

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 19/20 (1892)
Heft: 8

Artikel: Berechnung der Turbinen mit verticaler und horizontaler Achse
Autor: Ramel, Geo. F.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-17436>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 15.05.2025

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

même de son genre d'activité il n'est ni un rêveur ni un faiseur de théories et s'il possède les connaissances que je juge pour lui nécessaires, il sera plus qu'aucun autre apte à contribuer dans une forte mesure à la solution des problèmes qui intéressent au plus haut point la société toute entière.

Enfin, Messieurs, et c'est là que je veux terminer, conservons et développons les relations d'amitié et de bonne camaraderie commencées à l'Ecole sur les mêmes bancs et sous la direction des mêmes professeurs. C'est là un des buts importants de notre Société. Que de service aux uns et aux autres n'ont pas rendu ces bonnes amitiés solides qui subsistent en dépit des longues séparations et se ravivent avec une force nouvelle dans nos assemblées générales. Je vous recommande ces assemblées dans lesquelles nos jeunes recrues se mêlent aux vieux troupiers mûris dans la lutte de la vie et je fais des vœux pour que cette 22^e assemblée de notre Société dans cette belle et hospitalière ville de Genève, un des joyaux de notre chère patrie suisse, soit pour tous ceux qui y auront pris part, un précieux et ineffaçable souvenir. — Ceci dit, je déclare ouverte la 22^e assemblée générale de la Société des Anciens Elèves de l'Ecole Polytechnique Fédérale.

Berechnung der Turbinen mit verticaler und horizontaler Achse.

Von Maschinen-Ingenieur *Geo. F. Ramel* in Zürich.
(Schluss.)

Zum Schluss möchte ich gerne noch darauf eingehen, wie man nach dieser Berechnung der Geschwindigkeiten auf eine einfache Weise die

Bestimmung der Dimensionen bei Girard-Turbinen mit horizontaler Achse

einleiten kann.

Diese Turbinen, meistens nur für hohe Gefälle mit kleinen Wassermengen angewandt, zeigen nur theilweise Beaufschlagung des Laufrades, d. h. der Leitapparat umfasst nur einen gewissen Theil des Umfanges und versteht es sich von selbst, dass in diesem Falle die Beaufschlagung nur am untern Theil des innern Radumfanges erfolgt.

Da es für uns nothwendig ist das Verhältniss des äussern und des innern Durchmessers des Laufrades zu kennen, um die Geschwindigkeiten zu bestimmen, und anderseits es gerade die Geschwindigkeiten sind, die wir zur Berechnung der Durchmesser bedürfen, so scheint es schwierig zu sein den Durchmesser auszurechnen ohne durch successives Probiren dem wahren Resultat genügend nahe zu kommen.

Glücklicherweise sind die Geschwindigkeiten, die wir suchen, (und der Durchmesser ebenfalls) nicht sehr weit von denen gelegen, die wir für Turbinen mit vertikaler Welle finden und da sich der Unterschied, wie früher nachgewiesen in den Grenzen von 10 bis 5% Abweichung in der günstigsten Umfangsgeschwindigkeit bewegt, so ist es leicht, schon im Voraus eine Verbesserung des Tabellenwerthes für vertikale Welle vorzunehmen. Im Mittel ist dann etwa 0,92 der Faktor, und ergibt sich dem so provisorisch bestimmten Werthe von k_e eine genügende Genauigkeit zur Bestimmung des Durchmessers, da wir dann später, mit Hülfe desselben die ganz genaue Rechnung für das k_e durchführen (oder die Tabelle II gebrauchen) und noch für allenfalls auftretende kleine Differenzen die breite der Zellen variiren können, um den Querschnitt genau dem scharfen Resultat anzupassen.

Wenn nun der Leitapparat nur einen kleinen Theil des Laufrades am untern Theile des innern Kranzes beaufschlagen soll, welche Anordnung für Girard-Turbinen mit hohem Gefälle ($H = 40m$ und höher) und kleinen Wassermengen die allgemein bevorzugte Anordnung ist, indem man dann meistens die in Bewegung zu setzende Transmission, Dynamo-Maschine, Schleifapparate u. s. w. direkt als Turbinenwelle benützen kann, so kommt überdies durch

