

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 65/66 (1915)
Heft: 25

Artikel: Bremsversuche an einer neuen schnellaufenden Wasserturbine von Escher Wyss & Cie
Autor: Prášil, Franz
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-32330>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 23.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

INHALT: Bremsversuche an einer neuen schnellaufenden Wasserturbine von Escher Wyss & Cie. — Das General Herzog-Denkmal in Aarau. — Der einstielige Rahmen mit und ohne Kragarm. — Bebauungs-Entwurf für den Thiersteinerrain in Basel. — Strassenbahnschleife Weinbergstrasse in Zürich. — Miscellanea: Elektrifizierung der S. B. B. Die Wasserversorgung der Stadt Berlin. Pont Butin in Genf. Kantonale

Blinden- und Taubstummen-Anstalt Zürich. — Nekrologie: H. Blancpain. Adolphe Greiner. — Konkurrenzen: Bebauungsplan Zürich und Vororte. — Vereinsnachrichten: Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein. Gesellschaft ehemaliger Studierender: Stellenvermittlung.

Tafeln 38 und 39: Das General Herzog-Denkmal in Aarau.

Band 66.

Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und unter genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 25.

Bremsversuche an einer neuen schnellaufenden Wasserturbine von Escher Wyss & Cie.

Von Prof. Dr. F. Präsil, Zürich.

Im April d. J. wurde der Referent von der A.-G. der Maschinenfabriken Escher Wyss & Cie. in Zürich eingeladen, Versuchen an einer in deren technischen Bureaux konstruierten und in deren Werkstätten ausgeführten Turbine mit Schnellläuferrad beizuwohnen und über deren Resultate Bericht zu erstatten.

Die Versuchsturbine ist für eine Leistungsfähigkeit von 15 PS bei 1 m Gefälle und 129,5 Uml/min der Turbinenwelle dimensioniert und, wie Abbildung 1 zeigt, als einkränzige Reaktionsturbine im offenen Wasserkasten auf lotrechter Welle mit konischem Saugrohr angeordnet; den angegebenen Werten entspricht eine spezifische Drehzahl

$$n_s = \frac{n}{H} \sqrt{\frac{Ne}{V_H}} = 503,$$

wonach das Rad als extremer Schnellläufer gekennzeichnet ist.

Die geplanten Versuche fanden in der Versuchsstation der Firma in Ravensburg am 22., 23. und 24. April statt und ergaben bereits derart günstige und stabile Resultate, dass eine Ergänzung derselben beschlossen wurde, zum Zwecke der Gewinnung möglichst vollkommenen Aufschlusses, über die Wirksamkeit der Turbine bei verschiedenen Gefällen, Beaufschlagungen und Umdrehungszahlen und hiermit eine Grundlage für die Aufzeichnung von Charakteristiken, aus denen die für die praktische Verwendung des Systems notwendigen Daten entnommen werden können. Diese Ergänzungsversuche fanden statt am 25. April, 2. Mai und 3. Juni. An den erstgenannten Tagen (22. bis 24. April) waren anwesend die Herren Direktor A. Huguenin und Ober-Ingenieur R. Dubs der ausführenden Firma und der Berichterstatter, und es wurden die Versuchseinrichtungen gemeinschaftlich geprüft, das Programm der Versuche festgestellt und die wichtigsten Resultate an Ort und Stelle ausgerechnet. Die Turbine stand an diesen Tagen unter Gefällen zwischen 1,9 und 2,5 m entsprechend dem damals vorhandenen Wasserstand in der Schussen und jeweiligen Beaufschlagung der Turbine, die hintereinander auf 100,

