

NOTIZEN

aus dem Arbeitsgebiete der

Stettiner Maschinenbau-
Actien-Gesellschaft

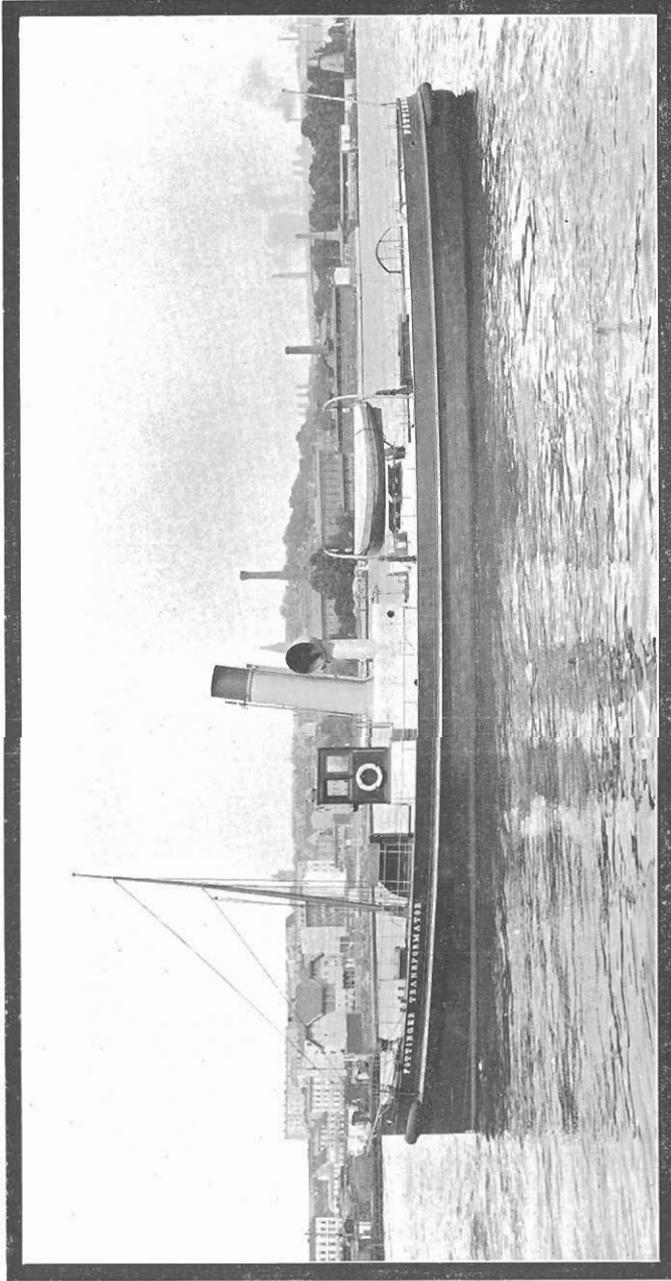
„VULCAN“

Stettin/Hamburg.

No X.

Hydraulische Transformatoren.

(Föttinger-Transformatoren.)



Werftdampfer
„Föttinger-Transformator“.

Hydraulische Transformatoren.

(Föttinger-Transformatoren.)

Allgemeines über Transformatoren.

Die kreisende Bewegung, die uns überall im Weltraum entgegentritt, ist die naturgemässe Form der Bewegungs-Energie und mit der fortschreitenden Entwicklung der Technik ist der Ingenieur mehr und mehr dazu übergegangen, diese Bewegungsform der Konstruktion seiner Maschinen zu Grunde zu legen. Sie bietet eine Reihe von bedeutsamen Vorzügen, unter denen die gleichmässige, kontinuierliche Wirkung und der Wegfall der immer wieder erneuten Beschleunigung der Massen besonders hervortritt.

So hat sich zunächst die direkte rotierende Bewegung auf dem Gebiete der Wasserkraftanlagen und der Arbeitsmaschinen die verschiedensten Verwendungsgebiete erobert. Sie fand schliesslich Eingang in das Gebiet der unverdrängbar scheinenden Kolbenmaschine und feiert heute ihre Triumphe in der elektrischen Maschine, der Wasserturbine, der Zentrifugalpumpe und insbesondere der Dampfturbine, welche die Kolbenmaschine, soweit sie nicht mit Brennstoff direkt betrieben wird, immer mehr verdrängt.

Schiffsantrieb. Die Dampfturbine hat ihren Einzug nicht nur in das Gebiet der Landmaschinen-Anlagen gehalten, sondern sie bietet heute auch für eine Reihe von Schiffsklassen den vollkommensten Antrieb, der bis jetzt geschaffen wurde. Trotzdem stellen sich der allgemeinen Verwendung der Turbine zum Antrieb von Schiffen noch immer in vielen Fällen bedeutende Schwierigkeiten entgegen.

Diese Schwierigkeiten sind darin begründet, dass die Dampfturbine um so ökonomischer arbeitet, je höher ihre Umfangsgeschwindigkeit ist, während andererseits der Wirkungsgrad des Propellers abnimmt, sobald eine gewisse Umdrehungszahl überschritten wird. Man muss also beim Antrieb

eines Schiffes durch Dampfturbinen meist die Turbine langsamer, den Propeller schneller laufen lassen als für die Wirkungsweise beider Mechanismen vorteilhaft wäre und zwar wird dieser Kompromiss immer schwieriger, je geringer die Schiffsgeschwindigkeit ist, weil in diesem Fall schnellaufende Turbinen und besonders langsamlaufende Propeller am besten wirken würden. Ein weiterer Nachteil des Turbinenantriebes ist der, dass die Turbine nicht umsteuerbar ist und daher besondere Rückwärtsmaschinen vorgesehen werden müssen. Es ist kein Wunder, dass man infolgedessen eifrig bemüht war, diesen Kompromiss durch Einschaltung eines Übersetzungsgetriebes zwischen Turbine und Propeller zu beseitigen, welches gestattet, die Turbine mit hoher Umdrehungszahl, die Propellerwelle mit wesentlich geringerer Umdrehungszahl zu betreiben, sodass eine günstigere Gesamtwirkung erzielt wird.

Es sind in dieser Richtung zahlreiche Vorschläge für Getriebe gemacht worden, die aber alle grosse Komplikationen ergaben oder soviel Kraft verbrauchten, dass von einer Anwendung der Vorschläge, speziell für grosse Leistungen nicht die Rede sein konnte.