die dimensionirung der Beaufschlagung noch ein weiteres Element hinzu, welches uns die Ausrechnung des genauen Querschnittes nach der genauen Geschwindigkeit, *ohne Veränderung des einmal angenommenen Durchmessers*, in noch ausgedehnter Weise gestattet. Gerade für diesen letztern Fall möchte ich die Berechnung des Durchmessers eingehender betrachten. Zur Berechnung sei zunächst angenommen, dass der Leitapparat alle Zellen enthält um den vollen innern Umfang des Laufrades zu beaufschlagen, und wir nennen F_1 den ganzen hiezu nöthig gedachten Durchlaufquerschnitt, welcher ein Vielfaches des wirklich erforderlichen Querschnittes F_1^* ist. Nennen wir das Verhältniss beider ε so ist

$$\frac{F_1^*}{F_1} = \varepsilon \quad (1)$$

Ist nun vorausgesetzt Laufrad und der auf den ganzen Umfang vergrössert gedachte Leitapparat hätten gleiche Zellenzahl λ , so ist es wünschbar, dass ε eine Zahl sei, welche die Zahl λ so dividirt, dass der Quotient eine ganze Zahl wird, d. h. dass es für den Leitapparat eine ganze Anzahl Zellen ergibt. (Ich behaupte nicht, dass diese Annahmen notwendig sind, doch sind sie auf jeden Fall höchst zulässig). Nennen wir diese ganze Zahl E so muss

$$\frac{\lambda}{\varepsilon} = E \quad (E = \text{einer ganzen Zahl})$$

sein, wobei dann wird

$$F_1^* = \frac{\lambda}{E} F_1 \quad (2)$$

Die lichte Weite α_1 der Canäle des Leitapparates ist bei diesen Turbinen genau wie bei den andern

$$\alpha_1 = t \sin \alpha_1 - \sigma$$

wobei t die Theilung und σ die Schaufeldicke bezeichnet.

Führen wir ferner $b_1 = \frac{D}{n}$ als Breite der Zellen des Leitapparates ein, wobei also n das Verhältniss zwischen Durchmesser und Zellenbreite am Leitapparat bedeutet, so ist

$$F_1^* = \frac{D_1^2 \pi}{t n} (t \sin \alpha_1 - \sigma)$$

Die Turbinen die direct auf die Transmissionswelle gekeilt sind, haben in den meisten Fällen eine bestimmte, vorgeschriebene Tourenzahl N . Für die günstigste Umfangsgeschwindigkeit ist dann

$$I_a D_1 = 19,1 \frac{v}{N} \left(\frac{60}{n} = 19,1 \right)$$

wobei sich

$$v = 0,92 \text{ (Mittelwerth)} \cdot k_e \sqrt{2 g H}$$

mit Hülfe von Tabelle I annähernd bestimmt, und dann, sobald D_1 angenähert bekannt, ganz genau aus Tabelle II entnehmen lässt.

Für diesen Fall wo D_1 als ein bekannter, durch die Tourenzahl N gegebener Werth zu behandeln ist, bleibt uns dann nur noch zu suchen, zu welchem Verhältniss ε vom ganzen Radumfang zum beaufschlagten uns dieser Durchmesser nöthigt, wobei wir allerdings noch durch die Wahl der Breite, d. h. durch die von n , ein Mittel haben, für die constructive Ausführung günstige Resultate zu erwirken.

Es darf der beaufschlagte Radumfang nicht zu gross ausfallen, da in diesem Falle diese Turbinen nicht günstig arbeiten und der Leitapparat ungünstig und besonders für eine gute Regulirung unpractisch wird. Es sollte ε eher eine möglichst grosse Zahl werden, so dass E nur die Zahlen 1, 2 oder 3 ergibt, d. h. dass der Leitapparat höchstens 3 Zellen umfasst.

Die Zeichnung muss auch in diesem Falle Hand in Hand mit der Rechnung gehen und anzeigen wie sich für solche Annahmen der Leitapparat und sein Zulaufrohr gestalten lassen, so dass man durch die Rechnung zu practisch günstigen Resultaten kommt. Doch soll uns die Rechnung unnützes Probiren auf dem Zeichnungsbrette ersparen und dazu kann man auf folgende Weise verfahren:

Für die Theilung t nimmt man gewöhnlich für Turbinen von 1 m Durchmesser etwa 30 bis 35 mm und für solche mit 3 m Durchmesser 100 mm. Dieses führt zu sehr einfachem Resultat, indem wir einfach setzen:

$$t = 0,0314 D_1$$

und da

$$\gamma = \frac{\pi D_1}{t}$$

so wird einfach

$$\gamma = 100 = \text{constant.}$$

Wirklich zeigen die meisten Ausführungen diese Zahl, so dass wir sie als practisch zu Grunde legen dürfen. Dadurch wird

$$F_1^* = \frac{\pi D_1^2}{\frac{\pi D_1}{100} n} (t \sin \alpha_1 - \sigma_1)$$

oder

$$F_1^* = \frac{D}{n} (\pi D \sin \alpha_1 - \sigma_1).$$

Ferner muss, für Girard-Turbinen, unser Leitapparat-Querschnitt sein:

$$F_1 = \frac{Q}{0,85 \sqrt{2 g H}}$$

und da wir annehmen

$$F_1^* = \varepsilon F_1$$

und

$$\varepsilon = \frac{z}{E} = \frac{100}{E}$$

so wird

$$\frac{F_1^* 100}{E} = \frac{D_1}{n} (\pi D_1 \sin \alpha_1 - 100 \sigma_1)$$

oder durch Substitution von F_1

$$\Pi_a \frac{n}{E} = \frac{0,85 \sqrt{2 g H}}{Q} \cdot D \cdot \left(\frac{\pi D}{100} \sin \alpha_1 - \sigma_1 \right)$$

Worin E = einer ganzen Zahl (Anzahl der Oeffnungen im Leitapparat)

und $n = \frac{D_1}{b_1}$ = Verhältniss vom Durchmesser zur Zellenbreite

bezeichnet.

Die Ausführungen zeigen häufig für solche Turbinen Werthe von n in der Nähe von 20. Wenn demnach keine besondern Gründe dagegen vorliegen, kann man diesen Werth einsetzen, und ihn nur so ändern, dass der Quotient bei einer ganzzahligen Werthung von E obigen Werth erhält, wenn der Durchmesser eine durch die Tourenzahl bestimmte Grösse hat. Hat man den Durchmesser D nicht bestimmt vorgeschrieben, so kann man mit Hülfe von dieser Gleichung Π_a auf sehr einfache Weise die drei Grössen, auf die es bei der Berechnung ankommt, nämlich n , E und D variiren lassen und sofort zu einander in richtige Beziehung bringen, was bei nur probeweisen Annahmen auf dem Constructionsbrette oft viel Zeit erfordert.

Die übrigen Grössen der Gleichung sind als gegeben zu betrachten, da man Q und H kennt und α_1 und σ_1 feststellen muss.

Diese Gleichung, die keine Abkürzungen enthält, sondern mathematisch genaue Resultate liefert, ist zu einem raschen Einblick in die Verhältnisse, sowie zur genauen Berechnung gleich passend und der Constructeur wird gewiss den einfachen Gebrauch derselben zu würdigen wissen.

Concurrenzen.

Reformirte Kirche in Rheinfelden (Bd. XIX S. 91; XX S. 32). Das Gutachten des Preisgerichtes lautet wie folgt:

Dem unterzeichneten Preisgericht, welches am 29. Juli Vormittags 8 Uhr im Schulhause zu Rheinfelden zusammentrat, lagen folgende 17 rechtzeitig eingesandte numerirte Projecte mit den nachstehenden Zeichen oder Motti zur Beurtheilung vor:

- | | |
|---------------------------|------------------------|
| Nr. 1. „Schweizergrenze“. | Nr. 4. Punkt im Kreis. |
| „ 2. Dreieck. | „ 5. „Ave!“ |
| „ 3. „Si Diis placet“. | „ 6. „Oekolampadius“. |

- | | |
|----------------------|--|
| Nr. 7. Würfel. | Nr. 13. Quadrat und Dreieck in zwei Kreisen. |
| „ 8. Stern im Kreis. | „ 14. Stern. |
| „ 9. „Reform“. | „ 15. Punkt im Halbkreis. |
| „ 10. Wappenschild. | „ 16. „Friede“. |
| „ 11. „Frei“. | „ 17. „Finis coronat opus“. |
| „ 12. Goldene Ecke. | |

*Ein 18. Project, welches 14 Tage später eintraf, konnte laut Programm nicht in den Bereich der Beurtheilung gezogen werden.

Vor Allem dürfen wir constatiren, dass trotz der geringen Bausumme und des ihr entsprechenden bescheidenen Prämienansatzes die qualitative Betheiligung an dieser Concurrenz eine aussergewöhnlich erfreuliche war. Wir glauben dieses Resultat dem in Architektenkreisen lebendig gewordenen Bestreben verdanken zu sollen, zur Lösung der zur Zeit schwebenden Kirchenbaufragen, speciell für den protestantischen Cultus, nach Kräften beizutragen. Von den 17 eingelaufenen Projecten zeugt weitaus der grösste Theil von tüchtigem Studium und richtiger Auffassung der Aufgabe, bei deren Erfüllung sich wol als grösste Schwierigkeit die Einhaltung der etwas knapp bemessenen Bausumme gezeigt hat.

