

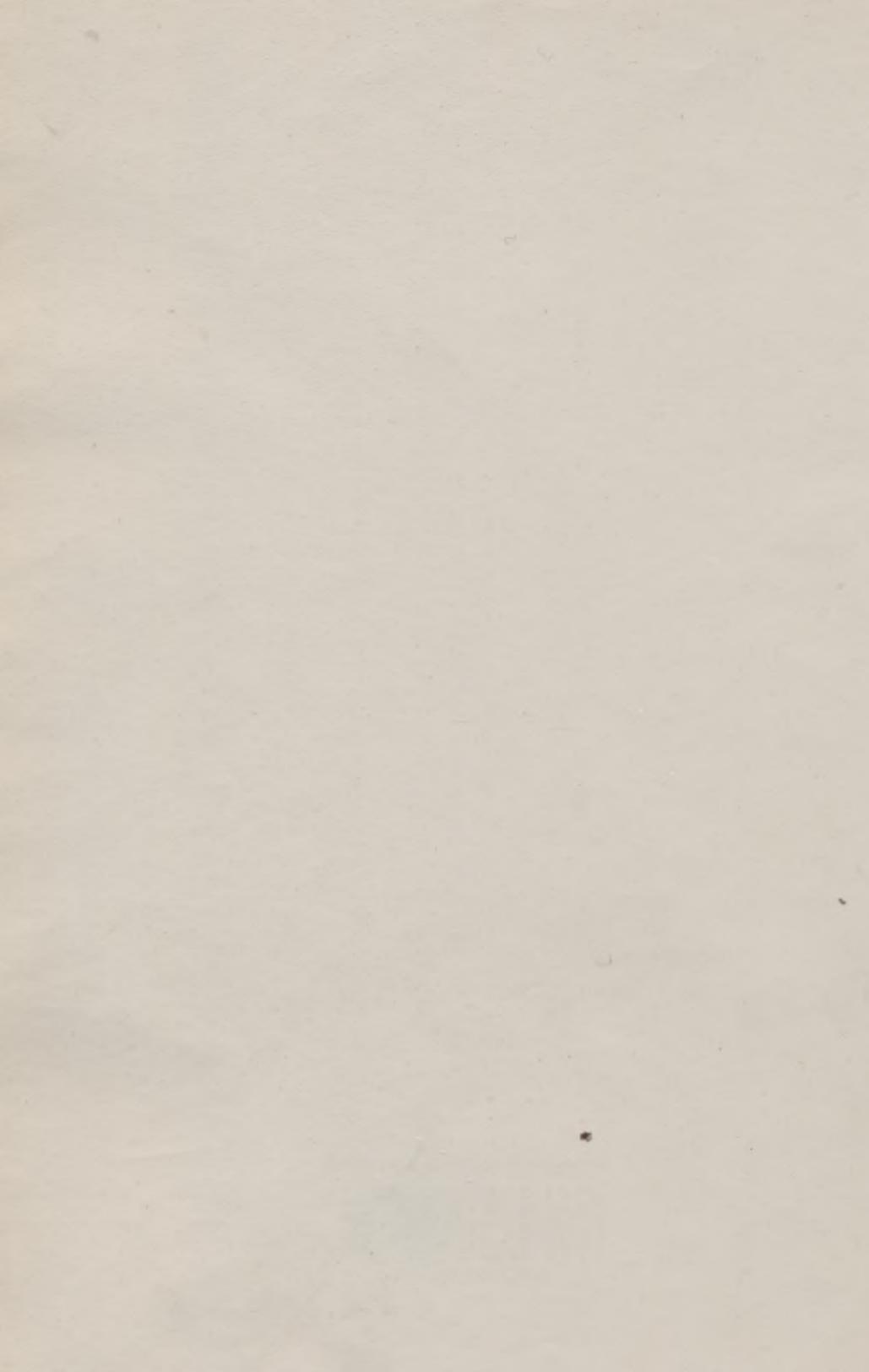
Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000298384

Beobachtungen von 1871

Max Weirich



Die Dampfturbine von Zoelly.

Von

Max Dietrich

Marine-Oberingenieur a. D.

Mit neun technischen Abbildungen.

F. Nr. 25767

17/6



Rostock.

C. J. E. Volckmann (Volckmann & Wette).

1904.



II 31867

Alle Rechte vorbehalten!



Akc. Nr.