Vorübergehend versprachen **elektrische** Übertragungen einen gewissen Erfolg. Aber auch mit diesen konnte man das Ziel, wegen des hohen Gewichtes der elektrischen Maschinen und der komplizierten elektrischen Schaltapparate, nicht erreichen. Nach vielen fehlgeschlagenen Versuchen in rein **mechanischer** Richtung hat man neuerdings versucht, einen alten Gedanken wieder aufleben zu lassen und Rädergetriebe mit ausserordentlich breiten Winkelzähnen auszuführen, deren Zähnen an den Eingriffsstellen dauernd Pressöl zugeführt wird, um das Material vor all zu grosser Abnutzung zu schützen. Man hat diese Getriebe bereits ausgeführt und in Boote eingebaut. Sieht man von dem starken Geräusch eines solchen Getriebes ab und zieht man nur in Betracht, dass bei grösseren Leistungen die Getriebe einen enormen Umfang und ausserordentlich hohes Gewicht erhalten und, dass nach wie vor besondere Rückwärtsmaschinen für die Umsteuerung vorhanden sein müssen, berücksichtigt man ferner die Empfindlichkeit der Zähne gegen Stösse, die beim plötzlichen Umsteuern und hohen Seegang selbst durch die beste Pressölschmierung nicht verhindert werden kann, so muss man zu dem Schluss kommen, dass auch dieses Getriebe nicht den erwünschten Erfolg zeitigen kann. Und dies um so mehr, als der gute Wirkungsgrad, welcher sich immerhin mit einem derartigen Getriebe erreichen lässt, durch den grösseren Aufwand an Raum und Gewicht für das Getriebe und damit dem grösseren Aufwand an Antriebskraft des Schiffes aufgehoben wird.

Flüssigkeitsgetriebe. Schliesslich wurde auch versucht, durch **hydraulische** Getriebe eine rationelle Übersetzung zu erreichen. Neben zahlreichen Versuchen mit Kolbenpumpen und Getrieben, die sich auf Reibung und Stosswirkung aufbauten, fehlte es auch nicht an Versuchen einer Verbindung von Kreiselpumpen mit Wasserturbinen. Bei diesen letzteren Versuchen wurden jedoch stets die Energieverluste ausser Acht gelassen, welche in den verbindenden Rohrleitungen und aus der Umsetzung von Geschwindigkeit in Druck bei dem Austritt der Flüssigkeit aus der Turbine einerseits, und der darauf folgenden Umsetzung des Druckes in Geschwindigkeit bei dem Eintritt der Flüssigkeit in die Pumpe andererseits entstehen.

Der Föttinger-Transformator.

Erst Herrn Professor Dr. ing. Föttinger gelang es während seiner Tätigkeit als Ingenieur in der Maschinenbauabteilung des „Vulcan“ zu Stettin, durch eine geniale Kombination von Turbine und Kreiselpumpe deren Austrittsgeschwindigkeiten verlustlos wieder auszunützen und ein Kraftübersetzungsgetriebe den sog. „hydrodynamischen Transformator“ zu konstruieren, das neben verblüffender Einfachheit und geringstem Raumbedarf einen vorzüglichen Wirkungsgrad versprach.

Schematischer Längsschnitt.

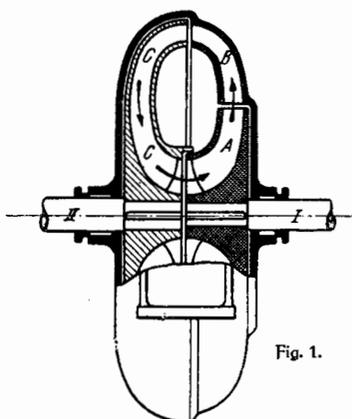


Fig. 1.

Abgewickletes Schauflungsschema.

Gleicher Drehsinn der Wellen.

Entgegengesetzter Drehsinn der Wellen.

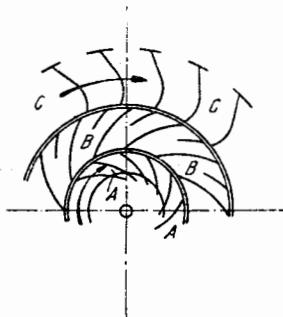


Fig. 2.

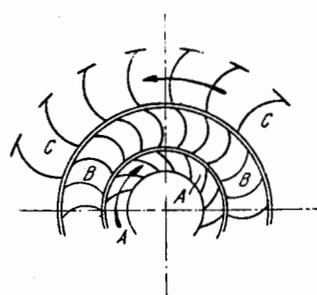


Fig. 3.

Schema des hydrodynamischen Transformators „System Föttinger“.

Wirkungsweise des Föttinger-Transformators.

In Figur 1 bis 3 ist das Prinzip eines solchen Transformators schematisch dargestellt. Das auf der treibenden, sogenannten Primärwelle, sitzende Turbinenrad A überträgt die zugeführte Energie auf die eintretende Arbeitsflüssigkeit – unter normalen Verhältnissen Wasser – und zwar teils durch Beschleunigung der Masse, teils durch Erhöhung des hydraulischen Druckes. Die austretenden Strahlen erhalten unmittelbar durch einen Leitapparat B eine geeignete Änderung ihrer Geschwindigkeitsrichtung und gelangen verlustlos aus diesem in das angetriebene Turbinenrad C (Sekundärwelle), wo dem Wasser der grösste Teil seiner Energie entzogen wird. Die aus dem Sekundärrad C austretenden Strahlen werden nun geordnet und mit möglichst geringem Energieverlust unmittelbar oder mittelst eines kleinen Leitapparates in die Pumpe zurückgeführt, worauf das Spiel der Energiewandlungen, Beschleunigung im Pumpenrad, Änderung der Geschwindigkeitsrichtung und Arbeitsentziehung im Sekundärrad sich von neuem wiederholt. Das Wasser gleitet somit durch das Getriebe in Gestalt eines Hohlwirbelringes, vergleichbar einem Rauchring.

Figur 2 gibt eine schematische Abwicklung der Radbeschauflung, wie sie bei gleichem Drehsinn der beiden Wellen ausgeführt werden kann.

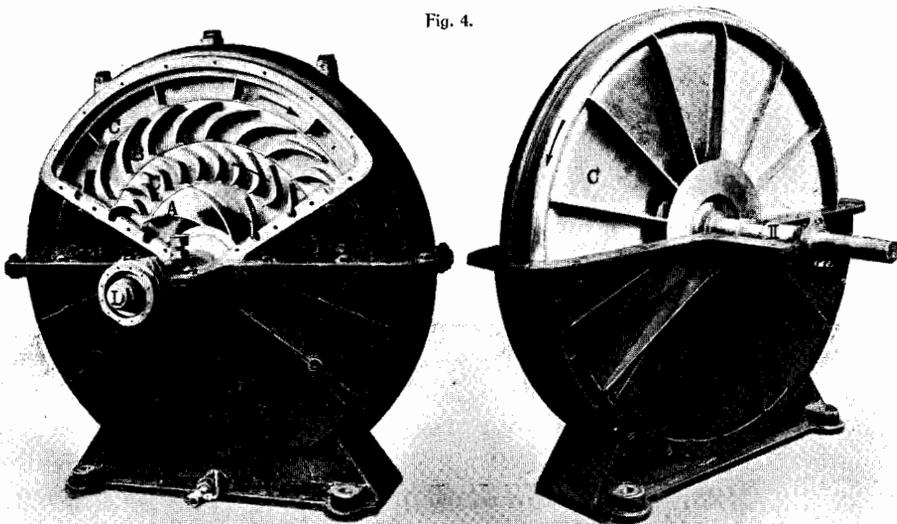
Figur 3 zeigt das Schema für entgegengesetzte Drehrichtung der beiden Wellen. In diesem Fall hat der Leitapparat den Rotationssinn des von der Pumpe kommenden Strahles umzukehren.

