Die Hochdruckturbinen für die Bessemer-Anlage in Terni bei Rom

Autor(en): **Reifer, J.J.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **9/10 (1887)**

Heft 8

PDF erstellt am: **29.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-14351

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

INHALT: Die Hochdruckturbinen für die Bessemer-Anlage in Terni bei Rom. Von Maschinen-Ingenieur J. J. Reifer in Winterthur. — Ueber Wassermengemessung mit Schwimmern. — Miscellanea: Vereinigte Schweizerbahnen. Verein deutscher Cement-Fabricanten. Eine Versicherungs-Gesellschaft gegen Wasserschäden in den Häusern. — Concurrenzen: Primarschulhaus in Aussersihl. Schulhaus in Heilbronn. — Literatur: Schweizerischer Bau- und Ingenieurkalender, herausgegeben von Heinrich Ernst, Architect in Zürich. — Necrologie: † Joseph Whitworth. — Vereinsnachrichten.

Die Hochdruckturbinen für die Bessemer-Anlage in Terni bei Rom.

Von Maschinen-Ingenieur *J. J. Reifer* in Winterthur.

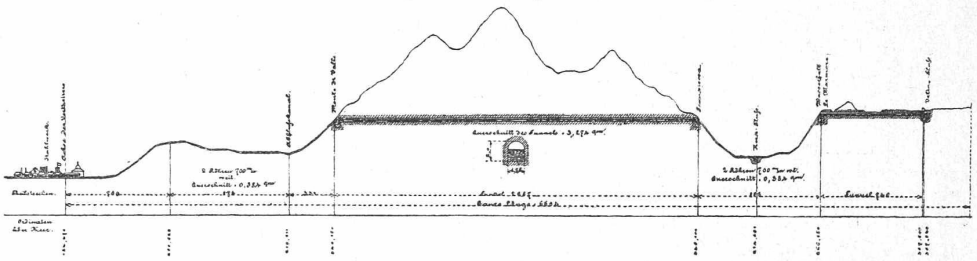
In No. 26, Bd. VII der Schweizerischen Bauzeitung machte ich einige allgemeine Mittheilungen über die Ausnützung sehr hoher Gefälle durch Turbinen.

Mit freundlicher Bewilligung der Herren Joh. Jac. Rieter & Co. in Töss (Winterthur) bin ich heute in der Lage, detaillirte Angaben und Zeichnungen über die von erwähnter Firma für 180 *m* Effectivgefälle construirten „Terni-Turbinen" vorlegen zu können.

Der Besprechung der Turbinen will ich einige weitere, die interessante Anlage betreffende Notizen vorausschicken. Bis vor kurzer Zeit musste Italien seine Panzerplatten, Eisenbahnschienen, Bandagen etc. zum grössten Theil vom Auslande beziehen. Um nun den Bedarf der erwähnten und ähnlicher Artikel nach und nach im eigenen Lande decken zu können, wurde von der „Società anonima degli alti forni acciaiera e fonderia di Terni" das Stahlwerk Terni errichtet. Da dasselbe erst nach der Periode der grossartigen Umwälzungen im Gebiete der Stahl- und Eisenfabrication gegründet und auf Grundlage der neuesten Erfahrungen gebaut wurde, musste es zu einem nach einheitlicher Idee disponirten Musteretablissement werden — ausgerüstet mit den erprobtesten Maschinen und Transportvorrichtungen. Der grosse Hammer in Terni, dessen Bär 100 *t* wiegt, ist wohl zur Zeit einer der grössten der Welt. Das zugehörige Fundament besteht aus einem Klotz von Gusseisen, dessen Gewicht 1000 *t* beträgt und der an Ort und Stelle gegossen wurde. Die Fallhöhe des Hammers ist 5 *m*; Cylinder-Durchmesser = 1,920 *m*; Durchmesser der Pistonstange = 0,350 *m*; ganze Höhe des Hammers = 19 *m*. Eine eiserne Halle von 43 *m* Höhe überdeckt denselben. Der Hammer, nebst seinen zwei 100 *t* und 150 *t* Krahnen und andern Apparaten wird mit comprimirter Luft von 5 Atmosphären Spannung betrieben. Vier gekuppelte Dubois- und François- Luftcompressoren, direct durch Wassersäulenmaschinen getrieben, liefern die gepresste Luft. Die mit Bronze ausgefütterten Cylinder der Wassersäulenmaschinen haben 350 *m m* Bohrung; der Hub beträgt 1,200 *m* unter einem Wasserdruck von 18 Atmosphären. Die Compressoren haben 800 *m m* Bohrung und 1,200 *m* Hub, wobei jeder der vier Cylinder eine Leïstung von 280 Pfdkr. repräsentirt. Die auf 5 Atmosphären comprimirte Luft wird in grossen Reservoirs aufgespeichert, in welchen der Druck durch eine entprechende Wassersäule constant erhalten wird.