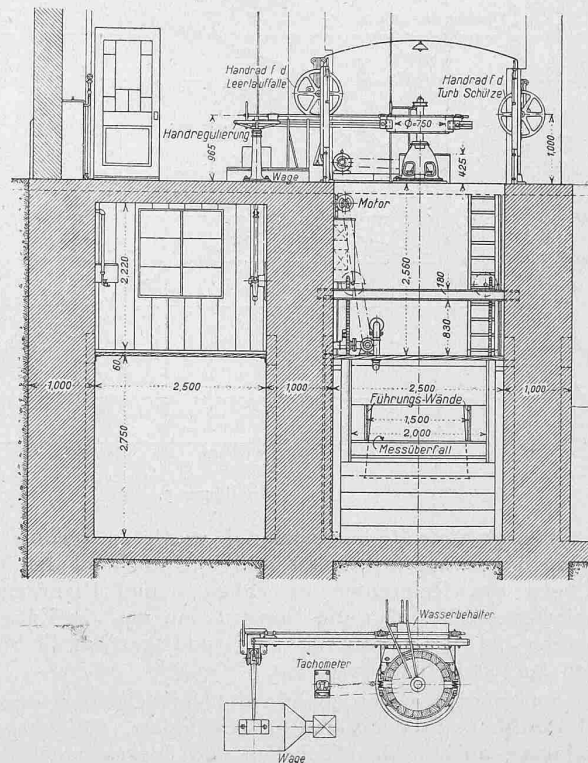


Abb. 2 Querschnitt durch die Versuchsanlage und
Abb. 3 Grundriss des Bremszaums.

95, 90, 85, 75, 50 und 30% der Offenstellung des Indikators eingestellt war. Um noch weitere Zwischenstufen zu erhalten, wurde beschlossen, die Versuche in erster Linie unter denselben Gefällsverhältnissen fortzusetzen und noch die Zwischenstellungen 80, 70, 60 und 40% einzuschalten — welche letztere Versuche am 25. April unter Leitung von Herrn Ober-Ingenieur Dubs stattfanden — und dann die Versuche unter andern Ge-

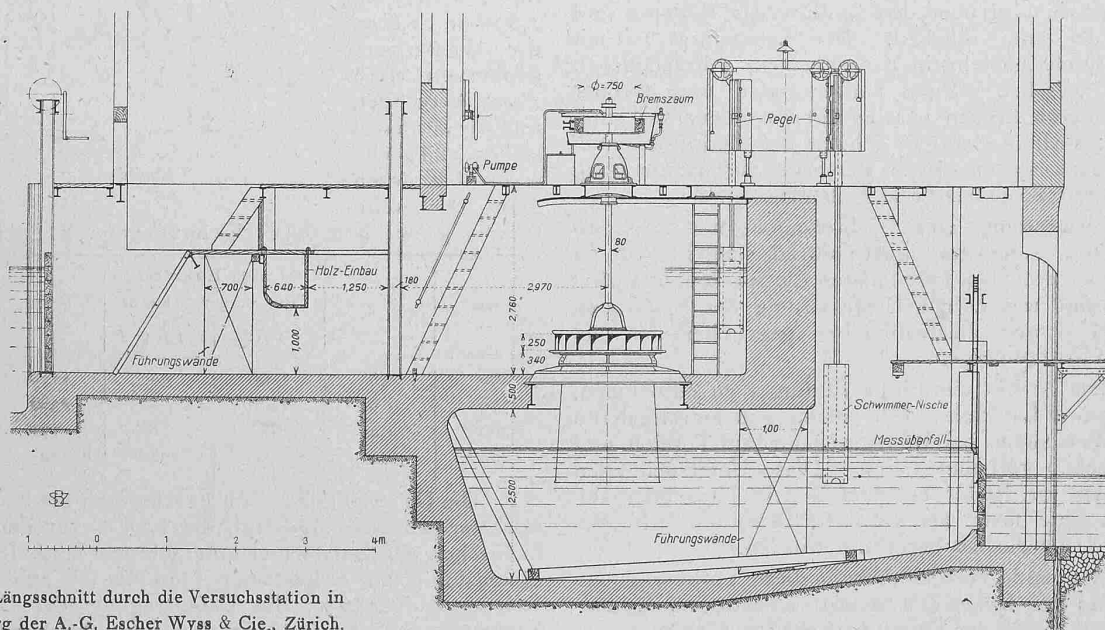


Abb. 1. Längsschnitt durch die Versuchsstation in Ravensburg der A.-G. Escher Wyss & Cie., Zürich.

fällsverhältnissen zu wiederholen. Bei den Versuchen am 2. Mai variierte das Gefälle zwischen 2,0 und 2,8 m, bei den Versuchen am 3. Juni zwischen 1,50 und 2,0 m; es wurde die Beaufschlagung auf 100, 90, 80, 70, 60, 50, 40% der Offenstellung des Indikators eingestellt. Diese Versuche leitete ebenfalls Herr Ober-Ingenieur Dubs.