Die Drehrichtung des Getriebes hängt also nur von der Konstruktion des Leitapparates ab.

Versuche. In Erkenntnis und in sorgfältiger Erwägung der Vorzüge hatte der „Vulcan“ sich entschlossen, einen solchen hydraulischen Transformator versuchsweise zu bauen und zur Klärung der einzelnen Fragen eine Reihe von Versuchen anzustellen. Er liess es hierbei an keinem Mittel fehlen, um sich in die komplizierten hydraulischen Vorgänge Einblick zu verschaffen. Durch sorgfältigste Messungen an Versuchsmodellen, welche gleichzeitig Grundlagen zur einfachsten und betriebssichersten Ausführung des Getriebes lieferten, wurde in diese schwierigen Vorgänge Licht gebracht. So wurde es möglich, den nur bei einzelnen Turbinen und Pumpen erreichten Wirkungsgrad von 85%, durch geeignete Ausbildung der Schaufeln und sorgfältige Ineinanderführung von Turbine und Pumpe auch schon bei der allerersten Ausführung des Transformators nahezu zu erreichen. Dieser Erfolg beruht, wie schon erwähnt, in erster Linie auf der Vermeidung der Austritts- und Eintrittsverluste in Turbine und Pumpe, denn bei der früher versuchten Kombination von Turbinenpumpe mit Turbine unter Einschaltung einer Rohrleitung wäre es nur möglich gewesen, selbst bei Berücksichtigung der höchst erreichten Einzelwirkungsgrade einen Wirkungsgrad von $0,85 \cdot 0,85 = 0,72$ zu erreichen. Hiergegen lassen sich bei Föttinger-Transformatoren von hoher Leistung bis zu 90% Wirkungsgrad erreichen.

In Figur 4 ist ein Demonstrationsmodell abgebildet, dessen Wände durch Glasplatten teilweise ersetzt sind und das ein klares Bild über die Art der Ringströmung in dem Getriebe gab.

Fig. 4.



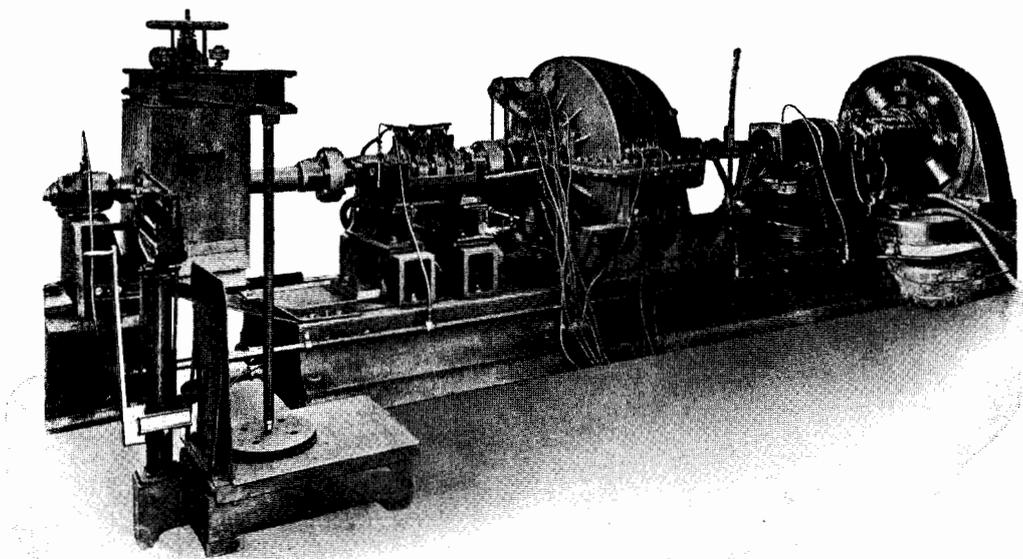
A = Primärrad.
B = feststehender Leitapparat.
C = Sekundärrad.

Demonstrations-Modell.

I = Primärwelle.
II = Sekundärwelle.

Versuchstransformator. Um genaue Grundlagen zu gewinnen, wurden grosse Versuchs-Transformatoren auf dem eigens dafür eingerichteten Prüffeld des „Vulcan“ einer Untersuchung aller für die Konstruktion und Berechnung inbetracht zu ziehenden Punkte unterzogen.

Fig. 5.



Versuchstransformator auf dem Prüffeld.

Die Figur 5 zeigt eines dieser Getriebe auf dem Versuchsfeld der Fabrik. Das Getriebe wurde hierbei von einem Elektromotor getrieben und die dem Getriebe zugeführte Leistung mit einem Föttinger-Torsionsmesser bestimmt, während die vom Getriebe abgegebene Leistung mittels eines normalen Bremszaumes festgestellt wurde. Die Übersetzung betrug hierbei im Mittel 1:4,25. Schon die ersten Versuche zeigten die Sicherheit der Voraus-Berechnung und das hervorragende Resultat von 83% Wirkungsgrad; es zeigte sich weiter, wie aus den Diagrammen Fig. 6 und 7 ersichtlich, dass sich der Wirkungsgrad des Getriebes innerhalb weiter Grenzen des Übersetzungsverhältnisses nur sehr wenig ändert.

Weitere Versuche liessen die erwarteten Vorzüge des Transformators, wie sein grosses Anzugsmoment, (s. Fig. 7) seine rasche Umsteuerbarkeit, die Leichtigkeit der Handhabung und die kaum nennenswerte Wartung klar zu Tage treten. Es bestätigte sich, dass hier wirklich ein absolut betriebssicheres Getriebe vorlag, welches die Lösung eines rationellen Antriebs für Schiffe wesentlich näher gerückt hat.

Versuchs-Schiff. Ermutigt durch die erfolgreichen Versuche beschloss der „Vulcan“, den ersten auf dem Prüffeld befindlichen Transformator in einen Werftdampfer, der sowohl als Schlepper, Eisbrecher und Personendampfer dienen konnte, einzubauen, um jede Betriebsart ausprobieren zu können. Die Figuren 8, 11 und 14 veranschaulichen die Aufstellung von Antriebsturbine und Transformator im Dampfer.

