

Inwentarz biblioteki
szkolnej

No

875

Technologische

Encyclopädie

oder

alphabetisches Handbuch

der

Technologie, der technischen Chemie und des
Maschinenwesens.

Zum Gebrauche

für

Kameralisten, Ökonomen, Künstler, Fabrikanten
und Gewerbtreibende jeder Art.

Herausgegeben

von

Joh. Jos. v. Pechel,

Ritter des österr. kais. Leopoldordens, k. k. Rectoratsrath, em. Direktor des k. k. polytechnischen Instituts in Wien, Ehrenbürger der k. k. Haupt- und Residenzstadt Wien, wirtl. Mitglie der kais. Akademie der Wissenschaften, Mitglie der k. k. Landwirthschafts-Gesellschaften in Wien, Graz, Laibach und Brünn, des Vereins zur Erhaltung des Gewerbaufs in Böhmen, der Gesellschaften für Naturwissenschaft und Heilkunde zu Heidelberg und in Dresden; des polytechnischen Vereins für Bayern; correspond. Mitglie der k. k. Institute der Wissenschaften und Künste in Mailand und Venedig, der k. bair. Akademie der Wissenschaften, des Nat. Instituts zur Beförderung der Wissenschaften in Washington, der Gesellschaft zur Beförderung der nützlichen Künste und ihrer Hülfswissenschaften zu Frankfurt a. M., Ehrenmitglie der Industrie- und Gewerbe-Vereins in Innerösterreich, der Akademie des Ackerbaues und der Künste in Verona, des Vereins zur Beförderung des Gewerbaufs in Preußen, der ökonom. Gesellschaft im Königreiche Sachsen, der marktischen ökonom. Gesellschaft zu Potsdam, der allgemeinen schweizerischen Gesellschaft für die gesammten Naturwissenschaften, des Gewerbe-Vereins im Königreiche Hannover etc.

Zwanzigster Band.

Wage — Zuckerfabrikation.

Mit den Kupfertafeln 486 bis 534.

Stuttgart, 1855.

Im Verlage der J. G. Cotta'schen Buchhandlung.

Wien bei Carl Gerold

Państwowa

Szkoła Włokiennicza

ODZI.

Der Raum oder die Länge in der Hülse, um welche sich die Feder ausdehnen kann, beträgt hier 6 Zoll. Auch muß noch bemerkt werden, daß sich im Innern des hohlen aus der genannten Feder gebildeten Cylinders, noch eine zweite aus nur halb so dickem Stahldraht gebildete Spiralfeder (zu einem Cylinder von 0.8 Zoll äußern Durchmesser und ebenfalls 8 Zoll Länge gewunden) befindet, deren beide Enden ebenfalls, wie es bei der erstern Feder der Fall ist, an dem Ansätze a und der Zunge B in der Nähe des Punktes o befestigt sind.

Was endlich die Scala oder Theilung betrifft, welche wieder nur durch Versuche bestimmt wird, so geht diese bei der hier beschriebenen Wage von 10 bis 80 Pfund.

Nach demselben Principe werden in der neuesten Zeit ganz kleine, zierliche Briefwagen construirt, bei welchen der Brief auf einen feinen Drahtkorb gelegt, und dessen Gewicht durch die auf dem Stiel der Wage angebrachte Theilung angegeben wird.

Ad. v. Burg.

Wasserräder.

1. Unter Wasserräder versteht man im Allgemeinen jene Kraftmaschinen oder (wie sie auch kurz genannt werden) Motoren, welche durch Wasserkräfte in Bewegung gesetzt, zum Betrieb von Mühlen oder sonstigen Arbeitsmaschinen benützt werden. Ohne in eine nähere Entwicklung dieses Gegenstandes, welcher in eigenen Werken über Wasserräder mit der nöthigen Ausführlichkeit und durch viele Detailpläne erläutert behandelt ist, hier eingehen zu können, soll nur in Kürze das Wesentlichste hierüber angeführt werden.

2. Jedes Wasserrad besteht der Hauptsache nach aus der Radwelle oder Achse, mit welcher ein oder mehrere Radfränze durch die sogenannten Radarme auf eine hinreichend feste und feste Weise verbunden sind, so wie aus einem Systeme von geraden, gebrochenen oder gekrümmten Schaufeln oder auch von Kùbeln oder Zellen, die auf oder zwischen diesen Radfränzen angebracht sind, und auf welche das Wasser entweder durch den Stoß oder durch den Druck, oder auch auf beide Arten zugleich wirkt und das Rad um seine Achse umdreht.

Liegt die Welle, wie in der Regel bei allen Wasserrädern, horizontal, wobei sich also die Radfränge in vertikalen Ebenen bewegen, so nennt man das Rad ein vertikales Wasserrad, während jene Räder, deren Welle vertikal steht, deren Kränze daher horizontal liegen, horizontale Wasserräder heißen; zu diesen letztern gehören besonders auch die sogenannten Kreisräder oder Turbinen, welche sich von den eigentlichen Wasserrädern dadurch unterscheiden, daß das Wasser nicht wie bei diesen letztern bloß auf einen Theil des Umfanges, sondern gleichzeitig über den ganzen Umfang des Rades wirkt. Außer diesen Wasserrädern und Turbinen kann man auch noch die aus gebogenen Röhren oder Canälen bestehenden Reactionsräder anführen.

Bei jedem Wasserrade kommen noch der Zuflusssanal oder das Gerinne, in welchem das Wasser dem Rade zugeführt wird, das Schußbrett oder der Schützen (die Schütze), mittelst welchem das Wasser in größerer oder geringerer Menge auf das Rad geleitet oder davon ganz abgesperrt werden kann, der Einlauf oder jene Vorrichtung, mittelst welcher das Wasser von der Schütze weg nach einer bestimmten Richtung in das Rad geleitet wird, so wie endlich der Abflusssanal vor, durch welchen das Wasser, nachdem es gewirkt hat, vom Rade weggeleitet wird.

3. Man pflegt die Wasserräder, je nach der Höhe, in welcher das Wasser in das Rad eintritt, in unter-, mittel- und ober- oder überschlächtige Räder, so wie nach der Form der auf der Peripherie angebrachten Schaufeln oder Zellen, in Schaufel-, Kübel- oder Zellenräder, so wie in Räder mit gekrümmten Schaufeln einzutheilen; bei den erstern (Schaufelrädern) sind größtentheils radial, oder nur wenig schief stehende ebene Flächen oder Schaufeln, bei den zweiten zwischen den Radfrängen zellen- oder kübelartige Gefäße zur Aufnahme des Wassers, so wie bei den letztern gekrümmte oder krummflächige Schaufeln angebracht.

