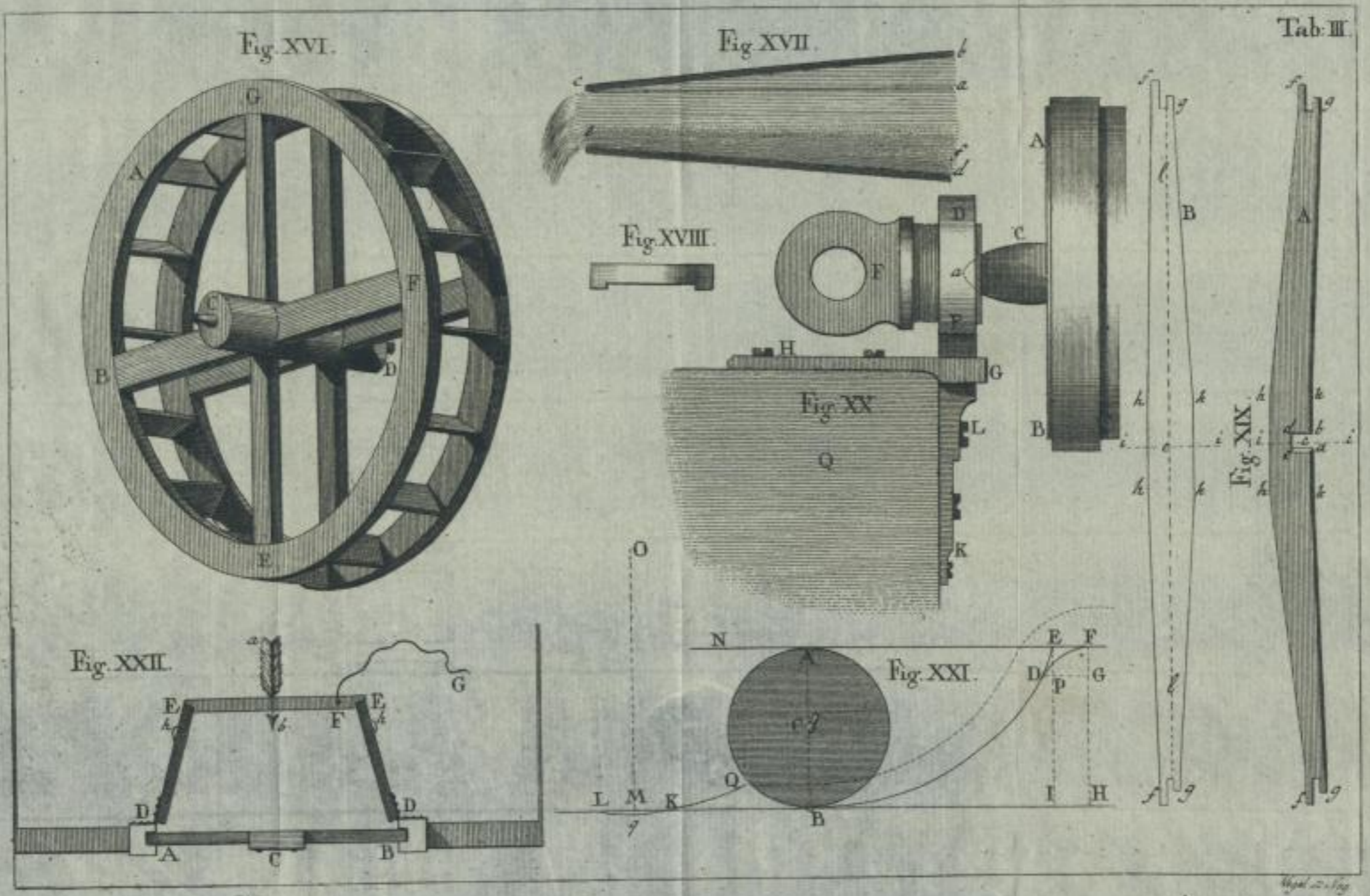
















1000

18. 12. 74

12. U. II. 1987

Datum der Entleihung bitte hier einstempeln!

20. Sep. 1995

SÄCHSISCHE LANDESBIBLIOTHEK



2 0069039

Hinweise

Signatur	39. 8° 9884	Stok
----------	-------------	------

RS

Bub

AK

*E. Helm*

Titelaufn.

AKB

*Prüfung*

FK

*A. Maschinenschriften H. C.*

Bio K

Bild K

SWK

Sonderstandort

Signum

Ausleihe-  
vermerk

III/9/280 Jd-G 80/62

*✓*