5187 50



Die bedeutenden Erfolge, welche die Dampfturbine in neuerer Zeit erlangte, führten dazu, daß Ende vorigen Jahres von der „Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft“ (A. E.-G.) eine „Allgemeine Turbinen-Gesellschaft“ gegründet wurde, die sich die Patente von Riedler-Stumpf, Curtis, und etwas später auch durch Aktienbeteiligung an Brown, Bovery & Co., das Parsons'sche Turbinenpatent sicherte.

Diese Gründung hat aber sehr bald einen tatkräftigen Nebenbuhler erhalten, denn Mitte Februar d. J. ist ein Syndikat für Dampfturbinen gebildet worden, an dem die hervorragendsten industriellen Firmen Deutschlands, wie Fried. Krupp-Essen, Siemens-Schuckert-Berlin, Nürnberg u. a. beteiligt sind. Dieses Syndikat verfolgt den Zweck, die von der Firma Escher, Wyss & Co. in Zürich gebaute Dampfturbine, System Zoelly, zur Anwendung zu bringen.

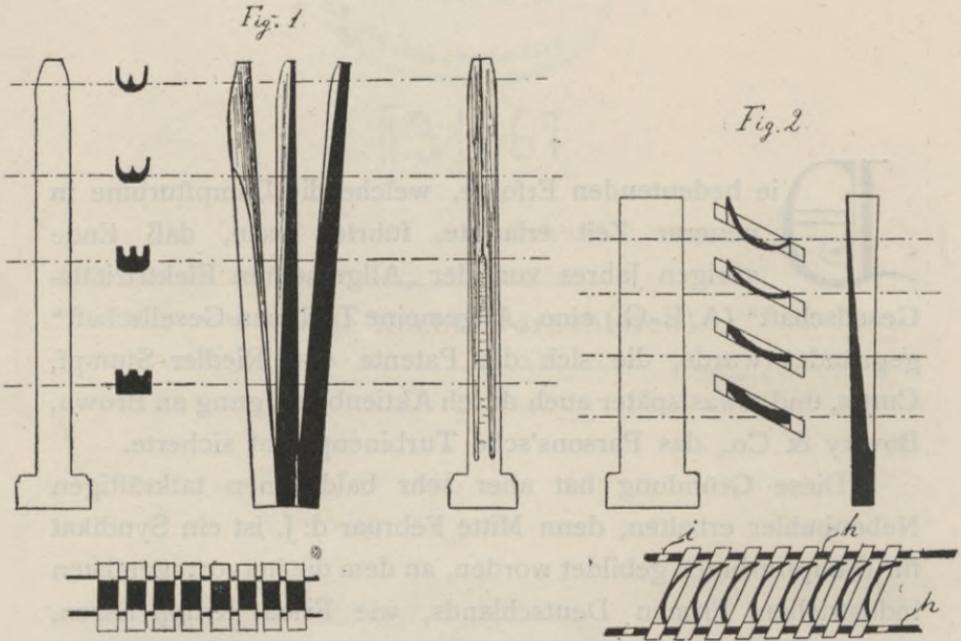
Ueber die Zoelly-Turbine und die konstruktiven Details derselben ist bis jetzt sehr wenig an die Oeffentlichkeit gedrungen. In dem Werk über Dampfturbinen von Dr. A. Stodola-Zürich (1903*) ist eine kurze Beschreibung vorhanden und die Turbine in einer Durchschnitzzeichnung dargestellt, dann aber geben die Patentschriften, die auf Patente

*) Verlag von J. Springer, Berlin C., Monbijouplatz 3, jetzt 2. Aufl.

von Moritz Veith-Zürich und auf die Aktiengesellschaft der Maschinenfabriken von Escher, Wyss & Co., Zürich, veröffentlicht sind, den nötigen Aufschluß.

Als Betriebskraft der Zoelly-Turbine ist durchweg neben Dampf noch Gas genannt.

Wenn man nun die einzelnen Patente weiter verfolgt, so ist besonders die Bauart des Laufrades auffallend, und



bildet hauptsächlich dieses Rad die Eigentümlichkeit der Zoelly-Turbine.

Dieses Laufrad wird durch eine strahlenförmige Anordnung von federnden Schaufeln gebildet, welche zwischen zwei Nabenscheiben mittels einer geringen Anzahl Schrauben gehalten werden.