Bei den unterschlächtigen Schaufelrädern, welche gewöhnlich in ein ganz ebenes, etwas abschüssiges Gerinne (das sogenannte Schuß- oder Schnurgerinne) gelegt werden, wirkt

das Wasser immer nur durch den Stoß; bei den mittelschlächtigen Schaufelrädern, welche, um das zu frühe Austreten des Wassers zu verhindern, in ein gekrümmtes oder gekröpftes Rad- oder Kropfgerinne gelegt werden, weshalb diese Räder auch Kropfräder heißen, wirkt das Wasser theils durch den Stoß, theils durch den Druck; bei den oberflächtigen Zellenrädern wirkt das Wasser größtentheils durch sein Gewicht; bei dem Rade mit gekrümmten Schaufeln endlich, welches nach seinem Erfinder auch das Poncelet-Rad heißt, und ebenfalls ein Stück bogenförmiges Gerinne erhält, wirkt das Wasser größtentheils mit seiner lebendigen Kraft durch den Druck.

Noch hat man Schaufelräder, welche ohne Gerinne, wie bei den Schiffmühlen in den freien Strom gelegt oder gehängt und deshalb freihängende Räder genannt werden. Nach einer ältern Eintheilung unterscheidet man bei den Schaufelrädern auch noch das Strauberrad, welches nur einen Radfranz, von dem Staberrad, welches zwei Radfränge besitzt.

Werden die Schaufeln so lang, daß man zu ihrer Befestigung mehr als zwei Kränze anbringen muß, so erhält man das sogenannte Pansterrad; ist dabei noch die Einrichtung getroffen, daß man bei einem sehr veränderlichen Wasserstande dessen Zapfenlager (Angewellen) sammt dem Gerinne heben oder senken kann, so wird diese Einrichtung ein Pansterzeug (und nach Umständen ein Stock- oder Ziehpanser genannt).

Wir gehen nun zu einer kurzen Beschreibung der vorzüglichsten Wasserräder selbst über.

Das unterschlächtige Wasserrad.

4. Dieses Rad erhält in der Regel ebene radial oder besser etwas schief stehende Schaufeln s, s. . . (Fig. 1, Tafel 505) derart, daß diese zur Hälfte aus dem Wasser gezogen, vertical zu stehen kommen. Der etwas wenig geneigte gerade Boden AB des Zuflußcanals soll zur Vergrößerung des Effects durch einen bogenförmigen, mit dem Rade concentrischen und wenigstens zwei Schaufeln umfassenden Theile BD in den plötzlich etwas abfallenden Abflußcanal DE übergehen. Die Schüge F soll so nahe

als möglich an das Rad gelegt, und gegen den Horizont unter einem Winkel von beiläufig 60 Grad geneigt werden.

Ist $m n$ der Spiegel des an der Schüze (hier auch Spannschüze genannt) anliegenden Wassers, und $b d$ der Wasserspiegel im Abflußcanal, so ist $ab = H$ die Gefällshöhe oder kurzweg das Gefälle des Wassers.

Das Wasser tritt unter der Schüze mit einer der anliegenden Wasserhöhe entsprechenden Geschwindigkeit in das Rad ein, stößt an die Schaufeln, wodurch das Rad seine Bewegung oder Umdrehung erhält, und fließt dann noch mit einer dem Rade gleichen Geschwindigkeit durch den Abflußcanal ab.

Das Poncelet-Rad.

5. Dieses mit krummen, gewöhnlich aus Eisenblech construirten Schaufeln s (Fig. 2), welche zwischen zwei Radfränze eingesetzt oder eingeschoben werden und dadurch gleichsam Zellen ohne Boden bilden, versehenes Rad erhält ein Gerinne, welches jenem des unterschlächtigen Rades ähnlich ist, mit dem Unterschiede jedoch, daß dessen Seitenwände vor dem Rade eine lichte Entfernung erhalten, die etwas kleiner als die innere Weite des Rades ist, um das Wasser leichter eintreten zu lassen; auch hier geht der etwas geneigte Boden AB des Zuflußcanals durch den concentrischen Bogen BD in den schnell abfallenden Boden DE des Abflußcanals über.

Das Wasser tritt durch die Schützenöffnung beinahe ohne Stoß in das Rad, gleitet auf der krummen Schaufelfläche mit verzögerter Geschwindigkeit hinauf, dann vom höchsten Punkte wieder mit beschleunigter Bewegung herab und fällt dann beinahe ohne Geschwindigkeit aus dem Rade heraus, wobei es beständig durch den Druck wirkt.

Das Kropfrad.

6. Dieses in Fig. 3 skizzirte Rad erhält von dem Punkte A an, allwo das Wasser in das Rad eintritt, ein concaves Gerinne (Rad- oder Mantelgerinne), welches die Schaufeln, wie beim unterschlächtigen Rade, möglichst enge (ohne jedoch den Gang des Rades zu hindern) umschließt und den Zweck hat, zu

verhindern, daß das Wasser nicht vor dem tiefsten Punkte des Rades austritt.

Der Zuleitungscanal geht durch den parabolischen Einlauf EA in dieses Kreisgerinne AB und von da in den Abzugscanal BD über.

Das durch die Schützenöffnung eintretende Wasser erreicht die Schaufeln ungefähr im Punkte A, übt zuerst auf diese einen Stoß aus und wirkt dann durch sein Gewicht bis zum tiefsten Punkt B.

Die Schaufeln selbst werden am besten etwas gebrochen oder aus zwei Theilen zusammengesetzt, wovon der äußere eine solche Richtung erhält, daß er wieder, zur Hälfte aus dem Wasser gezogen, vertical steht.

Das Schaufelrad mit Ueberfalleinlauf.

7. Dieses Rad unterscheidet sich von dem vorigen nur in der Schützenvorrichtung und dem Einlauf. Der Zuflußcanal endet nämlich in einer Wand cd (Fig. 4), an welcher sich die auf ihrer obern Kante mit einer parabolischen Leitfläche AB versehene Schütze F in der Art auf- und abschieben läßt, daß das Wasser über diese Leitfläche wie über einen (hier verstellbaren) Ueberfall und zwar vom Wasserspiegel ab, in das Rad mehr oder weniger einfällt, je tiefer oder höher dieselbe gezogen wird.

Das Wasser wirkt auch hier größtentheils durch sein Gewicht.

Das Schaufelrad mit Coulisseneinlauf.

8. Auch dieses Rad unterscheidet sich von dem vorigen wieder nur durch den Einlauf und die Schützenvorrichtung. Auch hier endet der Zuflußcanal in einer Wand cd (Fig 5), die aber hier der ganzen Breite nach eine Oeffnung besitzt, in welche gekrümmte Blech- oder Leitschaufeln tt, die sogenannten Couliissen, zur Leitung des in das Rad tretenden Wassers eingesetzt sind. Die Schütze F ist wieder ein verstellbarer Schieber, welcher, je weiter nach abwärts geschoben, desto mehrere dieser Couliissenöffnungen frei macht, und daher auch desto mehr Wasser in das Rad eintreten läßt.