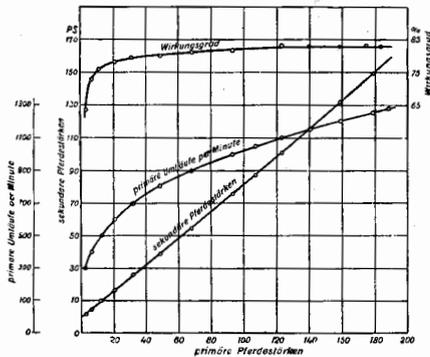
Es ist aus den Dimensionen der Frischdampfleitung und des Abdampf-
stutzens der Turbine zu erkennen, in welcher gedrängter Weise die ganze Anlage
zusammengebaut ist. Eine Anlage mit direktem Antrieb des Propellers von
einer langsam laufenden Turbine aus hätte ungefähr die Hälfte Raum mehr
beansprucht. Das Boot läuft 14 Knoten bei einer Turbinenleistung von
500 Pferdekraften, 1750 minutlichen Umdrehungen der Turbinenwelle und
318 Umdrehungen der Propellerwelle.

Auch im Schiffsbetrieb erfüllten sich die auf den Transformator ge-
setzten Erwartungen. Sein Verhalten änderte sich gegenüber seinem Verhalten
auf dem Prüffeld in keiner Weise und seine besonderen Vorzüge traten so
offen zu Tage – besonders auf einer längeren Seereise zwischen Stettin und
Hamburg bei schwerer See, auf der er sich glänzend bewährte, – dass
nunmehr endgültig beschlossen wurde, den Bau der hydraulischen bzw.
hydrodynamischen Transformatoren nach dem System „Föttinger“, in die
Fabrikationszweige des „Vulcan“ aufzunehmen.

Bremsresultate des ersten Versuchstransformators.

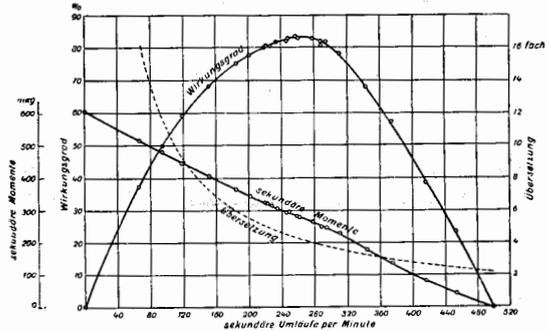
(Vorwärtskreislauf.)

Fig. 6.



Primärleistung: variabel.
Übersetzung: konstant (4,25 : 1).

Fig. 7.



Primärtourenzahl: konstant (1100 per Min.).
Übersetzung: variabel.
Normaler Gang bei ca. 250 sekundären Umläufen.

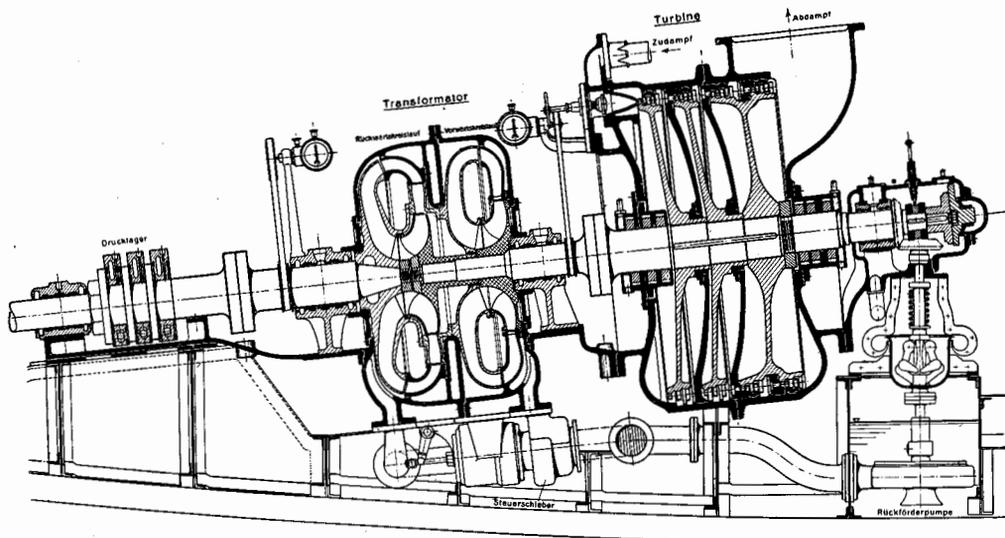
Ausführungsformen.

An Hand der mit dem ersten Transformator gemachten Erfahrungen
wurden zahlreiche Verbesserungen und Vereinfachungen für die weiteren
Konstruktionen getroffen.

Type I. Die in das Versuchsschiff zuerst eingebaute Type besass der Über-
sichtlichkeit der Versuche halber **zwei** völlig getrennte Flüssigkeits-
kreisläufe, und zwar je einen Kreislauf von **gleicher** Leistung für Vor- und Rückwärts-
fahrt. Fig. 8 veranschaulicht die auch bei 2 getrennten Kreisläufen einfache An-
ordnung. Auf die verlängerte Regulatorwelle der Turbine ist die kleine Zu-
bringerpumpe aufgesetzt, welche den Transformator nach Bedarf mit Wasser
versorgt, das durch einen unter dem Transformator befindlichen Steuer-

schieber auf den Vorwärts- oder Rückwärtskreislauf verteilt wird. Der Steuerschieber wird durch einen in Fig. 11 und 14 sichtbaren Handhebel bedient. Eine weitere Bedienung des Transformators ist nicht nötig.

Fig. 8.



Längsschnitt durch Turbine und Transformator des Versuchsschiffs.

Type II. Es wurde ferner eine 2. Type mit **nur einem** Hauptkreislauf durchgebildet (s. Fig. 9 und 10). Der Rückwärtslauf des Transformators wird hierbei durch Verschieben eines doppelt geschaukelten Leitapparates im Transformator bewirkt, wobei die Profile der Leitschaufeln ungefähr den der Leitschaufeln der schematischen Fig. 2 und 3 entsprechen.

Die Typen I und II sind für grössere Übersetzungen zwischen 1 : 2 und 1 : 10 bestimmt.

Type III. Weiterhin wurde noch eine Type III mit dem Übersetzungsverhältnis 1 : 1 durchgebildet, welche den Zweck hat, einerseits als **direkte, elastische Ausschalt-Kupplung** zu dienen und andererseits als **Reversierkupplung** für schwer umsteuerbare Kraftmaschinen Verwendung zu finden. Diese Kupplung hat anderen Kupplungen gegenüber den grossen Vorzug, dass sie bei **jeder Leistung stosslos und beliebig rasch** bzw. beliebig langsam **aus- und einschaltbar** ist. Ein weiterer Vorzug der Type besteht darin, dass sie sich für einfache Übertragung ohne Umsteuerung nicht wesentlich grösser baut als eine gewöhnliche Kupplung. Für Umsteuerung eingerichtet baut sie sich etwas länger, ihr Raumbedarf bleibt jedoch sehr gering. Die Ein- und Ausschaltung bzw. Umsteuerung der Kupplung geschieht vollkommen stossfrei während des Betriebes auf die denkbar einfachste Weise und aus beliebiger Entfernung mittels eines Dreiwegehahnes, welcher den Wasserzufluss regelt. Eine weitere Wartung ist nicht erforderlich.