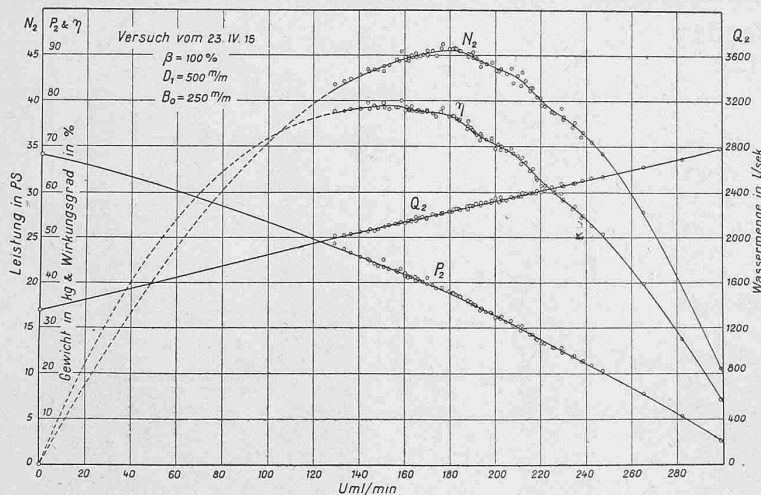


Abbildung 5.

Das gesamte Versuchsmaterial wurde im technischen Bureau der Firma verarbeitet und entsprechend den Vorschlägen des Referenten in Tabellen und Diagrammen zusammengestellt; über die Konstruktion und die Entwicklung der bei dieser verwendeten Grundlagen hat die Firma einen kurzen Bericht vorgelegt.

Im Folgenden werden nun die Versuchseinrichtungen und die Methode der Versuche geschildert, die Versuchsergebnisse an einzelnen Tabellen und Diagrammen sowie die aus denselben abgeleiteten Charakteristiken vorgeführt und daraus die für die praktische Verwendung des Systems wichtigsten Schlussfolgerungen gezogen.

I. Die Turbine.

Wie die Firma berichtet, ist die neue Konstruktion charakterisiert durch die im Meridianschnitt stark gekrümmten Ein- und Austrittskanten, deren Form und Dimensionierung ebenso wie die Schaufelform selbst, und die minimal zulässige Schaufelzahl aus einer Reihe von theoretischen und experimentellen Untersuchungen an verschiedenen Laufrädern resultierte, welche Versuche auch wertvolle Aufschlüsse über den Einfluss der Reibung und anderer Widerstände ergaben. Der Leitapparat ist mit Fink'schen Drehschaufeln in der allgemein gebräuchlichen Anordnung zwischen ebenen Seitenwänden und drehbar um Bolzen, deren Achsen parallel zur Turbinenachse sind, ausgerüstet; auch in dieser Beziehung hat die Firma durch ihre Ingenieure systematische Versuche zur Bestimmung der günstigsten Schaufelzahl anstellen lassen.

Die Verwendung von Drehschaufeln mit achsialen Austrittskanten einerseits und Laufradschaufeln mit im Meridianschnitt erheblich gekrümmten Eintrittskanten andererseits ergab eine wesentliche Umgestaltung des Spalraumprofils und dessen Flächeninhaltes gegenüber den gebräuchlichen Anordnungen.

Aus dem Bericht der Firma ist ferner zu entnehmen, dass sie an zwei Laufrädern Untersuchungen betreffs deren elastischen Verhaltens bei Beanspruchung auf Torsion und auf Achsialschub vornahm. Diese Untersuchungen ergaben, dass die Räder bis zum Eintritt bleibender Deformationen eine mehr als vierfache Belastung ertrugen, als diejenige, für die sie berechnet wurden.