Die Wirkungsweise des ungefähr in der Höhe der Radachse in das Rad tretenden Wassers ist so wie beim vorigen Rade.

Das rückenschlächtige Zellenrad mit Conliffen-einlauf.

9. Bei diesem Rade tritt das Wasser durch einen dem vorigen ganz ähnlichen Einlauf, jedoch etwas über der Achse in das Rad ein. Dieses Rad unterscheidet sich aber von dem vorigen wesentlich dadurch, daß es nicht mit Schaufeln, sondern mit Zellen *s, s* (Fig. 6), versehen ist, die durch die beiden Radfränze, den Radboden und die eingeschobenen gebrochenen Schaufeln wie *a b* und *b c* gebildet werden. Der Radboden schließt übrigens die Zellen nicht vollständig, indem dieser bei jeder Zelle nach der ganzen Breite des Rades eine offene Rige bildet, durch welche die Luft beim Einstromen des Wassers in die Zelle entweichen kann, durch welche länglicht schmale Oeffnungen nämlich das Rad ventilirt wird.

Das in die Zellen eintretende Wasser wirkt zuerst durch den Stoß und dann durch sein Gewicht, worauf es, wenn das Rad einen Mantel *AB* besitzt, am tiefsten Punct *B* austritt.

Das obereschlächtige Wasserrad.

10. Dieses Rad ist ebenfalls ein Zellen- oder Kübelrad, bei welchem jedoch der Boden keine Oeffnungen erhält, also das Rad nicht wie das vorige ventilirt wird, und wobei das Wasser durch ein über dem Rade angebrachtes Gerinne *A* (Fig. 7) bis oder etwas über den Scheitel des Rades geführt wird, von wo es durch einen gekrümmten Blecheinlauf in die Radzellen einfällt.

Das Wasser wirkt auch hier wieder, jedoch nur zum kleinsten Theil durch den Stoß, und dann durch das Gewicht; es tritt je nach der besseren oder minderen Zellenconstruction mehr oder weniger erst gegen den tiefsten Punct des Rades aus.

Nutzeffect.

11. Bei Beurtheilung des Nutzeffectes der Wasserräder muß man sich erinnern, daß wenn *H* die disponible Gefällshöhe einer vorhandenen Wasserkraft in Fuß, *M* die per Secunde zufließende

Wassermenge in Cubikfuß, und $\gamma = 56\frac{1}{2}$ Pfund das Gewicht von 1 Kubikfuß Wasser bezeichnet, sofort die in dem Wasser gleichsam enthaltene absolute Arbeit oder die dynamische Kraft desselben $E_a = \gamma M H$ Fußpfund beträgt, so, daß wenn z. B. $M = 20$ und $H = 6$ wäre, dieser absolute Effect

$$E_a = 56.5 \times 20 \times 6 = 6780 \text{ Fußpfund,}$$

oder in Pferdekraften à 430 Fußpfund ausgedrückt,

$$N_a = \frac{6780}{430} = 15.8,$$

d. i. nahe 16 Pferdekraften betragen würde.

Allein selbst wenn die Construction und Ausführung eines der Theorie vollkommen entsprechenden Wasserrades, nach welcher das Wasser ohne allen Stoß in das Rad eintreten und aus demselben ohne alle Geschwindigkeit austreten müßte, möglich wäre, was niemals der Fall, so könnte schon der verschiedenen sonstigen Hindernisse wegen, welche das Wasser beim Eintritte in das Rad erfährt, dieser absolute Effect dennoch nicht erreicht oder erhalten werden.

In der Wirklichkeit müssen von diesem absoluten Effect des Wassers jene Arbeiten oder Wirkungen in Abzug gebracht werden, welche durch die Verzögerung des Wassers im Gerinne, durch den Stoß desselben beim Eintritte in das Rad (als unelastische Körper), durch das Entweichen eines Theiles des Wassers zwischen den Schaufeln und dem Gerinne, durch das zu frühe Austreten des Wassers aus den Radzellen, durch den Umstand, daß das Wasser mit einer von Null verschiedenen Geschwindigkeit austritt und daher noch eine gewisse lebendige Kraft besitzt, durch die Zapfenreibung und den Luftwiderstand u. s. w. absorbiert werden. So betragen z. B. diese Verluste zusammen bei einem gewöhnlichen unterschlächtigen Wasserrade nicht weniger als $\frac{3}{4}$ oder 75 Procent der dynamischen Kraft oder des absoluten Effects des Wassers, so, daß also davon nur der 4. Theil nutzbringend gemacht wird, oder der Nugeffect bloß 25 Procent beträgt.

12. Gehen wir nun die vorhin in Kürze beschriebenen Wasserräder in dieser Beziehung der Reihe nach durch und benützen dabei die vielseitigen Erfahrungen, welche Prof. R e d t e n b a c h e r

hierüber gesammelt und in seinem Werke: „Theorie und Bau der Wasserräder“ (Mannheim 1846) niedergelegt hat, so lassen sich, wenn man zugleich die von Redtenbacher angegebenen Regeln für die wesentlichsten Constructionsverhältnisse beibehält, folgende Werthe angeben, wenn man dabei die nachstehende Bezeichnung wählt.

Es bezeichne nämlich R den äußern Radhalbmesser, a die Radfranzbreite oder nach Umständen die Höhe der Radschaufeln, b die lichte Breite des Rades (Entfernung der beiden äußersten Radfränge) und H die Gefällshöhe, Alles in Fuß, M die per Secunde zufließende Wassermenge in Kubikfuß, v die Umfangsgeschwindigkeit des Rades, V die Geschwindigkeit, mit welcher das Wasser in das Rad tritt (beide in Fuß ausgedrückt), n die Anzahl der Schaufeln oder Zellen, m den Füllungscoefficienten, welcher bei Zellenrädern anzeigt, um wie viel Mal der Inhalt einer Zelle größer ist als das Volumen Wasser, welches sie aufzunehmen hat oder auch der wie vierte Theil der Zelle gefüllt wird, γ das Gewicht von 1 Kubikfuß Wasser, g die Beschleunigung der Schwere, E_a der absolute Effect oder die dynamische Kraft des Wassers in Fußpfund, N_a dasselbe in Pferdekraften ausgedrückt, so wie endlich E_n und N_n der Nutzeffect in Fußpfund und Pferdekraften, wodurch also

$$m = \frac{M}{abv}, \quad \gamma = 56\frac{1}{2} \text{ Pfund}, \quad g = 31 \text{ Fuß}, \quad E_a = \gamma M H \text{ und}$$

$$N_a = \frac{E_a}{430}, \text{ also auch } N_n = \frac{E_n}{430} \text{ wird.}$$

Dieß vorausgesetzt läßt sich über die einzelnen Räder in Kürze Folgendes anführen.

