

# Berechnung der Turbinen mit verticaler und horizontaler Achse

Autor(en): **Ramel, Geo. F.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **19/20 (1892)**

Heft 5

PDF erstellt am: **22.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-17430>

## **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.

INHALT: Berechnung der Turbinen mit verticaler und horizontaler Achse. — Wettbewerb für ein neues Post- und Telegraphen-Gebäude in Zürich. V. — Academy Architecture. — Concurrenzen:

Reformirte Kirche in Rheinfelden. — Vereinsnachrichten: Gesellschaft ehemaliger Polytechniker (Section Zürich). Stellenvermittlung.

## Berechnung der Turbinen mit verticaler und horizontaler Achse.

Von Maschinen-Ingenieur *Geo. F. Ramel* in Zürich.

Die Anwendung des Grundgesetzes, welches unter dem Namen des Gesetzes „von Reiche“ bekannt geworden ist, führt, wie die sehr zweckmässig durchgeführte, vor einiger Zeit erschienene Arbeit des Herrn Prof. Reifer zeigt, zu einer wesentlichen Vereinfachung in der Berechnung der Turbinen in Bezug auf die zu bestimmenden Geschwindigkeiten.

Dass diese Vereinfachung einem wirklichen Bedürfniss unter Fachleuten entgegenkommt, scheint aus dem Anklang, den jene Arbeit gefunden, als Thatache bewiesen zu sein und in der That, welcher Constructeur wird nicht mit Freuden jedes Resultat begrüßen, welches ihn in den Stand setzt, auf einfachere und doch sichere Weise in der Berechnung von Maschinen vorzugehen?

Alle Einwände, die gegen die Reifer'sche Berechnungsart gemacht werden können, lassen sich auf die hauptsächlichste Frage zurückführen: Ist die Anwendung des von Reiche'schen Gesetzes bei der Berechnung einer Turbine in so grundlegender Weise gestattet, wie es Herr Reifer gethan hat und inwiefern würde die Anwendung Abweichungen von den allgemein gebräuchlichen Regeln der Turbinenconstruction mit sich bringen?

Sei es mir gestattet, bevor ich dazu übergehe, eine Darlegung einiger weiterer Resultate dieser Anwendung zu geben, einen Beitrag zur Erledigung dieser Frage zu liefern.

Das von Reiche'sche Gesetz drückt die Beziehung aus, die zwischen der günstigsten Umfangsgeschwindigkeit  $v$  (für den mittleren Durchmesser eines Schaufelkranzes), der Austrittsgeschwindigkeit  $c_1$  aus dem Leitapparat mit zugehörigem Richtungsmass  $\alpha_1$  (Winkel der Leitschaufeln mit der Radenebene) und dem Gefälle  $H$  (das effectiv zur Verfügung steht) vorhanden sein soll, und dies zwar in Form folgender, sehr einfacher Gleichung

$$v c_1 \cos \alpha_1 = Y g H,$$

wobei  $g$  die Constante 9,18 und  $Y$  einen Coefficienten bedeutet, welchen man den hydraulischen Wirkungsgrad nennt und der das Verhältniss der wirklich auf die Radschaufel vom Wasser abgegebenen Kraft zur theoretisch vorhandenen  $Q \cdot H$  darstellt. Auf die dann weiter im Motor auftretenden Maschinenreibungen geht das Gesetz nicht ein, und mit Recht, denn wenn es auch in der Praxis von hauptsächlichster Bedeutung ist, die auf die Transmission übertragene Kraft zu kennen, so sind doch die Maschinenreibungen eine Arbeit, welche dem Wasser abgewonnen worden ist und die je nach Güte der Maschine einen mehr oder minder grossen Abzug von der wirklich zur Hauptwelle gelangenden Arbeit bildet. Die lebendige Kraft wird dem Wasser auf der Radschaufel abgenommen und zwar durch Entgegenstellen eines der Umdrehung des Rades sich widersetzenden Widerstandes. Ob nun derselbe aus Maschinenreibung oder wirklich zu industrieller Verwerthung gelangender Arbeit bestehe, hat zur Berechnung der günstigsten Umfangsgeschwindigkeit keine Bedeutung, es könnte also dieses nur die Stärke des Motors, nicht aber die Art und Weise der Berechnung seiner Geschwindigkeitsverhältnisse beeinflussen.

