

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 45/46 (1905)  
**Heft:** 13

**Artikel:** Vergleichende Untersuchungen an Reaktions-Niederdruckturbinen  
**Autor:** Prášil, Franz  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-25410>

### **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:** 14.01.2026

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

INHALT: Vergleichende Untersuchungen an Reaktions-Niederdruckturbinen. (Schluss.) — Wettbewerb für ein Post- und Telegraphen-Gebäude in La Chaux-de-Fonds. I. — Hauptversammlungen der deutschen keramischen Vereine. — Schulratspräsident Dr. R. Gnehm. — Miscellanea: Eidg. Polytechnikum. Durchschlagsfeier im Simplotunnel. Schweiz. Studienkommission für elektr. Bahnbetrieb. Kohlenvorrat Grossbritanniens. Neubau der Krippe zu St. Peter in Basel. Eidg. Polytechnikum. Verbindung des amerikan.

Kontinents mit Key West. Elektr. Betrieb der Strecke Wien-Pressburg. Internationaler Verband für die Materialprüfung der Technik. Molardturm in Genf. Londoner Untergrundbahn. — Literatur: Anzeiger für schweiz. Altertumskunde. Eingegangene literarische Neuigkeiten. — Nekrologie: † F. von Schulthess-Rechberg. — Konkurrenzen: Neubau von Kirche und Pfarrhaus zu Spiez. — Vereinsnachrichten: Technischer Verein Winterthur. Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein. G. e. P.: Stellenvermittlung.

Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur unter der Bedingung genauester Quellenangabe gestattet.

## Vergleichende Untersuchungen an Reaktions-Niederdruckturbinen.

Von Professor Dr. Franz Prážil in Zürich.

Nachdruck verboten.

(Schluss.)

### G. Theoretische Untersuchungen.

— Ad 2 —

Die Charakteristiken für  $Q = \text{konstant}$  können zur Bestimmung der hydraulischen Widerstände wie folgt benutzt werden:

Durch die Ablaufversuche ist  $M_w$  bekannt und es folgt daraus die äusseren Widerständen entsprechende Leistung mit

$$L_w = \omega \cdot M_w = \frac{\pi n}{30} M_w,$$

woraus sich bei Division durch das konstante Wassergewicht  $\gamma Q$  eine Höhe  $h_w = \frac{\pi n}{30 \gamma} \frac{M_w}{Q}$

ergibt, die dem Gefällesteil entspricht, der auf die Ueberwindung der äusseren Widerstände verbraucht wird, sodass

$$H_h = H_n + h_w$$

das der hydraulischen Leistung  $L_h$  entsprechende hydraulische Nutzgefälle ist, für welches nach Gleichung II, Seite 150 folgende Beziehung gilt:

$$H_h = H + \frac{v_o^2}{2g} - \Sigma H_w - \frac{v_a^2}{2g}$$

Berücksichtigt man, dass  $v_o$  im Allgemeinen und bei den Dimensionen des Niederdruckreservoirs, aus dem die untersuchte Turbine gespeist wurde, auch im vorliegenden Fall, sehr klein ist, also bei dieser Untersuchung vernachlässigt werden kann, so ergibt sich mit

$$H - H_h = H_x = \Sigma H_w + H_a,$$

die Differenz  $H_x$ , d. i. der zu einer Tourenzahl gehörigen Werte des Totalgefälles und des hydraulischen Nutzgefälles als die Summe der Gefällsverluste und derjenigen Geschwindigkeitshöhe, die der Energie der abfliessenden Wassermenge entspricht.

$\Sigma H_w$  setzt sich aus mehreren Teilen zusammen und zwar:

a) Aus einem konstanten Teil, der diejenigen Gefällsverluste  $\Sigma H_{wa}$  umfasst, welche bei der Strömung der konstanten Wassermenge  $Q$  durch die Räume des Systems durch die Abweichung von der normalen Tourenzahl nicht alteriert werden; diese Verluste können durch

$$\Sigma H_{wa} = \zeta_1 \cdot \frac{v_1^2}{2g}$$

ausgedrückt werden.

b) Aus einem mit  $n$  variablen Teil, der die Gefällsverluste  $H_{wb}$  umfasst, die vom Spalt abwärts bis zum Austritt aus dem Saugrohr durch Stösse, diskontinuierliche Strömungen und durch die im Saugrohr auftretende kreisende Strömung bedingt sind; wenn der absolute Austritt aus dem Laufrad bei der stosslosen Tourenzahl ohne Geschwindigkeitskomponente im Sinne einer kreisenden Strömung stattfindet, so gibt die Minimalordinate der  $H_x$  Kurve, vermindert um die zugehörigen Werte von  $H_a$ , die sub a definierte Grösse  $\Sigma H_{wa} = \zeta_1 \cdot \frac{v_1^2}{2g}$ ; bei bekanntem Wert von  $v_1$  ist mithin  $\zeta_1$  zu bestimmen.

c) Aus einem Teil,  $\Sigma H_{wc}$ , der denjenigen Widerständen entspricht, welche im Unterwasserkasten bis zum Ausfluss des Wassers aus demselben auftreten und auf den Austritt aus dem Saugrohr rückwirkend sind.