Das unterschlächtige Rad

wird für kleine Gefälle, und zwar bis ungefähr 3 Fuß benützt. Man nimmt dabei R von 6 bis 10 Fuß, für n jene dem Quotienten $\frac{2R\pi}{b+a}$ zunächst liegende ganze, und außerdem durch die Anzahl der Radarme theilbare Zahl. $v = \cdot 4\sqrt{2gH} = 3\cdot 15\sqrt{H}$, und den Nutzeffect E_n von 25 bis 35 Procent des absoluten Effectes E_a .

Das Poncelet-Rad

wird auch nur für kleinere, höchstens bis 6 Fuß sich erstreckende Gefälle, aber dann mit großem Vortheile angewendet.

Für Gefälle bis 3 Fuß nimmt man $R = 2H$, $a = .51H$, $b = 5.26 \frac{M}{11\sqrt{2gH}}$, $n = 42$, Krümmungshalbmesser der Schaufeln $= .71H$ und $v = .55\sqrt{2gH}$.

Für Gefälle bis $5\frac{1}{2}$ oder 6 Fuß dagegen wird $R = 1.75H$, $a = .48H$, $b = \frac{6M}{11\sqrt{2gH}}$, $n = 36$, Krümmungshalbmesser $= .44H$ und $v = .55\sqrt{2gH}$ genommen. Was die Breite des Rades anbelangt, so geht man dabei nicht leicht über 12 Fuß hinaus.

Der Nutzeffect läßt sich bei diesem Rad von 60 bis 65 Procent anschlagen.

Das Kropfrad,

welches für Gefälle von 3 bis 6 Fuß und für jede noch so große Wassermenge mit Vortheil angewendet wird, fordert folgende Verhältnisse: $R = 1.5H$ bis $2.5H$, $b = 1.75a\sqrt[3]{N_a}$, $v = 6$ Fuß, $m = \frac{1}{2}$ und n so wie beim unterschlächtigen Rad.

Der Nutzeffect beträgt dabei von 40 bis 50 Procent.

Das Schaufelrad mit Ueberfalleinlauf

wird bei einem Gefälle von 6 bis 8 Fuß und einer bis 75 Kubikfuß steigenden Wassermenge mit Vortheil angewendet. Man nimmt dabei $R = 1.25H$ bis $1.5H$, $v = 4\frac{1}{2}$ Fuß und die übrigen Größen wie beim vorhergehenden Rad.

Der Nutzeffect beträgt von 60 bis 65 Procent.

Das Schaufelrad mit Coulisseneinlauf

wird mit Vortheil innerhalb der Gefällsgrenzen von 8 bis 14 Fuß und bei einer Wassermenge angewendet, welche per Secunde von 10 bis 75 Kubikfuß beträgt. Für dieses Rad kann man $R = H$, $v = 5$ Fuß und die übrigen Größen und Dimensionen wie beim Kropfrad nehmen.

Der Nutzeffect steigt dabei auf 65 bis 70 Procent.

Das rückenschlächtige Zellenrad mit Coulisseneinlauf

wird bei Gefällen von 8 bis 25 Fuß und einer Wassermenge von 12 bis 40 Kubikfuß per Secunde angewendet. Man nimmt

dafür $R = \frac{2}{3} H$, $h = 2.25 a \sqrt[3]{N_a}$, $m = \frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ (wenn ein Mantel vorhanden), $v = 5$ Fuß, und bestimmt die Anzahl der Zellen wieder nach der Formel $n = \frac{2 R \pi}{.6 + .7 a}$, indem man für n die zunächst liegende ganze Zahl nimmt und noch darauf sieht, daß sie des symmetrischen Baues des Rades wegen durch die Anzahl der Radarme theilbar sei.

Der Musseffect beträgt bei diesem Rade, welches sich auch leicht ventiliren läßt, von 60 bis 70 Procent. Wäre z. B. $H = 15$ F., $M = 30$ Kubikfuß, $N_a = 70$ Pferdekraft, so wäre nach diesen Regeln $R = 10$ F., $h = 9.27 a$, also $ah = 9.27 a^2$, oder wenn man den Füllungscoefficienten $m = \frac{M}{ahv} = \frac{1}{2}$ setzt, auch $ah = \frac{2M}{v} = \frac{60}{5} = 12$, daher $9.27 a^2 = 12$ oder $a^2 = 1.2945$, folglich $a = \sqrt{1.2945} = 1.14$ Fuß und damit $h = \frac{12}{1.14} = 10\frac{1}{2}$ Fuß; endlich ist $n = \frac{62.8}{1.14} = 41$, so, daß wenn das Rad 8 Arme erhalten soll, man die Zellenzahl auf 40 beschränken oder eben so gut bis auf 48 vermehren kann.

Das oberflächliche Rad,

welches zu den wohlfeilsten und am leichtesten auszuführenden, zugleich auch einen großen Musseffect gewährenden Rädern gehört, besitzt die sehr weite Gefällsgrenze von 8 bis 30 Fuß und darüber, bei einem Wasserzufluß von 10 bis 25 Kubikfuß; bei einer noch größeren Wassermenge tritt, da das Rad nicht gehörig ventilirt werden kann, der Uebelstand ein, daß das Wasser in seinem Einlauf in die Zellen durch die entweichende Luft zu sehr gehemmt wird.

Für dieses Rad können folgende Verhältnisse angenommen werden: $R = \frac{1}{2} \left(H - \frac{V^2}{2g} \right) = \frac{1}{2} \left(H - \frac{v^2}{g} \right)$, $v = 4$ bis 5 Fuß, $V = 2v$, $m = \frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ und die übrigen Größen wie beim vorigen Rad.

Der Musseffect kann bei kleineren Gefällen (von 10 bis 16 Fuß) zu 50 bis 60, dagegen bei Gefällen über 16 Fuß, zu 60 bis 75 Procent angenommen werden.

Kreiselräder oder Turbinen.

13. Was die Turbinen betrifft, welche den eben aufgeführten Wasserrädern heut zu Tage eine so bedeutende Concurrenz machen,

so sind es vorzüglich zwei, die eine besondere Erwähnung verdienen; es sind dieß die Fourneyron'sche und die Fonval'sche Turbine.

