Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 5/6 (1885)
Heft: 21

Artikel: Beiträge zur Theorie der Turbinen
Autor: Fliegner, Albert
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-12870

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: 12.07.2025

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

INHALT: Beiträge zur Theorie der Turbinen. (Schluss.) Von Alb. Fliegner. — Neues System der Kraftübertragung von einer Centralstation aus mittelst endlosen Seiltriebes. — Versuchsfahrten auf der Gotthardbahn mit der automatischen Vacuumbremse, System Körting. — Miscellanea: Honigmann'sche Locomotive. Electrische Eisenbahn in Berlin. — Necrologie: † Ernst Förster. † Paul Desains. — Concurrenzen: Parlaments- und Verwaltungsgebäude in Bern. — Preisausschreiben: Verein deutscher Maschineningenieure.

Beiträge zur Theorie der Turbinen.

Von *Albert Fliegner*, Professor der theoretischen Maschinenlehre am eidg. Polytechnikum.

(Schluss.)

In der folgenden Tabelle ist der Verlauf der Strahlen für die drei Turbinenarten zusammengestellt. Alle Turbinen sind, so weit es möglich war, von gleichen Dimensionen vorausgesetzt, und zwar den folgenden: Radius an der Eintrittsseite, beziehungsweise bis zur Kranzmitte 0,37 *m* *); Winkel des Einlaufes 15°, Schaufelwinkel an der Eintrittsseite 30°, der Anfang der Schaufel ist nach einem Kreise von 35 *mm* Halbmesser gekrümmt, der Centriwinkel dieses Theiles beträgt 105°; der übrige Theil der Schaufel ist nach einem grösseren Kreise so gekrümmt, dass dieselbe den Austrittsumfang unter 15° schneidet. Schaufelzahl 40. Kranzbreite, beziehungsweise Radhöhe in den beiden ersten Fällen 90 *mm*, im letzten dagegen nur 80 *mm*, um besser gekrümmte Schaufeln zu erhalten. Der Kranz ist parabolisch erweitert, im Verhältniss 1:2. Die Weite des Einlaufcanals ist so gross vorausgesetzt, dass der Strahl im Laufrade am Anfange der Schaufel bei seiner Relativbewegung eine normal zu dieser gemessene Dicke von höchstens 25 *mm* ererreichen kann. u_1 ist gleich 10 *m* angenommen. Alle Turbinen sind mit verticaler Achse vorausgesetzt.

A) Radial-Turbine mit innerer Beaufschlagung.							B) Achsial-Turbine.							C) Radial-Turbine mit äusserer Beaufschlagung.						
Nr.	I	II	III	IV	V	VI	Nr.	I	II	III	IV	V	VI	Nr.	I	II	III	IV	V	VI
0	5,0	15,0	25,0	(15)	(10)	(5)	0	5,0	15,0	25,0	(15)	(10)	(5)	0	5,0	15,0	25,0	(15)	(10)	(5)
1	5,2	14,6	24,2	—	—	—	1	5,4	15,0	24,8	—	—	—	1	5,4	15,3	25,4	—	—	—
2	5,1	13,6	22,4	—	—	—	IV	—	—	—	20,4	—	—	IV	—	—	—	22,6	—	—
3	4,8	12,1	19,8	—	—	—	2	5,5	14,5	23,9	20,3	—	—	V	—	—	—	—	18,0	—
IV	—	—	—	16,5	—	—	V	—	—	—	—	16,1	—	VI	—	—	—	—	—	10,7
V	—	—	—	—	13,5	—	VI	—	—	—	—	—	9,5	2	5,8	15,3	25,3	22,8	18,3	11,1
4	4,5	10,6	17,3	14,1	13,1	—	3	5,4	13,4	21,9	18,7	15,2	9,3	3	5,9	14,9	24,5	23,1	19,2	12,5
VI	—	—	—	—	—	9,6	4	5,2	12,1	19,7	16,8	13,7	8,5	4	6,0	14,2	23,1	23,0	20,3	15,2
5	4,3	9,5	15,3	12,3	11,0	8,8	5	5,1	11,1	17,9	15,3	12,5	7,8	5	6,0	13,3	21,5	22,9	22,0	25,3
6	4,2	8,7	13,9	11,0	9,6	7,1	6	5,0	10,3	16,5	14,0	11,5	7,4	6	6,1	12,5	20,2	22,9	25,2	∞
7	4,2	8,1	12,7	10,0	8,6	6,1	7	5,0	9,7	15,2	13,0	10,7	7,0	7	6,2	11,9	19,0	23,2	32,4	
8	4,2	7,7	11,9	9,3	7,9	5,5	8	5,1	9,2	14,3	12,3	10,2	6,8	8	6,4	11,4	18,0	23,8	70,0	
9	4,3	7,4	11,3	8,9	7,5	5,2	9	5,3	8,9	13,7	11,8	9,8	6,7	9	6,7	11,1	17,3	24,8	∞	
10	4,5	7,3	10,9	8,7	7,3	5,2	10	5,4	8,8	13,3	11,5	9,6	6,7	10	7,0	10,9	16,9	26,0		