Die Schaufeln sind in den Figuren 1 und 2 dargestellt. Dieselben sind so bearbeitet, daß der Querschnitt der verhältnismäßig langen Strahlen, wie die Schaufeln auch genannt werden

von dem Umfange nach der Radachse zu in einer bestimmten, gesetzmäßigen Weise zunehmen, wodurch die Schaufeln auf ihrer ganzen Länge die gleiche Widerstandsfähigkeit besitzen und die Festigkeit in bezug auf die Zentrifugalkraft und den Druck des treibenden Dampfes überall konstant bleibt.

Fig. 3.

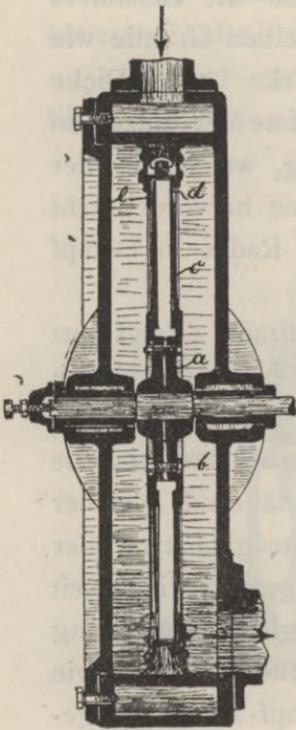
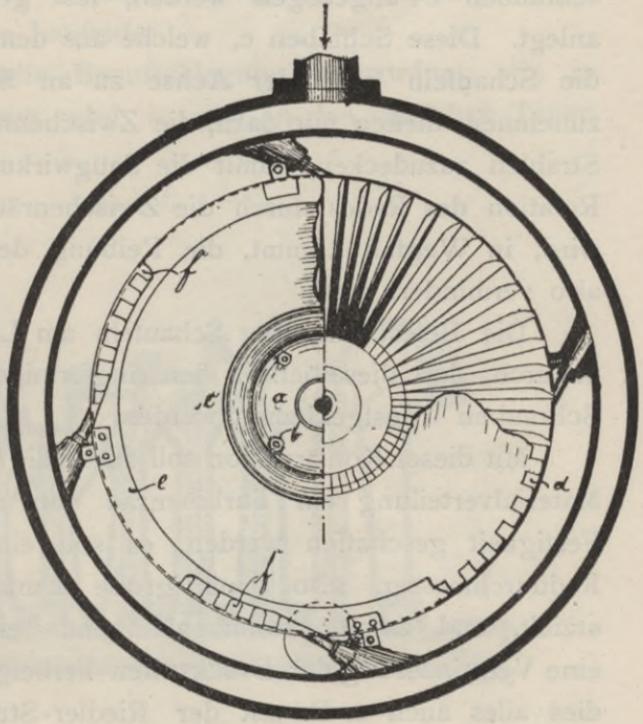


Fig. 4.



Das äußere Ende der Strahlen ist als Aktionsturbinenschaufel ausgebildet und unterscheidet sich dieselbe in keiner Weise von der Peltonradschaufel.

Die Strahlen und ebenso die übrigen Teile des Laufrades sind aus Stahl hergestellt.

Das eigentliche Laufrad, siehe die Figuren 3, 4, 6 und 7, besteht aus zwei Scheiben a, welche durch die Verbindungsschrauben b zusammengehalten werden. Diese beiden Scheiben

bilden die Nabe des Rades und tragen an ihrem Umfange die strahlenförmig angeordneten Schaufeln. Zu diesem Zweck sind an den Rändern der Scheiben a ringförmige Nuten vorgesehen, und die Schaufeln selbst haben einen verbreiterten Fuß erhalten, der hier in diese Nuten paßt. Am Rand jeder Nabenscheibe a ist eine membranartig nach innen federnde Scheibe c befestigt, welche sich, sobald die Verbindungsschrauben b angezogen werden, fest gegen die Schaufeln anlegt. Diese Scheiben c, welche aus demselben Grunde wie die Schaufeln nach der Achse zu an Stärke bzw. Dicke zunehmen, dienen nur dazu, die Zwischenräume der einzelnen Strahlen zuzudecken, damit die Saugwirkung, welche bei der Rotation des Rades durch die Zwischenräume hervorgebracht wird, in Wegfall kommt, die Reibung des Rades in Dampf also vermindert wird.

Die Befestigung der Schaufeln am Laufrade erfolgt nur dadurch, daß dieselben in den ringförmigen Nuten durch die Schrauben b festgeklemmt werden.