Die erstere ist, in soweit als es nothwendig ist, um davon einen gehörigen Begriff zu geben, in Fig. 8 im Grund- und in Fig. 9 im Aufrisse und zwar im Durchschnitte dargestellt. Das Rad selbst besteht aus einer horizontal liegenden tellerförmigen, gußeisernen Scheibe *o g c*, auf deren äußern ebenen Rande *c c* gekrümmte Blechschaufeln *i i* . . vertical aufgesetzt und am obern Rande durch einen kreisförmigen Blechring *d d* bedeckt sind; dadurch werden krummflächige Zellen *n n* . . gebildet, durch welche das am innern Umfang *a a* des Rades eintretende Wasser durchströmen und nachdem es seine Wirkung ausgeübt hat, am äußern Umfang *b b* desselben wieder austreten kann.

Dieses horizontale Zellenrad (ähnlich dem Poncelet's Rad, wenn man dessen Welle vertical stellt) ist an der verticalen eisernen Spindel *t*, welche unten auf der Spur *o* läuft und oben durch ein sogenanntes Halslager gehalten oder geführt wird, befestigt. Diese Spindel läuft in dem Rohr oder der Hülse *r r*, welche oben bei *k k* am Gestelle befestigt ist und unten in eine concave kegelförmige Fläche *s s* ausläuft, deren letztes kreisrundes Element in die Ebene *c c* der unteren Radkrone fällt; auf dieser concaven Rotationsfläche sind rund herum gebogene Blechschaufeln *s s* . . die sogenannten Leitcurven befestigt, welche den Zweck haben, das aus dem Raume *E E* abfließende Wasser nach bestimmten Richtungen in das Rad zu leiten.

Zwischen dem kreisförmigen Spalt oder Zwischenraume, welcher zwischen der äußeren Peripherie der genannten kegelförmigen mit den Leitcurven versehenen Fläche und dem innern Umfange des Rades gelassen wird, läßt sich ein dünner gußeiserner Cylinder *f f*, welcher hier die Stelle der Schüße vertritt, einschieben und dadurch das in der Radkammer *E E* befindliche Wasser von dem Rade gänzlich absperren. In dem Maße, als dieser Cylinder oder die Schüße (mittels der Zugstangen *ll*) gehoben oder gezogen wird, kann auch das im Kanale *K* zufließende Wasser aus der Radkammer mehr oder weniger in das Rad eintreten; dabei strömt das Wasser aus dem cylinderischen Raume von der

Achse t gegen die Peripherie des Leitcurvenrades und von da ringsherum gleichzeitig, und zwar bei einer richtigen Construction, ohne Stoß in die sämmtlichen Radzellen $nn..$ ein und treibt durch seinen Druck das Rad sammt der Spindel oder Welle t , mit dem darauf befestigten Regelrad S , welches die weitere Communication durch das Regelrad T vermittelt, in der durch den Pfeil angedeuteten Richtung um.

14. Bezeichnet man den äußern und innern Halbmesser des Rades durch R und r , die Geschwindigkeit des äußern und innern Radumfanges durch V und v , die Geschwindigkeit, mit welcher das Wasser aus den Kanälen des Leitrades austritt, durch u , die Gefällshöhe, diese vom Oberwasserspiegel bis zur halben Höhe des Rades, oder wenn das Rad wie hier in der Zeichnung im Wasser läuft, von Wasser- zu Wasserspiegel (d. i. von AB bis MN) gerechnet, durch H , die per Secunde zufließende Wassermenge dem Volumen nach durch M , den mittlern Winkel, welchen das aus dem Leitrade austretende Wasser mit dem innern Umfange des Turbinenrades bildet durch α , die Winkel, unter welchen die Radschaufeln den innern und äußern Radumfang durchschneiden, durch β und γ , die Anzahl der Leitcurven und Radschaufeln durch n und n' , die Höhe der Radkanäle (lichte Entfernung beider Radkronen) durch d , die normale oder kleinste Weite der Leitcurvenkanäle durch s , jene der äußern Mündung der Radkanäle durch s' , die Contractionscoefficienten für den Austritt des Wassers aus den Kanälen des Leit- und Turbinenrades durch k und k' , so wie endlich die Umlaufszahl der Turbine per Minute durch N , so geben Theorie und Erfahrung, wenn man alle Maßen in Fuß nimmt, folgende Werthe als die vortheilhaftesten an:

$r = .3 \sqrt{M}$, $R = 1.38 r$ bis $1.5 r$; ferner, wenn man Kürze halber $\sin \beta = b$, $\cos \alpha = a$, $\sin(\alpha + \beta) = c$ setzt:

$$v' = .71 \sqrt{\frac{c}{ab} g H}, \quad u = \sqrt{\frac{b}{ac} g H}, \quad v = \frac{R}{r} v', \quad d = \frac{M}{k n s u},$$

$$s' = \frac{k n r b}{k' n' R c} s, \quad \text{wobei } s \text{ durch Zeichnung gefunden und } k = .9$$

bis 1 und $k' = .9$ gesetzt wird, $n = 24$ bis 30 , $n' = 1.2 b n$, α beiläufig $= 30^\circ$ (wird genauer durch Zeichnung bestimmt), $\beta = 60$ bis 90° . Nimmt man mit Fourneyron diesen letztern

Werth und $\alpha = 30^\circ$, so wird ganz einfach $v = .5 \sqrt{2gH}$, $u = .816 \sqrt{2gH}$, $n' = 30$ bis 36 und $N = \frac{4.7}{r} \sqrt{2gH}$.

Die Radeurven werden, je nachdem der Radfranz schmal oder breit ist (was davon abhängt, ob $\beta < 90^\circ$, etwa $= 60^\circ$ oder $= 90^\circ$ ist), aus einem oder aus zwei Kreisbögen gebildet; im erstern Falle nimmt man dafür $\frac{1}{2}r$ als Halbmesser, im zweiten erhält der innere Kreisbogen den Halbmesser $.36r$ und der äußere jenen $\frac{1}{2}r$, beide Bögen vereinigen sich an einem Punkte, dessen Abstand vom Mittelpunkt des Rades $1.3r$ beträgt.

Der Nutzeffect kann bei dieser Turbine von 70 bis 75 Procent angeschlagen werden.

Ist z. B. $H = 6$ Fuß, und $M = 40$ Kubikfuß, so findet man nach diesen Formeln, wenn man $\alpha = 30^\circ$ und $\beta = 90^\circ$ nimmt, $r = 1.9$ Fuß, $R = 1.5r = 2.85$ F., $v = 9.6$ F., $u = 15\frac{1}{2}$ F., $s = 1.87$ Zoll, $s' = 1.68$ F., $d = 6\frac{1}{2}$ F., $n = 30$, $n' = 36$ und $N = 48$.

Die Jonval'sche Turbine.