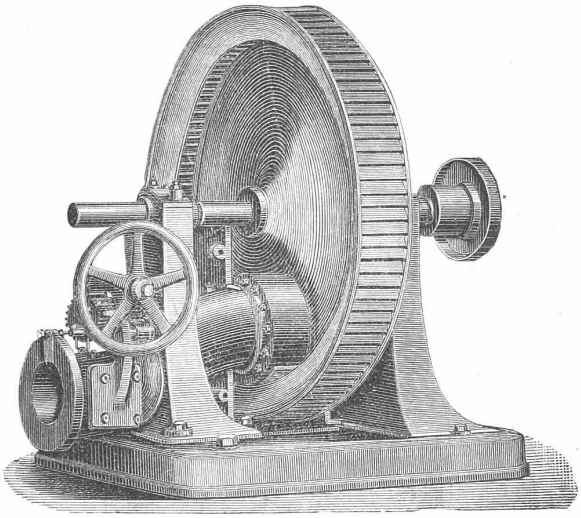
Die ganze Anlage wird electrisch beleuchtet, worüber in Bd. XXXI, No. 2 der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure Näheres zu finden ist.

Fig. 1. **Längenprofil.**



Masstab 1 : 50 000.

Fig. 2. **Kleinere Turbine.**



Dem Stahlwerk steht eine grossartige Wasserkraft zu Gebote. Etwa 6 *km* von Terni entfernt, bildet der Velinofluss einen majestätischen Wasserfall, die „Cascata della Marmore", indem er sich von einer Höhe von 120 *m* in die Nera stürzt und zwar beträgt die Minimalwassermenge des Velino noch 50 m^3 pr. Secunde. Oberhalb dieses Falles wird nun das Wasser gefasst, durch Rohrleitungen in das Thal hinab, und den Nerafluss quer überschreitend, auf der andern Seite wieder etwa 132 *m* hoch an einen, zwischen Terni und den La Mormore-Fällen liegenden Hügel hinaufgeführt. Auf einer Höhe von 346 *m* über Meer ist durch diesen Hügel ein Tunnel von 2657 *m* Länge mit einem Querschnitt von 3,274 m^2 und einem Gefälle von 6 *m* getrieben worden. (Fig. 1) Am Ende des Canals wird das Wasser in einem Reservoir gesammelt, von wo aus zwei Röhrenstränge von je 700 *m m* Weite zum grossen Vertheilungsschieber im Stahlwerk hinuntergehen.

Von hier aus geht das Wasser in Abzweigungen mit einem Nettodruck von 180 *m* zu den Turbinen, welche meistens direct mit den Arbeitsmaschinen gekuppelt sind.

Von der Firma J. J. Rieter & Co. in Winterthur wurden für „Terni" folgende Hochdruckturbinen gebaut und im Laufe des letzten Jahres montirt:

Bestimmung.	Leistung Pfkrft.	Effect. Gefäll *m*	Wassermenge l. p. Sc.	Umdrehungen p. *min*	Durchmesser *m*
Universal-Walzwerk	1000	180	560	180—240	2,400
Schienen-Walzwerk	800	„	450	200	2,500
Bandagen-Walzwerk	500	„	280	240	1,980
500-erter Walzenstrasse	350	„	200	200	2,500
280-er Walzenstrasse	150	„	85	250	1,950
Laufkrahn	50	„	28	850	0,565
Pumpe	50	„	28	850	0,565
Grosse Blechscheere	40	„	24	450	1,070
Blech.Walzwerk	40	„	24	450	1,070
Pumpe	30	„	17	600	0,800
Kleine-Scheere	20	„	12	450	1,070

Hochdruckturbine für die Bessemer-Anlage in Terni bei Rom.