Freilich ist nun der hydraulische Wirkungsgrad  $Y$  auch eine mehr oder weniger problematische Grösse, und ich begreife es vollständig, wenn dieses  $Y$  der Angriffspunkt ist, den alle diejenigen wählen werden, die von einer Theorie träumen, welche der Erfahrung und der Einsicht des Constructeurs keinen Spielraum mehr gestatten soll. Ja, wenn man dieses  $Y$  noch genau angeben könnte! Nun ist

dasselbe eine Function so complicirter Natur, dass ich, aufrichtig gestanden, überhaupt kein besonderes Gelüste empfinde, den mathematisch richtigen Ausdruck für dieselbe kennen zu lernen, denn neben dem Winkel  $\alpha_1$  und dem Austrittswinkel  $\alpha_2$  aus dem Laufrade treten in derselben auch noch die Wasserreibungs- und Constructions widerstände auf, welche ohnehin nur mit Hilfe von empirisch bestimmten Coefficienten zum Ausdruck gelangen können und deren Gesetze, auch mit denselben, noch nicht zu besonders einfachen gehören.

In der Praxis wird noch jeder Constructeur an seiner eigenen Anschauung über den Nutzeffect seiner Turbinen hangen, und zwar wird er sich dieselbe nicht durch die Theorie gebildet haben. Hingegen ist nun heutzutage doch den zu sanguinistischen Anschauungen durch gute Bremsproben, verbesserte Wassermessungen und feinere Instrumente ein Zügel angelegt worden und in Europa (in Amerika freilich noch nicht) ist man so ziemlich einig geworden, dass man mit einer Turbine von 75% Nutzeffect auf die Hauptwelle zufrieden sein könne und von den verlorenen 25% für die Maschinenreibung den Betrag von 10% anzuschlagen habe. Dann bleibt für den hydraulischen Wirkungsgrad noch 85%, d. h. es muss  $Y$  zu 0,85 angenommen werden, um sich den in der Praxis eingebürgerten Ansichten und den als wahrscheinlich zu erwartenden Resultaten gewissenhafter Bremsproben möglichst nahe anzuschliessen, wenn man neue Turbinen zu berechnen hat. Es kann nun möglich sein, dass dieser Werth  $Y = 0,85$  nicht genau richtig ist, und das ist auch dadurch anerkannt, dass in der von Reiche'schen Formel der Werth als  $Y$  stehen bleibt und nicht als 0,85 eingeführt ist. Es lässt aber dieses einem Jeden die Möglichkeit offen, sich einen andern Werth nach seinen Erfahrungen einzusetzen und gerade dieses ist bei dieser Formel bemerkenswerth, dass sie alle fraglichen Factoren in einem einzigen Coefficienten zusammengesetzt hat und dann für die übrigen Grössen, welche unzweideutig gegeben sind, oder bestimmt werden müssen, eine äusserst einfache Relation gibt.

Ich werde übrigens noch nachweisen, dass die Annahme  $Y = 0,85$  genau zu denselben Regeln führt, welche heutzutage im Gebrauch sind, wo man Girard- und Jonval-Turbinen baut, welche Regeln sich doch nun bei langjährigem Gebrauch als genügend richtig herausgestellt haben und durch empirisches Vorgehen erhalten oder doch controlirt worden sind. Nur erlaube ich mir vorher das von Reiche'sche Gesetz, unter der Voraussetzung, dass der Coefficient  $Y$  angenommen sei, auf eine möglichst einfache Weise als Naturgesetz nachzuweisen, so dass man zur leichten Einsicht seiner eigentlichen Begründung gelangen kann.

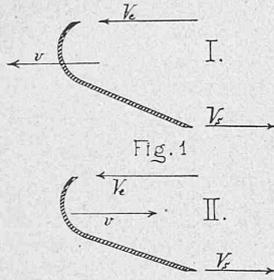
### Das Gesetz von „von Reiche“.

Wie bei allen Kraftäusserungen in der Natur die auftretende Action sich einer gleich grossen Reaction gegenüberstellen muss, so können wir bei einer Turbine, insofern der Beharrungszustand eingetreten ist, die in dem Wasser aufgespeicherte lebendige Kraft durch das Gefälle als Action und die zur Ueberwindung des Drehungswiderstandes der Turbine nöthige Arbeit als Reaction auffassen. Nennen wir diese Letztere  $A_1$ , so ist

$$A_1 = P v,$$

wenn  $P =$  dem constanten Widerstande und  $v$  die günstigste Umfangsgeschwindigkeit im Laufradschaufelmittel bezeichnet. Für diesen Fall muss die absolute Austrittsgeschwindigkeit des Wassers aus dem Motor möglichst klein sein. Denken wir uns den Fall einer Schaufel, wie sie in Fig. 1 unter I dargestellt ist, bei welcher ein Strom Wasser mit der Geschwindigkeit  $\sqrt{e}$  so anprallt, dass er um 180° umgelenkt wird und mit der relativen Geschwindigkeit  $\sqrt{s}$  in ent-