Die eingehende Veröffentlichung dieser vorbereitenden Versuche und der daraus gewonnenen Konstruktionsgrundlagen muss natürlich der Firma vorbehalten bleiben.

II. Die Messeinrichtungen.

Es wurden verwendet:

- für die Wassermessung der nach Abb. 1 hinter der Turbine, also im Untergraben eingebaute Messüberfall mit zwei Schwimmern für die Messung der Ueberfallshöhe;
- für die Gefällsmessung zwei Schwimmer im Obergraben und die Schwimmer für die Ueberfallsmessung im Untergraben;
- für die Leistungsmessung ein Prony'scher Zaum;
- für die Messung der Umdrehungszahl ein geeichtes Tachometer.

Die Abbildungen 1, 2 und 3 zeigen die Anordnung dieser Messeinrichtungen.

a) Wassermessung. Die Firma berichtet über die Konstruktion des Messüberfalles und dessen Eichung folgendes:

Der Messüberfall besitzt Seitenkontraktion an zugeschärften Kanten. Das Ueberfallsprofil ist in eine, der Höhe nach verstellbare Blechtafel von 10 mm Stärke eingeschnitten, die gegen die feststehende Holzwand durch Holzleisten sorgfältig abgedichtet ist. Der Ueberfall wurde mehrmals genau auf seine Dichtigkeit geprüft. Die Verstellbarkeit der Blechwand gestattet, die wagrechte Ueberfallkante je nach dem Stand des Unterwassers immer derart einzustellen, dass ein korrektes Ueberfallen des

Wassers erzielt wird, wobei 300 mm Abfallhöhe eintritt. Die lichte Breite des Ueberfalles beträgt 2,0 m, die Kanalbreite 2,5 m; die Wassertiefe ab Ueberfallkante ändert natürlich mit der Lage der letztern.

Dieser Ueberfall wurde durch Flügelmessung geeicht: einmal im Oktober 1912 und viermal im November 1914.

Die Ergebnisse der letztern, bei einer Tiefe der Sohle unter der Ueberfallkante von 1,4 m durchgeführten Eichungen und die daraus abgeleitete Ueberfallskurve sind aus Abb. 4 ersichtlich. Zur Kontrolle wurden für drei verschiedene Tiefen, d. h. für $T = 1,4$ m, 1,6 m und 1,8 m, die Wassermengenkurven nach Frese berechnet, und wie aus nachstehender Tabelle ersichtlich, deren gute Uebereinstimmung mit den durch Eichung gefundenen festgestellt.

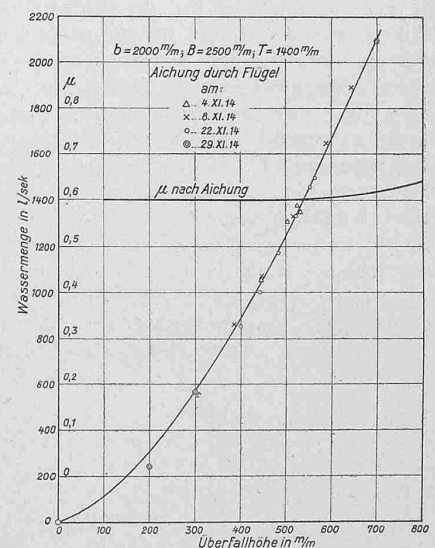


Abbildung 4.

h mm	T m	Q nach Eichkurve Liter in der Sekunde		Frese	Δ %
		1912	1914		
460	1,6	1100	—	1100	0
770	1,6	2400	—	2382	— 0,75
360	1,4	—	760	770	+ 1,3
660	1,4	—	1940	1905	— 1,7

Die Ueberfallhöhe wird direkt durch die beiden Unterwasserschwimmer angezeigt, die 2,15 m vor dem Ueberfall in Nischen der Kanalmauer untergebracht sind. Die reichlich dimensionierten Schwimmer (300 mm Ø) sind direkt an Drähten aufgehängt; die Uebertragung der Schwimmerbewegung auf das Zeigerwerk erfolgt durch ausgeglühten