Ausgeführt von der Maschinen-Fabrik von *J. J. Rieter & Co.* in Winterthur.

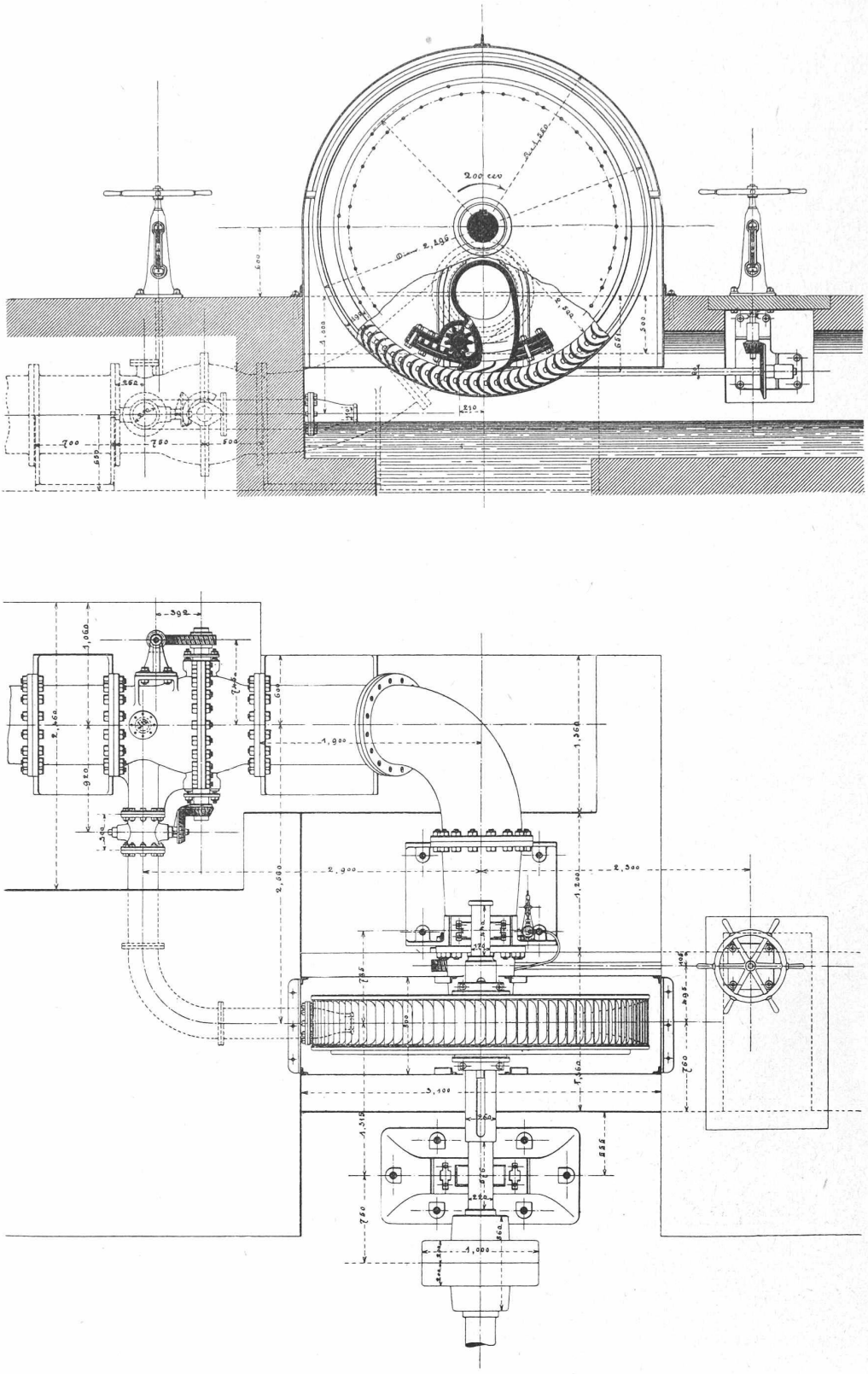


Fig. 3 und 4. **Ansicht und Grundriss.**

Masstab 1 : 50.

Hochdruckturbine für die Bessemer-Anlage in Terni bei Rom.

Ausgeführt von der Maschinen-Fabrik von *J. J. Rieter & Co.* in Winterthur.