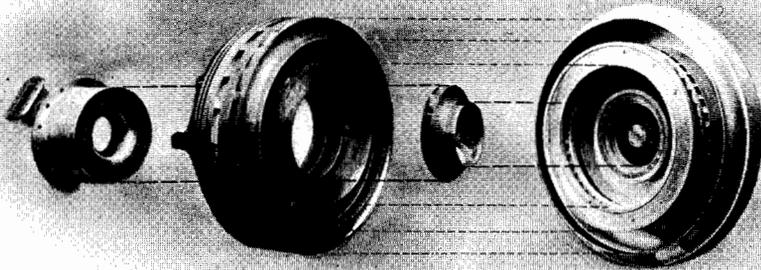
Diese, so gut wie abnutzungslose Kupplung verbürgt in ihrer Einfachheit, in ihrer Betriebssicherheit ein dauerndes einwandfreies Arbeiten; sie stellt das Ideal einer Umsteuerungskupplung, insbesondere für Verbrennungs-

kraftmaschinen, Walzenzugmaschinen etc. dar, und dies umsomehr, als der maschinelle Wirkungsgrad dieser Ausbildung des Transformators mit dem Übersetzungsverhältnis 1 : 1 für Vorwärtsgang bei Vollast bis zu 95% und darüber, bei halber Last sogar noch mehr beträgt.

Konstruktion. Der ganze Transformator ist so aufgebaut, dass sich weder komplizierte, noch der Berechnung unzugängliche Elemente an demselben befinden, und alle Teile leicht revidiert werden können. Sich berührende Metallflächen sind ausser in den Lagern nirgends vorhanden. Hin- und hergehende und damit ungleichmässiger Beanspruchung ausgesetzte Maschinenteile fehlen vollständig. Die Lager sind mit grosser Sorgfalt ausgebildet und mit selbsttätiger Schmierung ausgerüstet. Die Stopfbüchsen bestehen nur aus labyrinthartigen Dichtungen besonderer Konstruktion, sodass ein Ersatz derselben innerhalb der Normalbetriebszeit, wie bei Dampfturbinen so gut wie ausgeschlossen ist.

Der in 2 1/2 jährigem Betrieb befindliche Transformator des Dampfers „Föttinger-Transformator“ zeigte denn auch keinerlei Abnutzungserscheinungen. Sämtliche Schaufelkränze waren wie glatt poliert. Von einer Abnutzung war nichts zu bemerken und selbst feinste Bearbeitungsstriche waren noch leicht erkennbar.

Fig 9.

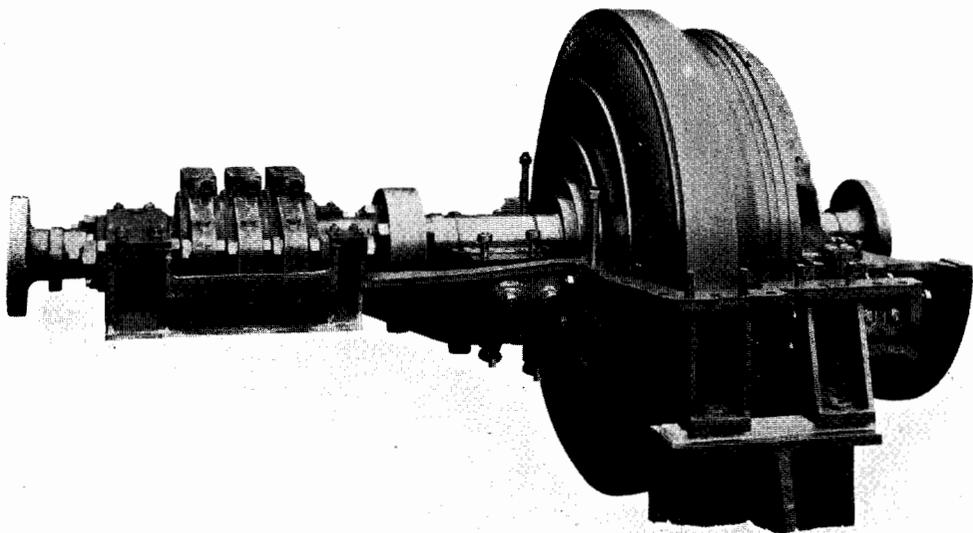


Herstellung in der Werkstatt.

Bearbeitung. Für die Werkstätten des „Vulcan“ war es nicht schwierig, sich für den Transformatorbau einzurichten. Baute doch der „Vulcan“ seit längerer Zeit für Schiffe Zentrifugalpumpen, deren Wirkungsgrade 85 bis 86% bei einwandfreien Messungen ergaben. Auch mit der Bearbeitung der für den Transformator verwendeten Materialien waren die Werkstätten vertraut. Die gewohnte grosse Genauigkeit der Herstellung, deren Arbeitsmethoden seit der Aufnahme des Dampfturbinenbaues noch mehr verfeinert wurden, kam hierbei der Transformatorfabrikation bestens zu Nutze.

Montage. Die Montage des Transformators bietet wegen seiner Einfachheit keine Schwierigkeiten. Figur 9 zeigt die nebeneinander gelegten Teile des Transformators der Type II in der Reihenfolge, in der sie später ineinander geschoben werden. In der Mitte ist das kleine raschlaufende Primär- oder Pumpenrad sichtbar, links von dem Beschauer steht der verschiebbare Leitapparat mit der Beschauflung für Vorwärts- und Rückwärtsgang. Noch weiter links liegt die Büchse, auf welcher der verschiebbare Leitapparat gleitet und die gleichzeitig die Kanäle zum Füllen und Entleeren des Transformators enthält. Rechts von dem Primärrad befindet sich das Sekundär- oder Turbinenrad für Vor- und Rückwärtslauf, in dessen innerem Teil die beiden Beschauflungen für Vor- und Rückwärtslauf sichtbar sind.

Fig. 10.