gegengesetzter Richtung am andern Ende die Schaufel wieder verlässt, während die Schaufel selbst sich in der Richtung und im Sinne von  $\sqrt{v_e}$  mit der Geschwindigkeit  $v$  vorwärtsbewegt, so folgt auf einfache Weise, dass die absolute Austrittsgeschwindigkeit aus der Schaufel nur dann zu Null werden kann, wenn  $v = \sqrt{v_s}$  ist. In diesem Falle allein wird also  $v$  die günstigste Umfangsgeschwindigkeit sein. Doch ist  $\sqrt{v_s}$  eine Function von  $\sqrt{v_e}$ . Nehmen wir an, die Resultirende des Systems sei  $v$ , so können wir dieselbe entgegengesetzt anbringen und dann unter gleichen Beziehungen ein System II haben, bei welchem die Schaufel in Ruhe wäre und die Gleichung erhalten



$$\sqrt{v_e} = v + \sqrt{v_s}$$

Ferner ist auch

$$P v = Y Q H$$

$$\text{oder } P = \frac{Y Q H}{v}$$

und ergibt sich dann durch Gleichsetzung dieser zwei Werthe von  $P$

$$\frac{\sqrt{v_e}}{g} = \frac{Y H}{v}$$

und da  $\sqrt{v_e}$  für den Fall eines nicht genau wie  $v$  gerichteten, sondern um  $\alpha_1$  verschiedenen Sinnes gleich der Projection dieser Geschwindigkeit, die dann  $c_1$  sei, auf die Richtung von  $v$  ist, also  $\sqrt{v_e} = c_1 \cos \alpha_1$ , so erhalten wir durch diese einfache Betrachtung das Gesetz

$$v c_1 \cos \alpha_1 = Y g H,$$

d. h. die von Reiche'sche Grundgleichung.

Der Leser möge es mir entschuldigen, wenn ich mir auf diese Weise erlaubte, ihn mit der Ableitung dieser Formel in Anspruch zu nehmen, es geschah dies aus dem Grunde,



Geschäftshaus von Herrn Paul F. Knacke in Hamburg.  
Architekt: H. Fittschen in Hamburg.

Nun soll aber  $v = \sqrt{v_s}$  sein, somit

$$\sqrt{v_e} = v + v = 2 v$$

$$v = \frac{\sqrt{v_e}}{2}$$

Nachdem wir auf diese Weise das günstigste Verhältniss zwischen den Geschwindigkeiten  $v$  und  $\sqrt{v_s}$  bestimmt haben, so übertragen wir dasselbe auf unser Grundprincip Action = Reaction.

Die lebendige Kraft, welche das Wasser in der Richtung von  $v$  mit der Geschwindigkeit  $\sqrt{v_e}$  entwickelt, ist

$$A_2 = \frac{M}{2} \sqrt{v_e}^2, \text{ wobei } M = \frac{Q}{g}$$

somit

$$A_2 = \frac{Q \sqrt{v_e}^2}{2 g}$$

Dagegen war früher  $A_1 = P v$ , somit auch

$$P v = \frac{Q \cdot \sqrt{v_e}^2}{2 g} \text{ und weil } v = \frac{\sqrt{v_e}}{2}$$

$$\frac{P \sqrt{v_e}}{2} = \frac{Q \sqrt{v_e}^2}{2 g} \quad P = \frac{Q \sqrt{v_e}}{g}$$

weil ich später darauf zurückkommen muss, um die Berechnung der Turbinen auf horizontaler Achse auf analoge Basis zu stellen und es uns vor der Hand nützlich ist, den einfachen Gedankengang, aus welchem obiges Gesetz erhalten wird, zu vergegenwärtigen. Nach dieser theoretischen Prüfung desselben füge ich nun seine practische Probe bei, indem ich feststelle, zu welchen Abweichungen uns das von Reiche'sche Gesetz unter der Annahme  $Y = 0,85$  führt, im Vergleich zu den üblichen Regeln für Jonval- und Girard-Turbinen.

1. Für Jonval ist es eine gebräuchliche Regel, die Austrittsgeschwindigkeit  $c_1$  aus dem Leitapparat =  $0,676 \sqrt{2 g H}$  zu nehmen und dann  $v$  = günstigste Umfangsgeschwindigkeit =  $c_1 \cos \alpha$  zu wählen. Setzen wir diese Werthe in das von Reiche'sche Gesetz ein, so finden wir

$$c_1^2 \cos \alpha_1^2 = Y g H$$

$$0,676^2 = \frac{Y}{2 \cos \alpha_1^2} \text{ und für } \alpha_1 = 15^\circ$$

$$Y = 2 \cdot 0,676^2 \cdot 0,966^2$$

$$Y = 0,85276.$$

2. Für Girard ist es  $0,95 \sqrt{2gH} = c_1$ , obgleich man für die Berechnung des Querschnittes des Leitrades den Werth  $0,85 \sqrt{2gH}$  nimmt. Dann nimmt man im Mittel  $v = \frac{c_1^2}{2}$ .