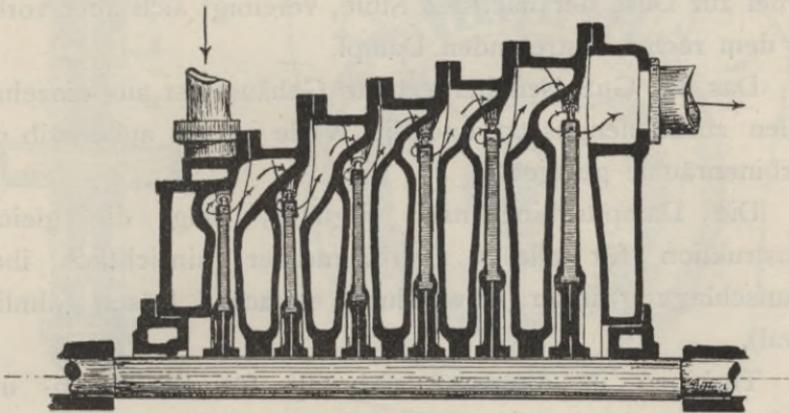
Mit dieser Konstruktion soll durch die vorher beschriebene Materialverteilung ein Turbinenrad von annähernd gleicher Festigkeit geschaffen werden, es soll ein möglichst großer Raddurchmesser, also eine große Umfangsgeschwindigkeit erzielt, und damit zusammenhängend bei gleicher Leistung eine Verminderung der Druckstufen herbeigeführt werden, wie dies alles auch z. B. mit der Riedler-Stumpf-Turbine angestrebt wird.

Die ersten Zoelly-Turbinen erhielten partielle Stirnbeaufschlagung ohne Leitring bzw. Leitrad. Der Dampfstrahl traf, durch eine Anzahl Düsen, welche gleichmäßig im Gehäuse verteilt waren, geleitet, die Schaufeln, und der Austritt des Dampfes erfolgte, durch die Form der Peltonschaufel gezwungen, an beiden Seiten des Rades. Damit der Dampf frei austreten konnte, waren die Scheiben c so groß gewählt, daß das letzte Ende der Schaufeln frei blieb.

Bei den späteren Konstruktionen wurden die Schaufeln immer mehr und mehr und zuletzt ganz durch die Scheiben *c* bedeckt, siehe Fig. 3 und 4. Für den Austritt des Dampfes wurden entsprechend große Ausschnitte *d* vorgesehen. Ferner wurde im Gehäuse ein sogenannter Leitring *e* angebracht, der durch Halter und Schrauben an den Düsen befestigt wurde. Dieser Leitring, welcher die Schaufeln auf ihrer ganzen Breite überdeckt, umschließt Uförmig mit geringem Spielraum den äußeren Umfang des Laufrades.

Ist eine partielle Beaufschlagung angeordnet, wie in Figur 3 und 4 gezeigt wird, so sind an den seitlichen Teilen

Fig. 5.



des Leitringes für den Austritt des Dampfes nur die notwendigen Oeffnungen *f* vorgesehen. Bei voller Beaufschlagung sind diese Oeffnungen am ganzen Umfange gleichmäßig verteilt vorhanden.

Nach demselben Prinzip ist die Dampfturbine von Riedler-Stumpf konstruiert, bei der ebenfalls ein Peltonrad mit äußerer Beaufschlagung arbeitet, nur mit dem Unterschied, daß die Schaufeln nicht eingesetzt, sondern in den Umfang des Rades eingefräst sind.

Eine mehrstufige Turbine von Zoelly nach diesem System zeigt die Figur 5.

Es ist dies eine Skizze, welche die obere Hälfte eines achsialen Schnitts durch die Turbine zeigt. Die einzelnen Turbinenräder nehmen in der Wegrichtung des Dampfes im Durchmesser zu, doch sind auch Zoelly-Turbinen konstruiert worden, deren Räder durchweg den gleichen Durchmesser hatten. Der Ausströmungsraum des ersten Rades ist hier gleichzeitig Speiseraum für den Leitring des zweiten u. s. w. Bei der Konstruktion der Ausströmungsräume ist man davon ausgegangen, den zu beiden Seiten aus den Schaufeln tretenden Dampf auf dem Wege zu den Düsen des nächsten Leitrades gleichzurichten. Der Dampf, welcher hier links austritt, nimmt seinen Weg an der Eintrittsdüse für diese Stufe vorbei zur Düse der nächsten Stufe, vereinigt sich aber vorher mit dem rechts austretenden Dampf.

Das aus Gußeisen hergestellte Gehäuse ist aus einzelnen Teilen zusammengesetzt und die Welle ist nur außerhalb der Turbinenräume gelagert.