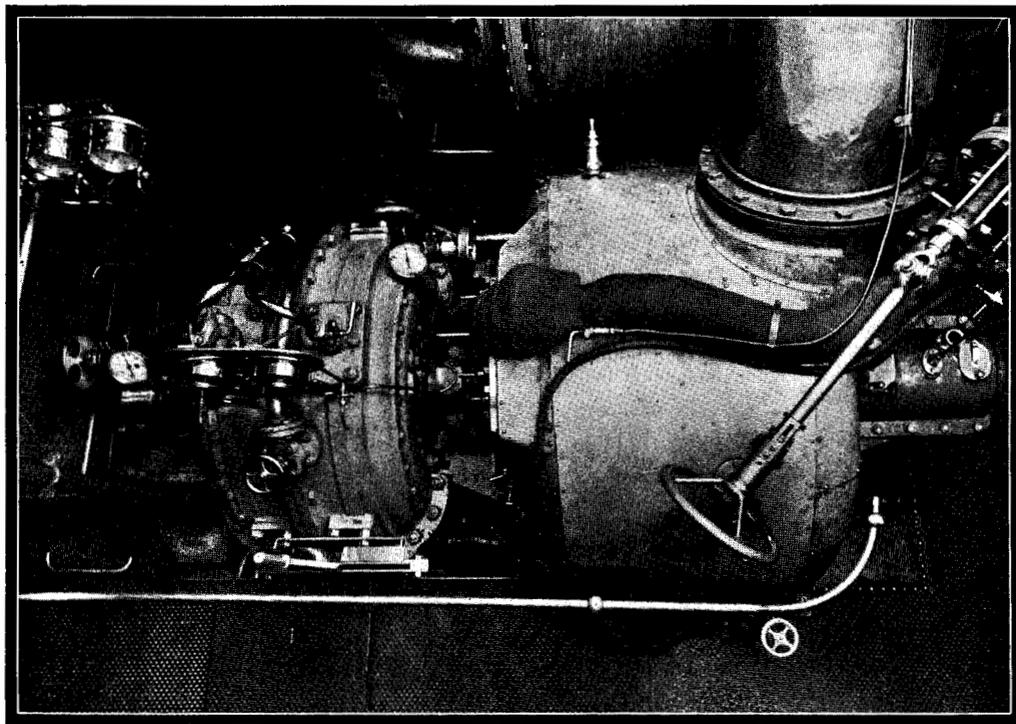
Figur 10 zeigt einen Transformator der Type II mit eingesetztem Rotor. Aus Figur 10 ist auch die Anordnung des Anbaues eines Kammlagers zur **teilweisen** Aufnahme des Propellerschubes zu ersehen. Der **Hauptpropellerschub** wird im Getriebe selbst durch Flüssigkeitsdruck ausgeglichen.

Verwendungsgebiet.

Der Einbau eines Föttinger-Transformators, dessen vorteilhafter Verwendung auch für die höchsten Leistungen keine Grenzen gesetzt sind, empfiehlt sich nach dem Vorhergehenden überall da, wo

1. **grosse und grösste Kräfte** dauernd von **höhere auf niedere Tourenzahl** übersetzt,
2. solche Kräfte **stosslos, elastisch nachgiebig** und **bei jeder Leistung beliebig rasch aus- und einschaltbar** übertragen und
3. von schwer umsteuerbaren Kraftmaschinen angetriebene Wellen **rasch vorwärts und rückwärts** gesteuert werden sollen.

Fig. 11.



Maschinenraum des Dampfers „Föttinger-Transformator“.

(Von oben gesehen.)

Schiffsantrieb mit Dampfturbinen.

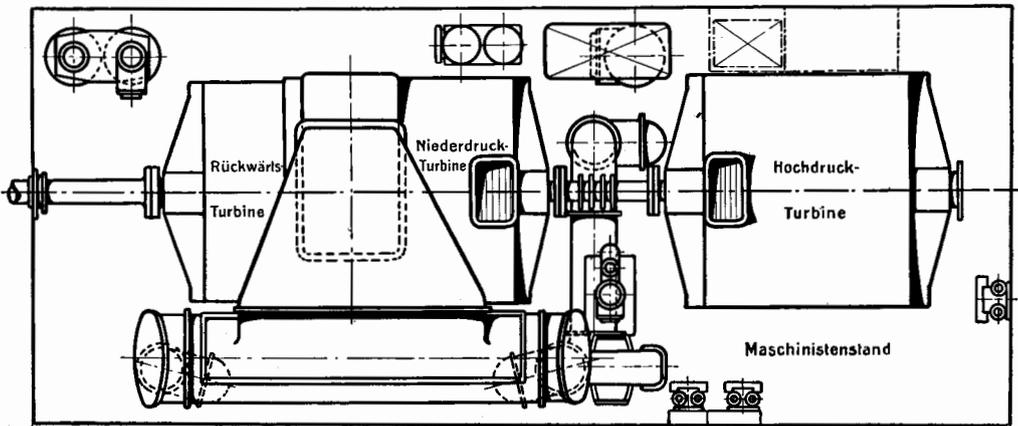
Von diesen drei Gesichtspunkten ausgehend ist das zunächstgegebene Verwendungsgebiet des Transformators der Antrieb von Propellern für Schiffe. Es ist dort, wie eingangs erwähnt bei Verwendung von Dampfturbinen möglich, durch Zwischenschaltung eines Transformators als Übersetzungsgetriebe die Turbine rasch und mit ihrer günstigsten Umdrehungszahl, sowie den Propeller langsam und ebenfalls mit seiner günstigsten Umdrehungszahl laufen zu lassen. Hierbei wird gleichzeitig an Raum, Gewicht und Kohlenverbrauch gespart und die bisher üblichen besonderen, umständlichen Rückwärts-Turbinen werden vermieden.

Zu letzterem Vorteil tritt noch der besondere, dass für die Rückwärtsleistung die volle Vorwärtsleistung der Antriebsmaschine ohne Kraftverlust ausgenutzt werden kann.

Im Allgemeinen kann unter Berücksichtigung des besseren Wirkungsgrades des langsam laufenden Propellers und des besseren Wirkungsgrades der schnelllaufenden Turbine, für die Maschinenanlage desselben Schiffes, bei Verwendung von hydraulischen Transformatoren ein Gewinn an Antriebskraft bis 10⁰/₀, eine Raumersparnis bis zu 35⁰/₀ und eine Gewichtersparnis bis zu 55⁰/₀ gegenüber einer Maschinenanlage mit direkter gekuppelter Propeller- und Dampfturbinenwelle erzielt werden. Aus diesen Punkten allein erhellt die Nützlichkeit einer Transformatoranlage von selbst.

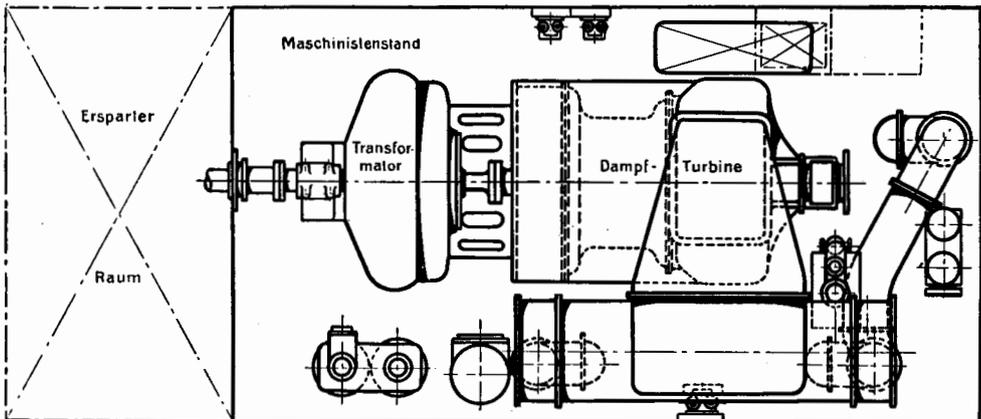
Figur 12 gibt ein klares Bild des Raumbedarfs eines Schiffes-Maschinenraumes für direkten Turbinenantrieb und Fig. 13 eines solchen für Turbinenantrieb mit zwischengeschaltetem Föttinger-Transformator.