15. Die von Jonval angegebene, in den Figuren 10 bis 14 skizzirte Turbine unterscheidet sich von der vorigen wesentlich dadurch, daß das Leitcurvenrad L nicht innerhalb, sondern oberhalb des Turbinenrades R angebracht ist, und ferner auch dadurch, daß letzteres in den meisten Fällen oberhalb des Unterwasserspiegels MN (Fig. 10) in einer Höhe angebracht wird, welche je nach der Gefällshöhe selbst bis 28 oder 30 Fuß betragen kann. In diesem Falle wird das Rad sammt dem Leitcurvenapparat in einen gußeisernen Cylinder R'R', welcher auf einem Quaderfundament D ruht, luftdicht eingeschlossen, so daß das aus dem Oberkanal K zufließende und durch das Leitcurvenrad L in das Rad R eintretende Wasser zuerst durch seinen Druck (und zwar bei einer oft sehr geringen Druckhöhe) und dann gleichsam durch Saugen (indem die Wassersäule von der genannten Höhe von 28 bis 30 Fuß, welche noch innerhalb der Grenze des Luftdruckes liegen muß, von unten daran hängt) wirkt, weshalb bei einer solchen Aufstellung die Turbine auch eine doppelt wirkende genannt wird.

Zur Regulirung des Ab- und zum Theile auch des Zuflusses des Wassers ist unten eine den Mantel R'R' umgebende cylin-

derische Schüße ss angebracht, welche von oben mehr oder weniger aufgezoogen werden kann, so wie sich auch noch oben selbst eine Abstellschüße F befindet.

Denkt man sich durch das Leit- und Turbinenrad in verticaler Richtung einen Cylinder, dessen Halbmesser das Mittel zwischen dem äußern und innern Halbmesser des Rades ist, durchgelegt und die entstehende Schnittfläche in eine Ebene abgewickelt oder ausgebreitet, so soll Fig. 11 ein Stück dieser Abwicklung vorstellen, in welcher man also die Leitcurven ab , $a'b'$ und die Curven der Radschaufeln cd , $c'd'$, welche eigentlich windschiefe oder schraubenförmige Flächen bilden, in diesem Durchschnitte wahrnimmt.

In Fig. 10 ist ein Durchschnitt beider Räder L und R und des cylindrischen Mantels mittelst einer durch die Achse gelegten verticalen Ebene, so wie in Fig. 12 der obere Theil davon in einem etwas größeren Maßstabe dargestellt. Es ist daraus zu ersehen, wie das Leitrad L in der obern, etwas conischen Mündung des Mantels festliegt, während sich das Turbinenrad mit seiner verticalen Welle C in einer Pfanne c drehen kann, welche in einem kreuzförmigen an den Cylinder angegossenen Träger d angebracht ist.

Die Figuren 13 und 14 endlich stellen die Hälfte sowohl vom Leitcurven-, als vom Turbinenrad in der obern Ansicht dar.

16. Bezeichnet man den äußern und innern Halbmesser des Turbinenrades beziehungsweise durch R und r , so wie den mittleren Halbmesser durch R_1 , setzt nämlich $R_1 = \frac{R+r}{2}$, ferner die Gefällehöhe vom Ober- bis zum Unterwasserspiegel durch H , die per Secunde zufließende Wassermenge durch M , die vortheilhafteste Geschwindigkeit eines Punktes in dem mittleren Kreis vom Halbmesser R_1 durch v , die Geschwindigkeit, mit welcher das Wasser aus den Canälen des Leitcurvenrades austritt, durch V , die normale Weite der Canäle im Leitcurven- und Turbinenrad, und zwar in dem mittleren Durchschnitt (Fig. 11) durch s und s' , die Höhe des Leitcurven- und Turbinenrades im Lichten durch d und d' , den Winkel, welchen im genannten Durchschnitt (Fig. 11) die Leitschaufeln mit der untern Ebene des Leitrades

bilden, durch α , so wie jenen, welchen die Radschaufeln mit der obern Ebene des Turbinenrades bilden, durch β , die Anzahl der Leit- und Radschaufeln durch n und n' , so wie die vortheilhafteste Anzahl der Umdrehungen des Rades per Minute durch N , Halbmesser des Mantels (im Lichten), welcher das Turbinenrad umgibt, durch R' , Höhe der Ausflußöffnung aus der cylindrischen Schütze durch h , so wie endlich den Abstand zwischen der untern Ebene des Leitrades und obern Ebene des Turbinenrades durch δ , so kann man nach Redtenbacher in den meisten Fällen folgende Werthe annehmen, wenn alles in Fußmaß ausgedrückt wird und $g = 31$ Fuß die Beschleunigung der Schwere bezeichnet:
 $V = .71 \sqrt{2gH}$, $R = 2.45 \sqrt{\frac{M}{V}}$, $r = \frac{2}{3} R$, $R_1 = \frac{5}{6} R$,
 $v = .6 \sqrt{2gH}$, $s = .1372 R_1$, $s' = .0811 R_1$, $d = \frac{4}{7} R_1$, $d' = \frac{3}{7} R_1$,
 $\alpha = 24^\circ$, $\beta = 66^\circ$, $n = 16$, $n' = 24$, $N = 9.55 \frac{v}{R_1}$,
 $R' = 1.225 R_1$, $h = \frac{1}{2} R$ und $\delta = \frac{1}{40} R_1$.

Es verdient besonders bemerkt zu werden, daß wenn man die Turbine leer laufen läßt, diese aber dabei das normale Wasserquantum M consumirt, ihre Umlaufgeschwindigkeit nahe der doppelten Gefällshöhe H entspricht, oder $v' = \sqrt{2g \cdot 2H} = 2 \sqrt{gH}$ ist. Eben so zeigen die Versuche, daß im belasteten Zustande die dem größten Nugeffect entsprechende Umlaufgeschwindigkeit nur halb so groß als die eben genannte v' , d. i. $= \sqrt{gH}$, welche wohl von der vorhin angegebenen v die nur $= .85 \sqrt{gH}$ ist, abweicht, jedoch von keiner Bedeutung ist, da sich ohne merklichen Nachtheil die Umlaufszahl bedeutend von der vortheilhaftesten entfernen darf.

Was den Nugeffect dieser Turbine betrifft, so kann dieser bei einer genauen und richtigen Ausführung von 70 bis 80 Procent angenommen werden.

