

# Turbinen und Pumpen

## Theorie und Praxis

Von

Dr.-Ing. F. Lawaczeck

Mit 208 Abbildungen im Text



Berlin  
Verlag von Julius Springer  
1932

ISBN 978-3-642-50492-1      ISBN 978-3-642-50802-8 (eBook)  
DOI 10.1007/978-3-642-50802-8

**Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung  
in fremde Sprachen, vorbehalten.**  
Copyright 1932 by Julius Springer in Berlin.  
Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1932

## Vorwort.

Die in diesem Buche behandelten Fortschritte sind fast vollzählig der Firma Weise Söhne in Halle a. d. Saale zu verdanken.

Zu Beginn 1912 wurden bereits bei dieser Firma Versuche begonnen, Propeller als Pumpenräder zu benutzen, um die Schnellläufigkeit zu steigern. Seit April 1912 als Oberingenieur bei Weise Söhne tätig, setzte ich diese Versuche fort, die bei Schaufeln ohne „Überdeckung“ zwar kleine Druckhöhen bei großer Drehzahl, aber einen sehr schlechten Wirkungsgrad ergaben. Man benötigte damals zunächst Pumpen mit nicht allzu kleinen Druckhöhen, etwa 4—6 m bei 3000 Uml./min und bei Förderleistungen von 1000—10000 l/min. So entstand der Typ nach Abb. 182, dessen Schaufeln sich erheblich überdecken mußten, falls gute Wirkungsgrade erreicht werden sollten. Dieser Typ, mit 1-PS-Motor bei  $n = 3000$  Mol/min gekuppelt, wurde zuerst in größerer Zahl für das Trockenhalten der Schützengräben an der Front geliefert.

Die Pumpen waren unmittelbar an den Motorschild aufgeflanscht und auf einem Traggestell montiert.

Größere Pumpen der Art wurden als Ausgleichpumpen für U-Boote, die Minen zu legen hatten, entwickelt. Es folgten dann die hydraulisch betriebenen Leck- und Lenzpumpen für die kleinen Kreuzer Elbing und Pillau nach Abb. 189 und die tragbare, für alle Schiffe der kaiserlichen Marine vorgesehene Lenzpumpe nach Abb. 187. Inzwischen entwickelte sich die theoretische Erkenntnis des Zusammenhangs gemäß Abb. 62. So ergab sich schließlich für die Myriapumpe auch zwangsläufig die Spiralförmigkeit der Abb. 184 und 185.

Einstufige Pumpen ohne Leitapparat wurden damals nur bis zu einem mittleren Druck von höchstens 45 m Förderhöhe gebaut. Höher zu gehen wagte man nicht wegen der gefürchteten Turbulenz, die namentlich dann auftrat, wenn die Schaufeln am Austritt radial gestellt waren. Diese Turbulenzerscheinung konnte geklärt und beseitigt werden (s. S. 152 ff.).

Durch die Erkenntnis, daß die übliche Spiralgeläuseform (Abb. 144) die Ursache der Turbulenz und also für höheren Druck ungeeignet sei, konnten wir den Anwendungsbereich der einstufigen Pumpe weit über den damals üblichen hinausführen, wozu indessen noch erst das Rätsel des Achsialschubes gelöst werden mußte (s. S. 167 ff.).

Mit der kleinsten einstufigen Pumpe, der Hauswasserpumpe Mikra, erreichten wir dank der Berücksichtigung des Korioliseffektes eine Förderhöhe bis gegen 40 m, ohne 1 PS Kraftbedarf zu überschreiten.

Besonders interessant gestalteten sich die Versuche mit Viskopumpen, die ich im Jahre 1916 bei Weise Söhne durchführen ließ. Als sich während des Krieges zeigte, daß die großen Kugelstützlager zur Aufnahme des Propellerschubes bei den U-Bootkreuzern sich allzu rasch abnutzten, weil die Kugeln das mit der Drehung um ihre eigene Achse verbundene Gleiten nicht vertrugen, konstruierten wir ein Viskolager, das die Stützkugeln im Betrieb voll entlastete. Die Versuchslager waren für einen Axialschub von 100000 kg gebaut.