Fig. 12. (Grundriss.)



„A. E. G.-Curtis-Vulcan“-Turbine direkt mit der Propellerwelle gekuppelt.
10000 eff. Pferdestärken (an der Propellerwelle). 275 Umläufe per Minute.

Fig. 13. (Grundriss.)



„A. E. G.-Curtis-Vulcan“-Turbine mit Föttinger-Transformator.
10000 eff. Pferdestärken (an der Propellerwelle). Turbine: 720 Umläufe per Min. Propellerwelle: 125 Umläufe per Min.

Schiffsantrieb mit Verbrennungskraftmaschinen.

Bei Antrieb von Schiffen mit Verbrennungskraftmaschinen, welche für die dort verwendeten grossen Leistungen nur schwer umsteuerbar einzurichten sind, ist die Verwendung des Föttinger-Transformators **als Reversierkupplung** sehr vorteilhaft. Diese Einrichtung empfiehlt sich umso mehr, als die Kupplung einen hohen Wirkungsgrad von 95% und darüber ergibt und gegenüber der komplizierten Einrichtung eines besonderen Umsteuermechanismus der geringe Verlust reichlich aufgewogen wird.

Ausserdem ist der Raumbedarf der gesamten Vor- und Rückwärtskupplung viel kleiner als der Raumbedarf einer gewöhnlichen mechanischen Kupplung.

Endlich kann unter Verwendung eines Transformators bei langsamer Fahrt der Verbrennungsmotor mit hoher Tourenzahl weiter laufen und die Tourenreduktion, sowie alles **Manövrieren lediglich mit dem Transformator** erfolgen.

Walzwerksantrieb.

Sehr zu Gunsten der Verwendung des Föttinger-Transformators im Allgemeinen spricht die vollkommen elastische und nachgiebige Aufnahme jeglicher Stösse, die von der angetriebenen Welle her auf die Antriebsmaschine einwirken und umgekehrt, wobei der ruhige Gang und die Lebensdauer der Maschinen wesentlich erhöht wird.

Diese Eigenschaft ist in erster Linie bei der Verwendung des Transformators für Walzwerksantrieb massgebend. Auch hier kann der Transformator als Reversierkupplung bei Verbrennungskraftmaschinen oder als reversierbares Übersetzungsgetriebe bei raschlaufenden Dampfturbinen und Elektromotoren Verwendung finden. Stets wird sein **grosses Anzugsmoment** ohne Mehrbelastung der Antriebsmaschine und seine Befähigung, auch die stärksten Stösse von der Antriebsmaschine fernzuhalten, trotz der geringen Wartung eine längere Betriebsdauer und ruhigeren Gang der Arbeits- und Antriebsmaschinen gewährleisten, als dies beim direkten Antrieb erreichbar ist. Und dies umso mehr, als die **Antriebsmaschine mit ihrer konstanten Tourenzahl weiter arbeiten kann, gleichgültig ob langsam oder rasch gewalzt wird.**

Besondere Vorteile bietet die Verwendung des Transformators zum direkten Antrieb von Reversierwalzwerken durch Gichtgasmaschinen. Bei dem üblichen elektrischen Antrieb wird die Energie der Gichtgasmaschine zuerst in der Dynamomaschine, dann zweimal im Ilgnerumformer und schliesslich im Motor zum **vierten Male** umgewandelt. Der Transformator hingegen ermöglicht es, die **Umkehr-Walzenstrasse ohne weiteres von der Gichtgasmaschine aus zu betreiben**, womit auch die sehr hohen Kosten der elektrischen Anlage auf einen geringen Bruchteil reduziert werden.

Transmissionswellen-Antrieb.

Weiterhin sei die Anwendung eines hydraulischen Transformators statt mehrfacher verlustreicher Riemenübersetzungen für solche Fabriken erwähnt, deren Transmission von einer raschlaufenden Kolbenmaschine oder einer schnelllaufenden Dampfturbine angetrieben wird.

**Föttinger - Transformatoren
gegenüber anderen Getrieben.**

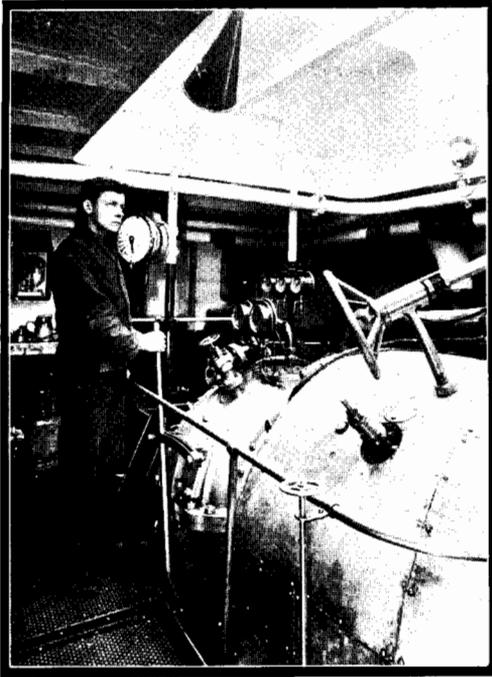


Fig. 14.

Wo die bisher gebräuchlichen Getriebe entweder wegen schwieriger konstruktiver Durchbildung für grosse Leistungen oder wegen rascher Abnutzung, mangelhafter Umschaltbarkeit und geräuschvollen Ganges — wie letzteres bei raschlaufenden Zahnradgetrieben der Fall ist — nicht mehr zweckmässig erscheinen, setzt die vorteilhafte Verwendung des Transformators ein. Der Nachteil der etwas geringeren Wirkungsgrade eines als mehrfaches **Übersetzungsgetriebe** durchgebildeten Transformators, gegenüber den um einige Prozente höheren Wirkungsgrad des besten mechanischen Getriebes, dem Zahnradgetriebe, wird durch die genannten Vorteile aufgewogen; bei Verwendung des Transformators mit der Übersetzung 1 : 1 als **Kupplung** steht sein Wirkungsgrad weder dem eines Zahnradgetriebes noch dem irgend eines anderen Getriebes nach.

An dieser Stelle sei noch bemerkt, dass der Wirkungsgrad des Föttinger-Transformators ebenso hoch ist als der einer elektrischen Kraftübertragung gleicher Leistung und Tourenzahl.

Können die im Transformator sich in Wasserwärme umwandelnden Energieverluste noch zurückgewonnen und das erwärmte Wasser zur Kessel-speisung oder irgend einem anderen Zweck verwendet werden, so ist der Transformator hinsichtlich seiner Wirtschaftlichkeit und seiner übrigen Vorteile von vornherein allen Getrieben jeglicher Art vorzuziehen.