Die ganze Länge der Schaufel wurde in 10 gleiche Theile getheilt und ihre Endpunkte in der Tabelle mit den arabischen Ziffern 0 bis 10 nummerirt. Angegeben sind für diese Punkte die aufeinanderfolgend berechneten Strahldicken *d* in Millimetern. Für das richtige Erfassen der Laufradschaufel, linke Seite der Fig. 3, sind drei anfängliche Strahldicken von 5, 15 und 25 *mm* nachgerechnet; für das unrichtige Auftreffen, rechte Seite, ebenfalls drei, mit Wassermengen, welche, wie in der ersten Zeile in Klammern angegeben ist, einer Strahldicke von 15, 10 und 5 *mm* des ersten Falles entsprechen würden. Diese sechs Fälle sind in der angegebenen Reihenfolge, in der sie sich auch bei der Bewegung der Schaufel wirklich folgen würden, mit den römischen Ziffern I bis VI bezeichnet. In den Horizontalreihen, welche in der ersten Rubrik die römischen Zahlen IV bis VI enthalten, steht rechts daneben in der gleich nummerirten Verticalcolumne die Strahldicke, die sich unmittelbar nach dem Auftreffen einstellt. Die Treffpunkte liegen natürlich nicht genau in einem der angenommenen Theilpunkte der Schaufellänge.

*) Die Dimensionen sind ziemlich klein, weil es ursprünglich meine Absicht war, den verschiedenen Verlauf der Strahlen graphisch darzustellen; es zeigte sich aber, dass die Figur nicht hinreichend deutlich ausfiel.

Diese Tabelle zeigt nun, dass die Bewegung des Wassers bei den drei Turbinenarten in sehr verschiedener Weise verläuft.

Bei der *Radialturbine* mit *innerer* Beaufschlagung vereinigen sich für Fall I die Kranzerweiterung und die Aenderung von λ mit der Strahldicke in solcher Art, dass *d* anfänglich wächst, bald darauf abnimmt, um aber schliesslich wieder etwas zu wachsen. Bei geringerer anfänglicher Strahldicke, oder bei einem grösseren Werthe von λ, würde schliesslich eine grössere Zunahme von *d* eintreten. In den beiden folgenden Fällen ist die anfängliche Strahldicke so bedeutend, λ daher verhältnissmässig so klein, dass *d* auf der ganzen Länge der Schaufel ununterbrochen und stark abnimmt. Für den zweiten Theil der Arbeit einer Schaufel trifft der Strahl ziemlich spät auf dieselbe, die anfängliche Relativgeschwindigkeit wird von Fall zu Fall immer kleiner und die Strahldicke verhältnissmässig immer grösser, so dass sie bis zum Verlassen der Schaufel ununterbrochen abnimmt. Im Falle VI hört diese Abnahme allerdings gerade mit dem Ende der Schaufel auf; eine kleinere Wassermenge würde also schliesslich wieder eine Zunahme der Strahldicke zeigen.

Die grösste beim Verlassen d. Schaufel sich einstellende Strahldicke beträgt (III) rund 11 *mm*, während, normal zur betrachteten Schaufel gemessen, bis zum Rücken der nächstfolgenden ein Spielraum von fast 30 *mm* frei ist. Es ist also keinerlei Gefahr vorhanden, dass der Canal jemals voll laufen könnte. Höchstens ganz am Anfang oder Schluss der Benutzung, also bei ganz dünnem Strahl, wäre eine starke Verlangsamung und Verdickung desselben vielleicht denkbar. Am Anfang würde dieses Wasser aber von dem in dickerer Schicht, also mit geringeren Widerständen und grösserer Geschwindigkeit nachfolgenden mitgerissen werden, am Schlusse ebenso, wenn noch ein zweiter Leitcanal folgt. Wäre letzteres nicht der Fall, so würde doch die Zunahme von $u\ w$ nie Null werden lassen; das Wasser müsste also doch schliesslich aussen austreten.

Die *Achsialturbine* zeigt wesentlich gleiche Verhältnisse, doch liegt der Treffpunkt des Strahles bei Fall IV bis VI etwas früher, eine Folge der anderen Relativbewegung. Ausserdem fällt die Relativbeschleunigung durch Zunahme der Umfangsgeschwindigkeit fort und wird durch die Einwirkung der Schwerkraft nicht ersetzt, so dass sämmtliche Strahlen am Austritt eine grössere Dicke besitzen. Da aber die dortige Canalweite noch 21 *mm* beträgt, so läuft der Canal auch nicht voll.