Die Dampfturbine nach Figur 5 zeigt die gleiche Konstruktion für alle 6 Turbinenräder hinsichtlich ihrer Beaufschlagung unter Anwendung einfacher Düsen (ähnlich Laval).

Turbinen in dieser Ausführung für die Hoch- und Niederdruckturbinenräder in größerem Maßstabe zu bauen, dürfte nicht vorteilhaft sein, da es fraglich erscheint, daß der Dampf bis zu einer geeigneten Kondensatorspannung herab ausgenützt werden kann, weil die Dampfdurchgänge für die letzten Niederdruckräder sehr große Areale verlangen.

Die Schaufeln erhielten anfänglich eine große Länge, und mindestens eine doppelte Länge im Vergleich zum Radius der Nabenscheibe, wie die Figuren 3 und 4 deutlich zeigen. Bei neueren Turbinen werden diese Schaufeln aber nicht mehr so ausgeführt, sondern wesentlich verkürzt. Auch die

Peltonform nach Figur 1 mußte der Schaufelform nach Figur 2 für die seitliche (achsiale) Beaufschlagung weichen, da letztere große Vorzüge besitzt.

Die Füße der Schaufeln wurden deshalb nicht mehr parallel, sondern schief zur Radachse angeordnet, und als Grund hierfür wurde angegeben, daß hierdurch einmal eine günstigere Materialverteilung möglich wäre, dann aber auch

Fig. 6.

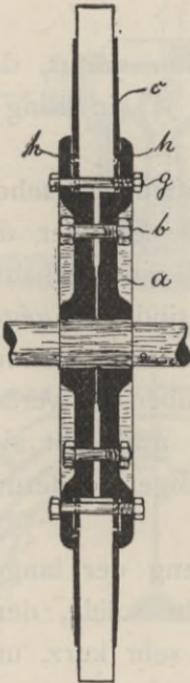
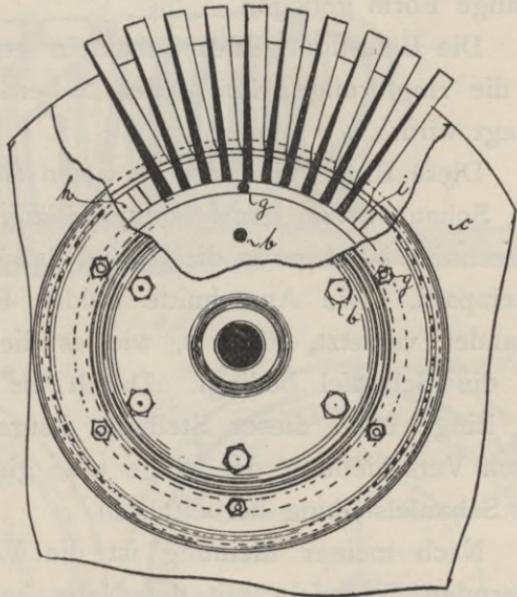


Fig. 7.



eine leichtere und bequemere Herstellung der Schaufeln erzielt würde.

Diese neue Schaufelkonstruktion hat wohl aber ihren Hauptgrund in der Erkenntnis, daß man mit der äußeren Beaufschlagung nicht auskommen dürfte, und daß deshalb vorgezogen wurde, von der radialen zur achsialen bzw. gemischten Beaufschlagung überzugehen.

Die Herstellung der neuen Schaufel Figur 2 erfolgt in der Weise, daß man geeignet große Plattenstücke zwischen konischen Walzen auf den gewünschten Querschnitt bringt. Damit nun diese Stücke auf ein genau gleiches Gewicht und auf eine ganz bestimmte Dicke gebracht werden können, werden dieselben hierauf in die Vertiefung einer Platte gelegt, die den vorgeschriebenen Maßen genau entspricht, und die entstehende Schaufel wird zwischen zylindrischen Walzen nochmals ausgewalzt. Hierauf wird die Schaufel auf ihre richtige Größe ausgestanzt, der Fuß angefräst und in einer Presse in die richtige Form gebogen.

Die Befestigung der Schaufeln erfolgt nun derart, daß in die ringförmige Nute jeder Nabenscheibe je ein Ring h gelegt wird.