Kennt man für jede zugehörige Tourenzahl den Wert von  $H_a$ , und ist ferner der Wert von  $\Sigma H_{wa}$ , wie dies sub b angeführt ist, ebenfalls bestimmt, so erhält man durch

$$H_x - H_a - \Sigma H_{wa} = \Sigma H_{wb} + \Sigma H_{wc}$$

das Gesetz, nach welchem sich die Gefällsverluste sub b und c mit  $n$  verändern.

Für die Bestimmung von  $H_a$  ist nun zu bemerken, dass das Saugrohr in der Gestalt, wie dasselbe bei der Versuchsturbinen disponiert war, ein fester Rotationshohlraum ist, in welchem im allgemeinen eine einfache kreisende Strömung stattfindet. Vom Verfasser wurden in der Schweiz. Bauzeitung, Bd. XLI, Nr. 19, 21, 22, 25 und 26 in einer Studie über Flüssigkeitsbewegungen in Rotationshohlräumen<sup>1)</sup> solche Strömungen besprochen, und zwar sind im III. Kapitel jener Studie, unter der Annahme einer reibungslosen, inkompressiblen Flüssigkeit die Erscheinungen der einfachen kreisenden Strömung untersucht, von denen folgende für den vorliegenden Fall von Wert erscheint. Es wurde festgestellt, dass in einem Rohr, in welchem unter den gemachten Annahmen über die physikalische Beschaffenheit der Flüssigkeit eine wirbelfreie oder wirbelbehaftete Strömung im Sinne des Kapitels II derselben Studie bestehen kann, eine kreisende Bewegung ohne Veränderung der Stromflächen möglich ist, sofern das Produkt aus der, die kreisende Bewegung charakterisierenden Geschwindigkeitskomponente  $v_u$  (in der erwähnten Studie einfach mit  $u$  bezeichnet) für einen beliebigen Massenpunkt der Flüssigkeit und dem zugehörigen Radius, also sofern  $v_u \cdot r = \text{konstant}$  für den ganzen Raum ist. Dabei ist weiter vorausgesetzt, dass in diesem Raum eine Bewegung möglich ist, bei der die Grösse  $v_u$  für alle Massenteile, deren Schwerpunkt sich auf einer um die Rotationsachse gelegten Zylinderfläche befinden, gleichzeitig denselben Wert hat (mit den Bezeichnungen der Studie  $\frac{\partial u}{\partial z} = 0$ ). Dies ist der Fall in einem zylindrischen Rohr mit zylindrischem Kern, sofern volle Raumauffüllung vorhanden ist.

Durch den geradlinigen Verlauf der  $100 \frac{H_n}{n}$  Kurve ist nach den Erwägungen auf Seite 149 die Annahme der Konstanz des wirksamen Austrittsradius und damit auch die Konstanz des Verlaufes der Stromlinien berechtigt, welche der einfachen Strömung durch das Saugrohr entsprechen und als Erzeugende der Stromflächen zu betrachten sind, in denen die kreisende Bewegung mit den Komponenten  $v_u$  erfolgt; mindestens im zylindrischen Ende des Saugrohres wird daher im Beharrungszustand nach dem obigen  $v_u r = K$  sehr angenähert konstant sein, solange die Pressung in der Nähe der Achse, also im gegebenen Fall in der Nähe der Welle nicht unter denjenigen Betrag sinkt, bei dem diskontinuierliche Bewegungen infolge von Luftentweichungen eintreten.

Bezeichnet man die achsiale Komponente der Durchflussgeschwindigkeit im Saugrohr im Querschnitt des Unterwasserspiegelniveaus mit  $v_z$ , so ergibt sich für die lebendige Kraft der durch den Querschnitt strömenden Wassermenge, weil  $v_a^2 = v_u^2 + v_z^2$  ist, die Differentialgleichung

$$dE = \frac{\gamma}{g} \cdot v_z \cdot 2 r \pi dr \cdot \frac{v_u^2}{2} + \frac{\gamma}{g} \cdot v_z 2 r \pi dr \cdot \frac{v_z^2}{2}$$

und mit  $v_u = \frac{k}{r}$

$$dE = \frac{\gamma}{g} v_z^3 \pi r dr + \frac{\gamma}{g} v_z \pi \cdot k^2 \frac{dr}{r}.$$