Messingdraht, der über grosse in Spitzenlagern laufende Rollen (300 mm Φ) aus Aluminium läuft. Die Einstellung der Zeiger erfolgt in der Regel so, dass ihre Nullage genau der Höhe der Ueberfallskante entspricht; wird die Lage der letztern geändert, so muss dementsprechend das Zeigerwerk verstellt werden, oder sofern dies wegen Zeitmangel nicht durchgeführt werden kann, die nötige Korrektur an den Ablesungen gemacht werden. Vor und nach jeder Versuchsserie wird die Stellung der Zeiger kontrolliert; Ungenauigkeiten infolge Verlängerung der Drähte wurden nie beobachtet.

b) *Gefällsmessung.* Die Höhenlage der einzelnen Teile der Anlage sind auf einen Fixpunkt bezogen, dem die Höhe + 10,0 m zugeteilt ist. Die Nullpunkte der Oberwasser-Schwimmer liegen im Horizont dieses Fixpunktes, sodass die Ablesungen an den Skalen der Oberwasser-Schwimmer die Lage der Oberwasserstände über dem Horizont des Fixpunktes geben. Da die Ablesungen der Unterwasser-Schwimmer die Ueberfallshöhe geben, so ist das Gefälle bestimmt durch

$$H = a + H_o - h,$$

worin H_o die Oberwasserablesung, h die Ueberfallshöhe und a den jeweiligen Abstand der Ueberfallskante vom Fixpunkthorizont bedeuten; a ist daher zu ändern, wenn die Lage der Ueberfallskante geändert wird. Die Konstruktion der Oberwasser-Schwimmer nebst Zeigerwerk entspricht genau jener der Unterwasser-Schwimmer.

c) *Leistungsmessung.* Zur Bestimmung der Turbinenleistung wird ein gewöhnlicher Prony'scher Bremszaum mit Innen- und Aussenkühlung benutzt, bei dem der Durchmesser der Bremscheibe 750 mm, ihre Breite 250 mm betragen. Der Bremszaum ist an zwei Punkten aufgehängt. Da die Länge der Aufhängekette über 4 m beträgt und der äusserste Punkt des 2500 mm langen Bremshebels bei den maximal möglichen Ausschlägen der Wage sich nur um $\pm 2,5$ mm aus seiner Mittellage entfernt, ist das durch das Gewicht des Bremszaumes ausgeübte Drehmoment so klein, dass es unbedenklich vernachlässigt werden darf.

Vom Bremshebel wird die Umfangskraft vermittelt eines Kettengelenkes auf einen Winkelhebel, mit Hebelverhältnis 1:2, übertragen, dessen Drehpunkt in Kugeln gelagert ist; der Endpunkt des längeren Schenkels drückt auf eine Dezimalwaage, mittels welcher in bekannter Weise die Drehmomente der Turbine bestimmt werden.

d) *Umdrehungszahl.* Das benützte Tachometer von Horn wurde mehrfach geeicht und kontrolliert.

III. Die Versuche im April 1915.

Diese Versuche begannen am 22. April abends, die ersten Serien wurden lediglich behufs Orientierung über die Zweckmässigkeit und Wirksamkeit der Messeinrichtungen durchgeführt; es ergab sich die Notwendigkeit vermehrter

Kühlwasserzuführung und des Einsatzes einer Lasche am Bremshebel. Ab 9 Uhr vormittags des 23. April konnten die Versuche störungslos fortgesetzt werden.