Diese beiden Fälle, Girard und Jonval geben uns die Grenzen an, in denen man  $c_1$  für die Praxis wählen wird. Wir sehen, dass die üblichen Regeln für  $v$  uns zu demselben hydraulischen Wirkungsgrad führen, den man zum

Tabelle I.

	$\alpha_1$	13°	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
<i>Girard</i> $k_1 = 0,95$	$k_v$	459	461	463	465	468	471	473	476	479	482	485	489	494	498	502	506	512	517
	$k$	512	515	517	518	521	524	526	528	531	534	536	540	545	548	552	555	561	565
	$k_2$	511	512	514	516	519	521	523	526	529	532	534	538	543	546	550	553	559	563
	$\alpha_2$	26° 50'									24° 50'								23° 50'
	$\cos \alpha_2$	0,898									0,908								0,915
$k_1 = 0,90$	$k_v$	484	487	489	491	494	496	499	502	505	509	512	517	521	525	530	534	540	545
	$k$	441	444	446	448	452	454	457	460	464	468	471	477	481	485	491	496	502	507
	$k_2$	533	536	538	539	541	544	547	550	552	556	559	563	567	571	575	579	585	589
	$\alpha_2$	24° 50'									23° 50'								22° 20'
	$\cos \alpha_2$	0,908									0,915								0,925
$k_1 = 0,85$	$k_v$	513	515	517	520	523	526	528	531	535	539	542	547	551	556	561	566	572	577
	$k$	368	371	374	378	382	386	389	393	398	404	408	414	420	426	432	439	447	453
	$k_2$	560	561	563	566	569	571	573	576	580	584	587	591	595	599	604	608	614	618
	$\alpha_2$	23° 40'									22° 40'								21° 10'
	$\cos \alpha_2$	0,916									0,923								0,923
$k_1 = 0,80$	$k_v$	545	547	550	552	556	559	561	565	569	572	576	581	586	591	596	601	607	614
	$k$	295	299	304	308	315	320	323	330	337	342	349	357	365	373	381	389	398	408
	$k_2$	589	591	594	596	599	602	604	608	611	614	618	623	627	632	637	641	648	653
	$\alpha_2$	22° 30'									21° 20'								20° —'
	$\cos \alpha_2$	0,925									0,931								0,940
$k_1 = 0,75$	$k_v$	581	584	587	589	593	596	599	603	607	611	615	620	625	631	636	641	648	655
	$k$	224	231	239	243	253	260	267	276	284	293	301	311	321	333	342	351	364	376
	$k_2$	623	625	628	630	634	637	639	643	647	651	654	659	663	669	674	679	686	692
	$\alpha_2$	21° 20'									20° 20'								19° 10'
	$\cos \alpha_2$	0,933									0,938								0,945
$k_1 = 0,70$	$k_v$	623	626	629	632	636	639	641	646	650	654	658	664	670	676	682	687	694	702
	$k$	168	178	188	198	211	220	225	239	250	260	270	284	298	311	324	334	348	364
	$k_2$	662	665	667	670	674	677	679	684	687	691	695	701	706	712	718	722	729	737
	$\alpha_2$	19° 50'									18° 30'								17° 50'
	$\cos \alpha_2$	0,941									0,948								0,952
<i>Jonval</i> $k_1 = 0,67$	$k_v$	651	654	657	660	664	667	670	675	679	684	688	694	700	706	712	718	726	733
	$k$	151	163	175	186	199	209	219	233	245	258	269	284	298	312	325	338	355	368
	$k_2$	688	691	694	697	700	703	706	711	715	720	725	729	735	741	746	752	760	766
	$\alpha_2$	18° 50'									18° 10'								16° 50'
	$\cos \alpha_2$	0,946									0,950								0,957
$k_1 = 0,60$	$k_v$	726	730	733	737	742	745	748	753	758	763	768	775	782	788	795	802	810	818
	$k$	192	207	217	231	246	255	264	278	291	303	316	333	349	362	377	391	407	423
	$k_2$	760	763	766	770	775	778	781	786	790	795	800	806	813	818	826	833	840	848
	$\alpha_2$	17° 21'									16° 10'								15° 10'
	$\cos \alpha_2$	0,955									0,960								0,965

NB. Diese Zahlen sind als Tausendstel zu verstehen!