Diese Ringe sind mit so vielen Ausschnitten i versehen, wie Schaufeln zur Anwendung gelangen sollen. Jeder der Ausschnitte i hat genau die Größe, daß der Fuß einer Schaufel hineinpaßt. Die Ausschnitte beider Ringe sind so gegen einander versetzt, Figur 2, wie es die gewünschte Stellung für die Schaufel bedingt. Durch die Schrauben g werden die Ringe h in dieser Stellung festgehalten, und läßt sich durch Verschiebung der Ringe eine gleichmäßige Aenderung der Schaufelstellung herbeiführen.

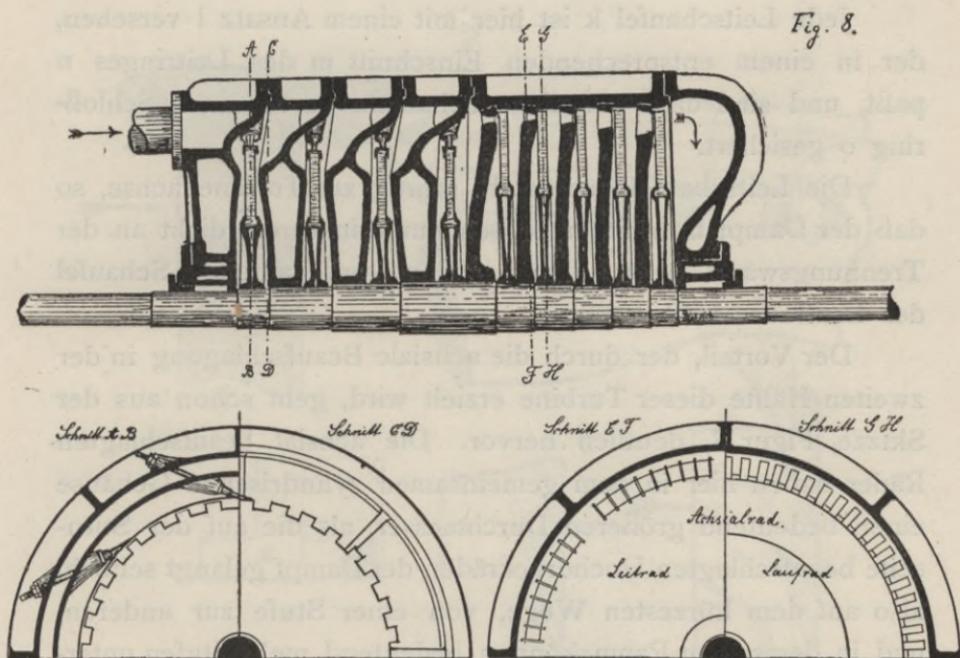
Nach meiner Meinung ist die Verbindung der langen federnden Schaufeln mit der Nabe keine sehr solide, denn die Füße der Schaufeln sind verhältnismäßig sehr kurz, und sind dieselben zwischen den beiden Scheiben der Nabe nur mit wenigen leichten Halteschrauben festgeklemmt. Demgegenüber müssen kürzere und solider mit der Nabe verbundene Schaufeln vorzuziehen sein.

Nach den ersten Versuchen entstand eine zum Teil mit Schaufeln neuer Konstruktion armierte, mehrstufige Turbine mit gemischter Beaufschlagung nach Figur 8, die auch in dem Werk von Dr. A. Stadola enthalten ist.

Diese Turbine hat neun Stufen, die vier ersten erhielten Peltonräder mit Stirnbeaufschlagung, die fünf übrigen sind achsial beaufschlagt.

Auch für diese Konstruktion hat die Firma Escher, Wyss & Co. die Grundform der Laufräder, strahlenförmig angeordnete, federnde Schaufeln, wieder zur Anwendung gebracht.

Die erste Hälfte dieser Turbine unterscheidet sich von der Konstruktion Figur 5 nur dadurch, daß alle vier Laufräder



denselben Durchmesser haben, doch ist diese Möglichkeit auch schon bei der Beschreibung der Figur 5 erwähnt. Die Anzahl der Düsen ist verdoppelt, also auf die Zahl 8 gebracht, und der Durchmesser der Welle ist nach der Mitte zu für jede Stufe verstärkt worden. Die Lagerung der Turbinenwelle ist wieder nur außerhalb der Turbinenräume vorgesehen.

Die zweite Hälfte zeigt eine ganz neue Anordnung. Ebenso wie bei der Rateau-Turbine sind hier die einzelnen

Druckstufen durch Trennungswände, die dampfdicht in das Turbinengehäuse eingesetzt, und jedenfalls auch auf der Welle abgedichtet sind, abgeschlossen. Diese Trennungswände bilden zugleich die Leiträder, denn am äußeren Umfang befinden sich die Durchgangsöffnungen für den treibenden Dampf der nächsten Stufe. Figur 9 zeigt eine solche Trennungswand im Schnitt und Ansicht, die zugehörige Leitschaufel und die Art ihrer Befestigung, dem Patent vom September 1903 entsprechend.