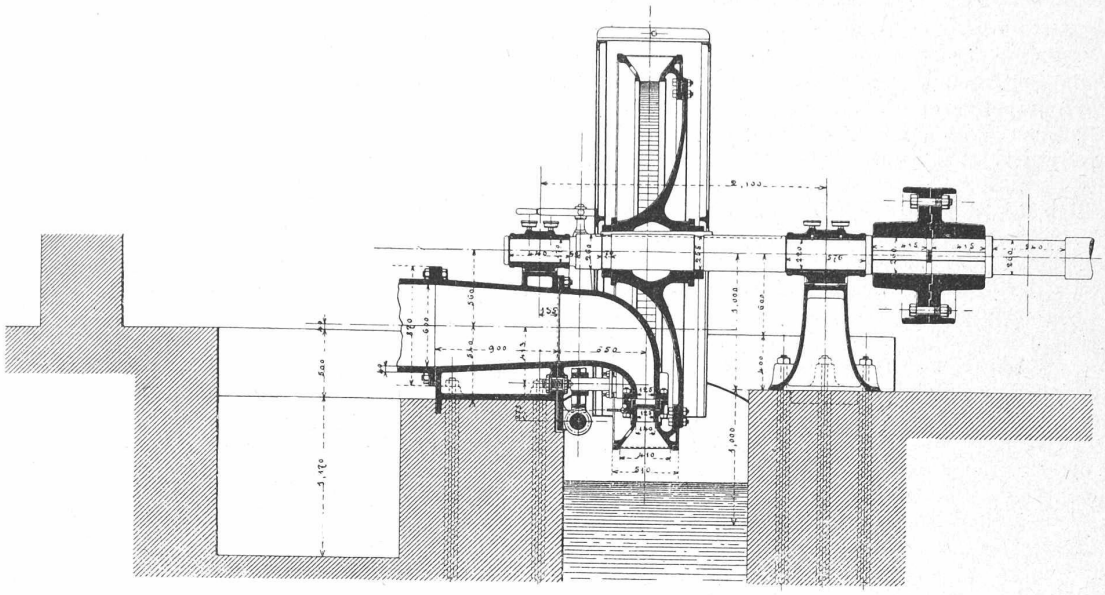


Fig. 5. **Querschnitt.**

Masstab 1 : 50.

Die Turbinen sind sämmtlich nach System Girard, d. h. als Actionsturbinen mit horizontaler Axe construirt. Die Austrittsgeschwindigkeit aus dem Leitapparat wird somit nahezu gleich der theoretischen Endgeschwindigkeit, nämlich:

$$C_1 = 0.9 \text{ bis } 0{,}95 \sqrt{2\,g\,.\,h_1}$$

Diese Geschwindigkeit darf jedoch nur der Winkelconstruction zu Grunde gelegt werden, nicht aber der Querschnittsberechnung des Leitapparates für den

C_1 nur gleich $0{,}85 \sqrt{2\,g\,h_1}$ zu nehmen ist.

Zahlreiche sorgfältig ausgeführte Versuche, wobei das Wasser zum Theil in geaichtem Bassin gemessen und bei kleinern Motoren sogar abgewogen wurde, zeigten, dass der gemessene Leitradquerschnitt nur mit annähernd $0{,}85 \,.\, \sqrt{2\,g\,h_1}$ multiplicirt werden dürfe, um die durch gewöhnliche Actionsturbinen consumirte Wassermenge zu erhalten.

Ich trete auf diesen Punkt etwas ausführlicher ein, weil er bei Expertisen schon zu Erörterungen Anlass bot. Es ist oft schwierig, während der Bremsproben eine zuverlässige Wassermessung vorzunehmen, so dass man darauf angewiesen ist, mit Hülfe eines vereinbarten Durchflusscoefficienten und des genau in natura abgemessenen Leitradquerschnittes die Durchflussmenge zu bestimmen. Nach eigenen Versuchen, sowie gestüzt auf Publicationen von Girard, halten nun die meisten Practiker mit Recht daran fest, dass bei reinen Actionsturbinen in solchen Fällen zu setzen sei:

$$Q = 0{,}85 \,.\, F_1 \,.\, \sqrt{2\,g\,h_1}\,; \text{ wobei}$$

Q = Wassermenge pro Secunde.