In diesem Falle ist

$$2gH \frac{0,95^2 \cos \alpha_1}{2} = YgH$$

$$\text{oder } Y = 0,95^2 \cdot \cos \alpha_1.$$

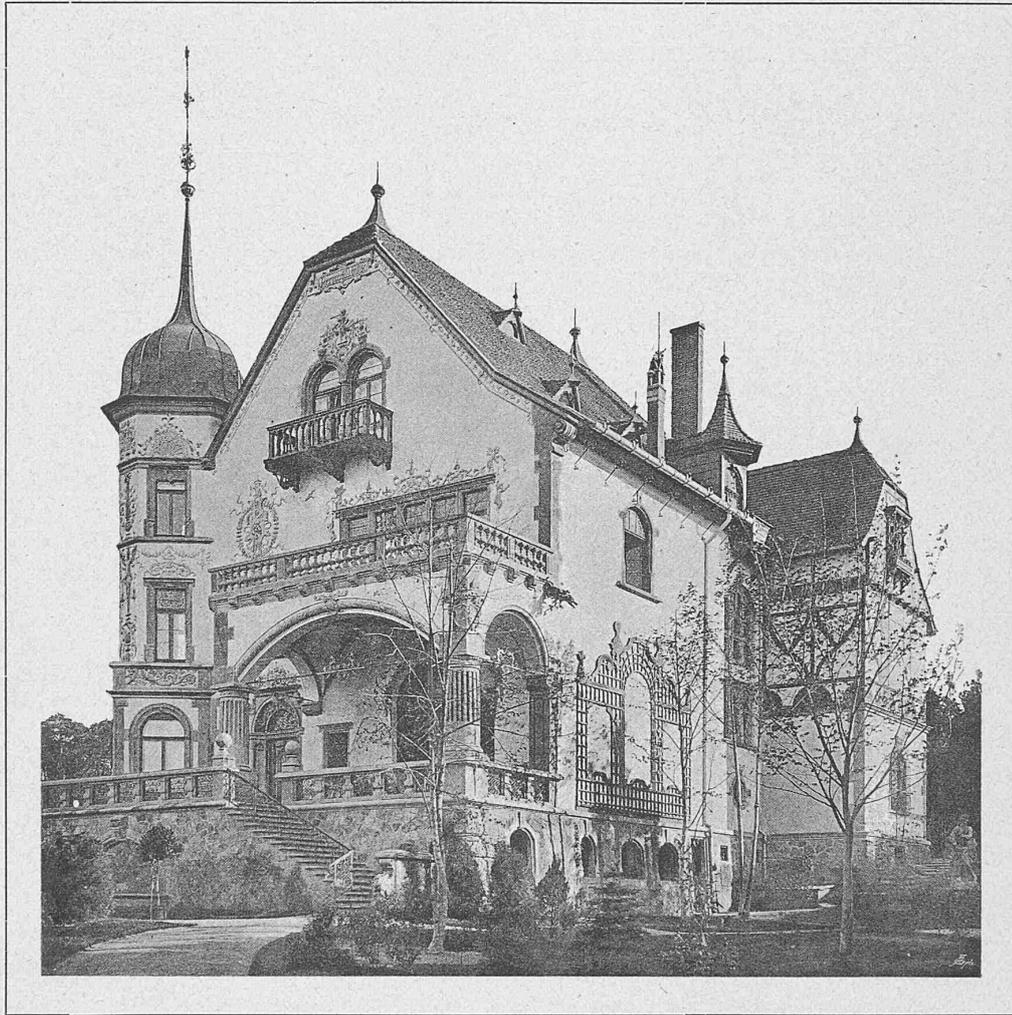
Für  $\alpha_1 = 18^\circ$  gibt dieses

$$Y = 0,95^2 \cdot 0,951 = 0,8583.$$

Bau von Turbinen dem von Reiche'schen Gesetze gewöhnlich beilegt wie es auch Herr Reifer gethan hat. Wenn aber die Grenzfälle stimmen, so sind sicher für alle dazwischen liegenden Werthe von  $c_1$  keine grösseren Abweichungen zu erwarten, und spreche ich mich daher freimüthig dahin aus:

Das Gesetz von „von Reiche“ gibt uns eine höchst einfache Relation, welche unter Annahme von  $Y = 0,85$  für den Bau der Turbinen eine an die gewöhnlichen Constructionsregeln sehr gut anschliessende Formel zur Berechnung der günstigsten Umfangsgeschwindigkeit ergibt und dieselbe mit für die Praxis stets genügender Genauigkeit für alle Reactionsgrade berechnen lässt.

Tabellen für diese Werthe bei verschiedenen Winkeln  $\alpha_1$  und für alle Reactionsgrade vollständiger gewünscht habe und sie deshalb auch bringen werde. Ich beziehe mich in Folgendem auf die Arbeit des Herrn Reifer und benütze auch dieselben Bezeichnungen, wie er sie eingeführt hat. Indem wir schreiben



Perspective.

(Nach einer Photographie.)