Jede Leitschaufel *k* ist hier mit einem Ansatz *l* versehen, der in einem entsprechenden Einschnitt *m* des Leitringes *n* paßt, und sind dann sämtliche Schaufeln durch einen Schloßring *o* gesichert.

Die Leitschaufelfläche steht schräg zur Turbinenachse, so daß der Dampfstrahl unter passendem Winkel die dicht an der Trennungswand bzw. dem Leitring vorbeilaufende Schaufel des Laufrades trifft.

Der Vorteil, der durch die achsiale Beaufschlagung in der zweiten Hälfte dieser Turbine erzielt wird, geht schon aus der Skizze, Figur 8, deutlich hervor. Die achsial beaufschlagten Räder haben hier in dem gemeinsamen zylindrischen Gehäuse einen bedeutend größeren Durchmesser, als die auf der Stirnseite beaufschlagten Hochdruckräder, der Dampf gelangt seitlich, also auf dem kürzesten Wege, von einer Stufe zur anderen, und in demselben Raum können bedeutend mehr Stufen untergebracht werden. Solche Raumersparnis ist aber von großem Wert, und ganz besonders auch für Turbinen für Schiffszwecke.

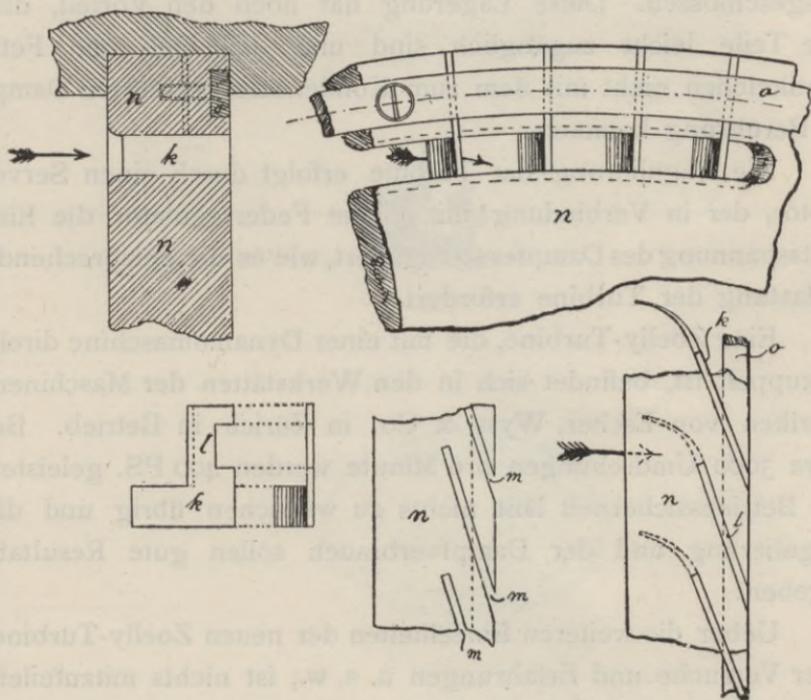
In letzter Zeit werden denn auch die Dampfturbinen, welche in den Maschinenfabriken der Aktiengesellschaft Escher, Wyss & Co. hergestellt werden, als mehrstufige Aktionsturbinen mit rein achsialer Beaufschlagung gebaut. Die Konstruktion der Laufräder ist dieselbe geblieben, wie in den Figuren 6 und 7 angegeben. Die Laufräder laufen zwischen zwei Leitkränzen oder Leiträdern, die gleichzeitig die Trennungs-

wände der einzelnen Stufen bilden und dampfdicht in das Turbinengehäuse eingesetzt sind. Figur 9.

Die Beaufschlagung ist wie bei Rateau bei den Hochdruckstufen eine partielle, bei den Niederdruckstufen eine totale.

Da diese Turbine, wie schon erwähnt, eine reine Aktions-turbine ist, so ist der Dampfdruck auf beiden Seiten jedes Rades gleichgroß und ein achsialer Schub wird als nicht

Fig. 9.



vorhanden angenommen, wodurch natürlich Entlastungskolben, wie sie z. B. bei der Parsons-Turbine notwendig werden, in Wegfall kommen.