F_1 = Der winkelrecht zum letzten Schaufelelement nach der Ausführung abgemessene Querschnitt des Leitapparates.

h_1 = Nettogefälle bis Unterkant Leitrad.

Dem gegenüber wird nun hie und da von Theoretikern geltend gemacht, dass bei einem Durchflusscoefficienten von 0,85 ja schon beim Eintritt ins Laufrad nur noch 72 % des Gefälles zur Wirkung kommen würde, weil dann $\frac{C_1^2}{2\,g} = 0{,}85^2 \,.\, h_1 = 0{,}72\, h_1$ wird und somit bei Annahme von 10 % Verlust beim Durchgang und Austritt aus dem Laufrad incl. Zapfenreibung, nur ein Wirkungsgrad von höchstens 62 % für Actionsturbinen resultiren könnte, was jedoch mit der Erfahrung im Widerspruch stehe.

Dieser scheinbare Widerspruch löst sich einfach, wenn wir den Durchflusscoefficienten zerlegen in einen Querschnitts- und in einen Geschwindigkeitscoefficienten, so dass

$$Q = \alpha \,.\, F_1 \,.\, \beta \,.\, \sqrt{2\,g\,h_1} \text{ wird.}$$

Es ist unzweifelhaft, dass selbst der wirklich abgemessene Leitradquerschnitt nicht ohne Weiteres zur Berechnung der Wassermenge verwendet werden darf und zwar hauptsächlich darum, weil die unter dem Leitrad continuirlich weglaufenden Laufradschaufeln den Querschnitt des Ersteren nie ganz zur Geltung kommen lassen.

Je nach Umständen wird daher $\alpha = 0{,}9$ bis 0,95 zu setzen sein. Nehmen wir im Mittel sowohl den Querschnittscoefficienten, als den Geschwindigkeitscoefficienten zu 0,92 an, so erhalten wir:

$$Q = 0{,}92 \,.\, F_1 \,.\, 0{,}92 \,.\, \sqrt{2\,g\,h_1} = 0{,}846 \,.\, F_1 \sqrt{2\,g\,h_1}$$

wobei also die Austrittsgeschwindigkeit aus dem Leitrade noch etwa 85 % des Gefälles repräsentiren würde, weil dann

$$\frac{C_1^2}{2\,g} = 0{,}92^2 \,.\, h_1 = 0{,}846\, h_1\,,$$

was auch mit dem durch gute Girardturbinen erreichbaren Wirkungsgrad von ca. 75 % stimmt.

Nebst der Austrittsgeschwindigkeit aus dem Leitapparat haben die Terni-Turbinen eine äussere Umfanggeschwindigkeit des Laufrades von 30 *m* per Secunde gemeinschaftlich. Einzig die 1000pferdige Turbine, die abwechselnd 180 und 240 Umdrehungen per Minute machen muss, erreicht bei letzterer Zahl die bedeutende Umfangsgeschwindigkeit von 34,7 *m* per Secunde.

Die Eingangs notirten Terni-Turbinen lassen sich in zwei Hauptgruppen theilen. Die eine Gruppe, durch Fig. 2 dargestellt, umfasst die kleineren 20- bis 50-pferdigen Turbinen. Complet montirt auf einen soliden Ständer von gefälliger Form, können dieselben gleich Werkzeugmaschinen bequem irgend wohin versetzt und mit der zu treibenden Maschine direct verbunden werden. Der zweiten Gruppe entnommen ist die durch Querschnitt, Vorderansicht und Grundriss in Fig. 3, 4 und 5 dargestellte 800pferdige Terni-Turbine.

Die Haupteigenschaften derselben sind folgende:

Effective Leistung	800 Pfkr.	Breite d. Laufradmündungen	0,400
Effective Gefälle	180 *m*	Umfangsgeschwd., äussere	30,3

Wasserconsum p. Sec.	450 *l*	Beaufschlagung	1/36
Umdrehungen p. Minute	200	Austrittswinkel am Leitrad	20°
Innerer Laufraddurchmesser	2,5 *m*	„ „ Laufrad	20°
Aeusserer „	2,860 *m*	Eintrittswinkel „ „	144°
Anzahl der Leitcanäle	2	Lichte Weite d. Einlaufrohres	0,600 *m*
„ „ Laufradschaufeln	100	Wandstärke „ „	0,032 „
Breite d. Leitradmündungen	0,125	Durchm. des Leerlaufrohres	0,200 „

Die radial gerichtete absolute Austrittsgeschwindigkeit aus dem Laufrad beträgt noch 11,25 *m* pro Secunde, was einem Gefällsverlust von 6,5 *m* oder nur 3,6 % entspricht.