Eine ganz andere Wasserbewegung ergibt sich bei der *Radialturbine* mit *äusserer* Beaufschlagung. Bei Fall I nimmt die Strahldicke von Anfang an ununterbrochen zu. II und III zeigen nach einer vorübergehenden Zunahme weiterhin eine ununterbrochene, aber langsame Abnahme; doch bleibt der Strahl noch dünner, als die Canalweite von

22 *mm*. Im IV. Falle dagegen würde der Strahl 26 *mm* dick werden, d. h. dann füllt er den Canal schon ganz aus und staut das Wasser. Bei V und VI ergibt die Rechnung noch vor dem Verlassen der Schaufel für die Strahldicke *unendlich grosse* Werthe. Die Bewegungswiderstände und die relative Verzögerung durch die Abnahme der Umfangsgeschwindigkeit nach ihnen zu vernichten also die ohnedies kleine Umfangsgeschwindigkeit, so dass das Wasser gegenüber der Schaufel *momentan zur Ruhe kommt*. Da es aber noch mit der Schaufel die Anfangsgeschwindigkeit der letzteren besitzt, so bewegt es sich zunächst tangential weiter. Dabei muss es jedoch sofort hinter der Schaufel zurückbleiben, sich von dieser also loslösen und frei weiter strömen, bis es vom Rücken der folgenden Schaufel erreicht und von dieser schliesslich nach aussen hinausgeschleudert wird. An dieser Bewegung würde auch die stärkste Erweiterung des Kranzes nach innen zu nichts Wesentliches ändern. Ein Fehlen der Erweiterung würde dagegen den Strahl schon bei geringerer anfänglicher Dicke vor dem Austreten zum Anlegen bringen und so natürlich das schliessliche Ausströmen auf der Aussenseite begünstigen.

Wenn dem bisher betrachteten *einen* Leitcanal noch ein weiterer folgt, so wird das anfänglich aus dem letzteren ausströmende Wasser allerdings wol einen Theil des vorigen, sich stauenden, doch noch mit sich reissen. Turbinen dieser Art haben aber stets nur sehr wenig nebeneinanderliegende Leitcanäle. Daher wird bei denselben immerhin ein ziemlich bedeutender Theil des Wassers nicht den richtigen Weg durch das Rad hindurch nehmen, sondern in demselben umkehren und wieder an dessen Aussenseite austreten. Wieviel Wasser diese unrichtige Bewegung ausführen wird, lässt sich allerdings nicht von vornherein angeben. Die oben mitgetheilten Rechnungsresultate setzen für jeden Strahl Beharrungszustand voraus. In Wirklichkeit ändert sich aber die einströmende Wassermenge stetig. Auch ist der Werth von λ doch nicht mit genügender Sicherheit bekannt, namentlich nicht für die Stelle, an welcher die Umkehrung der Bewegung sattfindet.

Mit den gewöhnlichen Annahmen rechnend, findet man bekanntlich, dass unter sonst gleichen Verhältnissen die drei Arten der Druckturbinen dem hydraulischen Wirkungsgrade nach so aufeinander folgen, dass die Radialturbinen mit äusserer Beaufschlagung die günstigsten sind, die mit innerer Beaufschlagung die ungünstigsten; dazwischen stehen die Achsialturbinen. Die eben nachgewiesene unrichtige Bewegung des Wassers bei der ersten Art wird diese aber weniger günstig arbeiten, sie vielleicht sogar an eine spätere Stelle in der Reihenfolge treten lassen. Jedenfalls wird man aber die Vorliebe, welche die Praxis in neuerer Zeit aus constructiven Rücksichten für radiale Druckturbinen mit innerer Beaufschlagung und horizontaler Achse gegenüber denjenigen mit äusserer Beaufschlagung und verticaler Achse zeigt, von diesem Gesichtspunkte aus durchaus billigen können.

Zürich, April 1885.

Neues System der Kraftübertragung von einer Centralstation aus mittelst endlosen Seiltriebes.

Je mehr die Handwerker und Gewerbetreibenden zur Einsicht kommen, dass sie für den rationellen Betrieb ihres Geschäftes einen Theil der Handarbeit durch Maschinenarbeit ersetzen müssen, um so allgemeiner wird das Bedürfniss nach billiger mechanischer Arbeit oder wie man sich landläufig auszudrücken pflegt, nach Kraft.