Bezüglich der untern Schütze s s muß bemerkt werden, daß sie keinesweges die Eigenschaft der übrigen Schützenvorrichtungen besitzt, um durch ihre Stellung mehr oder weniger Wasser auf das Rad wirken zu lassen, wornach dann auch der Nugeffect sehr nahe der Wassermenge proportional wird. Diese Schütze kann zwar bei einem Ueberschuß an Aufschlagwasser in so ferne zur Regulirung mit dienen, als man diese nicht ganz aufzieht, allein bei Wassermangel hilft diese Regulirung nicht, indem, wenn z. B. der Wasserzufluß auf die Hälfte von der normalmäßi-

gen, wofür die Turbine gebaut ist, abnimmt, der Nuzseffect nicht bloß wie bei den übrigen Wasserrädern ungefähr auf die Hälfte, sondern bis auf $\frac{1}{2}$ herabsinkt. Sollte die Turbine auch in diesem letztern Falle denselben Nuzseffect geben, so müßte man im Stande sein, die Oeffnungen der Leit- und Radkanäle ebenfalls um die Hälfte zu verkleinern.

Die Vortheile, welche diese Turbine gegen die *Journeyron'sche* besitzt, liegen in Kürze darin, daß der Wasserbau einfacher und, da sie sehr leicht trocken zu legen ist, ihre Instandhaltung weniger kostspielig ist; daß das Kraftwasser nur einmal, und zwar bloß um einen Winkel von beiläufig 60 Grad aus seiner Richtung abgelenkt wird, während dieß bei der *Journeyron'schen* Turbine zwei Mal und zwar jedesmal um nahe 90 Grad geschieht; endlich kann der mittlere Halbmesser, so wie die Anzahl der Umläufe innerhalb viel weiterer Grenzen variiren als bei der letztern. Dagegen steht die *Jonval'sche* Turbine der *Journeyron'schen* wieder darin nach, daß nicht alle Punkte der obern Radschaufelkante einerlei, sondern vom innern gegen den äußern Umfang zunehmende Geschwindigkeiten besitzen, was verursacht, daß das Wasser nicht nach der ganzen radialen Breite der Schaufeln ohne Stoß in das Rad gelangen kann, und daß auch die nach außen zu liegenden Wassertheilchen eine größere Fliehkraft als die mehr nach innen zu liegenden erhalten, wodurch in den Kanälen eine Art von Drängen oder eine Störung entsteht. Allein beide diese Nachteile lassen sich beinahe ganz unschädlich machen, wenn man die Kranzbreite $R-r$ so klein als möglich macht.

Außer diesen beiden erörterten Turbinen, welche am häufigsten im Gebrauche sind, mögen noch erwähnt werden: die Turbine von *Cadiat*, welche man erhält, wenn man bei der *Journeyron'schen* die Leitschaufeln wegläßt (wodurch jedoch eine fehlerhafte Construction entsteht) und die *Schott'sche* oder *Whitelaw'sche* Turbine, welche im Wesentlichen das *Segner'sche* Reactionsrad ist und aus zwei oder mehreren in einer horizontalen Ebene liegenden gekrümmten Röhren besteht, die von einem oben geschlossenen senkrechten Cylinder auslaufen, in welchen das Wasser von unten eingeführt wird.

17. Vergleicht man schließlich die Turbinen mit den Wasserrädern und wägt die Vor- und Nachteile gegeneinander ab, so kann man die Vortheile der Turbinen im Wesentlichen und in Kürze in Folgendem zusammenfassen:

Gut construirte Turbinen (namentlich die *Jonval'sche*) geben in der Regel einen eben so großen Nuzseffect als die bestconstruirten Wasserräder, ja in vielen Fällen, namentlich bei ganz kleinen Gefällen, sogar einen größeren. Bei gleichem Effecte

sind im Allgemeinen nicht bloß die Turbinen selbst viel leichter und daher auch wohlfeiler als eiserne Wasserräder, sondern es ist auch noch der Wasserbau, namentlich bei hohen Gefällen, weit einfacher und weniger kostspielig herzustellen. Bei dem schnellen Gange, welchen die Turbinen in der Regel haben, wird dort, wo die Arbeitsmaschinen ebenfalls schnelle Bewegungen erhalten müssen, die Transmission einfacher, also auch wohlfeiler und weniger Kraft absorbirend als bei Wasserrädern, die in der Regel langsam gehen. Ist der Widerstand in den zu betreibenden Arbeitsmaschinen constant, so gewähren die Turbinen eine größere Gleichförmigkeit der Bewegung als Wasserräder. Endlich kann die Dauerhaftigkeit der Turbinen jener der eisernen Wasserräder gleich gestellt werden, sie übertrifft also bei Weitem jene der hölzernen Räder.

Dagegen sind die Turbinen gegen Wasserräder überall dort im Nachtheile, wo ein veränderlicher Wasserzufluß stattfindet, weil der größte Nugeffect nur bei Voraussetzung eines bestimmten Gefälles, namentlich aber eines constanten Wasserzuflusses, wofür die Turbine construirt sein muß, erreicht werden kann, und selbst nur geringe Abweichungen in diesen beiden Daten, schon eine bedeutende Verminderung des Nugeffectes hervorbringen; es sind daher die Wasserräder viel leichter gut herzustellen als die Turbinen, die nicht den geringsten Constructionsfehler vertragen. Die Wasserräder, welche bei ihrer größeren Masse eine größere lebendige Kraft besitzen, sind den Turbinen dort vorzuziehen, wo der Widerstand der Arbeitsmaschinen, wie z. B. bei Walz- und Hammerwerken, ein sehr veränderlicher ist. Dasselbe ist der Fall dort, wo die Arbeitsmaschinen, wie z. B. Pumpwerke, einen sehr langsamen Gang erfordern, wobei also bedeutende Uebersetzungen oder Transmissionen aus dem Schnellen ins Langsame erforderlich werden. Endlich können Schlamm, Sand, Baumblätter u. dgl. den Gang eines Wasserrades viel weniger als jenen einer Turbine stören, welche letztere, namentlich wenn sie klein sind, sogar zum Stillstand gebracht werden können. Ueberhaupt fordern die Turbinen ein reines, ruhiges und möglichst gleichbleibendes Wasser zu ihrem Betrieb, und man darf diese durchaus nicht un-

terhalb eines Werkes, wie z. B. eines Hammerwerkes anlegen, bei welchem das Betriebswasser momentan gestaut wird*).

Wasserschleusenmaschine.

18. Die Wasserschleusenmaschine ist eine durch den Wasserdruck betriebene Kraftmaschine, welche bei geringen Wassermengen und sehr hohen Gefällen, in der Regel aber nur in Bergwerken zum Betrieb von Pumpen, zur Gewältigung der Grubenwässer, benutzt wird. Sie besteht der Hauptsache nach aus einem liegenden oder gewöhnlicher stehenden Cylinder, dem sogenannten *Treib-*

*) Zur Literatur über Wasserräder und Turbinen wollen wir nur folgende wichtigere Werke anführen:

Expériences sur les Roues hydrauliques à aubes planes, et sur les Roues hydrauliques à augets. Par Arth. Morin. Metz et Paris 1836.