Nach meinem Dafürhalten wird jedoch ein geringer achsialer Schub in der Wegrichtung des Dampfes, der durch das Aufschlagen des Dampfstrahls auf die schräg zur Achse stehenden Leitschaufeln hervorgerufen wird, sich nicht vermeiden lassen.

Die Zwischenräume zwischen den feststehenden und laufenden Teilen der Turbine können ziemlich groß gemacht werden, die Ausdehnung durch den treibenden Dampf, die hier nicht so bedeutend ist, wie bei den Reaktionsturbinen, hat also keinen Einfluß auf das Anstreifen der Schaufeln etc. an feststehende Teile.

Die Lagerung der Welle ist ganz unabhängig vom Turbinengehäuse auf einem Fundamentrahmen angeordnet und eine Beeinflussung der Lager durch die Wärmeausdehnung also ausgeschlossen. Diese Lagerung hat noch den Vorteil, daß alle Teile leicht zugänglich sind und daß Oel- und Fettpartikelchen nicht mit dem zum Kondensator geführten Dampf in Berührung kommen.

Die Regulierung der Turbine erfolgt durch einen Servomotor, der in Verbindung mit einem Federregulator die Eintrittsspannung des Dampfes so reguliert, wie es die entsprechende Belastung der Turbine erfordert.

Eine Zoelly-Turbine, die mit einer Dynamomaschine direkt gekuppelt ist, befindet sich in den Werkstätten der Maschinenfabriken von Escher, Wyss & Co. in Zürich in Betrieb. Bei etwa 3000 Umdrehungen pro Minute werden 400 PS. geleistet, die Betriebssicherheit läßt nichts zu wünschen übrig und die Regulierung und der Dampfverbrauch sollen gute Resultate ergeben.

Ueber die weiteren Einzelheiten der neuen Zoelly-Turbine, über Versuche und Erfahrungen u. s. w., ist nichts mitzuteilen, da hierüber sehr wenig an die Oeffentlichkeit dringt, doch dürfte es der Wirklichkeit nahe kommen, daß die Schaufeln ganz wesentlich abgekürzt werden sollen und daß man zur Einsicht gekommen ist, die Schaufeln nicht in der früheren Weise, sondern ganz solide mit entsprechend starken Naben zu verbinden. Auch soll die von außen beaufschlagte Pelton-schaukel nicht mehr zur Anwendung gelangen und vorgezogen werden, die einzelnen Stufen nur noch rein achsial auszubilden.

Alle diese Aenderungen sind auch sehr berechtigt, denn der Dampf wird dann auf dem kürzesten Wege durch die Lauf- und Leiträder geführt, das Gehäuse braucht keinen unnötig großen Durchmesser zu erhalten und es wird bei dieser Konstruktion an Raum und Gewicht entsprechend gespart.

Damit würde aber die neue Zoelly-Turbine im wesentlichen der bekannten französischen Turbine von Professor Rateau entsprechen, die in Deutschland von der Firma Oerlikon in Zürich eingeführt worden ist.





Unter Mitwirkung hervorragender Fachleute
 herausgegeben von

Erwin Volckmann.

== 1904. == o Jährlich 24 Hefte. o IV. Jahrgang.

„Meer und Küste“ ist die **einzige maritime Zeitschrift**, die **völlig unabhängig**, auf breiter Basis stehend, obige Interessen in ihrer Gesamtheit **objektiv** vertritt, die es sich zur Aufgabe gemacht hat, **wirtschaftliche, soziale, technische, koloniale** und **kosmopolitische Fragen unparteiisch** zu erörtern.

Einige Urteile über „Meer und Küste“:

... eine **unabhängige** und gut geleitete Zeitschrift . . .

Kapitän-Leutnant Georg Wislicenus in der „Deutschen Monatsschrift“.

... eine **interessante** Zeitschrift, die **stets mit unerschrockener Entschiedenheit** für die deutsche Schifffahrt eintritt.

New Orleanser Deutsche Zeitung.

... eine **reichhaltige** Zeitschrift voll **anregenden Inhalts**, zu deren Herausgabe wir Redaktion und Verlag beglückwünschen.

Argentinisches Wochenblatt.

Preis vierteljährlich (6 Hefte) 1 Mark 75 Pfg. postfrei.

Probehefte vom Verlage, **C. J. E. Volckmann, Rostock i. Meckl.** **gratis!**

S. 61



WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

31867

Kdn., Czapskich 4 — 678. 1. XII. 52. 10.000

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000298384