Mit jeder grössern oder kleinern Werkstätte sollte auch eine beliebig grössere oder kleinere Kraft gemiethet werden können. Wie Wasser und Gas am billigsten und rationellsten von einem Centralpunkt aus in beliebiger Menge gegen entsprechende Entschädigung den Consumenten zugeführt werden, so wäre auch unter gewissen Verhältnissen die Abgabe grösserer oder kleinerer Kräfte von einer Centralstation aus den Kraftbedürftigen am besten zusagend. Es bestehen bereits Installationen, bei denen von einem Punkte aus nach verschiedenen Richtungen Dampf, comprimirte Luft, Wasser unter Pression oder electrische Ströme weiter geleitet werden, zum Zwecke der Kraftabgabe; dieselben leisten gute Dienste, soweit es sich nur um kleine Kräfte, etwa bis zu 2 Pferdestärken handelt. Immerhin erfordern alle diese Uebertragungsarten an jedem einzelnen Orte der Kraftabgabe einen „Motor," was die Sache complicirt und theuer macht. Eine bessere Lösung des Problems finden wir in den „überirdischen" Drahtseiltransmissionsanlagen wie in Schaffhausen und Zürich, wo mit geringem Kraftverlust bedeutende Kräfte auf grosse Distanzen und in verschiedenen Richtungen zur Vertheilung gelangen. In Schaffhausen z. B. wurden im Jahre 1880 an 24 Abnehmer 623,5 Pferdestärken abgegeben. So vortheilhaft nun dieses System ist, so stehen dessen consequenter Durchführung oft unüberwindliche locale Schwierigkeiten entgegen. Bald fehlt es an Platz für die erforderlichen Pfeiler zur Aufnahme der Trag- oder Treibrollen; — oft wird das Ueberführen eines Seiles über eine Strasse durch die Behörden beanstandet, aus Furcht, es möchte bei einem Seilbruch das Seil sich den Passanten auf unangenehme oder gar gefährliche Weise bemerkbar machen — ja selbst „ästhetische" Gründe werden gegen Anlage einer sichtbaren überirdischen Drahtseiltransmission ins Feld geführt.

Diese Schwierigkeiten werden nun umgangen in dem letztes Jahr dem Mr. John L. Boone in San-Francisco patentirten Drahtseiltransmissions-System, wie es unsere, dem „Scientific-American" entnommene Abbildung zeigt. Wir können das Boone'sche System im Gegensatz zur gewöhnlichen Drahtseiltransmission als „unterirdische" Seiltransmission bezeichnen.

Die Röhre oder der Canal, in welchem das endlose Drahtseil läuft, wird unter die Oberfläche des Bodens gelegt und kann in jeder gewünschten Direction abgelenkt werden, um schliesslich wieder zur Anfangsstation zurückzukehren. Im Innern der Röhren sind in Entfernungen von 6 bis 10 *m* verticale Tragrollen angebracht, während sich bei Richtungsänderungen der Röhren horizontale Leitrollen befinden. Im Maschinenhaus oder an einer anderen passenden Stelle der Linie ist eine Spannvorrichtung angebracht, um die Seilstreckung zu compensiren und so das Seil immer gespannt zu halten. Das Rohr kann irgend eine Form haben, es ist aber zweckmässig cylindrischen Querschnitt zu wählen. Für Städte wird vorgeschlagen, die Röhren den Trottoirs entlang ausserhalb den Randsteinen zu legen und dieselben rund um Ecken und Abbiegungen herumzuführen, dahin wo Kraftabgabe gewünscht wird. In diesem Falle sind die Röhren offen nach oben und mit concaven beweglichen Deckeln versehen, welche nach des Erfinders Intention gleichzeitig als Rinnen für das Regenwasser dienen sollten. Letzteres möchten wir nicht befürworten, indem dieses Tödten von zwei Fliegen auf einen Schlag für den ungestörten Seiltrieb gefährlich werden könnte. Aus der Zeichnung ist ersichtlich, wie die Kraftabnahme zur Uebertragung an Arbeitsmaschinen durch ein grösseres Seilpoulie stattfindet, welchem wir die Bezeichnung „Abnehmerrolle" beilegen wollen.

An dem Punkt, wo die Kraftabgabe stattfindet, wird eine Oeffnung in die Röhre gemacht oder eine entsprechende Kammer (Kasten, Trog) construirt, so dass das Seil abgelenkt und um die auf einer Transmissionsachse sitzende Abnehmerrolle gelegt werden kann. Zu jeder Seite der Oeffnung sind kleine Tragrollen placirt, dazu bestimmt, das Seil um einen möglichst grossen Umfang der Abnehmerrolle zu leiten. Letztere kann horizontal oder vertical montirt sein, wie die Abbildung zeigt. Die Abnehmerachsen sind mit Auskehrungen zu versehen, so dass jede einzelne Werkstatt beliebig in oder ausser Betrieb gesetzt werden kann. Irgend welche gewünschte Tourenzahl kann leicht durch