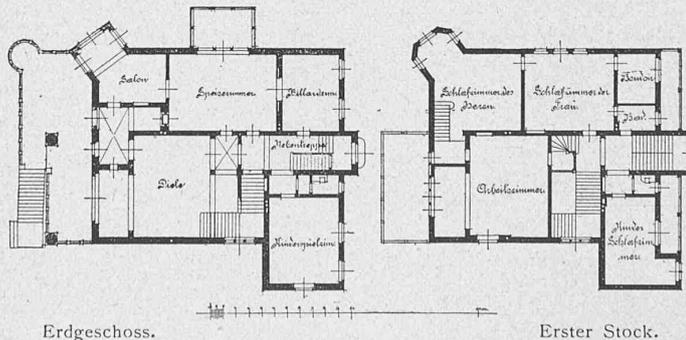
Unter Annahme der Zulässigkeit dieses Gesetzes können wir die Geschwindigkeiten  $c_1, v, c, c_2, c_3$  und den Winkel  $\alpha_2$  in sehr einfacher Weise ausdrücken, indem wir zunächst mit Herrn Reifer schreiben

$$c_1 = k_1 \sqrt{2 g H} \quad (1)$$

und dabei  $k_1$  den Reactions-coefficienten nennen, und dann die übrigen Grössen alle unter die Form

$$x = f(k_1) \sqrt{2 g H}$$

bringen und dann den Functionen von  $k_1$  für  $v, c, c_2$  und  $c_3$  die respectiven Bezeichnungen  $k_v, k, k_2$  und  $k_3$  beilegen. Hierin ist Herr Reifer in sehr anerkennungswerther Weise vorgegangen und folge ich seinem Wege. Ich führe die Ableitung der Geschwindigkeiten nur darum noch einmal an, weil sich die Endwerthe von  $k, k_2$  und  $\cos \alpha_2$  von Herrn Reifer noch ziemlich vereinfachen lassen und ich auch die



Erdgeschoss.

Erster Stock.

Villa von Franz von Schönthan.

Architekten: Schilling & Gräbner in Dresden.

- I.  $c_1 = k_1 \sqrt{2 g H}$  und
- II.  $v = k_v \sqrt{2 g H}$ , so gibt uns das „von Reiche“-sche“ Gesetz

$$k_v = \frac{0,85}{2 k_1 \cos \alpha_1} \quad (2)$$

Nehmen wir ferner an

- III.  $c = k \sqrt{2 g H}$ , so gibt uns das Geschwindigkeitsdreieck, wie Herr Reifer gezeigt,

$$k = \sqrt{k_1^2 + k_v^2} - 2 k_1 k_v \cos \alpha_1.$$

Dieser Ausdruck lässt sich jedoch vereinfachen, da der

negative Ausdruck unter dem Wurzelzeichen, was Hr. Reifer wol übersehen hat, nach Gleichg. (2) einfach 0,85, ist und schreiben

$$k = \sqrt{k_1^2 + k_v^2} - 0,85. \dots (3)$$

Im Weiteren fand unter der Bezeichnung

IV.  $c_2 = k_2 \sqrt{2 g H}$   
 Herr Reifer den Werth  
 $k_2 = \sqrt{0,9 + k^2 - k_1^2}$   
 Da wir jedoch schrieben  
 $k = \sqrt{k_1^2 + k_v^2 - 0,85}$   
 so ergibt die Substitution dieses einfacheren Werthes  
 $k_2 = \sqrt{k_v^2 + 0,05} \dots (4)$

reduciren und wird durch Substitution von  $k_2^2$  aus Gleichg. (4) einfach zu

$$\cos \alpha_2 = \frac{k_v}{k_2} \dots (5)$$

Dieser letzte Werth hat eine geometrische Bedeutung. Er entspricht der Bedingung  $h_3 = 0,05 H$ , d. h. die durch die absolute Austrittsgeschwindigkeit aus dem Laufrad verlorene Gefällshöhe soll einem Verluste von 5% des Ge-



Inneres in einem Jagdschloss.  
 Architekt: Professor Franz Borchies in Nürnberg.

Zuletzt, da wir  $c_3$  nicht brauchen, sondern demselben nur eine Grenze stellen, nämlich die Bedingung

$$h_3 = \frac{c_3^2}{2g} \leq 0,05 H,$$

ergab sich der Werth

$$\cos \alpha_2 = \frac{k_v^2 + k_2^2 - 0,05}{2 k_v k_2}$$

aus dem entsprechenden Geschwindigkeitsdreieck. Dieser Werth lässt sich in Folge obiger Vereinfachung gleichfalls

samtgefälles entsprechen. Die Formel (5) ist jedoch nur zu erfüllen, wenn das Geschwindigkeitsdreieck aus  $v$  und  $c_2$  dessen Resultirende  $c_3$  ist, so beschaffen ist, dass  $c_3$  senkrecht zu  $v$  steht, d. h. dass das Dreieck ein rechtwinkliges ist. Obige Bedingung, wie sie Herr Reifer gestellt hat, ist also diejenige für absolut verticalen Austritt des Wassers, nachdem es das Laufrad verlassen hat.