Versuche mit horizontalen Wasserrädern. Von Bedding und Carlzeß. Berlin 1837.

Expériences sur les Roues hydrauliques à axe vertical appelées Turbines. Par Arth. Morin. Metz et Paris 1838.

Théorie des Effets Mécaniques de la Turbine. Fourneryron; par Ch. Poncelet. Paris 1838.

Theorie und Bau der Turbinen und Ventilatoren. Von F. Redtenbacher. Mannheim 1844.

Theorie und Bau der Wasserräder; von F. Redtenbacher. Mannheim 1846.

Recherches théor. et expérimentales sur les roues à réaction ou à tuyaux. Par Combes. Paris 1843.

Rapport sur un Mémoire de M. M. A. Roechlin, concernant une nouvelle turbine (Jonval) construite dans leurs ateliers, par Poncelet, Giobert et Morin.

Note sur la théorie de la turbine de Roechlin etc. im XXII. Band der Comptes rendus (3. 1846.)

Expériences et note sur la turbine de M. Fontaine-Baron. Par Morin im XXIII. Band der Comptes rendus (3. 1846.)

Bulletin de la société d'encouragement. Jahrgang 43 und 44. Paris 1845.

Zeichnungen und Beschreibungen der Turbinen von Cadat, Gallon, Fourneryron und Gentilhomme findet man ebenfalls auch in Armengaud's Publication industrielle.

cylinder, in welchem sich ein Kolben luft- und wasserdicht hin- und her- oder auf- und abbewegen läßt, mit dessen Stange in der Regel gleich das Pumpengefänge verbunden ist. Durch eine eigene Vorrichtung, die Steuerung genannt, wird dem Treibcylinder das in einem engeren, vom obern Reservoir auslaufenden Rohre (dem Einfallrohr) zusießende Kraftwasser — bei stehenden Cylindern entweder nur immer über oder unter, oder abwechselnd bald über, bald unter den Kolben — zugeführt, je nachdem die Maschine eine einfach, oder eine doppelt wirkende ist. Die von der Maschine selbst in Bewegung gesetzte Steuerung ist entweder eine Hahnen- oder nach dem Muster der berühmten Reichenbach'schen Maschinen, eine Kolbensteuerung, wozu eine zweite Wassersäulenmaschine, jedoch in einem sehr verjüngten Maßstab, eine sogenannte Hülfsmaschine, angeordnet wird.

Da die Reichenbach'schen Wassersäulenmaschinen (in Reichenhall, Berchtesgaden etc.) zur Hebung der Salzfoolen verwendet werden, was durch ein Saug- und Druckwerk geschieht, so ist mit der nach unten verlängerten (durch eine Stopfbüchse gehenden) Kolbenstange unmittelbar die Stange der Pumpe verbunden, und da beim Niedergehen des Kolbens die Salzfoole in das Steigrohr gedrückt, in dieser Periode also der größte Widerstand überwunden wird, während beim Aufwärtsgehen des Kolbens nur das Gefänge zu heben ist, und in dieser Periode die Foole bloß angesaugt wird; so sind an der gemeinschaftlichen Kolbenstange zwei Treibkolben und zwar ein größerer, auf welchen das Kraftwasser beim Niedergehen, und ein kleinerer angebracht, auf welchen das Betriebswasser beim Aufwärtsgehen der Kolbenstange wirkt.

Set H die lothrecht gemessene Gefällshöhe vom obern Wasserspiegel des Reservoirs bis zur halben Höhe des Treibcylinders, z die Höhe einer Wassersäule, welche die Röhrenwiderstände bei der Bewegung des Wassers in der Röhrenleitung zu überwinden im Stande ist, (um welche Höhe z also die wirksame Höhe H vermindert wird), M die dem Volumen nach genommene Wassermenge, welche per Secunde zusießt, γ das Gewicht von 1 Cubikfuß Wasser, wenn H und M in Fuß und Cubikfuß

genommen werden, so wie wieder $g = 31 \text{ F.}$ die Beschleunigung der Schwere; so findet man den Effect E einer Wassersäulenmaschine per Secunde ganz einfach durch die Bemerkung, daß wenn die auf den Kolben reducirte Nutzlast P Pfunde, und die Geschwindigkeit desselben per Secunde 1 Fuß beträgt, durch den absoluten Effect oder die sogenannte dynamische Kraft des Wassers, welche nach Abschlag des Röhrenwiderstandes noch $\gamma M(H-z)$ beträgt, nicht bloß die Arbeit oder das mechanische Moment Pv der Nutzlast überwinden, sondern auch noch die Wassermasse M von der Ruhe aus auf die Geschwindigkeit v gebracht werden muß, wozu die Arbeit $\gamma M \frac{v^2}{2g}$ erforderlich ist. Man erhält nämlich $\gamma M(H-z) = Pv + \gamma M \frac{v^2}{2g}$, und daraus für die Wirkung Pv oder $E = \gamma M \left(H - z - \frac{v^2}{2g} \right)$.

Bei den bestehenden Wassersäulenmaschinen liegt der Nugeffect zwischen 50 und 75 Procent.

Hinsichtlich der weitem Details müssen wir auf jene Werke verweisen, welche die Wassersäulenmaschinen speciell und ausführlich behandeln *).

*) Die wichtigsten davon sind:

DeLiUs Anleitung zur Bergbaukunst. Wien, 1773. Beschreibung der bei dem Bergbau zu Schemnitz errichteten Maschinen von N. Poda. Prag, 1771. (Behandeln die von Hell in Schemnitz gebaute Wassersäulenmaschine).

K. G. v Langsdorf, Ausführliches System der Maschinenkunde etc. Heidelberg, 1826. (In diesem Werke sind die von Reichenbach in Reichenhall, Berchtesgaden etc. gebauten Wassersäulenmaschinen sehr ausführlich beschrieben. Eben so wird auch die in Bleiberg in Kärnthen bestehende Maschine darin behandelt.)

J. Schitko: Beiträge zur Bergbaukunde, zweites Heft. Wien 1834 (behandelt die von Schitko in Schemnitz einige Jahre früher erbaute Wassersäulenmaschine).

J. G. Ritter v. Gerstner: Handbuch der Mechanik. Wien 1834, III. Band, S. 355 u. f. (Beschreibt und behandelt sehr ausführlich die Wassersäulenmaschinen zu Kreuth und Bleiberg in Kärnthen, die von Brendel in Sachsen ausgeführten Wassersäulenmaschinen u. s. w.)

Zunker, Ingénieur des mines in den Bergwerken von Fues-