Es wurde mit Vollöffnung des Leitapparates, d. h. 100% begonnen und die Turbine von 5 kg Bremsbelastung mit 290 Uml/min, d. h. nahe dem Leerlauf bis Stillstand

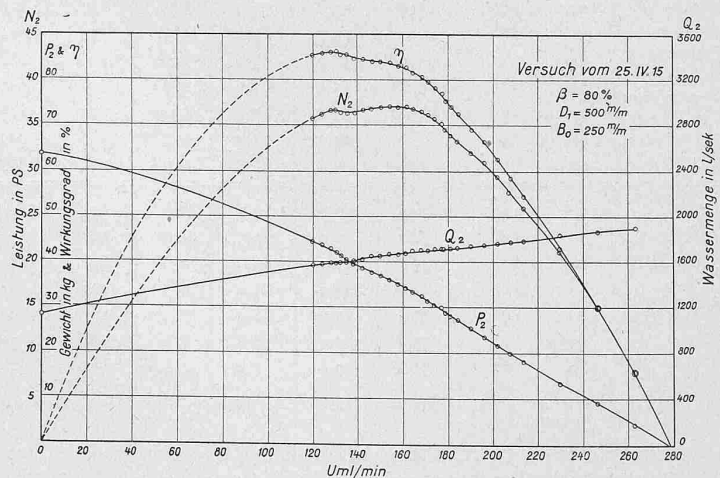


Abbildung 6.

durchgebremst, was durch Belastungsänderung um je 1 kg bis zu 50,2 kg Belastung entsprechend 132 Uml/min erfolgen konnte. Anfänglich wurde bei jeder Belastung nur einmal an den einzelnen Messapparaten abgelesen, die Belastungsänderung jedoch mehrmals wiederholt. Es stellte sich jedoch als günstiger heraus, bei jeder Belastung mehrmals abzulesen und Mittelwerte zu bilden, welches Verfahren dann auch für die andern Serien beibehalten wurde.

Am gleichen Tag wurde dann noch bei 95, 90, 85%, am 24. April bei 75, 50 und 30% Einstellung, am 25. April bei 80, 75, 70, 60, 50, 40 und 30% gebremst.

Bei der grossen Anzahl der Einzelversuche ist die tabellarische Zusammenstellung aller Messungen zu umfangreich, um in einen orientierenden Bericht vollständig aufgenommen zu werden; in der folgenden Tabelle I werden daher für jede Serie nur jene Daten angegeben, die sich auf die Zustände bei höchstem Wirkungsgrad, höchster Leistung und höchster spezifischer Drehzahl beziehen, und zwar alles umgerechnet auf 2 m Gefälle mittelst den bekannten Formeln:

$$n_2 = n_m \sqrt{\frac{2}{H_m}}; \quad Q_2 = Q_m \sqrt{\frac{2}{H_m}}; \quad \eta_2 = \eta_m$$

worin n_2 , Q_2 und η_2 bzw. n_m , Q_m und η_m die Werte von Umdrehungszahl, Wassermenge und Wirkungsgrad bei 2 m Gefälle bzw. nach Messung bei H_m m Gefälle bedeuten.

Tabelle I.

Auszug aus den Ergebnissen der Bremsversuche vom April 1915.

Alle Werte sind auf 2,0 m Gefälle bezogen.

β %	Höchster Wirkungsgrad					Höchste Leistung					Höchste Kennziffer				
	n	Q	N_e	η	n_s	n	Q	N_e	η	n_s	n	Q	N_e	η	n_s
	Uml/min	l/sek	PS	%		Uml/min	l/sek	PS	%		Uml/min	l/sek	PS	%	
100	157,2	2118	44,35	78,60	440	181,9	2242	45,85	76,55	517	247,2	2532	34,20	50,60	605
95	147,5	2048	44,40	81,40	413	152,3	2079	45,05	81,15	431	238,0	2439	35,65	54,85	595
90	156,0	1958	42,80	82,00	430	160,3	1990	43,05	81,00	443	224,2	2222	35,25	59,55	560
85	145,7	1818	40,65	83,75	390	145,7	1818	40,65	83,75	390	218,0	2019	33,03	61,30	525
80	130,5	1589	36,60	86,25	333	154,0	1667	37,05	83,75	413	202,0	1759	29,40	62,70	460
75	116,7	1438	32,10	83,60	278	141,0	1505	33,30	82,95	341	198,0	1621	28,40	65,75	445
70	120,2	1295	28,30	81,90	270	140,8	1350	29,36	81,40	320	195,5	1470	23,00	58,6	394
60	117,2	1062	22,16	78,75	232	135,8	1087	22,73	78,14	272	176,0	1151	16,85	54,8	304
50	113,3	851	17,03	75,10	196	113,3	851	17,03	75,10	196	155,3	898	12,96	56,2	240
40	92,8	626	11,52	69,10	133	97,1	630	11,57	68,7	139	138,2	670	9,38	52,4	178
30	80,8	448	6,98	58,50	90	80,8	448	6,98	58,5	90	113,8	459	5,73	46,8	115