Nach der allgemeinen Prüfung hinsichtlich Einhaltung der im Programm festgesetzten Bedingungen wurden nach mehreren Rundgängen als nicht vollkommen entsprechend in Bezug auf architektonische Lösung oder wegen Nicht-Einhaltung der gegebenen Bausumme in erster Linie eliminiert die 6 Projecte Nr. 1, 5, 9, 13, 14, 16 und in zweiter Linie die 5 Projecte Nr. 3, 4, 11, 12, 17.

Es blieben somit für die weitere vergleichende Beurtheilung noch übrig die 6 Projecte Nr. 2, 6, 7, 8, 10, 15.

Nr. 2. Einschiffige Grundrissanlage mit polygonem Abschluss, gebrochene Deckenconstruction in Holz. Der Verfasser hat den Thurm in die Mitte der Querempore verlegt, während bei den meisten der hervorragenden Projecte durch Stellung des Thurmes an die linke Seite für die äussere Erscheinung der Kirche die gegebene Situation günstiger verworther ist. Die Architekturformen sind in romanischem Stil durchgeführt. Nicht ganz befriedigt die Gestaltung des etwas zu massig gehaltenen Thurmhelmes mit Rücksicht auf die übrige einfache Architektur der Kirche. Auch ist der Zugang an der Ecke des Platzes nach dem in der Mittelachse gelegenen Thurmportal nicht zweckmässig zu nennen.

Nr. 10. Die Grundrissanlage zeigt links vom Hauptschiff ein kurzes einseitiges Seitenschiff mit vorgelegtem Thurm. Ein rechteckiger Chorbau schliesst das Hauptschiff ab. Formenbildung einfach gothisch mit Decke in Holzconstruction. Als nicht günstig zu bezeichnen sind die Lichtverhältnisse unter der Empore beim Haupteingang, die unsern Cultusverhältnissen nicht entsprechende Choranlage mit seitlich gestellter Kanzel, sowie die nicht ganz befriedigende Gestaltung einzelner Theile des Thurmhelmes.

Nr. 8. Das langgestreckte Hauptschiff mit polygonem Abschluss ist durch fünf Bogenöffnungen und vier Steinpfeiler mit dem linksseitigen Seitenschiff verbunden, das nach vorn mit einer über Eck gestellten Thurmanlage abschliesst. Der Verfasser hat durch Abgrabung des erhöht gelegenen Terrains vor der Vorderfaçade bis auf Strassenniveau, den hierdurch verbreiterten Zugang und die Freitreppenanlage eine erhöhte Wirkung für diese Façade erzielt. Im Innern befriedigt nicht die seitliche Lage der Kanzel und die etwas zu steil gehaltene Holzdeckenconstruction. Im Ganzen ist die Stilfehrung in gothischen Formen eine einfache und edle.

Nr. 15. Auch dieses Project zeigt die seitliche Thurmanlage als Abschluss eines linksseitigen, durch zwei Pfeiler vom Hauptschiff getrennten Seitenschiffes. Als Vorzug des Projectes darf die Anlage der Orgelempore an Stelle des Chores bezeichnet werden, doch hätte auch die Kanzel nicht seitlich in die Ecke, sondern in die Mittelachse gestellt werden sollen. Als sehr gelungen bezeichnen wir die hölzerne Tonnenconstruction der Decke und die gesammte decorative Ausstattung im Innern. Weniger befriedigt die nach oben sich steigernde Ausladung des Thurmkörpers und die auf die Ecke der Kirche statt direct nach dem Hauptportal führende Freitreppenanlage. Die äussere und innere Architektur ist in einfachen romanischen Formen gehalten.

Nr. 6. Grundrissanlage: Einschiffig mit Thurmanbau an der linken Seite. Die Kanzel ist in die Mittelachse in eine flache Chor-Nische verlegt. Eine sehr wirkungsvolle offene Vorhalle an der Vorderfaçade führt auch zu der breit angelegten Emporentreppe im Thurm. Die Decke des Schiffs in Holzconstruction zeigt sichtbare, architektonisch ausgebildete Binder. Bei dem einfachen, den Verhältnissen entsprechenden Thurmbau dürften die sehr zahlreichen Krabben des Helmes vielleicht etwas zu unruhig wirken.