Die Anwendung des Transformators als Übersetzungsgetriebe oder als Kupplung empfiehlt sich überall da, wo grosse Kräfte stosslos, geräuschlos, wirtschaftlich, momentan aus- und einschaltbar, betriebssicher und raum- und gewichtsparend übertragen werden sollen.

Zu № X.

Hydraulische Transformatoren.

1. Anlage.

Ausgegeben im August 1910.

Vorzüge

von

Schiffsturbinenanlagen mit hydraulischen Transformatoren.

I. Gegenüber **Kolbenmaschinenanlagen** besitzt der Transformatorantrieb alle diejenigen Vorzüge, welche dem **Dampfturbinenantrieb überhaupt** zu eigen sind.

Es seien nur die folgenden erwähnt:

- a) Gleichmässiges Drehmoment, somit also
stossfreier Gang,
Geräuschlosigkeit,
geringe Wellenstärken,
höhere Lebensdauer der Wellen,
- b) geringe Vibration,
- c) keine Lagerabnutzung, daher
geringste Lager-Reparaturen,
wesentliche Ersparnisse an Schmieröl,
- d) unbegrenzte Möglichkeit der Forcierung,
einfachste Bedienung im Betrieb,
höhere Betriebssicherheit,
erhöhte Kriegstauglichkeit,
- e) ölfreies Kondensat,
Schonung der Kessel.

II. Vor **direkt gekuppelten Dampfturbinen**, gleichgültig welchen Systems, hat der Transformator eine ganze Reihe von Vorzügen, z. B.:

- a) **Normale, grosse Propeller** mit mässigen Umfangsgeschwindigkeiten und höchstem Nutzeffekt, wie sie bei Kolbenmaschinen üblich sind, werden verwendet; daraus resultiert:
bessere Antriebswirkung und geringerer Geschwindigkeitsverlust bei Gegenwind und Seegang,
zuverlässige Vorausberechnung des Propellers, da die Erfahrungen mit Kolbenmaschinen verwertbar sind,
zuverlässige Vorausberechnung der erforderlichen Pferdestärken aus gleichem Grunde.

- b) **Dieselben hochökonomischen Dampfturbinen werden für Vorwärts- wie für Rückwärtsgang** benutzt, daraus resultiert:

Fortfall der unökonomischen Rückwärts-Dampfturbinen, gleiche Rückwärtsleistung, wie dies bei Kolbenmaschinen der Fall ist (mindestens 75–80% des Vorwärtsganges, also ca. dreimal so viel als bei den jetzigen Turbinenschiffen),

Verwendung grosser Propellerflächen für die Rückwärtsfahrt, sicheres rasches zuverlässiges Manövrieren,

rapides Stoppen, da das Umsteuern von voller Fahrt voraus auf volle Fahrt zurück hier weniger gefährlich ist,

Vermeidung der Beschleunigung und Verzögerung der Turbinenschwungmassen beim Manövrieren, da die Dampfturbine mit konstanter Geschwindigkeit und in gleicher Richtung weiter laufen kann, daher auch

rasches Anfahren und rasche Geschwindigkeitseinstellung, höchste Rückwärtsgeschwindigkeit des Schiffes.

- c) Die **Verwendung von schnelllaufenden Dampfturbinen** mit wesentlich höherer Ökonomie als die langsam laufenden Schiffsturbinen bringt weitere Vorteile mit sich:

Die reichen Erfahrungen mit Landturbinen können auch für Schiffe verwendet werden. Geringster Dampfverbrauch z. B. 5,5 kg pro Bremsferdestärke und darunter ist auch mit gesättigtem Dampf erreichbar.

In normalen Fällen ist der Gesamtwirkungsgrad einschliesslich des Verlustes im Transformator wegen des hohen Nutzeffektes der Turbine und des Propellers **grösser** als bei direktem Turbinenantrieb.

Die Ökonomie bei Marschfahrt ist höher als bei direktem Antrieb.

Die Dampfturbinen werden wesentlich einfacher und kleiner als bei direkt gekuppelten Schiffsturbinen. Dieselben können daher auch kräftiger ausgeführt werden.

Auch bei den grössten Leistungen kann die Turbine mit einem einzigen Gehäuse ausgeführt werden.

Die Gusstücke, Trommeln, Räder etc. fallen viel leichter und handlicher aus, daher auch leichte Montage, Revision und Transport.

Die maximalen Dampfdrücke in den Turbinengehäusen betragen die Hälfte bis ein Drittel von dem Werte bei direkt gekuppelten Turbinen, daher ist die ausschliessliche Verwendung von Gusseisen für die Gehäuse möglich.

Auch bei hoch überhitztem Dampf wird höchste Betriebssicherheit erreicht, weil bei schnelllaufenden Turbinen die hohen Temperaturen überhaupt nicht bis zu dem Laufapparat der Turbinen gelangen.

- d) Die kostenlose Rückgewinnung der ca. 12–20% betragenden Verluste des Transformators ist in Form von Wärme möglich,

welche auf das Kesselspeisewasser übertragen wird. Sie ergibt ca. 20–25° Vorwärmung und erhöht die Verdampfungsziffer um ca. 3–4%.

- e) Ein Bruch der Wellenleitung ist vollständig gefahrlos, da der sekundäre Teil des Transformators bei vollständiger Entlastung höchstens die normale Tourenzahl um 80–90% überschreiten kann.

Ein Austauschen der Schrauben bei starkem Seegang ist daher vollständig gefahrlos.

- f) **Das Gewicht ist wesentlich geringer als bei direktem Turbinenantrieb. Es ist daher möglich, das überschüssige Gewicht zur Vergrößerung der Kesselleistung d. h. zur Vergrößerung der Maschinenkraft und Schiffsgeschwindigkeit zu verwenden.**

- g) Bei grösseren Schiffen tritt eine sehr grosse Raumersparnis gegenüber direktem Turbinenantrieb ein, welche bei Linienschiffen und Kreuzern gestattet, die Maschinenräume bis um 30% zu verkürzen.

III. Vor Schiffsturbinenanlagen mit Hintereinanderschaltung der Turbinen auf mehreren Wellen (Parsons System) bestehen folgende Vorzüge:

Die Einfachheit und Übersichtlichkeit ist wesentlich grösser, da jede Welle für sich selbst betriebsfähig und umsteuerbar ist.

Die Marschturbinen, die Überströmleitungen und Rückschlagventile zwischen den einzelnen Turbinen fallen vollständig weg.

Jede Welle ist von der anderen gänzlich unabhängig.

Die Bauart der Wellenleitung und des Hinterschiffs wird infolge der verringerten Anzahl der Wellen einfacher.

Der Schiffswiderstand ist wegen des Fortfalls der zusätzlichen Wellenböcke und Wellenhosen geringer.

Die Antriebswirkung der Schrauben ist wegen ihrer günstigeren Lage zum Schiff unter Ausnutzung des Vorstroms besser.

Die Schiffsvibration ist wegen Fortfalls der Seiten-Propeller sehr stark verringert oder gänzlich beseitigt.