II. Auszug aus den Ergebnissen der Bremsversuche vom Mai und Juni 1915.

Tag — Gefälle	β %	Höchster Wirkungsgrad					Höchste Leistung				
		n	Q	N_e	η	n_s	n	Q	N_e	η	n_s
		Uml/min	l/sek	PS	%		Uml/min	l/sek	PS	%	
2. Mai 1915 — $H = 2,30 \text{ m}$	100	162	2250	54,5	79,0	420	188	2400	55,7	76,6	497
	90	160	2090	53,2	83,0	413	172	2120	53,5	82,5	445
	80	145	1760	45,7	85,0	346	160	1810	46,2	83,2	383
	70	120	1410	35,5	82,0	252	152	1480	37,0	81,8	326
	60	126	1130	27,7	80,0	232	140	1160	27,9	79,0	249
	50	108	880	20,1	75,0	171	128	920	20,5	73,0	204
	40	92	640	13,7	68,0	120	104	670	13,9	67,5	137
3. Juni 1915 — $H = 1,60 \text{ m}$	100	127	1810	30,8	79,9	390	155	1930	32,2	78,0	489
	90	130	1740	30,8	83,5	400	148	1820	31,6	82,0	462
	80	124	1480	27,4	86,0	360	138	1530	27,8	85,0	403
	70	108	1230	22,2	85,4	283	123	1250	22,5	84,0	324
	60	106	980	17,2	82,0	245	118	1010	17,5	80,2	274
	50	88	760	12,5	76,2	173	88	760	12,5	76,2	173
	40	82	560	7,6	71,2	126	86	570	7,7	76,1	132

NB. Die Werte n , Q , N_e und η sind durch Interpolation aus den Kurven der Bremsdiagramme erhalten.

Die Werte n , Q , N_e und η dieser Tabelle I sind direkt den Bremsprotokollen entnommen. Die Werte n_s geben die entsprechenden spezifischen Drehzahlen. Die **fettgedruckten** Werte von n_s entsprechen der Leitradöffnung $\beta = 100\%$ bei jenen Drehzahlen, die dem höchsten Wirkungsgrad, der höchsten Leistung und dem höchst erreichbaren Wert von n_s , also im allgemeinen bei Vollbeaufschlagung und verschiedener Beaufschlagung entsprechen. Sie seien als **Kennziffern**, und jene Kennziffer, die der höchsten Leistung entspricht, als **Hauptkennziffer** bezeichnet.

Das System nähert sich mehr der Zentrifugalturbine als der Zentripetalturbine.

Um nun sicher zu sein, ob diese Eigenschaften durch den absoluten Wert des Gefälles nicht geändert werden und zudem ob und wie weit die gebräuchliche und auch oben verwendete Umrechnung der Messresultate auf ein konstantes Gefälle zulässig ist, wurde eben die Durchführung von Versuchen bei andern Gefällsverhältnissen beschlossen; hierfür mussten jedoch entsprechend günstige Wasserstände an der Schussen abgewartet werden.

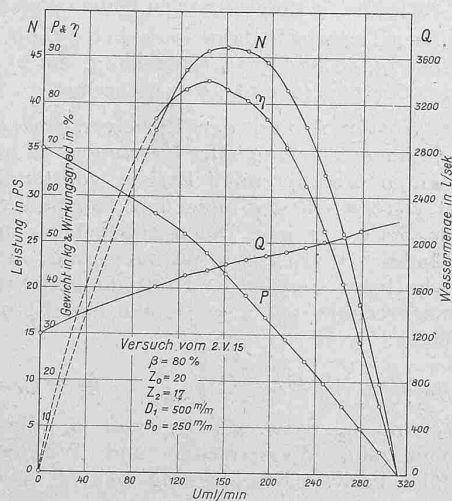


Abbildung 7.