Die Kraftübertragung vom Laufradkranz auf die Welle wird durch eine mit dem Laufrad verschraubte ganze Scheibe vermittelt. Bei der sehr grossen Umfangsgeschwindigkeit bietet eine Scheibe mehr Sicherheit gegen die Wirkungen der Centrifugalkraft als ein Armsystem, welch' Letzteres überdies die Luft ventilatorartig in Bewegung setzt, Geräusch verursacht und unnützerweise Arbeit consumirt. Der aus besonders zähem Gusseisen hergestellte Laufradkranz ist noch durch zwei starke, geschweisste Stahlringe gebunden, so dass beim normalen Betrieb die Sicherheit gegen Auseinanderfliegen eine mehr als 25-fache und bei allfälligem Eintritt der Leerlaufgeschwindigkeit von 60 *m* per Secunde immerhin noch eine mehr als 5-fache ist. Ein Blechverdeck zum Auffangen der weggeschleuderten Wassertropfen umschliesst den über dem Boden hervorragenden Theil des Laufrades. Der Wasserzufluss zum Turbinenrad kann auf zwei Arten abgesperrt oder regulirt werden; entweder durch den direct die Leitcanäle deckenden Schieber oder durch die Drosselklappe im Einlaufrohr. Gewöhnlich wird der Schieber, dem Kraftbedarf entsprechend, für längere Zeit eingestellt und findet die Regulirung und das Anlassen und Abstellen durch die Drosselklappe statt. Beim Betrieb gewisser Walzenstrassen wird innert kurzen Zwischenräumen regelmässig die Bewegungsrichtung gewechselt. Es war daher anfänglich projectirt, die Turbinen reversibel d. h. mit Umsteuerung zum Vor- und Rücklaufen zu construiren, wie solche vor einigen Jahren von der Firma J. J. Rieter & Co. für eine Drehbrücke nach Moskau geliefert wurde. Endgültig wurde dann aber der Bewegungswechsel an die Arbeitsmaschinen verlegt, von der Turbine jedoch verlangt, dass sie rasch abgestellt werden könne. Dies geschieht mit dem zur Hauptdrosselklappe führenden Handrad, welches beständig durch einen Arbeiter bedient wird. Bei 10 3/4 Umdrehungen dieses Rades findet ein Oeffnen oder Schliessen der Turbine statt. Vor der grossen Drosselklappe zweigt ein Leerlaufrohr von 200 *m m* Weite ab, in welches eine kleine Drosselklappe geschaltet ist. Die Getriebe der grossen und kleinen Klappe sind nun so miteinander verbunden, dass das Schliessen der Einen ein Oeffnen der Andern bedingt und umgekehrt. Dadurch wird die Hauptleitung vor gefährlichen hydraulischen Stössen bewahrt.

Es ist immer von Interesse, an Hand guter Ausführungen die Coefficienten zu controliren, die in unsere gewöhnlichen Anstellungsformeln einzuführen sind, damit sie mit der Praxis stimmen. Wir wollen daher ein Hauptstück der Anlage, die Turbinenwelle etwas nachrechnen:

Gewicht des Laufrades incl. Nabe . . . . . 4100 *kg*
Wasserdruck in radialer Richtung approximativ . 2900 *kg*
Totale Belastung durch das Lauf-Rad $P = 7000\ kg$

Bei Annahme freier Auflage an beiden Enden und Verlegung obiger Belastung in die Mitte zwischen beiden Lagern, erhalten wir als Maximalbiegungsmoment hervorgebracht durch das Laufrad

$$M_r = P\frac{l}{4} = \frac{7000 \cdot 160}{4} = 280{,}000\ cm\,kg,$$

bei einer Distanz der Auflagerpunkte von 160 *cm*.

Ein Blick auf den Querschnitt der Zeichnung zeigt, dass die Belastung in Wirklichkeit nicht so ungünstig wirkt, als wir der Berechnung zu Grunde legen.