Leider konnten die Versuche nicht zu Ende geführt werden. Wenn jemand die Zähigkeit aufbringt, die der Vollendung noch entgegenstehenden Schwierigkeiten zu überwinden, könnten Viskostützlager und Viskostopfbüchsen sehr brauchbare Maschinenelemente werden, deren Herstellung eine Fabrik wohl beschäftigen könnte.

Bei den Entwicklungsarbeiten für die Myriapumpe erkannte ich, daß die Gesetze, die für den Aufbau der Schnellläuferpumpenschaufel maßgebend waren, auch für Turbinenschnellläufer gelten mußten. So kam ich dazu, mich mit dem Turbinenbau zu beschäftigen, als die Neumeyer Turbinenfabrik AG. Freimann bei München auf Professor Riebensahms und meinen Rat gegründet worden war. Als beratender Ingenieur der Neumeyer AG. empfahl ich für das zu errichtende Kraftwerk Lilla Edet den Einbau eines Myriarades. Bei den Vorarbeiten für Lilla Edet hatte sich nämlich herausgestellt, daß keine auf dem Markt befindliche Turbine genügte. Anstatt der Einheiten von 10000 PS, die die Königlich Schwedische Wasserfalldirektion verlangen mußte, um die große Wassermenge in dem verhältnismäßig engen Bett erfassen zu können, boten die Firmen Größen von höchstens 6000 PS an. Es fand sich keine Firma in der ganzen Welt, die darüber hinausgehen wollte, wenigstens nicht bei Anwendung einer Einradturbine. Eine Doppelturbine aber mußte viel teurer werden und schlechteren Wirkungsgrad abgeben. Professor Kaplan und ich dagegen erklärten unabhängig voneinander, daß von der technischen Seite kein Grund zu jener Beschränkung vorliege, und daß mit Sicherheit 10000 PS erreicht werden könnten. Kaplan fand eine schwedische Firma, die das Wagnis für ihn übernahm. Ich fand keine, mußte vielmehr die Garantien und das Wagnis persönlich übernehmen. Denn die mir nahestehende Neumeyer Turbinen AG., die inzwischen in den Besitz der Gutehoffnungshütte übergegangen war, lehnte es ab, meine Turbine in so großer Abmessung zu bauen. Es war ein Durchmesser des Laufrades von 6 m nötig, womit die Turbine zu der Zeit bei weitem die größte der Welt war. Eine Turbine allein kostete etwa 400000 schwedische Kronen = 450000 Goldmark!

So schloß denn die Königlich Schwedische Wasserfalldirektion mit mir im Jahre 1922 persönlich einen Vertrag, demzufolge die Verantwortung für das Erreichen des garantierten Wirkungsgrades und der Leistung auf meine Schultern gelegt wurde. Als maximalen Wirkungsgrad hatte ich für die erste Turbine 87% garantiert, diesen Wert aber mit dem Auftrag auf die zweite Turbine auf 89% erhöht. Erreicht wurden 92,5% (s. das Prüfungsergebnis Abb. 97, S. 111, wie auch Abb. 19, S. 28).

Anstatt der 6000 PS, die die Weltfirmen willens waren zu garantieren, garantierte ich 10000 PS; erreicht wurden nahezu 12000 PS. Das heißt: die Schluckfähigkeit wurde auf das Doppelte des damals üblichen gesteigert.

Die Lawaczeck-Turbinen sind von der Aktiengesellschaft Finshyttan in Finshyttan (Schweden) gebaut worden.