Bezeichnet man ferner mit  $r_i$  den innern, mit  $r_a$  den äusseren Saugrohrradius, und nimmt man  $v_z$  konstant über den ganzen Querschnitt an, so folgt durch Integration in diesen Grenzen

$$E = \frac{\gamma}{g} \cdot v_z^3 \pi \frac{r_a^2 - r_i^2}{2} + \frac{\gamma}{g} v_z \pi k^2 \log \text{nat} \frac{r_a}{r_i} \\ = \frac{\gamma}{g} Q \frac{v_z^2}{2} + \frac{\gamma}{g} Q \cdot \frac{2 k^2}{2(r_a^2 - r_i^2)} \log \text{nat} \frac{r_a}{r_i}$$

<sup>1)</sup> Die Studie ist auch als Sonderabzug erschienen. Die Red.

## Vergleichende Untersuchungen an Reaktions-Niederdruckturbinen.

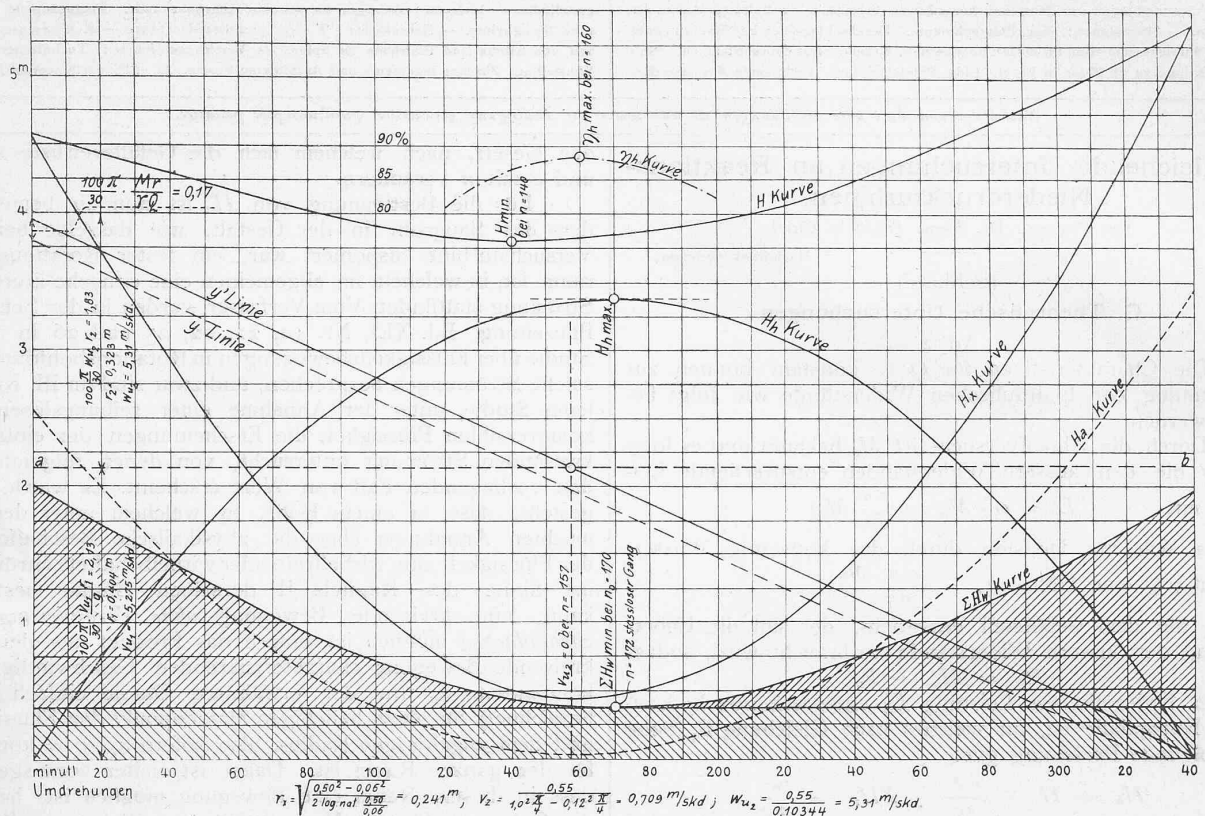


Abb. 35. Darstellung der Untersuchung für das vollbeaufschlagte Rad III.

und mit 
$$v_x = k \cdot \sqrt{\frac{2 \log \text{nat} \frac{r_a}{r_i}}{r_a^2 - r_i^2}}$$

$$E = \frac{\gamma}{g} Q \left( \frac{v_s^2}{2} + \frac{v_x^2}{2} \right) = \frac{\gamma}{g} Q \frac{v_a^2}{2}.$$