Das Biegungsmoment, in Folge des Eigengewichtes der Welle gleichmässig auf die ganze Länge vertheilt, wird:

$$M_w = \frac{G\,l}{8} = \frac{1000 \cdot 160}{8} = 20\,000\ cm\,kg;$$

weil das Gewicht der 26 *cm* dicken Welle zwischen den Lagern rund 1000 *kg* beträgt.

Es wird somit das Maximalbiegungsmoment für die Welle:

$$M_b = M_r + M_w = 300\,000\ cm\,kg.$$

Bei $N = 800$ Pfdkr. und $n = 200$ Umdrehungen wird das Torsionsmoment:

$$M_d = 716\,20 \cdot \frac{800}{200} = 286\,480\ cm\,kg.$$

Mit Hülfe der Formel:

$$M_i = \frac{3}{8} M_b + \frac{5}{8}\sqrt{M_b^2 + M_d^2}$$

und unter Benutzung der Poncelet'schen Näherungsformel, nach welcher man setzen kann:

$$\sqrt{x^2 + y^2} = \alpha x + \beta x$$

erhalten wir innert der Grenzen unseres Specialfalles:

$$M_i = 0{,}975\ M_b + 0{,}249\ M_d = 363\,840\ cm\,kg$$

Zwischen dem ideellen Biegungsmoment M_i, dem Widerstandsmoment W und der ideellen Normalspannung k in der stärkst gezogenen Faser besteht folgende Beziehung:

$$M_i = W k \text{ oder } k = \frac{M_i}{W}.$$

Für kreisförmigen Querschnitt ist $W = \frac{\pi}{32} \cdot d^3 = 0{,}1\ d^3$ somit für unsere Welle:

$$k = \frac{363\,840}{0{,}1 \cdot 26^3} = 207\ kg \text{ pro } cm^2.$$

Es darf nun k werden:

	für Guss	Schmideisen	Gussstahl
nach Kellers Constructionslehre	200	400	800
nach der „Hütte"	200	600	1000
nach Bernoullis Vademecum	230	350	—

Die vorliegende Welle besteht aus prima geschmiedetem Bessemerstahl mit einer absoluten Festigkeit von mindestens 6000 *kg* per cm^2 und ist somit mit viel grösserer Sicherheit construirt, als gebräuchliche Lehr- und Handbücher vorschreiben. Eine so grosse Sicherheit ist motivirt durch den Risico bei so grossen Geschwindigkeiten und Kräften, sowie durch die bei Walzwerkbetrieb unvermeidlichen Stösse.

Ueber Wassermengemessung mit Schwimmern.

In No. 3 dieser Zeitschrift findet sich die Berichterstattung über einen Vortrag, den Herr Dr. Bürkli-Ziegler im Zürcher Ingenieur-Verein hielt. Der Vortragende machte dabei Mittheilungen über Wassermessungen, welche mit Woltmann'schen Flügeln und Stabschwimmern in der Rhone, Limmat und im Linthcanal vorgenommen wurden. Er schloss die für Hydrauliker höchst interessanten Mittheilungen mit dem Satz, dass die Stabschwimmer eine um 10 % zu grosse Wassermenge ergeben, was gleichbedeutend damit ist, dass sie sich um 10 % schneller vorwärts bewegen, als das sie umgebende Wasser.

Dies veranlasst mich zu nachfolgenden Ausführungen, zu denen ich mich um so eher verpflichtet fühle, als ich bei jedem Anlass versucht habe, die Zuverlässigkeit der Stabschwimmermessungen nachzuweisen. Die vielen Wassermengemessungen, die ich während mehr als 40 Jahren in kleinen und grössern Gewässern der Schweiz ausgeführt habe, sind nach dieser Schwimmermethode erfolgt, deren Richtigkeit ich begründen will.

Das Bestreben des Herrn Dr. Bürkli, zwischen den Flügelmessungen und denen mit Schwimmern ein der Wahrheit nahekommendes, constantes Verhältniss herzustellen, ist gewiss höchst lobenswerth, da nach beiden Methoden ein bedeutendes statistisches Material sich vorfindet, das nach den gefundenen Coefficienten berichtigt und in Einklang gebracht werden könnte. Wäre z. B. die Behauptung, dass die schwimmenden Stäbe ein um 10 % grösseres Resultat ergeben, als die wirkliche Wassermenge beträgt, bewiesen,