Indem wir nun diese fünf Formeln zusammenstellen, haben wir einen einfachen Gang, um die zur Berechnung

von Turbinen nothwendigen Geschwindigkeits- und Winkelverhältnisse auf rasche Weise zu erhalten.

Bezeichnet also:

$c_1$  die zu wählende Austrittsgeschwindigkeit aus dem Leitrad,  $v$  die günstigste Umfangsgeschwindigkeit in der Mitte des Schaufelkranzes,

$c$  die relative Eintrittsgeschwindigkeit in das Laufrad,  $c_2$  die „ Austrittsgeschwindigkeit aus dem „ und  $\alpha_2$  den Winkel, unter welchem der Austrittswinkel aus dem Laufrad genommen werden muss, damit der Verlust durch die absolute Endgeschwindigkeit des Wassers, nach Verlassen des Laufrades, 5% nicht überschreite, so ergibt sich aus Vorigem folgende Zusammenstellung der

*Formeln für Turbinen mit verticaler Achse.*

$$\begin{aligned} \text{I. } c_1 &= k_1 \sqrt{2gH}, \text{ wo } k_1 \text{ zu wählen ist} \\ \text{II. } v &= k_r \sqrt{2gH} \quad „ \quad k_r = \frac{0,85}{2 k_1 \cos \alpha_1} \\ \text{III. } c &= k \sqrt{2gH} \quad „ \quad k = \sqrt{k_1^2 + k_r^2} - 0,85 \\ \text{IV. } c_2 &= k_2 \sqrt{2gH} \quad „ \quad k_2 = \sqrt{k_r^2 + 0,85} \\ \text{V. statt } c_3 \text{ der Werth } \cos \alpha_2 &= \frac{k_r}{k_2} \end{aligned}$$

Um die Rechnung ein für alle Mal zu erledigen, ist in der Tabelle I auf Seite 27 dieselbe für alle Reactionsgrade von 0,95 bis 0,60, und für alle Werthe des Austrittswinkels  $\alpha_1$  aus dem Leitapparat von  $13^\circ$  bis und mit  $30^\circ$  durchgeführt, was wol für alle in der Praxis vorkommenden Fälle genügen wird. Damit kann man in jedem gegebenen Fall sofort die Elemente nachsuchen, die zur Berechnung der Turbine nöthig sind, mit Ausnahme des Winkels  $\alpha$ , den man am Besten graphisch aus den berechneten Werthen von  $c_1$  und  $v$  bestimmt, wobei man noch eine Controle für die Richtigkeit von  $c$  erhält.

Die nun folgende Betrachtung sei der Ausdehnung dieser Berechnungsart auf die Turbinen mit horizontaler Achse gewidmet, welche mit Bezug auf die Geschwindigkeiten Abweichungen erklären kann, die oft bei Versuchen zu Tage getreten sind, und die sich mathematisch begründen lassen. Einige Beispiele aus der Praxis werden dann zeigen inwiefern eine eingehendere Studie für diese specielle Anordnung, die sich in neuerer Zeit als besonders werthvoll erweist, gerechtfertigt erscheinen mag.

(Schluss folgt.)

## Wettbewerb für ein neues Post- und Telegraphen-Gebäude in Zürich.

### V.

Wir schliessen unsere Berichterstattung über diesen Wettbewerb, indem wir das preisgerichtliche Gutachten hier folgen lassen. — Dasselbe lautet:

*An das schweiz. Departement des Innern (Abtheilung Bauwesen).*

Hochgeehrter Herr Bundesrath!

Nachdem das für die Plan-Concurrenz zu einem neuen Postgebäude in Zürich durch Sie bestellte Preisgericht Ihnen bereits am 2. Juni d. J. von der Preisvertheilung kurz Kenntniss gegeben hatte, beehrt es sich nun, Ihnen hiemit den ausführlicheren Bericht über den genannten Wettbewerb vorzulegen.

Eine erste Sitzung fand am 3. November v. J. in Zürich statt, behufs Berathung und Feststellung des Concurrenz-Programmes, wobei das durch die Direction der eidg. Bauten in Verbindung mit der Oberpostdirection aufgestellte, sehr einlässliche Programm als Grundlage diente.

Gleichzeitig wurde der Bauplatz besichtigt und bei dem Anlass von den zürcher. Mitgliedern der Jury darauf aufmerksam gemacht, es sei möglich, dass das Kaufhaus stehen bleibe. Doch stimmte die Jury darin überein, dass letztere Eventualität auf den Entwurf für das Postgebäude einen wesentlichen Einfluss nicht ausüben könne, welche Ansicht denn auch in der That durch die eingegangenen Concurrenzarbeiten voll bestätigt wurde.