Eine Beschreibung des Kraftwerkes Lilla Edet findet sich im Bd. 72 (1928) der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure in Nr. 39 und 51, verfaßt von Oberbaudirektor A. Ekwall und Dipl.-Ing. H. Munding, Stockholm. Der Entwicklungsgang der Gestaltung des Kraftwerkes Lilla Edet ist ausführlich in der lesenswerten Abhandlung Nr. 2, die Prüfungsergebnisse und Beschreibung sind in Abhandlung Nr. 13 der Technischen Mitteilungen der Königlichen Wasserfalldirektion Stockholm dargestellt.

Mit dem Gelingen der Lilla-Edet-Turbinen war die Bahn frei geworden für die Turbinenart, die man heute Propellerturbine nennt. Dem tatkräftigen Mut der Königlichen schwedischen Wasserfalldirektion ist dieser Fortschritt zu danken.

Die erste Nachfolge fand die Propellergroßturbine Lilla Edets im Kachletwerk der Rhein-Main-Donau-AG. Dieses Großkraftwerk in der Donau war mit Francis-Rädern geplant, deren Umlaufzahl durch ein Stirnradvorgelege übersetzt werden sollte. Wohl infolge meines Eingreifens nahm man davon Abstand und führte genügend schnell laufende Propellerturbinen (nicht meiner Konstruktion) aus.

Die erste auf mich zurückgehende Propellerturbine ist von der Neumeyer Turbinenfabrik AG. im Mainkraftwerk Viereth eingebaut.

Pöcking, Oberbayern, September 1932.

Dr.-Ing. Lawaczeck.

# Inhaltsverzeichnis.

## Erster Teil.

### Turbinen.

	Seite
1. Ausfluß aus einem Gefäß . . . . .	1
Strudel . . . . .	2
Ausfluß . . . . .	4
2. Die Hauptarbeitsgleichung . . . . .	12
Absolutbahn . . . . .	16
3. Andere Form der Hauptarbeitsgleichung . . . . .	20
Bestimmung der Tourenzahl . . . . .	20
Grenze der Schnellläufigkeit . . . . .	20
4. Festlegung der Hauptabmessungen einer Schnellläufer- turbine . . . . .	33
5. Regelung . . . . .	38
6. Abbremsen einer Turbine . . . . .	51
7. Einiges aus der Hydraulik . . . . .	56
8. Laufradentwicklung . . . . .	69
9. Schaufelherstellung . . . . .	82
Die Schabloniervorrichtung . . . . .	82
1. Schablonieren und Gießen des Modellflügels . . . . .	84
2. Einformen des Modellflügels und Gießen der Originalflügel . . . . .	87
3. Bearbeiten des Originalrades . . . . .	88
4. Kontrolle des Flügelfläche . . . . .	88
Herstellungszeit . . . . .	89
10. Ergebnisse der Entwicklungsversuche . . . . .	90

## Zweiter Teil.

### Pumpen.

11. Äußere Formen . . . . .	114
12. Ableitung der Hauptarbeitsgleichung mit Hilfe der Coriolis- beschleunigung und der Relativbahn . . . . .	120
13. Wirkungsgradbegriffe . . . . .	129
14. Charakteristiken der Pumpen . . . . .	132
15. Spaltdruck. Festlegung der zweckmäßigen Fördermenge. . . . .	137
16. Lauffradeintritt und Regulierung . . . . .	141
17. Praktische Verwertung der theoretischen Erkenntnisse . . . . .	148
Hochdruckpumpen . . . . .	152
Hauswasserpumpen . . . . .	157
Stopfbüchse und Axialschubausgleich . . . . .	167
Niederdruckpumpen . . . . .	178
18. Pumpen mit Wasserturbinenantrieb . . . . .	182
Hydraulisch betriebene Leck- und Lenzpumpen . . . . .	182
Kesselumwälzpumpen . . . . .	186
Tiefbrunnenpumpen . . . . .	186
Umformer für Be- und Entwässerung für Landeskulturzwecke . . . . .	189
Umformer für Kraftanlagen . . . . .	191
19. Saugheber und Staffelflußausbau . . . . .	197
20. Hydraulisch betriebene Luftpumpen . . . . .	202