Die Uebersicht über die sämtlichen Versuchsergebnisse wird weiter unten graphisch in Hauptcharakteristiken gegeben. Die Diagramme (Abb. 5 und 6) zeigen den Umfang der Messung in je einer Serie.

Aus Tabelle I ist zu erkennen, dass die der Konstruktion zu Grunde gelegte spezifische Drehzahl $n_s = 503$ von etwa $\beta = 84\%$ ab erreicht wird und die Bremsprotokolle ergeben, dass dies beim Gefälle $H = 2 \text{ m}$ der Fall ist:

Uml/min	l/sek	PS	%
bei $\beta = 100\%$ mit $n = 176,3$	$Q = 2232$	$N_e = 45,50$	$\eta = 76,35$
$\beta = 95\%$ mit $n = 180,0$	$Q = 2182$	$N_e = 44,95$	$\eta = 77,20$
$\beta = 90\%$ mit $n = 186,0$	$Q = 2080$	$N_e = 40,9$	$\eta = 73,80$
$\beta = 85\%$ mit $n = 198,5$	$Q = 1973$	$N_e = 36,38$	$\eta = 69,10$

Bei $\beta = 100\%$ tritt mit $n = 181,9 \text{ Uml/min}$ die höchste Leistung $= 45,85 \text{ PS}$ ein, womit die Haupt-Kennziffer der Konstruktion $n_s = 517$ wird, bei $76\frac{1}{2}\%$ Wirkungsgrad.

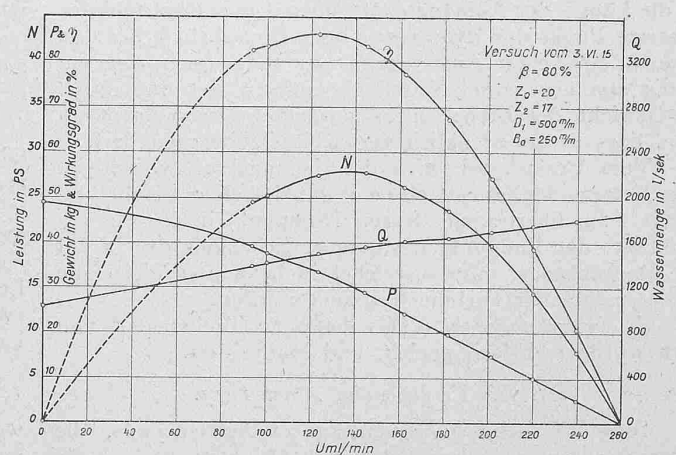


Abbildung 8.

IV. Die Versuche im Mai und Juni 1915.

Die betreffenden Versuche wurden einerseits auf Einstellungen des Leitapparates von 100, 90, 80, 70, 60, 50 und 40 % der Offenstellung des Indikators beschränkt und innerhalb der Versuchsserie mit einer Einstellung die Bremsbelastung nicht mehr um je 1 kg, sondern um je 5 kg geändert, da es sich doch der Hauptsache nach nur mehr um Kontrollversuche handelte.

In Tabelle II sind die Werte für die Zustände bei höchstem Wirkungsgrad und höchster Leistung eingetragen, und zwar entnommen aus den Charakteristiken für $H = 2,3 \text{ m}$ bzw. $1,6 \text{ m}$, die aus den Versuchswerten mittels obigen Formeln berechnet worden sind. Die Abbildungen 7 u. 8 geben zwei solcher Charakteristiken.

Die Eigenschaft der extremen Schnellläufigkeit bei hohem Wirkungsgrad und der Zunahme des Wasserkonsums bei wachsender Drehzahl unter sonst gleichbleibenden Verhältnissen tritt auch in diesen Resultaten deutlich hervor. (Schluss folgt.)