Die Beurtheilung der Entwürfe fand sodann unter Anwesenheit aller Jury-Mitglieder am 1. und 2. Juni d. J. in Bern statt, wo die Arbeiten im grossen Casinosaale sehr übersichtlich ausgestellt waren.

Es sind im Ganzen 27 Entwürfe rechtzeitig und unter folgenden Kennzeichen eingegangen:

Nr.	Motto.	Nr.	Motto.
1.	„Taube“.	15.	„Posta“.
2.	Posthorn (als Zeichnung).	16.	„Turicensis“.
3.	„Ziel“.	17.	„Stephan“.
4.	„Thurn u. Taxis“.	18.	„Suum cuique“.
5.	„An der Limmat“.	19.	Kreis (als Zeichnung).
6.	„Ipse fecit“.	20.	„Vive la Suisse“.
7.	Wappenschild (als Zeichnung).	21.	„Einer für Alle, Alle für Einen“.
8.	„Z“.	22.	Kreuz (mit rother Tinte).
9.	„Athen“.	23.	„Gesellschaftshaus“.
10.	Schweizerkreuz mit Posthorn (als Zeichnung).	24.	Briefcouvert (als Zeichnung).
11.	P. P. (im Kreis).	25.	„Die Zeit flieht“.
12.	„Limmat“.	26.	„P. T.“
13.	„Piazetta“.	27.	„Plum“.
14.	„Ostern, 1892“.		

Eine erste Sichtung der vorliegenden Arbeiten führte zur Ausscheidung von 10 derselben, die entweder Verstösse gegen das Programm zeigten oder sonst als minderwerthig erschienen; es waren dies die Nummern 1, 6, 7, 8, 10, 12, 15, 20, 21, 23.

Dass selbst der offenbar von Künstlerhand herrührende Entwurf Nr. 15 dieses wenig beneidenswerthe Schicksal theilen musste, ist seiner durchaus ungenügend studirten Grundrissanlage zuzuschreiben.

Von den verbleibenden 17 Projecten mussten sodann nach näherer Prüfung weitere 7 mit den Nr. 4, 5, 11, 16, 18, 24 und 25 zurückgelegt werden. Es gelangten somit zur engern Wahl die Entwürfe Nr. 2, 3, 9, 13, 14, 17, 19, 22, 26 und 27, welche einer mehrmaligen genauen Prüfung unterzogen wurden, die im Wesentlichen Folgendes ergab:

*I. Im Allgemeinen.* Die genannten Entwürfe zeigen im Ganzen eine gute Auffassung der Grundrissdisposition, wie sie sich übrigens schon aus dem einlässlichen Programm und den bereits bei uns ausgeführten neuen Postgebäuden für den geübten Concipienten unschwer ergeben musste; nämlich: Die Schalterhalle als Mittelmotiv des Haupttractes an der Kappelergasse, mit den geradeaus und beidseitig sich anschliessenden Bureaux, welchen gegen den Quai, bezw. die Fraumünsterstrasse durch anstossende Seitenflügel die erforderliche Flächenausdehnung gegeben wird. Am Ende dieser Seitenflügel, bezw. in der zweiten oder dritten Achse vom Ende derselben, die Durchfahrten; daneben die Treppen und Aborte und als hinterer Abschluss des Hofes in der Regel die eingeschossige Remise.

Diese probate, aus dem Postbetrieb sich ergebende, bei uns nun fast stereotyp gewordene Disposition wird durch die besseren Entwürfe in mehr oder weniger glücklichen Einzeldurchbildungen erschöpfend repräsentirt und es zeigt sich, dass damit auch für die obere Geschosse eine befriedigende Eintheilung getroffen werden kann.

Nicht ganz so leicht war die Herstellung einer genügenden und zweckmässigen Verbindung des Erdgeschosses mit den oberen Stockwerken. Während sich Mehrere mit den beiden üblichen Treppen am Ende der Seitenflügel begnügten, suchten Andere eine dritte und vierte Haupttreppe anzuordnen, jedoch nur selten mit Erfolg. Bei der relativ grossen Ausdehnung des Baues ist die Anlage wenigstens einer dritten Haupttreppe allerdings geboten; doch, wenn immer möglich, sollte sie nicht, — wie dies in den meisten Entwürfen zu sehen war, — in die Schalterhalle ausmünden; denn gerade an dieser Stelle ist der Platz für den Postverkehr im Erdgeschoss ein überaus werthvoller.

Die Geschosshöhen sind nicht überall gut abgewogen, so dass bei den verhältnissmässig tiefen Tracten die Beleuchtung der Räume mehrfach zu kurz kam und auch die Façadenverhältnisse keine glücklichen werden konnten.