$v_x$  bedeutet demnach jenen Mittelwert von  $v_n$  in der betrachteten Ebene, dessen halbes Quadrat multipliziert mit der sekundlichen Durchflussmenge, die der kreisförmigen Bewegung entsprechende lebendige Kraft darstellt; mit

$$v_x = \frac{k}{r_x} \text{ also } r_x = \frac{\sqrt{r_a^2 - r_i^2}}{2 \log \text{nat} \frac{r_a}{r_i}}$$

erhält man den entsprechenden mittlern Austrittsradius, sodass die Vorstellung berechtigt ist, dass die Strömung der Wassermenge  $Q$  im Saugrohr vom wirksamen Austrittsradius  $r_2$  ausgehend um eine Rotationsfläche erfolgt, deren Erzeugende im Unterwasserspiegelniveau den Radius  $r_x$  hat.

Im Saugrohr wirken mit Ausnahme der Reibung keine Kräfte, denen ein resultierendes Moment in Bezug auf die Drehachse zukommt; mit grosser Annäherung kann daher für die eben beschriebene Strömung gesetzt werden:

$$M = \frac{\gamma Q}{g} (v_x r_x - v_{n2} r_2) = 0; \text{ also } v_x r_x = v_{n2} r_2,$$

sodass man bei bekanntem Wert  $v_{n2} r_2$  auch  $v_x$  berechnen kann. Nun ist

$$y + \frac{100 \pi}{30 g} \cdot \frac{M_{w0}}{\gamma Q} = y' = 100 \frac{H_h}{n} = \frac{100 \pi}{30 g} (v_{n1} r_1 - v_{n2} r_2)$$

was der Darstellung durch nebenstehende Abb. 34 entspricht, in der zu ersehen ist, dass die Grösse  $v_{n2} r_2$  für jedes  $n$  aus der  $y'$  Charakteristik zu entnehmen und damit  $v_x$  sowie  $v_a$  und hiemit  $H_a = \frac{v_a^2}{2g}$  zu berechnen sind.

Es bedarf nun noch einer Betrachtung bezüglich der sub c angeführten Widerstände  $\Sigma H_{wc}$ , in denen die Rückwirkung der Strömungsverhältnisse im Unterwasserkasten zum Ausdruck kommt. Diese Grösse  $\Sigma H_{wc}$  ist nichts anderes als die durch den Ueberdruck im Saugrohrquerschnitt der

Unterwasserspiegelebene bestimmte Energie des durch diesen Querschnitt strömenden Wasserquantums, deren Totalbetrag davon abhängt, in welcher Weise und bis zu welcher Grösse die kinetische Energie  $E = \frac{\gamma Q}{g} \frac{v_a^2}{2}$  im eingetauchten Teil des Saugrohres, beim Uebertritt aus demselben in den Unterwasserkasten und in letzterem selbst umgewandelt bzw. vernichtet wird. Diese Pressungsenergie ist nun jedenfalls von  $\frac{v_a^2}{2g}$  und von der Art und Weise der Weiterführung des Wassers im Ablaufkanal abhängig und wird, da  $v_a^2 = v_s^2 + v_x^2$ , aus zwei Teilen bestehen, von denen der erste den sub a mit  $\Sigma H_{wa}$ , der zweite den sub b mit  $\Sigma H_{wb}$  angeführten Gefällsverlusten beizuzählen sein wird.

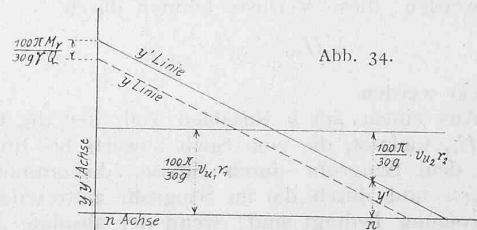


Abb. 34.

Vermindert man also den nach den Erwägungen auf Seite 157 gefundenen Wert  $H_x$  um die zugehörigen Werte von  $H_a$ , so erhält man die  $\Sigma H_{wa}$ , die dann entsprechend den Erwägungen sub b in zwei Teile (einen konstanten und einen variablen) zerlegt werden kann.

Auf Grundlage dieser Betrachtungen wurde vorläufig für das vollbeaufschlagte Rad III die Untersuchung durchgeführt, worüber Abbildung 35 Auskunft gibt.

Der Rechnungsvorgang ist folgender:

Die Ordinaten der Spezial-Momentencharakteristik ( $y$  Linie) für  $Q = \text{konstant} = 0.550 \text{ m}^3/\text{Sek.}$  um den konstanten, den äusseren Widerständen entsprechenden Betrag  $y_r = \frac{100 \pi}{30} \cdot \frac{M_r}{\gamma Q} = 0.17 \text{ m}$  vermehrt, geben die  $y'$  Linie



